

# EFEKTIVITAS SISTEM STRUKTUR BAJA DIAGRID PADA BANGUNAN TINGGI

*(Effectiveness of Diagrid Steel Structure System in High Buildings)*

Draga Hasan Saputra<sup>1</sup>, Pio Ranap Tua Naibaho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Tama Jagakarsa,  
E-mail: [dragasaputra@gmail.com](mailto:dragasaputra@gmail.com)

## ABSTRAK

Diagrid dikenal sebagai struktur grid yang bagian eksterior bangunannya berbentuk diagonalisasi, hal ini sebagai salah satu pendekatan paling inovatif dan mudah beradaptasi dan berevolusi ke penggunaannya untuk gedung tinggi. Keuntungan dari sistem ini bahkan lebih besar daripada kerugiannya yang secara khusus kompleksitas dalam desain, konstruksi sambungan join dan biaya tinggi dari struktur. Oleh karena itu studi yang berkaitan dengan struktur semacam ini memiliki ruang lingkup besar yang sangat diinginkan untuk masa depan. Analisis yang digunakan dinamik linier dari berbagai struktur telah dilakukan dalam ETABS menggunakan metoda respon spektrum. Hasil analisis dalam hal *top storey displacement*, *inter-storey drift* dan *time period* telah dibandingkan untuk memahami sistem struktur diagrid. Pertama perbandingan antara diagrid dan sistem konvensional telah dianalisis untuk menggambarkan keunggulan sistem diagrid. Perbandingan ini menggambarkan pentingnya diagrid dalam pengurangan berbagai parameter beban lateral seperti *top storey displacement*, *inter-storey drift* dan *time period*. Nilai *top storey displacement* untuk sistem konvensional arah x dan y adalah 34,2% dan 30,9% lebih tinggi dibandingkan sistem diagrid. Kedua perbandingan sistem diagrid dengan dan tanpa *shear wall core*. Dari hasil efek *shear wall core* dalam sistem diagrid, telah dianalisis bahwa *shear wall core* meningkatkan kinerja struktur diagrid. Lateral *top storey displacement* berkurang dari 48,2 mm menjadi 43,5 mm sehingga berkurang 10%.

**Kata Kunci :** *Diagrid, Konvensional Frame, Shear Wall Core.*

## ABSTRACT

*Diagrid also known as diagonalized grid structure have emerged as one of the most innovative and adaptable approaches and have evolved to the point of making its use non-exclusive to tall buildings. The advantage of this system thus even outweigh the disadvantages which are specifically the complexity in design, joint connection construction and the high cost of the structure. Therefore studies related to a structure of this kind which has a huge scope in the future are highly desirable. Analysis using linear dynamics of various structures has been carried out in ETABS using the spectrum response method. The analysis results in term of the top storey displacement, inter-storey drift and time period have been compared to understand the diagrid structure system. The first comparison between diagrid and conventional system has been analysed to illustrate the superiority of the diagrid system. This comparison illustrate the importance of diagrid in reducing various lateral load parameter such as top storey displacement, inter-storey displacement and time period. The value of the top storey displacement for conventional systems in the direction of x dan y is 34,2% and 30.9% higher than the diagrid system. Both system comparison are hybridized with and without shear wall cores. From the results of the shear wall core effect in the diagrid system, it was observed that the shear wall core improved the performance of the diagrid structure. Lateral top storey displacement decreases from 48.2 mm to 43.5 mm so it is reduced by 10%.*

