

ANALISIS PERBANDINGAN PERILAKU STRUKTUR BAJA DIAGRID DENGAN RANGKA TERBREIS PADA GEDUNG 16 LANTAI

Made Sukrawa, Ida Ayu Made Budiwati dan I Gede Yoga Pratama

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: msukrawa@yahoo.com

Abstrak: Struktur rangka terbreis (BF) merupakan sistem rangka batang vertikal yang dapat memberikan ketahanan terhadap gaya lateral (gempa). Alternatif lain yang dapat digunakan untuk menahan beban lateral adalah dengan menggunakan sistem struktur *diagrid* (DIA) yang merupakan sistem struktur dengan breising diagonal dengan sudut tertentu yang sekaligus berfungsi sebagai kolom. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan perilaku struktur baja DIA dengan BF. Struktur DIA dirancang dengan variasi kemiringan sudut 54° , 65° , 70° , dan 77° sedangkan struktur BF menggunakan tipe X-2 lantai pada gedung berukuran 25 m x 25 m dan tinggi total 56 m. Kedua sistem struktur didesain agar memenuhi simpangan antar lantai ijin tidak melebihi 0,020 hsx dan nilai *stress ratio* kurang dari 1,0. Hasil analisis menunjukkan bahwa model DIA 65 merupakan struktur yang paling kaku diantara model yang lainnya, sedangkan gaya-gaya pada model BF lebih kecil dari model DIA. Model DIA77 membutuhkan material baja yang paling sedikit, diikuti oleh DIA70, DIA65, DIA54 dan BF sedangkan Model BF memiliki jumlah sambungan yang paling sedikit. Berdasarkan penilaian dari kelima model tersebut, didapatkan hasil bahwa model DIA65 merupakan model yang paling baik dilihat dari simpangan dan berat strukturnya.

Kata kunci: struktur baja, sistem struktur *diagrid*, rangka terbreis, kekakuan lateral

COMPARATIVE ANALYSIS OF BEHAVIOR OF DIAGRID STEEL STRUCTURE AND BRACED FRAME IN 16 FLOOR BUILDING

Abstract: *Braced Frame structure (BF) is a vertical truss system that provide resistance to lateral forces due to earthquake. Another alternative that can be used to resist lateral loads is diagrid structural system (DIA) which is a diagonal bracing that also functions as a column. This research was conducted to determine the comparison of the behavior of DIA with BF. The DIA structure is designed with angle variation of 54° , 65° , 70° , and 77° while the BF structure used was type X-2 floor in a building measuring 25 m x 25 m of 56 m tall. Both structural systems were designed not to exceed inter story drift limit of 0,020 hsx and stress ratio of 1,0. The analysis results show that the DIA 65 model is the most rigid structure, while the internal forces in BF model are smaller than that in DIA models. The DIA77 model requires the least amount of steel, followed by DIA70, DIA65, DIA54 and BF. The BF model however, has the least number of connections compared to the DIA model. Among the five models, the DIA65 model is the best model in terms of deformation and structure weight.*

Keywords : *steel structure, diagrid steel structure, braced frame, lateral stiffness*

PENDAHULUAN

Tahun lalu di Lombok terjadi gempa kuat yang merusak beberapa bangunan tinggi dan bangunan rendah baik bangunan yang di rancang (*engineered*) maupun bangunan yang dibangun tanpa perencanaan teknis (*non engineered*). Sebagian besar bangunan yang rusak berupa struktur beton bertulang. Struktur baja memiliki sifat yang lebih daktil dari beton bertulang yang diharapkan bisa lebih bertahan dalam menerima beban gempa kuat.

Sistem struktur baja penahan beban lateral akibat gempa dapat berupa rangka pemikul momen ataupun rangka terbreis (*braced frame*, BF). Struktur rangka terbreis (BF) merupakan sistem rangka batang vertikal yang dapat memberikan ketahanan terhadap gaya lateral yang dapat bekerja secara efektif baik dalam keadaan tarik maupun tekan. Sistem struktur lain yang belakangan ini banyak dibangun adalah *diagrid* (DIA) dengan breising diagonal yang berfungsi juga sebagai kolom. Struktur DIA memanfaatkan konsep rangka batang segitiga yang disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu rangka. Selain berpengaruh pada estetika, sudut ini juga dapat mengubah distribusi gaya-gaya dalam dan simpangan lateral struktur. Dengan memanfaatkan bentuk segitiga, struktur DIA mampu menahan beban lateral dan beban gravitasi yang sama baiknya. Beban lateral yang diterima oleh struktur DIA akan diteruskan pada batang-batang diagonalnya dan menjadi gaya aksial pada batang (Arpitha et.al, 2016). Kedua alternatif struktur ini perlu dibandingkan untuk mendapatkan sistem struktur yang lebih efisien dengan penampilan yang serupa.

