

Perencanaan Ulang Struktur Gedung Dengan Kombinasi Shear Wall Dan *Outrigger System* Apartemen Grand Shamaya Surabaya Tower Aubrey

Muhammad Amri I.A.M^{*1}, Ketut A. Wiswamitra², Jojok Widodo S.³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Kampus Tegalboto, Jl. Kalimantan No. 37, Sumbersari, Krajan Timur, Sumbersari, Kec.
Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121

Submitted : 18, April, 2022;

Accepted: 19, Agustus, 2022

Abstrak

Gedung apartemen Grand Shamaya, dengan 44 lantai kondominium, adalah salah satu dari bangunan dua sistem. Sistem ini terdiri dari dinding geser dan rangka penahan beban (kolom dan balok) yang bekerja berdampingan diperuntukan menopang beban gravitasi dan lateral (beban seismik dan angin). Dinding geser memikul beban maksimum atau 75% dari beban lateral (angin dan gempa), dan ukuran dinding geser yang dibutuhkan relatif besar lantaran harus menahan gaya geser dan momen lentur. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan perencanaan lebih lanjut yaitu dengan memodifikasi struktur bangunan dan menambahkan sistem *outrigger*. Sistem *outrigger* itu sendiri adalah komponen dinding, digunakan sebagai balok satu lapis. Dari preliminary design didapatkan desain kolom berukuran 1300mm x 1850 mm; balok berukuran 900mm x 600 mm; tebal plat sebesar 200 mm; tebal dinding geser sebesar 450 mm dan desain *outrigger* berukuran tebal 600 mm x 2000 mm. Kemudian pasang Sistem *Outrigger* dengan posisi sumbu T1 N', T1 M', T1 E', dan T1 D' pada lantai 40 dan 44. Sesudah dijalankan analisis ulang dengan menggunakan sistem *outrigger*, simpangan antar lantai dapat menunjukkan nilai yang lebih kecil daripada sebelum diberikan sistem *outrigger*. Pengendalian efek P-Delta, hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai stabilitas maksimum struktur pada arah X dan Y kurang dari 0,09091, dan kondisi berikut terpenuhi, maka efek P-Delta pada dua arah struktur dapat diabaikan atau dihindari dengan aman dengan kontrol *drift*. Hasil ini merupakan nilai maksimum di antara beberapa model yang telah dieksekusi.

Kata Kunci : ETABS ; *outrigger* ; respon spektrum ; struktur beton

Abstract

Grand Shamaya Apartment Building, 44 Floor Apartment, is one of the buildings using a dual system construction. The system includes shear walls and moment-bearing frames (columns and beams) that work side by side to support lateral to gravity loads (earthquake and wind loads). The maximum load shear wall or 75% of the lateral load

(wind and earthquake), and the size of the shear wall required is relatively large because it must withstand shear forces and bending moments. More treatment is needed to overcome this problem, namely by modifying the building's structure and adding an outrigger system. The Outrigger System itself is a wall component that functions as a one-floor beam. From the preliminary design, the column design is 1300mm x 1850 mm; beam measuring 900mm x 600 mm; plate thickness of 200 mm; shear wall thickness of 450 mm and outrigger design measuring 600 mm x 2000 mm thick. Then install the Outrigger System with axis positions T1 N', T1 M', T1 E', and T1 D' on floors 40 and 44. After re-analysis using the outrigger system, the deviation between floors can show a smaller value than before the outrigger system was applied. P-Delta effect control shows that the P-Delta effect in two structural directions can be neglected or safe because the maximum stability value of the structure in the X and Y directions is less than 0.09091. The latter fulfills the drift control. This result is the maximum value among several models that have been executed.