**Keywords:** *Diagrid, Frame Conventional, Shear Wall Core*

## PENDAHULUAN

Peningkatan pesat dalam populasi dan kelangkaan lahan di Indonesia khususnya Jakarta, telah meningkatkan permintaan bangunan yang lebih tinggi. Memperluas bangunan secara vertikal tampaknya menjadi pilihan yang efisien mengingat semua faktor. Karena ketinggian bangunan meningkatkan peran sistem penahan beban lateral (angin dan seismik) menjadi lebih menonjol dibandingkan dengan sistem penahan beban gravitasi. Inovatif sistem rangka dan metode desain modern, peningkatan perlindungan terhadap api, ketahanan terhadap korosi, fabrikasi dan teknik pemasangan yang dikombinasikan dengan teknik analitis canggih yang dimungkinkan oleh computer, juga telah memungkinkan penggunaan baja di sembarang sistem struktural yang rasional untuk bangunan tinggi. Selain itu, bila dibandingkan dengan baja, bangunan tinggi beton bertulang memiliki rasio redaman yang lebih baik berkontribusi untuk meminimalkan persepsi gerakan dan struktur beton yang lebih berat menawarkan stabilitas yang lebih baik terhadap beban angin. Semua bangunan tinggi dapat dianggap sebagai bangunan komposit karena tidak mungkin membangun gedung fungsional hanya dengan menggunakan baja atau beton. Artinya, dalam arti kritis, menggunakan tulangan baja dapat membuat bangunan beton menjadi struktur komposit, dan dengan cara yang sama, pelat beton bertulang dapat membuat bangunan baja menjadi bangunan komposit. Sistem struktur bangunan tinggi terus berkembang dan mengalami kemajuan teknologi. Sistem struktur diagrid merupakan sistem struktur yang inovatif dan telah diterapkan pada mayoritas bangunan tinggi di negara maju.



**Gambar 1.** Gedung Swiss Re, Gedung CCTV Headquarters, Gedung Mode Gakuen Spiral Tower, Gedung Capital Gate, Gedung BOW Project

Gedung pencakar langit yang terkenal di dunia juga menggunakan sistem diagrid, seperti: gedung Swiss Re di London, gedung Hearst Tower di New York, gedung CCTV Headquarters di Beijing, gedung Mode Gakuen Spiral Tower di Seoul, gedung Capital Gate di Abu Dhabi dan gedung BOW Project di Calgary (Gambar 1).

Sejak penerapan untuk sistem diagrid pada gedung 30 st Mary Axe di London dan gedung Hearst Headquarters berada di New York, yang kedua bangunan tinggi tersebut didesain oleh Norman Foster. Setelah itu diagrid mulai banyak digunakan pada bangunan tinggi di seluruh dunia. Pada bangunan sangat tinggi, desain struktur sangat dipengaruhi oleh kekakuan lateral.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan efektivitas sistem struktural diagrid dibandingkan dengan sistem konvensional dan untuk mempelajari efek *shear wall core* pada sistem struktural diagrid dan tanpa menggunakan *shear wall core*.

Penelitian ini difokuskan pada struktur gedung berfungsi sebagai kantor, dengan ketinggian yang dianalisis 40 lantai. Struktur gedung dengan sistem diagrid yang merupakan gedung beraturan terletak di Jakarta dengan tanah sedang, sudut kemiringan dari sistem diagrid baja sebesar  $74^\circ$  untuk ketinggian lantai 3,5 m. Material struktur yang digunakan adalah struktur baja, lalu pada pelat lantai dan dinding geser menggunakan beton, dengan nilai koefisien modifikasi respon awal menggunakan sistem ganda dinding geser dan rangka baja dengan *bracing* konsentrik khusus. Elemen struktur yang ditinjau struktur atas, rangka baja diagrid. Analisis linier dinamis dari struktur ini menggunakan software ETABS 2015. Gempa menggunakan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 dan pembebanan gempa sesuai dengan peraturan SNI 1726-2012 (tata cara ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung). Desain struktur diagrid tidak memperhitungkan detail sambungan elemen – elemen struktur diagrid.