Penelitian awal terkait perbandingan antara struktur DIA dan BF sudah dilakukan (Sukrawa et al, 2018) tetapi terbatas pada DIA dengan satu tipe sudut diagonal dan BF dengan tipe V terbalik. Pada penelitian ini dirancang DIA dengan berbagai sudut diagonal untuk dibandingkan dengan BF tipe X-2 lantai sehingga diperoleh struktur dengan tampak luar yang serupa.

LANDASAN TEORI

Struktur Rangka Terbreis (BF)

Rangka terbreis (*braced frame*) merupakan sistem rangka batang vertikal yang secara esensial memberikan ketahanan terhadap gaya lateral dan memberikan stabilitas untuk sistem struktur (BSN, 2015). Breising merupakan

komponen struktur atau sistem yang memberikan kekakuan dan kekuatan pada struktur. Umumnya breising ditempatkan menyilang (diagonal) dengan konfigurasi bervariasi pada bagian portal dari suatu struktur. Penambahan breising pada portal bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur. Elemen breising berperilaku seperti rangka batang yaitu hanya menerima tarik dan tekan. Penggunaan breising dapat menambah kekakuan suatu portal secara efisien, karena pemasangan secara diagonal dapat menyebabkan batang breising hanya akan menahan gaya aksial saat melayani gaya geser horisontal (Smith & Coull, 1991). Rangka terbreis dapat dikategorikan menjadi dua yaitu rangka breising konsentrik dan rangka breising eksentrik, yang membedakan antara dua kategori tersebut adalah adanya mekanisme *link* pada breising eksentrik.

Struktur Baja *Diagrid*

Diagrid merupakan akronim dari kata diagonal dan grid yang merujuk pada suatu sistem struktur yang umumnya terbuat dari baja yang menciptakan struktur segitiga dengan batang pendukung diagonal (Boake, 2014). Sistem struktur ini memiliki kemampuan dalam menahan beban melalui pola segitiga sehingga dengan pola tersebut dapat meningkatkan kekakuan struktur. Batang-batang diagonal tersebut tersusun dalam satu bidang dan menjadi pembeda dengan sistem struktur lainnya seperti sistem rangka ruang, portal ruang dan sebagainya. Dalam sistem struktur keberadaan kolom vertikal digantikan dengan batang-batang diagonal.

Sistem struktur *diagrid* memberikan beberapa keuntungan selain menghilangkan kolom vertikal. Biasanya kolom digunakan untuk menyediakan kapasitas penahan beban vertikal dan diagonal atau breising digunakan untuk memberikan stabilitas dan ketahanan terhadap beban lateral seperti beban angin dan gempa. Namun pada sistem struktur *diagrid* ini, dengan memanfaatkan bentuk segitiga, struktur *diagrid* mampu menahan beban lateral dan beban gravitasi yang sama baiknya. Beban lateral yang diterima oleh struktur *diagrid* akan diteruskan pada batang – batang diagonalnya dan menjadi gaya aksial pada batang.

Struktur *diagrid* merupakan sistem struktur yang mirip dengan sistem struktur rangka batang (*truss*) dengan pola segitiga, sehingga pusat node tidak perlu kaku dan dapat

dibangun sebagai sambungan sendi atau pin (Moon, 2009). Namun dalam tahap konstruksi, node tersebut memerlukan kekakuan agar tetap tegak tanpa perlu adanya penyangga.

Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai desain tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin yang terdapat pada Tabel 16, SNI 1726-2012. Besarnya simpangan antar lantai desain dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta x = \frac{(\delta_x - \delta_{x-1e}) \times C_d}{I_E} \leq \Delta_a \dots \dots \dots (1)$$

Dalam persamaan di atas, Δ_x adalah simpangan antar lantai desain, Δ_a adalah simpangan antar lantai ijin, δ_{xe} adalah defleksi pada lantai x, δ_{x-1e} adalah defleksi pada lantai x-1, C_d adalah faktor pembesaran defleksi dan I_E adalah faktor keutamaan gempa.