Keywords : ETABS ; outrigger; spectrum respons ; concrete structure

A. PENDAHULUAN

Gedung Apartemen Grand Shamaya merupakan gedung yang mengaitkan perancangan High-Rise Building. Gedung Grand Shamaya ini berlokasi di Jalan Embong Sawo No.1 Surabaya ini memiliki unit bisnis, hunian, komersial, dan fasilitas-fasilitas internasional seperti halnya Waterfall Indoor. Bangunan ini juga mempunyai tiga buah tower dengan total 54 lantai terdiri dari 2 lantai basement, 8 lantai podium, dan 44 lantai tower. Dengan ketinggian ±185,850 meter di bagian paling atas, maka bangunan setinggi tersebut akan mendapatkan beban angin dan beban gempa. Peristiwa ini dengan berbagai penggunaan dari komersial hingga perumahan dan penggunaan campuran menentukan cara analisis dan pendekatan tertentu bagi perancang struktural untuk menahan beban gravitasi dan gaya lateral yang dihasilkan oleh aktivitas angin dan seismik. (Ali dan Moon, 2007)

Gedung Apartemen Grand Shamaya, Apartemen 44 Lantai, adalah salah satu dari bangunan memakai konstruksi sistem ganda. Sistem tersebut mencakup dinding geser dan rangka

penahan beban (kolom dan balok), yang berfungsi berdampingan untuk menopang beban gravitasi dan lateral (beban gempa dan angin). Dinding geser memikul beban maksimum atau 75% dari beban lateral (angin dan gempa), dan ukuran dinding geser yang dibutuhkan relatif besar lantaran harus menahan gaya geser dan momen lentur. (Syahriar and M. Faishal 2012).

Untuk mengatasi masalah tersebut, maka diperlukan treatment lebih yaitu dengan memodifikasi terhadap struktur bangunan tersebut. Sistem *outrigger* itu sendiri adalah komponen dinding, digunakan sebagai balok satu lapis. Tindakan ketika dikenai beban lateral dari kolom luar yang terhubung ke *outrigger* untuk menjaga rotasi kolom inti tetap kecil (Nanduri, Suresh, and Hussain 2013). Sistem *outrigger* juga dapat meningkatkan kekakuan struktur bangunan. Kekakuan yang meningkat juga dapat mengurangi drift maksimum dari periode dan struktur bangunan, yang akan mempengaruhi kenyamanan pengguna, yang merupakan aspek terpenting. (Jahanshahi, Rahgozar, and Malekinejad 2012).

Penelitian terdahulu yang mengenai penggunaan kombinasi *shearwall* dan *outrigger system* ini dilakukan oleh Pesik dkk, (2018) menjelaskan untuk meningkatkan kekakuan lateral dalam menahan beban gempa, pada bangunan tingkat tinggi, ada beberapa *system* dan metode perencanaan, namun dalam penelitian tersebut dipilih sistem *core* dan *outrigger system*, dikarenakan sistem ini dianggap paling efektif untuk bangunan dengan ketinggian 40 lantai dan hasil tersebut didapatkan model dengan perbandingan simpangan antar lantai. Kurnianto dkk. (2017) Dalam penelitiannya dijelaskan bahwa balok *outrigger* 400 x 2000 mm dan balok *belt truss* dengan ukuran yang sama mengurangi penyimpangan antar lantai dalam arah Y, dan melalui prosedur ekstraksi program bantu nilai daktilitas kolom *outrigger* lebih besar. (Kim, Huang, and Jin 2019) Koefisien reduksi gempa 5 adalah 6,76 yang artinya koefisien gempa dapat terpenuhi. Kekakuan lentur ekuivalen dari dinding *outrigger* diturunkan untuk memprediksi perpindahan lateral di bagian atas bangunan tinggi dan gaya geser internal yang dikembangkan di dinding. (M 2015) Penggunaan *Outrigger* dan sistem rangka sabuk pada bangunan bertingkat tinggi meningkatkan kekakuan dan membuat bentuk struktural menjadi efisien di bawah beban lateral; Dapat disimpulkan bahwa lokasi optimal *Outrigger* adalah antara 0,5 kali tingginya; Untuk posisi optimal kedua dari geser dasar *Outrigger* secara signifikan tinggi dibandingkan dengan posisi optimal pertama. (Ganatra, Jhummarwala, and Parikh 2017) Untuk bangunan 50 lantai dengan ketentuan beban gempa, Penurunan Lantai berkurang dari 425mm tanpa *Outrigger* menjadi 342mm untuk *Outrigger* dengan ketinggian lantai penuh di bagian atas. Yang menunjukkan bahwa perpindahan

berkurang hingga 19,42% untuk *Outrigger* dengan ketinggian penuh.