## METODOLOGI PENELITIAN

Struktur diagrid dimodelkan diagonal batang - batang yang berbentuk triangulasi atau segitiga saling beraturan dan mempunyai modul. Setiap modul didefinisikan oleh satu tingkat diagrid yang mencakup beberapa lantai. Diagrid sebagai penahan beban lateral terdiri dari struktur perimeter yang sangat efisien, kolom baja diagonal biasanya dikombinasikan dengan *shear wall core* beton berada di tengah bangunan dan daktail. Metodologi ini diterapkan pada struktur 40 lantai dengan masing – masing ketinggian antar lantai 3,5 m, struktur diasumsikan terletak di Jakarta dengan kondisi tanah sedang. Semua parameter di atas berlaku untuk sistem diagrid, sistem konvensional dan sistem struktur tanpa *shear wall core* pada area tengah bangunan. Untuk sudut modul

diagrid menggunakan 74° dengan 4 lantai modul. Denah lantai tipikal untuk kesemua sistem berukuran 48 m x 48 m. Perangkat lunak ETABS versi 2015 digunakan untuk pemodelan dan analisis keoptimalan dari masing – masing sistem. Semua sistem struktural dirancang sesuai SNI 1726-2012 untuk memperhitungkan beban gempa dinamik dengan metode respon spektrum. Perbandingan hasil analisis yang dilakukan adalah maksimum *top storey displacement*, *inter-storey drift*, *storey shear* dan *time period*. Dari hasil perbandingan analisis di atas ini dibandingkan dengan struktur konvensional untuk menentukan efektivitas struktur diagrid dan keoptimalan *shear wall core* pada struktur diagrid. Dapat diketahui bahwa *storey drift* ijin yang berlaku di peraturan Indonesia sebesar 0,020 *hsx*, dimana *hsx* adalah ketinggian lantai dari tiap masing – masing lantai. Hal ini menguatkan keefektifan dan keoptimalan dari masing – masing sistem yang akan ditinjau pada penelitian ini.

**Parameter Penelitian**

**Tabel 1.** Parameter variasi sistem struktur

Sr. No	Parameter	Diagrid	Konvensional	Diagrid Tanpa Shearwall core
1.	Denah lantai	48m x 48 m	48m x 48 m	48m x 48 m
2.	Ketinggian lantai	3,5 m	3,5 m	3,5 m
3.	Mutu baja	fy250	fy250	fy250
4.	Mutu beton	fc'30	fc'30	fc'30
5.	Tebal Wall	0,5m	0,5m	0,5m
6.	Beban hidup	2,5 kN/m2	2,5 kN/m2	2,5 kN/m2
7.	Beban mati tambahan	3,01 kN/m2	3,01 kN/m2	3,01 kN/m2

**Tabel 2.** Parameter dimensi material

Sr. No	Material	Diagrid (mm)	Konvensional (mm)	Diagrid Tanpa Shearwall core (mm)
1.	Pelat	150	150	150
2.	Balok	BWF 800x300	BWF 800x300	BWF 800x300
3.	Kolom	-	KC 1200x 1200	KC 1200x 1200
4.	Diagrid	Steel pipe Ø18 inch	Steel pipe Ø18 inch	Steel pipe Ø18 inch

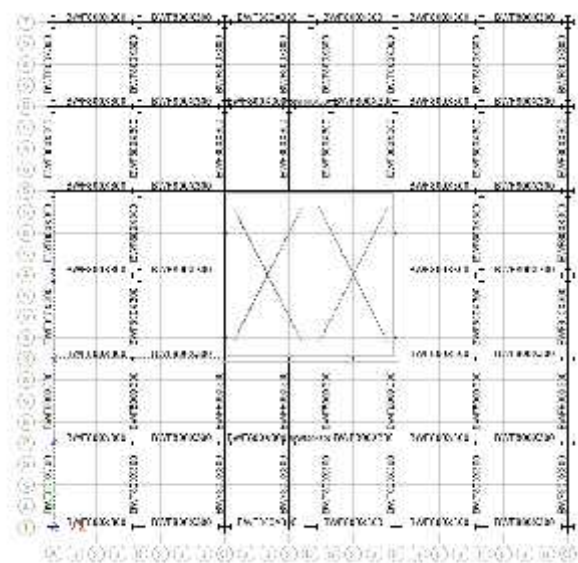
**Tabel 3.** Parameter beban gempa

Sr. No	Parameter	Detail
1.	Kategori Desain Seismik	D
2.	Klasifikasi situs	SD (tanah sedang)
3.	Koefisien modifikasi respon	7
4.	Faktor keutamaan	1