Stress Ratio

Stress ratio merupakan perbandingan antara gaya dalam ultimate (hasil beban kombinasi maksimum yang bekerja membebani bangunan) dengan kuat nominal penampang. Suatu struktur dianggap memenuhi persyaratan kekuatan jika nilai stress ratio kurang dari satu. Berdasarkan BAB H SNI 1729-2015 (BSN, 2015) tentang desain komponen struktur untuk kombinasi gaya dan torsi, stress ratio dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

Apabila $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$ $\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} \right) + \left(\frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 (2)$

Apabila $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$ $\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} \right) + \left(\frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 (3)$

Stress ratio geser $\frac{Vu}{\phi V_n} \leq 1,0 \dots \dots \dots (4)$

Dimana P_r adalah kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kips (N), P_c adalah kekuatan aksial tersedia kips (N), M_r adalah kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI kip-in (N-mm), M_c adalah kekuatan lentur tersedia kip-in (N-mm), x adalah indeks sehubungan dengan sumbu kuat lentur, y adalah indek sehubungan dengan sumbu lemah lentur, V_u adalah gaya geser ultimit yang terjadi dan ϕV_n adalah kekuatan penampang menahan geser.

METODE PENELITIAN

Data Material

Dalam penelitian ini akan diteliti mengenai sistem struktur DIA dan BF. Data material yang akan digunakan dalam pemodelan kedua sistem struktur tersebut meliputi material batang diagonal, balok, kolom dan breising serta material pelat lantai dan pelat atap.

Material baja untuk batang diagonal, balok, kolom dan breising meliputi kuat tarik leleh (f_y) 410 MPa (Bj 55), dan kuat tarik ultimate (f_u) 550 MPa (Bj 55) sedangkan untuk material pelat lantai dan pelat atap direncanakan dengan kuat tekan beton (f'_c) 30 MPa.

Data Geometri Gedung

Berikut ini merupakan data geometri dari gedung yang dimodelkan kedalam perangkat lunak. Dimensi untuk kedua sistem struktur merupakan dimensi yang identik dan tipikal untuk setiap lantainya. Perbedaan kedua model denah terdapat pada kolom tepi yang digantikan dengan batang diagonal untuk model DIA seperti pada Gambar 1. Tinggi antar lantai 3,5 meter dengan tinggi total gedung 56 meter.

Pemodelan sistem struktur DIA dilakukan dengan memvariasikan kemiringan sudut diagonalnya. Sudut yang digunakan untuk sistem struktur DIA adalah $\alpha=54, \alpha=65, \alpha=70, \alpha=77$. Untuk batang diagonal dari sistem struktur DIA digunakan penampang tipe *hollow structural section* (pipe) dikarenakan tekan merata ke segala arah. Hubungan balok lantai dengan batang diagonal diasumsikan sebagai koneksi sendi sehingga diberikan perintah release terhadap momen di setiap ujung, sementara hubungan balok dengan kolom diasumsikan dalam kondisi jepit.

Pemodelan sistem struktur BF dilakukan dengan menggunakan breising tipe X-2 lantai seperti pada Gambar 2. Pada sistem struktur BF hubungan balok lantai dengan batang breising diasumsikan dalam kondisi sendi, hubungan balok lantai dengan kolom luar juga diasumsikan dalam kondisi sendi sehingga diberikan perintah release terhadap momen pada setiap ujung. Sementara untuk hubungan balok dengan kolom *core* diasumsikan dalam kondisi jepit.

Proses desain yang dilakukan terhadap kedua sistem struktur tersebut dengan cara melakukan analisis linier terhadap kedua sistem struktur tersebut. Pemilihan dimensi penampang dilakukan secara berulang-ulang dengan cara *trial and error* sehingga besar dimensi

penampang yang digunakan mampu memenuhi syarat kekakuan yaitu simpangan antar lantai desain $\leq 0,020 H_{sx}$ berdasarkan SNI 1726-2012 (BSN, 2012) dan syarat kekuatan yaitu stress ratio kurang dari satu.