Dengan berbagai penelitian terdahulu dan masalah yang telah dikemukakan diatas, perlu perkembangan perencanaan ulang struktur pada Gedung Apartemen Grand Shamaya ini. Dalam tugas akhir ini akan merencanakan ulang struktur Gedung Apartemen Grand Shamaya ini yang awalnya *Shearwall* saja dan direncanakan dengan mengkombinasikan *shearwall* dengan *outrigger system*.

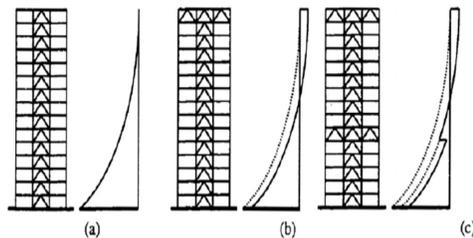
B. TINJAUAN PUSTAKA

1. *Outrigger System*

Outrigger System dapat berbentuk beton maupun baja. *Outrigger* yang banyak digunakan pada bangunan tingkat tinggi adalah *outrigger* baja, dikarenakan beberapa alasan seperti halnya ketersediaan, biaya dan pertimbangan pengerjaan. Tetapi dalam kondisi yang sudah dijelaskan tadi, maka *outrigger* beton menjadi rekomendasi utama. *Outrigger System* berkenaan beban angin perlu elastis beserta kaku. Jika terjadi gempa bumi (dengan masa periode ulang 475 tahun), sistem harus mampu mempertahankan beserta membuang energi sebagai sistem lateral untuk mencegah bangunan runtuh. Namun, sistem *outrigger* tertentu sangat rapuh. Sistem redaman *outrigger* memiliki kelebihan karena cocok untuk kondisi gempa dan angin yang sering terjadi.

Pada saat beban bekerja atas suatu struktur, baik beban gempa meskipun beban angin, sehingga kerusakan pada struktur dapat diminimalkan. Dengan menahan gaya lateral yang bekerja pada bangunan untuk mengkaku dan memperkuat struktur bangunan, bangunan tersebut dapat dicegah dari kerusakan akibat beban lateral konvensional. Kerusakan adalah kerusakan non-struktural yang

disebabkan oleh perbedaan antar level (*story drift*). Sistem *outrigger* digunakan untuk mengamankan bangunan secara lateral untuk meminimalkan penyimpangan lantai. Akibat dari pengaplikasian *Outrigger System* bisa diamati di Gambar 1. Penerapan *outrigger* untuk mengurangi simpangan akibat beban gempa, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Efek penggunaan *outrigger system* pada bangunan tinggi

Sumber: *World Conference on Engineering Earthquake, 2008*

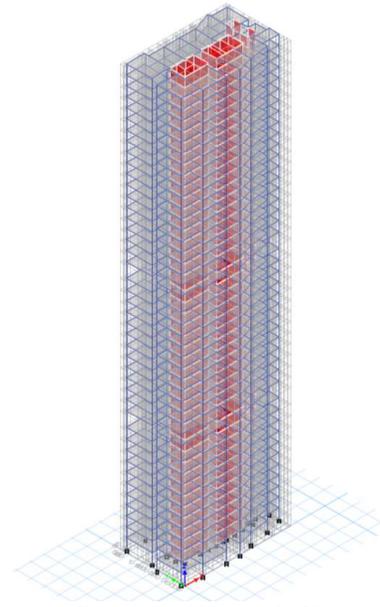
2. Faktor Reduksi

Nilai Koefisien reduksi gempa (R) pada struktur dengan sistem *outrigger* ini dideskripsikan pada peraturan (SNI 1726:2019 - BSN 2019). Nilai R berkaitan dengan daktilitas struktur bangunan. Perencanaan menggunakan $R=7$ dan kerangka kerja perbaikan SRPMM akan digunakan.

