

Analisis Perilaku Dan Kinerja Struktur Baja Dengan Sistem Struktur Diagrid Dan Inverted V-Braced

I Putu Agus Putra Wirawan

Progam Studi Teknik Sipil, Universitas Mahasaraswati, Denpasar Bali, Indonesia

E-mail : agusputrawirawan2020@unmas.ac.id

ABSTRACT *The diagrid structure system is a grid structure system that is applied to buildings with a diagonal shape. This structural system aims to increase the strength and stiffness of the building. In addition, the diagrid structural system can provide a more aesthetic appearance. This structural system is very good for application in medium to high rise buildings. In this study, a comparison of the behavior and performance of the Diagrid (DIA) and Brace Frame (BF) structural system using ETABS 2016 software is carried out. The structural behaviors to be reviewed include stress ratio, deformation, drift ratio and structural weight, while the structural performance includes pushover curves. The geometry of the two buildings uses a span length and width of 3@5m and a total height of 30 m. In this study, results obtained from behavioral analysis in the form of stress ratio is less than 1, the deformation of BF was 58% greater compared to the DIA model, drift ratio of DIA was 35% more rigid than BF and the weight ratio of DIA was 24% lighter compared to BF with the weight ratio of 1.33, while for the performance analysis of the DIA model is 14% better than the BF model. It can be concluded that the DIA structural system is better than the BF.*

Keyword : *diagrid structure system, brace frame, behavior, performance*

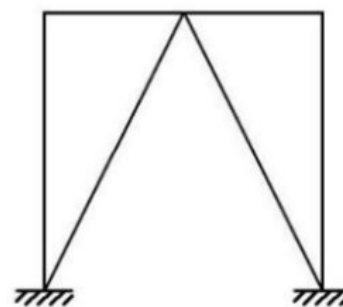
PENDAHULUAN

Bangunan tinggi pada umumnya memiliki massa bangunan yang besar dan rentan terhadap beban lateral baik itu beban gempa maupun angin. Beban lateral ini perlu diantisipasi dengan beberapa sistem struktur sebagai alternatif struktur agar beban lateral yang bekerja pada struktur dapat diperkecil. Ada beberapa sistem struktur yang dapat digunakan yaitu dengan sistem struktur diagrid (diagonal grid) dan brace frame. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Deshpande, et.al (2015) sistem struktur diagrid lebih efisien 28% dibandingkan dengan struktur konvensional. Diperoleh hasil simpangan struktur model diagrid lebih kecil dibandingkan struktur konvensional. Sistem struktur diagrid merupakan salah satu sistem struktur bracing dengan bentuk kolom diagonal. Pada dasarnya struktur diagrid menggunakan prinsip rangka batang dengan membentuk sudut akibat posisi diagonalnya. Sudut-sudut 2 tersebut terlihat segitiga sehingga bentuk tersebut dapat dimanfaatkan untuk menahan beban lateral maupun beban gravitasi. Untuk memperoleh hasil perbandingan struktur antara struktur DIA dan BF maka dilakukan analisis perilaku dan kinerja terhadap kedua sistem struktur tersebut dengan software ETABS 2016. Perilaku dan kinerja yang akan dibandingkan adalah stress ratio, simpangan,

drift ratio dan berat struktur, sedangkan kinerja struktur meliputi kurva pushover.

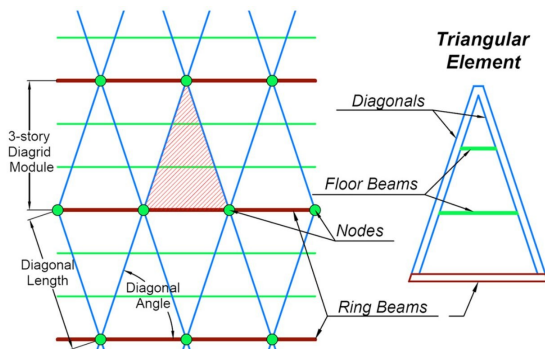
LANDASAN TEORI

Sistem struktur brace frame merupakan sistem struktur batang secara diagonal antara balok dan kolom, hal ini mengakibatkan sistem struktur bracing dapat menahan gaya lateral dengan baik. Salah satu sistem bracing terbaik adalah Inverted V Braced yang memiliki kekakuan dan kekuatan lebih baik dibandingkan dengan sistem struktur bracing lainnya. Hal ini dikarenakan Inverted V Braced mengalami sendi plastis tidak pada kolom melainkan pada ujung link balok diantara ujung batang bracing.