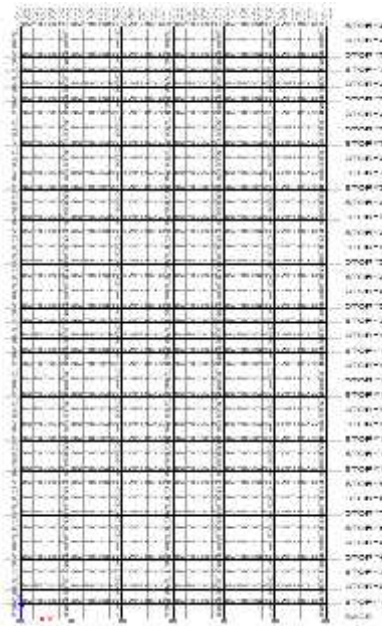
**Tabel 4.** Peraturan untuk Analisis

Sr. No	Nama peraturan	Nomer peraturan
1.	Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan Gedung dan non gedung	SNI 1726-2012
2.	Beban minimum untuk perancangan bangunan Gedung dan struktur lain	SNI 1727-2013
3.	Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung	SNI 2847-2013
4.	Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural	SNI 1729-2015

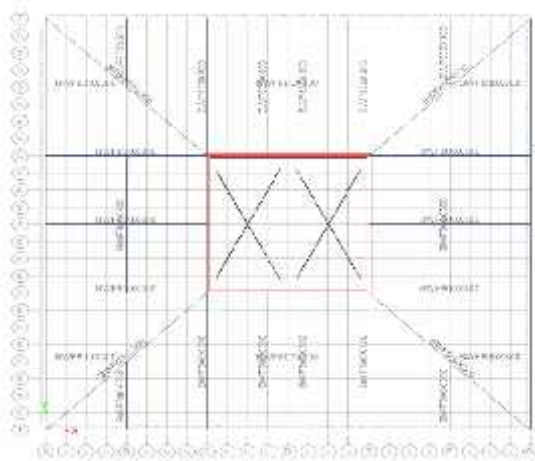
**ETABS Modeling**



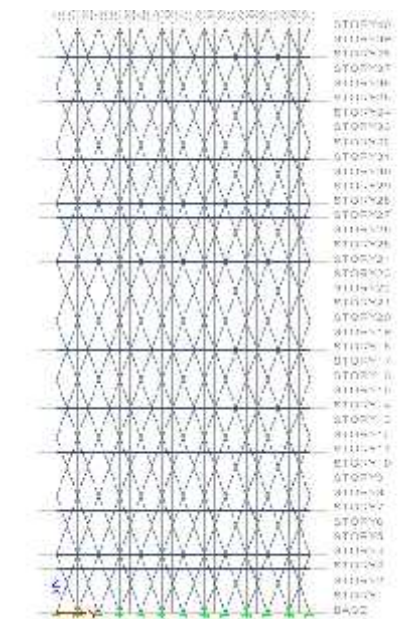
**Gambar 2.** Denah sistem konvensional



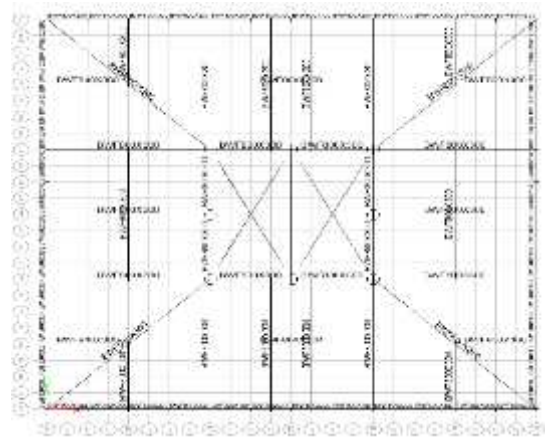
Gambar 3. Elevasi sistem konvensional



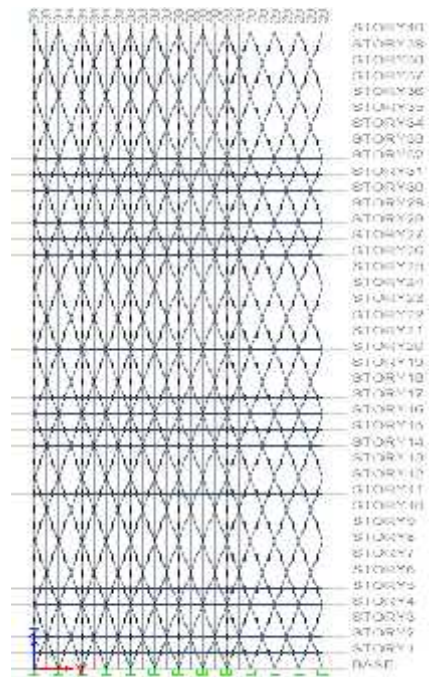
Gambar 4. Denah sistem diagrid



Gambar 5. Elevasi sistem diagrid



Gambar 6. Denah sistem diagrid tanpa shear wall core