C. METODE PENELITIAN

1. Data Umum Bangunan

Nama Bangunan : Grand Shamaya (Tower Aubrey)
 Fungsi : Apartemen (Hunian)
 Lokasi : Surabaya
 Struktur bangunan : Beton bertulang
 Jumlah Lantai : 44 lantai
 Tinggi bangunan : +185,850 m



Gambar 2. Denah 3D

Sumber: Hasil Analisis

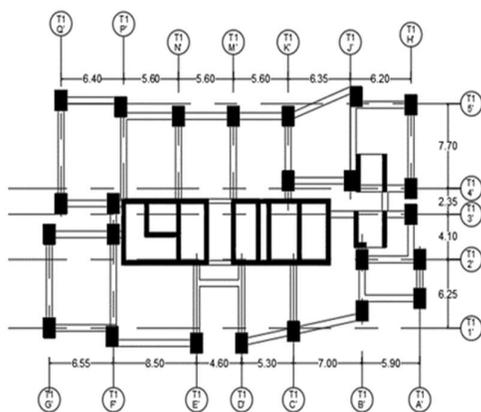
2. Data Bahan

Beton ($f'c$) : 40 MPa
 Baja Tulangan :
 Ulir (f_y) = 420 MPa
 Polos (f_y) = 240 MPa

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Preliminary Design

Dalam rencana ini, gedung yang ditinjau adalah Apartemen Grand Shamaya Surabaya Tower Aubrey. Bangunan yang memiliki 52 lantai dengan ketinggian $\pm 185,850$ m, dan denahnya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Denah gedung Grand Shamaya

Sumber: Hasil Analisis

Dari Gambar 2 ukuran elemen struktur yang digunakan:

- a. Balok
 Dengan massa beton $f'c = 40$ MPa didapat lebar balok 600 mm, tinggi balok sebesar 900 mm.
- b. Kolom
 Dengan massa beton $f'c = 40$ MPa didapat dimensi kolom sebesar 1200 x 1200 mm
- c. Pelat
 Didapat tinggi pelat sebesar 200 mm dengan massa beton $f'c = 40$ MPa.
- d. Shear Wall
 Dengan massa beton $f'c = 40$ MPa didapat tebal shearwall sebesar 450 mm.
- e. Outrigger
 Didapat dengan massa beton $f'c = 40$ MPa, lebar balok 600 mm, dan tinggi balok sebesar 2000 mm.

2. Analisa Struktur

Hasil analisis struktur perlu ditinjau seperti aturan (SNI 1726:2019 - BSN 2019). Hal ini dilangsungkan agar mengetahui kesesuaian struktur ditinjau dari beban kerja. Hasil analisis struktur sebagai berikut:

- a. Berat Sendiri Bangunan

W manual : 789622,18 kN
 W ETABS : 770062,945 kN
 Oleh karena itu, perbedaan antara W_{manual} dan W_{ETABS} adalah 2,54 %

- b. Jumlah Respon Ragam
 Menurut (SNI 2847:2019 - BSN 2019) Pasal. 7.9.1 jika respon varians harus memenuhi setidaknya 100% kualitas sebenarnya di setiap arah, pengecualian analisis diperbolehkan untuk menyertakan jumlah minimum varian sehingga kualitas varian gabungan di setiap arah ortogonal mencapai setidaknya 90% dari kualitas aktual yinjau tanggapan arah horizontal (menurut model). Tabel 1 menunjukkan jumlah respon varians berdasarkan output ETABS