Data Pembebanan

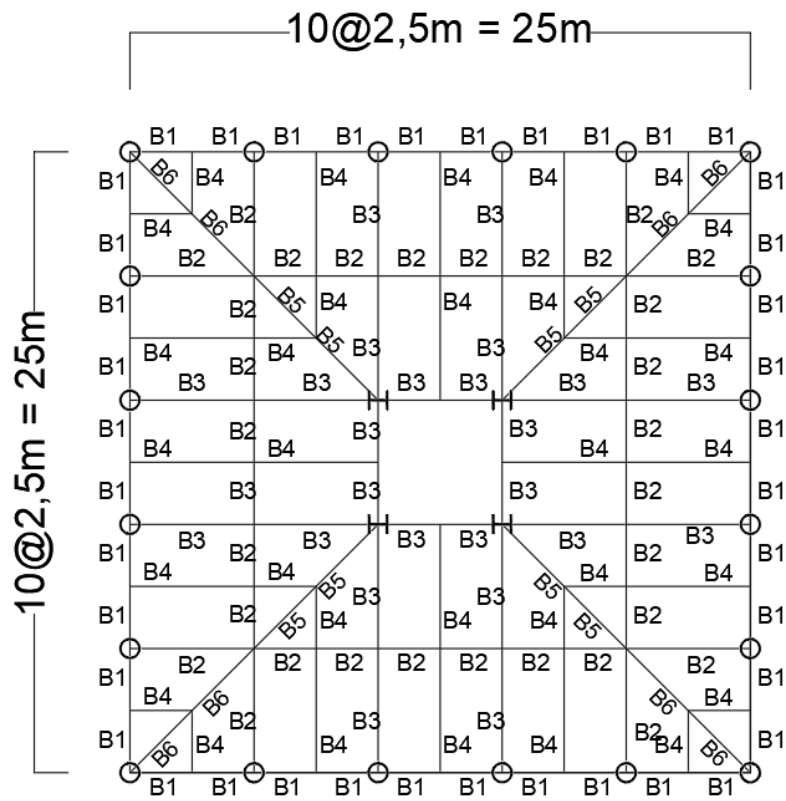
Pada struktur tersebut, beban yang bekerja adalah beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban gempa. Beban mati tambahan yang digunakan berdasarkan PPIUG adalah sebesar 169 Kg/m² untuk pelat lantai dan sebesar 121 kg/m² untuk pelat atap. Fungsi bangunan yang dirancang adalah bangunan kantor. Beban hidup bangunan yang berfungsi sebagai kantor adalah sebesar 2,40 kN/m² untuk pelat lantai dan sebesar 0,96 kN/m² untuk pelat atap (BSN, 2013). Beban angin yang digunakan merupakan auto lateral load dengan kecepatan angin dasar sebesar 17,84 mil/jam berdasarkan website BMKG kota Mataram tahun 2018 dengan kategori kekerasan permukaan yang digunakan adalah B untuk daerah perkotaan dan pinggir kota. Beban gempa yang digunakan adalah statik ekuivalen berdasarkan SNI 1726:2012 (BSN,

2012). Diasumsikan struktur berdiri di kota Mataram (Lombok) dengan kelas tanah sedang (tipe D). Untuk data pembebanan gempa didapatkan dari kalkulator spectral yang terdapat pada (Puskim, 2019). Adapun data yang digunakan pada pembebanan gempa dapat dilihat pada Tabel 1.