Gambar 1. Inverted V Braced

Sistem struktur diagrid merupakan sistem struktur bracing diagonal, kata diagrid terdiri dari kata diagonal dan grid yang merupakan struktur segitiga dengan batang diagonal (Boake, 2014). Kontribusi sistem struktur ini dalam menahan beban diperoleh dari pola triangular (segitiga) sehingga dapat meningkatkan kekakuan struktur. Pada sistem struktur ini kolom vertikal digantikan dengan batang-batang diagonal.



Gambar 2. Sistem Struktur Diagrid

Pada struktur rangka terbreis, kolom digunakan untuk menyediakan kapasitas penahan beban vertical dan diagonal atau breising memberikan stabilitas dan ketahanan terhadap kekuatan besar, seperti beban lateral (angin dan gempa). Dengan sistem struktur ini kapasitas untuk menahan beban vertikal dan lateral dilakukan sekaligus oleh batang-batang diagonal sehingga tidak perlu lagi menambahkan breising.

Batang-batang diagonal pada struktur diagrid dihubungkan dengan titik simpul/node seperti pada Gambar. Dalam banyak proyek diagrid yang dibangun, simpul atau node telah diproduksi terlebih dahulu di dalam pabrik sebagai elemen kaku yang dilas. Struktur diagrid merupakan sistem struktur yang mirip dengan sistem rangka batang (truss) dengan pola segitiga, sehingga pusat node tidak perlu kaku dan dapat dibangun sebagai sambungan sendi atau pin (Moon, 2009).

METODE PENELITIAN

Model sistem struktur diagrid dan breising dimodel kedalam 2 tipe yaitu, model DIA yang merupakan model struktur tower dengan menggunakan sistem struktur diagrid dan model BF yang merupakan model struktur tower dengan menggunakan sistem struktur brace frame.

Geometri dan Pembebanan

Berikut adalah data-data dari gedung yang dimodelkan:

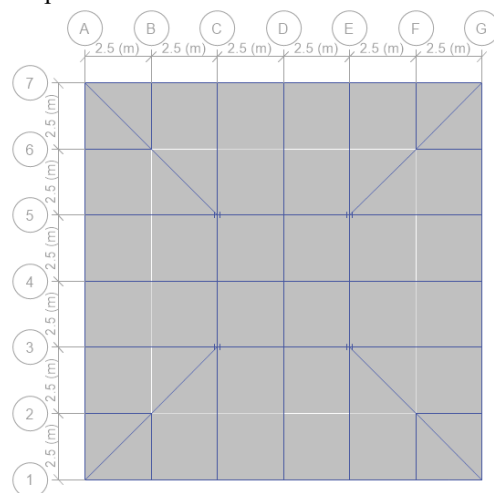
Tabel 1. Data Geometri Struktur

Deskripsi	Keterangan
Tinggi total	30 m
Tinggi antar lantai	5 m
Bentang arah X	3 @ 5 m
Bentang arah Y	3 @ 5 m
Pelat lantai	Shell Elemen
Beban Live lantai & atap	3.59 kN/m ² & 0.96 kN/m ²
Beban SDead lantai	1.21 kN/m ² & 0.83 kN/m ²
Beban Lateral	Respon Spektrum (Lokasi Surabaya)

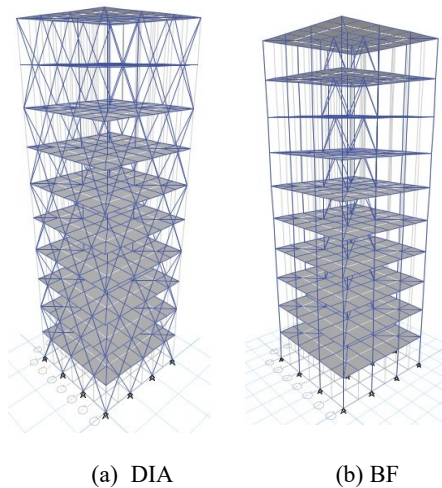
Pemodelan

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ETABS 2016 dengan tampak pada Gambar 3 dan Gambar 4. Frame element digunakan untuk memodelkan komponen struktur batang diagonal, kolom dan balok pada kedua model.

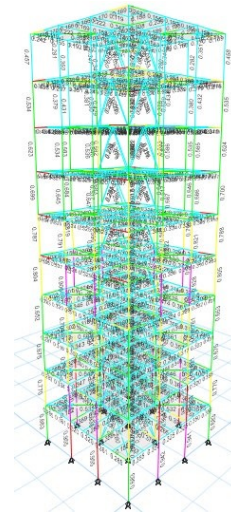
Sedangkan shell element digunakan untuk memodelkan komponen struktur pelat lantai dan pelat atap. Berikut adalah denah dan 3D yang dimodelkan dalam penelitian ini.