Tabel 1. Jumlah Respon Ragam dan Partisipasi Massa

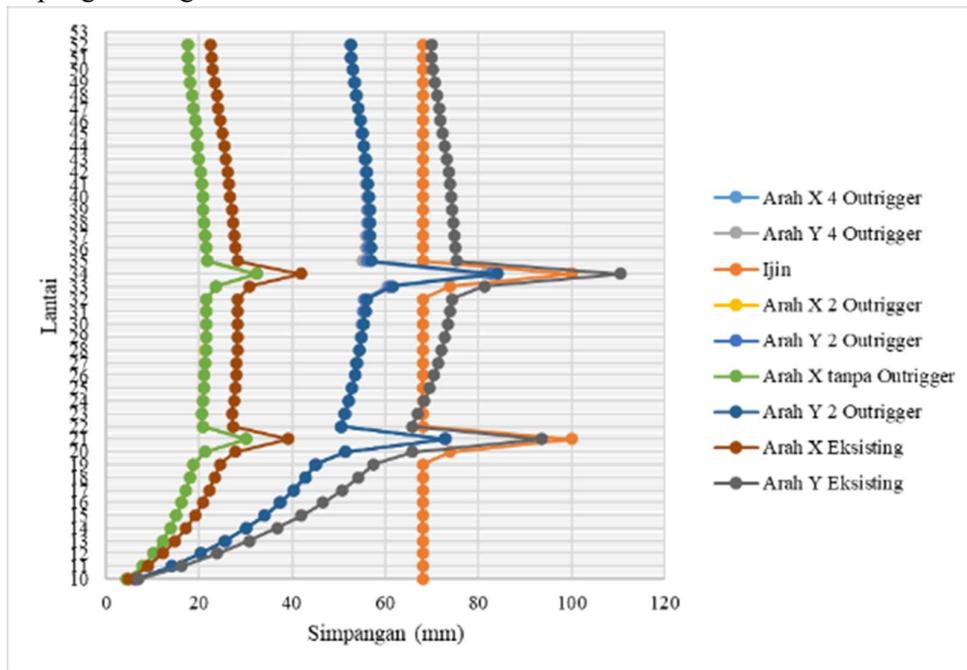
Mode	Jumlah UX	Jumlah UY
1	0%	68%
2	62%	68%
3	69%	68%
4	69%	84%
5	76%	84%
6	86%	84%
7	86%	89%
8	86%	89%
9	90%	89%
10	90%	92%
11	91%	92%
12	91%	92%

- 1) Periode Struktur dan Skala Gaya Gempa

Dari perhitungan didapat:

$T_{cx} : 5,496$ detik dan $T_{cy} : 3,214$ detik dan skala gaya seismik $V_{dx} : 2,7446$ dan $V_{dy} : 3,7637$

2) Simpangan Bangunan

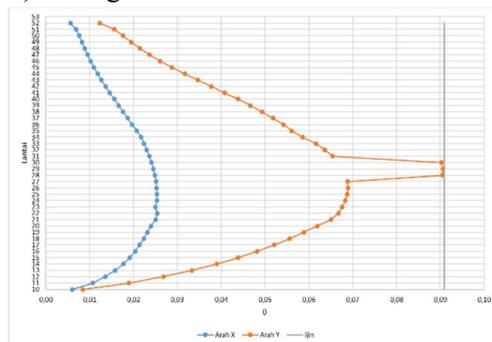


Gambar 4. Pengaruh penggunaan *outrigger system* pada Gedung Grand Shamaya
 Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4 menunjukkan simpangan yang disebabkan oleh gempa dengan eksisting, tanpa *outrigger*, 2 *outrigger* dan 4 *outrigger*. Simpangan pada bangunan dalam gambar tersebut terlihat jelas. Jika nilainya lebih besar dari dua perkiraan di atas untuk penempatan *outrigger*. Jadi dalam rencana ini empat *outrigger* digunakan pada sumbu T1 M', T1 N', T1 D' dan T1 E' di lantai 34.

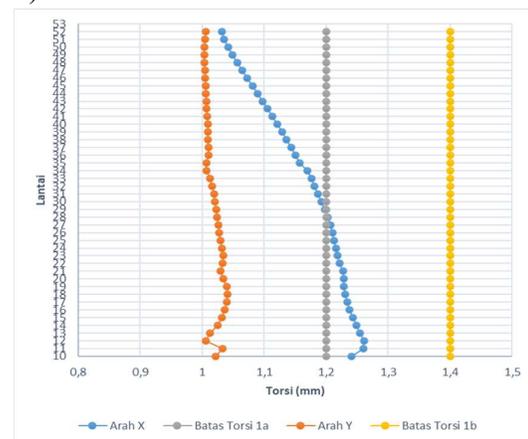
Dapat dilihat dari Gambar 5 bahwa nilai maksimum koefisien stabilitas arah X adalah $0,014 < 0,1$, dan nilai maksimum pada Y adalah $0,098 < 0,1$. Oleh karena itu, pengaruh P-Delta pada dua arah bangunan dapat ditiadakan.