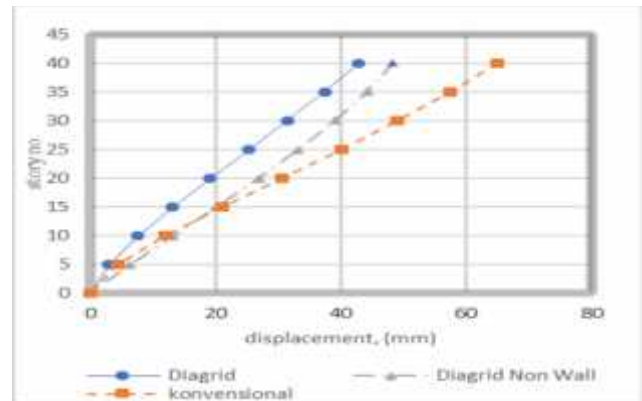


Gambar 6. Elevasi sistem diagrid tanpa shear wall core

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

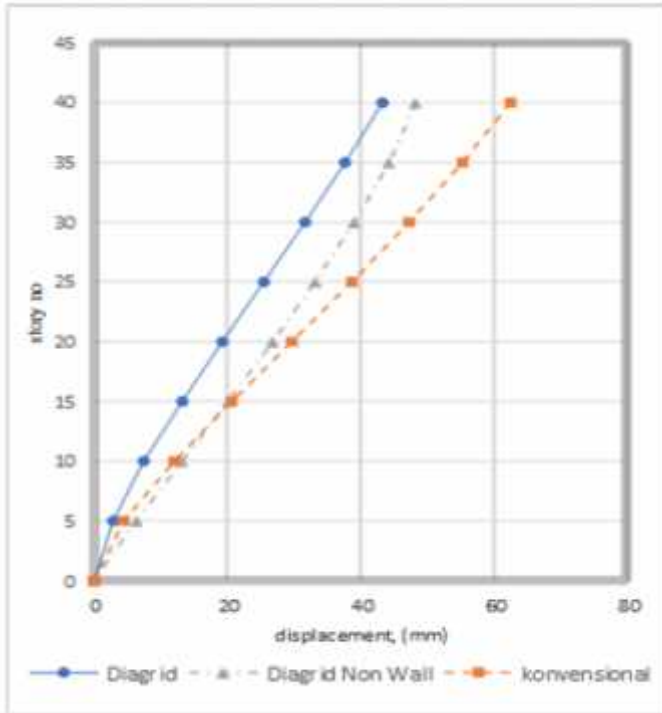
**MAKSIMUM TOP STOREY DISPLACEMENT**

a. Maksimum arah X



Gambar 7. Lantai Vs top storey displacement arah X

b. maksimum arah Y

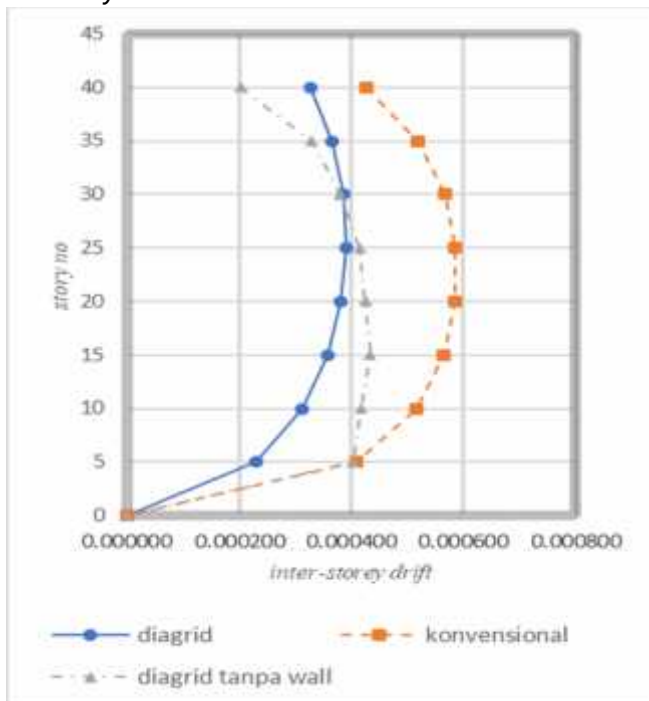


Gambar 8. Lantai Vs top storey displacement arah Y

Hasil Analisis maksimum top storey displacement sistem diagrid untuk arah X sebesar 42,8 mm dan untuk arah Y sebesar 43,2 mm, sedangkan untuk sistem konvensional arah X sebesar 65 mm dan arah Y sebesar 62,5 mm. Ini menyatakan bahwa sistem diagrid untuk arah X sebesar 34,15% dan untuk arah Y sebesar 30,88% lebih sedikit dibandingkan sistem konvensional. Perpindahan lantai untuk system diagrid masih dalam kisaran yang diijinkan yaitu 70 mm.