Gambar 3. Denah Tipikal



Gambar 4. Model (a) DIA dan (b) BF



Gambar 6. Inverted V-Braced Model

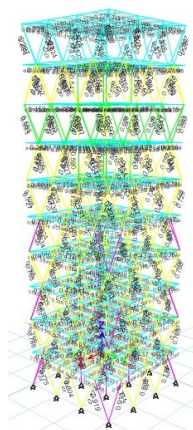
PEMBAHASAN

Penampang yang digunakan dalam model merupakan penampang import AISC dan sudah memenuhi syarat stress ratio penampang. Hasil analisis yang akan ditampilkan berupa hasil analisis linier (stress ratio, simpangan, drift ratio, berat struktur) dan analisis kinerja berupa kurva (pushover). Adapun hasil akan ditampilkan dalam bentuk tabel, kurva dan gambar.

Dimensi Elemen Struktur

Dimensi penampang merupakan hasil desain dan analisis dengan menggunakan perangkat lunak ETABS 2016. Dimensi yang digunakan telah memenuhi syarat kekuatan yaitu stress ratio kurang dari 1,0 dan syarat kekakuan dengan simpangan antar lantai tingkat ijin tidak melebihi 0,020 hsx yang tercantum pada SNI 1726-2012. Penampang untuk setiap model tersaji pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Stress Ratio



Gambar 5. Diagrid Model

Tabel 2. Dimensi struktur DIA

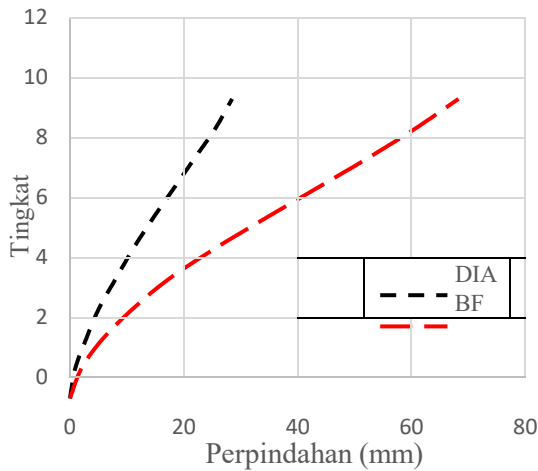
Tingkat	DIA		
	Col. Core	Col. Ext. (Diagrid)	Beam
1-2	WF 300 - 158	Round HHS 180 - 52	WF 250 - 22
3-4	WF 300 - 158	Round HHS 175 - 39	WF 250 - 22
5-6	WF 250 - 107	Round HHS 150 - 34	WF 250 - 22
7	WF 250 - 107	Round HHS 150 - 23	WF 250 - 22
8	WF 200 - 60	Round HHS 150 - 23	WF 250 - 22
9-10	WF 200 - 60	Round HHS 125 - 14	WF 250 - 22
Roof	-	-	WF 250 - 22

Tabel 3. Dimensi Struktur BF

Tingkat	BF		
	Col. Core	Col. Ext.	Beam
1-2	WF 350 - 223	WF 250 - 80	WF 250 - 22
3-4	WF 350 - 223	WF 250 - 80	WF 250 - 22
5-6	WF 300 - 266	WF 200 - 60	WF 250 - 22
7	WF 300 - 266	WF 200 - 60	WF 250 - 22
8	WF 200 - 60	WF 200 - 52	WF 250 - 22
9-10	WF 200 - 60	WF 200 - 52	WF 250 - 22
Roof	-	-	WF 250 - 22

Dimensi bresing WF 250 - 73 untuk tingkat 1- 4 dan WF 200 - 46 untuk tingkat 5 - 10.

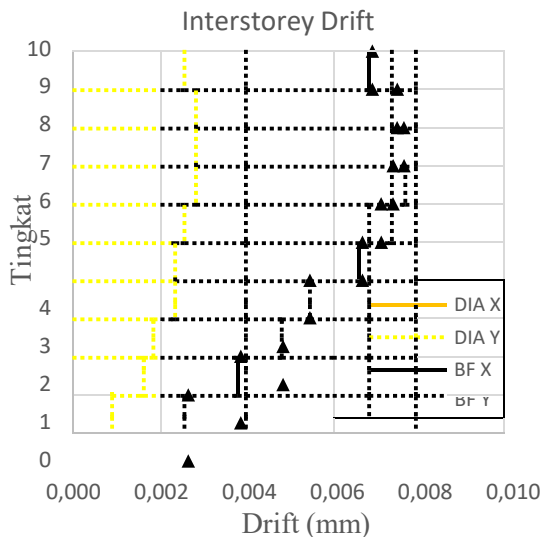
Simpangan



Gambar 7. Perbandingan tingkat vs perpindahan model DIA dan BF

Simpangan yang terjadi pada model BF 58% jauh lebih besar dibandingkan dengan model DIA.