3) Pengaruh P-delta



Gambar 5. Efek P-delta pada Gedung Grand Shamaya Surabaya

4) Torsi



Gambar 6. Grafik torsi pada joint 17 dan joint 9

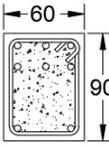
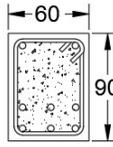
Gambar 6 menunjukkan hasil pengecekan ketidakteraturan torsi yang diperoleh pada arah X pada lantai 10 sampai lantai 28. Tingkat simpangan maksimum lebih besar dari 1,2 kali tingkat deviasi rata-rata antar lantai, yaitu torsi 1a. Dan dari hasil pengecekan ketidakteraturan torsi didapatkan tingkat simpangan maksimum antar lantai tidak lebih besar dari 1,4 kali rata-rata tingkat simpangan torsi yaitu 1b.

3. Struktur Primer dan *Outrigger*

Struktur utama dapat menopang beban lateral dan juga beban gravitasi. *Outrigger System* tersebut dapat meningkatkan kekuatan bangunan. Hasil perencanaan ditunjukkan pada poin A-poin D, serta harus memastikan bahwa persyaratan yang ditentukan dalam (SNI 2847:2019 - BSN 2019) terpenuhi.

a. Balok

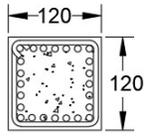
Didapat contoh salah satu balok seperti yang ditunjukkan pada gambar 7.

SIMBOL	BI-1	
KETERANGAN	BALOK INDUK 90 x 60 CM	
DIMENSI	90 x 60 CM	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
TUL. TEKAN	6 - D32	2 - D32
TUL. BAGI	-	-
TUL. TARIK	2 - D32	6 - D32
SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 100

Gambar 7. Sketsa hasil perhitungan balok induk 1 pada sumbu T1 – Q’; T1 – 4’

b. Kolom

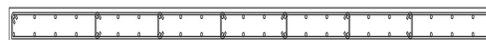
Didapat contoh salah satu kolom seperti yang ditunjukkan pada gambar 8

SIMBOL	K-1
KETERANGAN	KOLOM 120 x 120 CM Lt 9 - 19
DIMENSI	120 x 120 CM
POTONGAN	
TULANGAN	32 - D57
SENGKANG	Ø13 - 150

Gambar 8. Sketsa hasil perhitungan kolom 1 pada lantai 9-19

c. Shearwall

Didapat contoh salah satu shearwall seperti yang ditunjukkan pada gambar 9

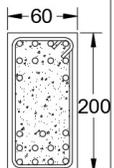
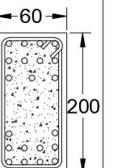


Gambar 9. Sketsa hasil perhitungan shearwall 1 pada sumbu T1 – P’; T1 – E’

Sumber: Hasil Analisis

d. *Outrigger*

Didapat contoh salah satu *Outrigger* seperti yang ditampilkan pada gambar 10

SIMBOL	OT-1	
KETERANGAN	OUTRIGGER 200 x 60 CM	
DIMENSI	200 x 60 CM	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
TUL. TEKAN	11 - D57	10 - D57
TUL. BAGI	-	-
TUL. TARIK	10 - D57	11 - D57
SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 100

Gambar 10. Sketsa hasil perhitungan outrigger 1 T1 – 1’; T1 – 2’; T1 – E’

E. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berlandaskan hasil analisis struktur menggunakan *software* ETABS, dengan menambah sistem *outrigger* maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Dari preliminary design didapatkan desain kolom berukuran 1200mm x 1200 mm; balok berukuran 900mm x 600 mm; tebal plat sebesar 200 mm; tebal dinding geser sebesar 450 mm dan desain *outrigger* berukuran tebal 600 mm x 2000 mm.
- b. Direncanakan kembali dan dipasang sistem *outrigger* dengan posisi sumbu T1 N', T1 M', T1 E', dan T1 D' pada lantai 34. Sesudah dilangsungkan analisis ulang dengan menggunakan sistem *outrigger*, simpangan antar lantai menunjukkan nilai yang lebih kecil daripada sebelum diberikan sistem *outrigger*. Dan mempunyai selisih simpangan antara lantai pada lantai 34 sebesar 2,52 mm.
- c. Pengendalian efek P-Delta, menunjukkan bahwa karena nilai stabilitas maksimum struktur pada arah X dan Y kurang dari 0,09091, dan kondisi berikut terpenuhi, maka efek P-Delta pada dua arah struktur dapat diabaikan atau dihindari dengan aman dengan kontrol *drift*. Hasil ini adalah nilai maksimum di antara beberapa model yang telah dieksekusi.

2. Saran

Disarankan untuk desain *outrigger* itu sendiri, karena jumlah dan posisi *outrigger* akan sangat mempengaruhi peningkatan kekakuan bangunan yang akan mempengaruhi penyimpangan yang terjadi, maka perlu dilakukan pengecekan jumlah dan perkiraan posisinya. Pасalnya, kebutuhan dan posisi *outrigger* di setiap bangunan

berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Mir M., and Kyoung Sun Moon. 2007. "Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects." *Architectural Science Review* 50(3):205–23. doi: 10.3763/asre.2007.5027.
- Ganatra, Viren P., Prof Rashida A. Jhummarwala, and Kaushal B. Parikh. 2017. "Study on Behaviour of Outrigger System on High." 5(Ix):2017–22.
- Jahanshahi, M. R., R. Rahgozar, and M. Malekinejad. 2012. "A Simple Approach to Static Analysis of Tall Buildings with a Combined Tube-in-Tube and Outrigger-Belt Truss System Subjected to Lateral Loading." *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics* 25(3):287–97. doi: 10.5829/idosi.ije.2012.25.03a.10.
- Kim, Han Soo, Yi Tao Huang, and Hui Jing Jin. 2019. "Influence of Multiple Openings on Reinforced Concrete Outriggerwalls in a Tall Building." *Applied Sciences (Switzerland)* 9(22). doi: 10.3390/app9224913.
- Kurnianto, Fauzan, Faimun Faimun, and Tавio Tавio. 2017. "Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Gunawangsa Tidar Surabaya Menggunakan Struktur Beton Bertulang Dengan Sistem Outrigger Dan Belt-Truss." *Jurnal Teknik ITS* 6(2). doi: 10.12962/j23373539.v6i2.26841.
- M, Karthik N. 2015. "07. Optimum Position of Outrigger System for Tall Vertical Irregularity Structures." *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* 12(2):54–63. doi:

10.9790/1684-12225463.

Nanduri, P. .. M. B. Raj Kiran, B. Suresh, and Ihtesham. Hussain. 2013. "Optimum Position of Outrigger System for High-Rise Reinforced Concrete Buildings under Wind and Earthquake Loadings." *American Journal of Engineering Research* 02(08):76–89.

Pesik, Estty Rodianti, Steenie E. Wallah, Banu D. Handono, Universitas Sam, Ratulangi Fakultas, Teknik Jurusan, and Sipil Manado. 2018. "Respon Dinamis Bangunan Bertingkat Banyak Dengan Variasi Tata Letak Outrigger." 6(3):163–74.

SNI 1727:2013 - BSN. 2013. "Beban

Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain." *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia* 196.

Syahriar, Yachub, and Mukarrom M. Faishal. 2012. "Analisis Perbandingan Efektifitas Struktur Gedung Dengan Menggunakan Shearwall Dan Kombinasi Antara Shearwall-Outrigger." *Jurnal Teknik POMITS* 1(1):1–6.



© 2022 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY Licens (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)