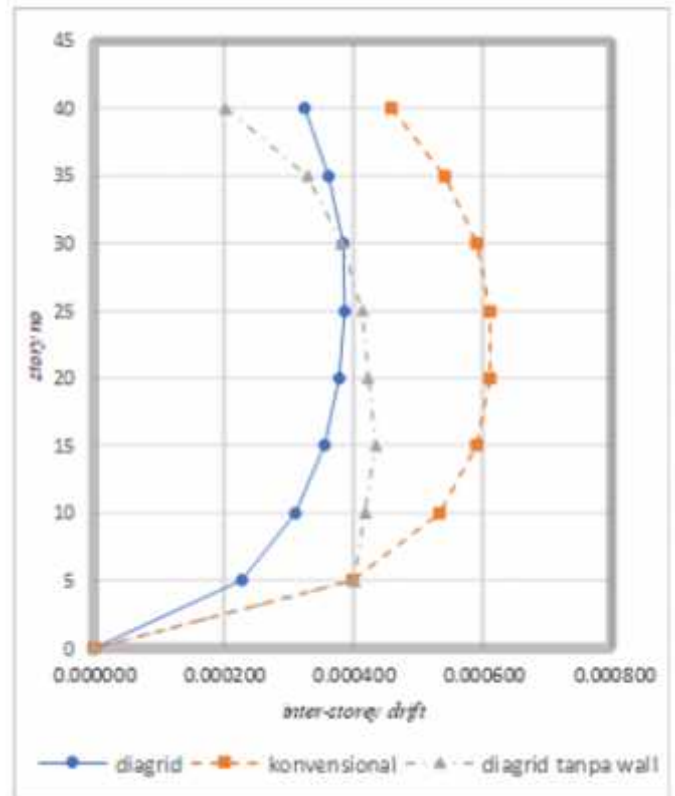
Storey drift antar lantai

a. Storey drift arah X



Gambar 9. Lantai Vs storey drift arah X

b. Storey drift arah Y

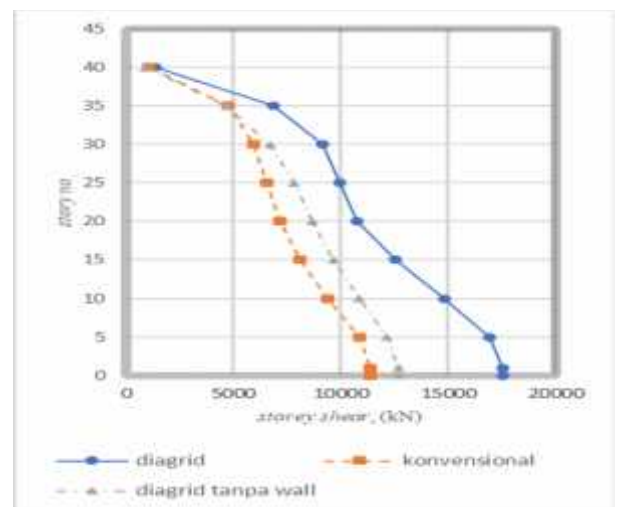


Gambar 10. Lantai Vs storey drift arah Y

Dalam hal rasio inter-storey drift, kurva menunjukkan saling memotong pemodelan diagrid dengan diagrid tanpa wall. Untuk pemodelan tanpa wall terlihat storey drift ada penurunan yang signifikan di lantai 30 sampai dengan lantai 40, sehingga terlihat grafik sangat jauh perubahan storey drift diagrid tanpa wall. Sedangkan nilai rasio inter-storey drift sistem konvensional arah X dan Y adalah 0,000459 dan 0,000452, hasil nilai maksimum rasio inter-storey drift dinyatakan 29,20% untuk arah X dan 23% untuk arah Y, lebih tinggi dari sistem diagrid .