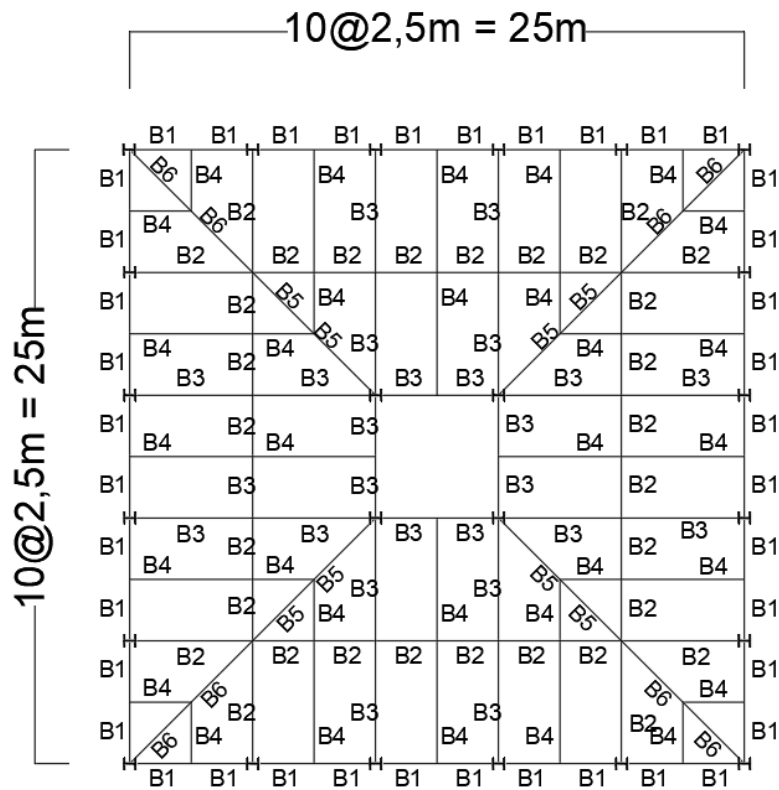
Struktur gedung berfungsi sebagai gedung perkantoran dengan asumsi kategori resiko II. Berdasarkan SNI 1726-2012, faktor keutamaan gempa (I_e) untuk kategori resiko II bernilai 1,0. Sedangkan untuk kategori desain seismik yang digunakan merupakan kategori D untuk kategori resiko II dan SDS lebih besar dari 0,5. Penetapan kategori desain seismik ini mengacu pada SNI 1726-2012. Untuk faktor kinerja seismik pada struktur tersebut ditampilkan pada Tabel 2. Adapun kombinasi pembebanan yang diperhitungkan yaitu mengkombinasikan beban mati, beban hidup, dan beban gempa dan beban angin. Kombinasi beban yang digunakan adalah 1.4D, 1.2D + 1.6L, 1.2D + 1.0W + 1.0L, 1.2D + 1.0E + 1.0L, 0.9D + 1.0W, 0.9D + 1.0E (BSN, 2015).

Tabel 1. Data pembebanan gempa untuk kota mataram (Puskim, 2019)

| Variabel | Nilai | Variabel | Nilai |
|--------------------|-------|------------|-------|
| PGA (g) | 0.437 | SMS (g) | 1.071 |
| S _s (g) | 0.960 | SM1 (g) | 0.627 |
| S ₁ (g) | 0.385 | SDS (g) | 0.714 |
| FPGA | 1.063 | SD1 (g) | 0.418 |
| FA | 1.116 | T0 (detik) | 0.117 |
| FV | 1.631 | TS (detik) | 0.586 |

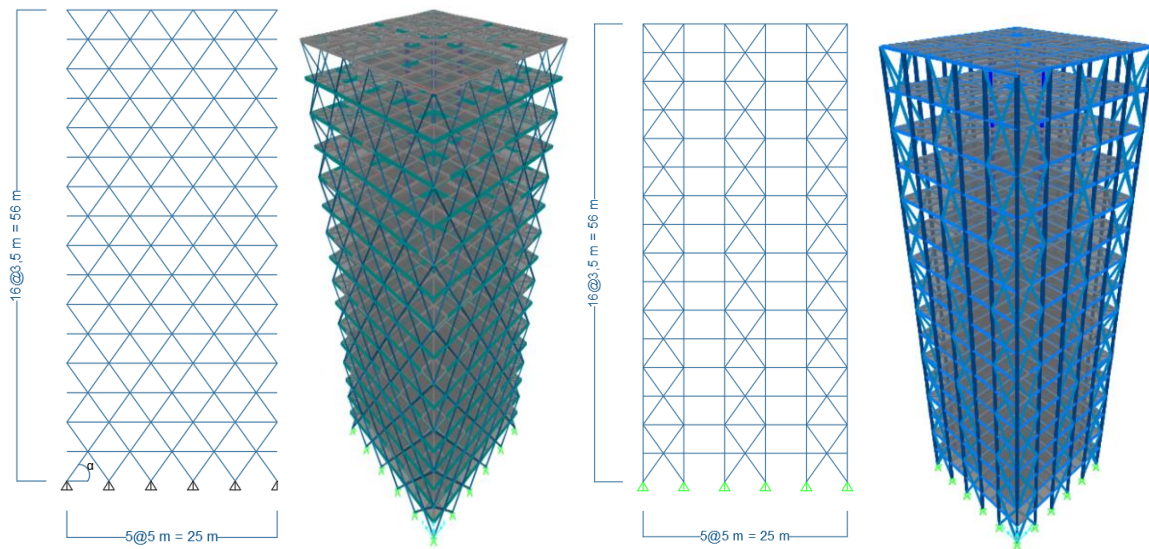


a. DIA



b. BF

Gambar 1. Denah struktur gedung: a) DIA, b) BF



Gambar 2. Elevasi dan model 3D struktur: kiri DIA, kanan BF

Tabel 2. Nilai faktor kinerja seismik

| | Struktur Rangka Terbreis (BSN, 2012) | Struktur <i>Diagrid</i> (Baker et al, 2010) |
|----------------|---|--|
| R | 7 | R 4 |
| C _d | 5,5 | C _d 2,5 |
| Ω ₀ | 2,5 | Ω ₀ 1,5 |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dimensi Penampang