Drift Ratio



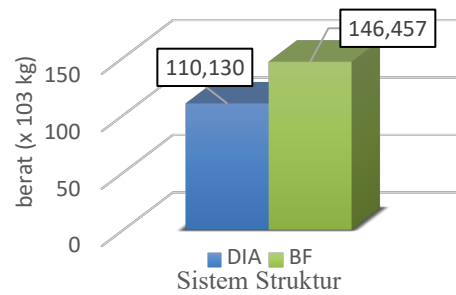
Gambar 8. Perbandingan tingkat vs drift model DIA dan BF

Sistem DIA lebih kaku daripada sistem BF memberikan respons paling fleksibel. Hasil ini sesuai dengan periode alami semua model, yaitu: 1,441 (DIA), 2,227 (BF) masing-masing.

Berat Struktur

Penggunaan total berat baja untuk masing-masing model ditunjukkan Gambar 9. Rasio berat baja relatif terhadap DIA adalah 1,33 model BF. Model DIA memiliki berat baja lebih ringan dan karenanya model DIA lebih efisien dibandingkan dengan model BF.

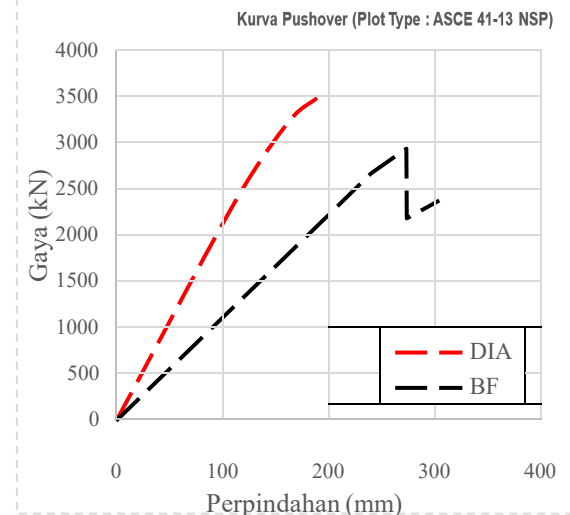
Perbandingan Berat



Gambar 9. Perbandingan berat struktur model DIA dan BF

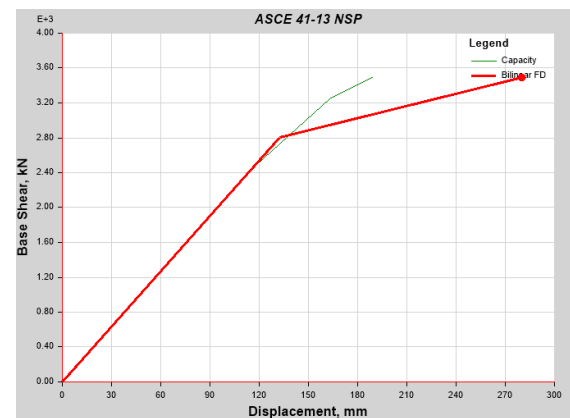
Kinerja Struktur

Dilakukan juga analisis nonlinier pada model DIA dan BF, berikut adalah kurva hasil analisis pushover.

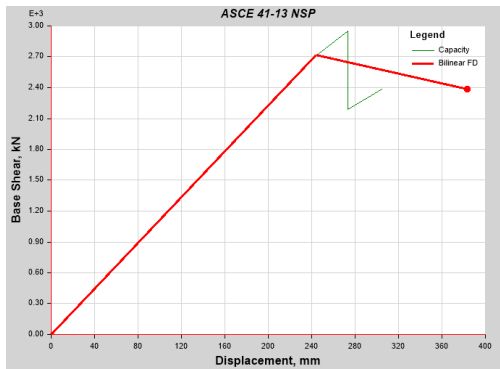


Gambar 10. Kurva pushover model DIA dan BF

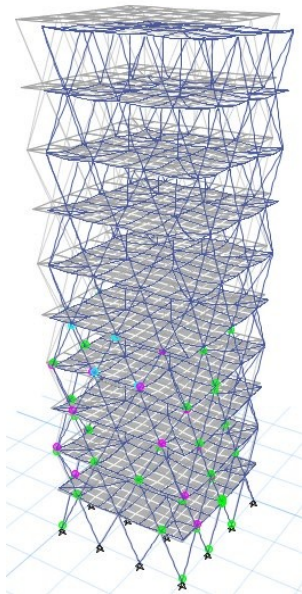
Model DIA mampu menerima beban 14% lebih tinggi dibandingkan dengan model BF, tetapi model BF mampu berdeformasi lebih baik dibandingkan dengan model DIA. Sendi plastis yang terbentuk pada model ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