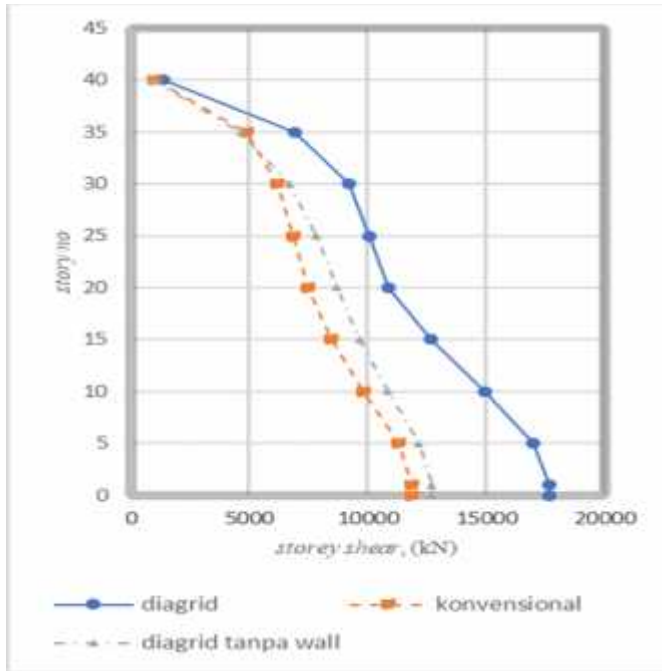
Storey shear antar lantai

a. Storey shear arah X



Gambar 11. Lantai Vs storey shear arah X

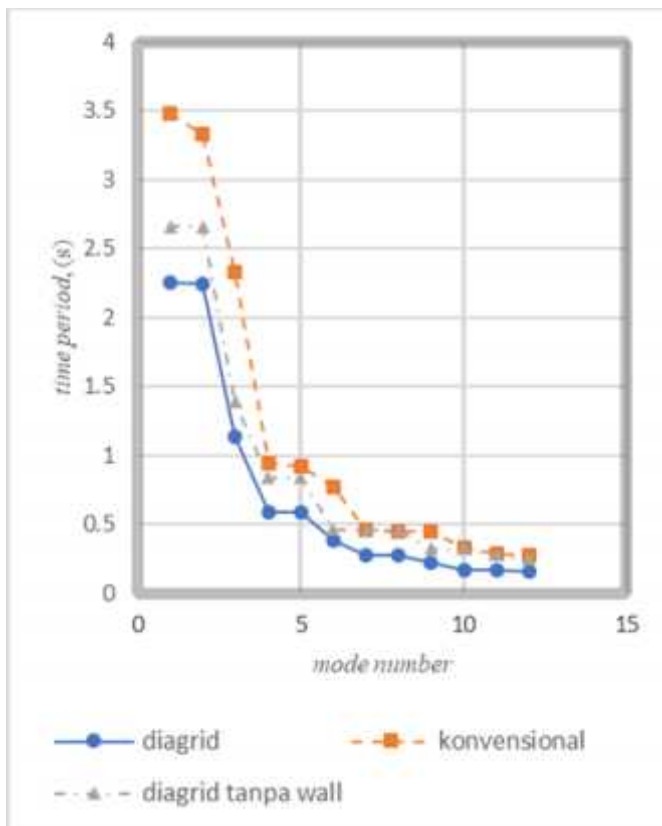
b. Storey shear arah Y



Gambar 12. Lantai Vs storey shear arah Y

Hasil analisis storey shear untuk sistem diagrid arah X dan arah Y lebih besar dibandingkan sistem konvensional dan diagrid tanpa wall, dikarenakan sistem diagrid lebih kaku dibandingkan dari kedua sistem tersebut.

Mode dan time period



Gambar 13. Mode Vs time period

Hasil analisis time period untuk mode pertama untuk sistem diagrid lebih kecil 15% dibandingkan sistem diagrid

tanpa wall dan sistem konvensional. Dengan demikian, sistem diagrid lebih efektif dari kedua sistem tersebut untuk menahan beban lateral, karena sistem diagrid memiliki sistem penahan beban lateral eksternal dalam bentuk diagrid.

KESIMPULAN

Berdasarkan permasalahan, tujuan dan hasil analisis tentang efektivitas sistem baja diagrid pada bangunan tinggi ini dapat disimpulkan bahwa perbandingan sistem struktur diagrid dengan struktur konvensional menggambarkan pentingnya sistem diagrid dalam pengurangan berbagai parameter beban lateral seperti top storey displacement, inter-storey drift, time period. Nilai top storey displacement untuk sistem struktur konvensional arah x dan arah y adalah 34,2% dan 30,9% lebih tinggi dibandingkan dengan sistem diagrid. Untuk inter-storey drift maksimum arah x dan arah y adalah sekitar 29,2% dan 23% lebih tinggi untuk sistem struktur konvensional. Dari hasil efek shear wall core dalam sistem