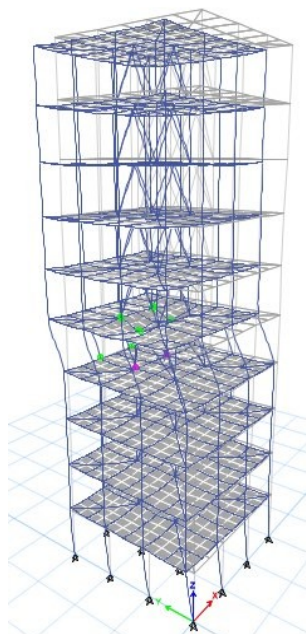
Gambar 11. Kurva pushover model DIA



Gambar 12. Kurva pushover model BF



Gambar 12. Sendi Plastis Diagrid Model



Gambar 12. Sendi Plastis Inverted V -Braced Model

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan pemodelan dan analisis struktur dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

- Berdasarkan hasil analisis linear yang didapatkan diketahui bahwa penggunaan diagrid secara signifikan dapat mengurangi simpangan serta *drift* yang terjadi pada struktur.
- Model DIA mampu menerima beban 14% lebih tinggi dibandingkan dengan model BF, tetapi model BF mampu berdeformasi lebih baik dibandingkan dengan model DIA.
- Rasio berat baja relatif terhadap DIA adalah 1,33 model BF. Model DIA memiliki berat baja lebih ringan dan karenanya model DIA lebih efisien dibandingkan dengan model BF.

Saran

Pada saat membandingkan volume material yang digunakan sebaiknya diperhitungkan pula volume *node* yang menyambungkan setiap modul diagrid dan balok induk tepi sehingga volume yang dibandingkan dapat lebih terperinci.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction. 2003. *AISC Design Guide 16: Flush and Extended Multiple Row Moment End-Plate Connections*. Chicago.
- American Institute of Steel Construction. 2003. *AISC Design Guide 17: High Strength Bolts – A Primer for Structural Engineers*. Chicago.
- American Institute of Steel Construction. 2010. *AISC Design Guide 24: Hollow Structural Section Connections*. Chicago.
- American Institute of Steel Construction. 2015. *AISC Design Guide 4: Extended End-Plate Moment Connections – Seismic and Wind Applications, Second Edition*. Chicago.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *SNI 1729-2002: Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 1727-2013: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 1726-2012: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *SNI 1729-2015: Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan*. Jakarta.

- Baker, W., Besjak C., Sarkisian, M., Lee P., Doo, C. S. 2010. *Proposed Methodology to Determine Seismic Performance Factors for Steel Diagrid Framed Sistem*. Council on Tall Building and Urban Habitat.
- Boake, T.M. 2014. *Diagrid Structures: Systems, Connections, Details*. Birkhauser. Basel.
- Dedplazes, Andrea. 2005. *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures*. Birkhauser. Basel.
- Deshpande, R. D., Patil, S. M. dan Ratan, Subramanya. 2015. *Analysis and Comparison of Diagrid and Conventional Structural Sistem*. International Research Journal of Engineering and Technology. Tamilnadu.
- Federal Emergency Management Agency. 2009. *FEMA P695 Quantification of Building Seismic Performance Factors*. Washington, D.C.
- McCormac, J. C. dan Csernak, S. F. 2012. *Structural Steel Design Fifth Edition*. Prentice-Hall Inc. New Jersey.
- Moon, K. 2009. *Design and Construction of Steel Diagrid Structures*. NSCC.
- Nawi, Edward G. 1985. *Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*. Diterjemahkan oleh: Bambang Suryoatmono. Refika Aditama. Bandung.
- Salmon, C.G. dan Johnson, J.E. 1980. *Steel Structures: Design and Behaviour. Second Edition*.
- Harper & Row Publisher Inc. Wisconsin Shah, M. I., Mevada, S. V. dan Patel, V. B. 2016. *Comparative Study of Diagrid Structures with Conventional Frame Structures*. International Journal of Engineering Research and Applications.
- Taranath, B. S. 2012. *Structural Analysis and Design of Tall Buildings*. CRC Press. Boca Raton.