diagrid, terlihat bahwa shear wall core meningkatkan kinerja struktur baja diagrid. Top storey displacement lateral berkurang dari 48,2 mm menjadi 43,5 mm sehingga berkurang sekitar 10%. Dalam analisis maksimum inter-storey drift, nilai menurun sebesar 39% sedangkan dalam analisis maksimum time period, persentase penurunan sekitar 15%.

REFERENSI

Ali, M., M., and Moon, K., S., (2007), Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects, *Architectural Science Review*, 50(3), 205 – 223.

Bajaj, A., and Sehgal, V., K., (2016), A Literature Review on Diagrid Structural System, *International Conference on Advances in Dynamics, Vibration and Control*, 55 – 60.

Charnish, B., and McDonnell, T., (2008), The Bow: Unique Diagrid Structural System for a sustainable Building, *CTBUH 8<sup>th</sup> world congress*, Dubai, Building Case Study, conference proceedings, 1 – 5.

Deshpande, R., D., Patil, S., M., and Ratan S., (2015), Analysis and Design of Diagrid and Conventional Structural System, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 02, 2295 – 2300.

Moon, K., S., (2009), Design and Construction of Steel Diagrids, *NSCC*, 398 – 405.

SNI 1726., (2012) : Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, *BSN*.

SNI 1727., (2013) : Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, *BSN*.

SNI 1729., (2015) : Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural, *BSN*.

Varsani, H., Pokar, N., and Gandhi, N., (2015), Comparative Analysis of Diagrid Structural System and conventional structural system for high rise steel building, *IJAREST*.