Dimensi penampang merupakan hasil desain dan analisis dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Tahap ini dilakukan secara berulang-ulang hingga seluruh penampang pada masing-masing model memenuhi syarat kekuatan yaitu *stress ratio* kurang dari 1,0 dan syarat kekakuan dengan simpangan antar lantai tingkat ijin tidak boleh melebihi 0,020 Hsx. Berikut disajikan rangkuman dari hasil analisis. Untuk hasil selengkapnya ditampilkan pada (Pratama, 2019).

Dimensi Penampang Sistem Struktur DIA

Dimensi penampang yang digunakan pada struktur DIA dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Kode penampang yang digunakan menunjukkan jenis dan dimensi penampang baja. Kode “HP” dan “W” menunjukkan jenis

penampang *wide flange*. Sedangkan untuk kode “460x269” menunjukkan tinggi profil (mm) dan berat penampang (kg/m). Untuk batang diagrid kode “HSS” menunjukkan jenis penampang *hollow structural section* yang dalam penelitian ini digunakan penampang *Round HSS* dan kode “244,5x9,5” menunjukkan diameter (mm) dan tebal penampang (mm).

Dimensi Penampang Sistem Struktur BF

Berikut merupakan dimensi penampang yang digunakan pada model BF yang tercantum dalam Tabel 5 dan Tabel 6. Kode penampang yang digunakan menunjukkan jenis dan dimensi penampang baja. Kode “HP” dan “W” menunjukkan jenis penampang *wide flange*. Sedangkan untuk kode “460x234” menunjukkan tinggi profil (mm) dan berat penampang (kg/m).

Tabel 3. Dimensi kolom *core* dan batang diagonal pada model DIA

| Lantai | Dimensi Kolom Core | | | | Dimensi Model Diagrid | | | |
|---------|--------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|
| | DIA sudut 54 | DIA sudut 65 | DIA sudut 70 | DIA sudut 77 | DIA sudut 54 | DIA sudut 65 | DIA sudut 70 | DIA sudut 77 |
| L 1-2 | HP 460x269 | HP 460x269 | HP 410x272 | HP 410x272 | HSS 244,5x9,5 | HSS 219,1x8,2 | HSS 219,1x9,5 | HSS 219,1x8,2 |
| L 3-4 | HP 460x269 | HP 460x269 | HP 410x272 | HP 410x272 | HSS 219,1x9,5 | HSS 219,1x8,2 | HSS 219,1x8,2 | HSS 219,1x8,2 |
| L 5-6 | HP 460x234 | HP 460x234 | HP 410x242 | HP 410x242 | HSS 219,1x8,2 | HSS 190,5x7,9 | HSS 219,1x6,4 | HSS 219,1x6,4 |
| L 7-8 | HP 460x234 | HP 460x234 | HP 410x242 | HP 410x242 | HSS 219,1x6,4 | HSS 177,8x7,9 | HSS 190,5x7,9 | HSS 190,5x7,9 |
| L 9-10 | HP 410x181 | HP 410x181 | HP 410x181 | HP 410x181 | HSS 177,8x7,9 | HSS 168,3x7,1 | HSS 177,8x6,4 | HSS 190,5x6,4 |
| L 11-12 | HP 410x181 | HP 410x181 | HP 410x181 | HP 410x181 | HSS 168,3x6,4 | HSS 168,3x4,8 | HSS 168,3x6,4 | HSS 168,3x6,4 |
| L 13-14 | HP 360x152 | HP 360x152 | HP 360x152 | HP 360x152 | HSS 152,4x6,4 | HSS 152,4x4,8 | HSS 152,4x4,8 | HSS 152,4x4,8 |
| L 15-16 | HP 360x152 | HP 360x152 | HP 360x152 | HP 360x152 | HSS 127x4,8 | HSS 141,3x4,8 | HSS 141,3x4,8 | HSS 141,3x4,8 |

Tabel 4. Dimensi balok pada model DIA

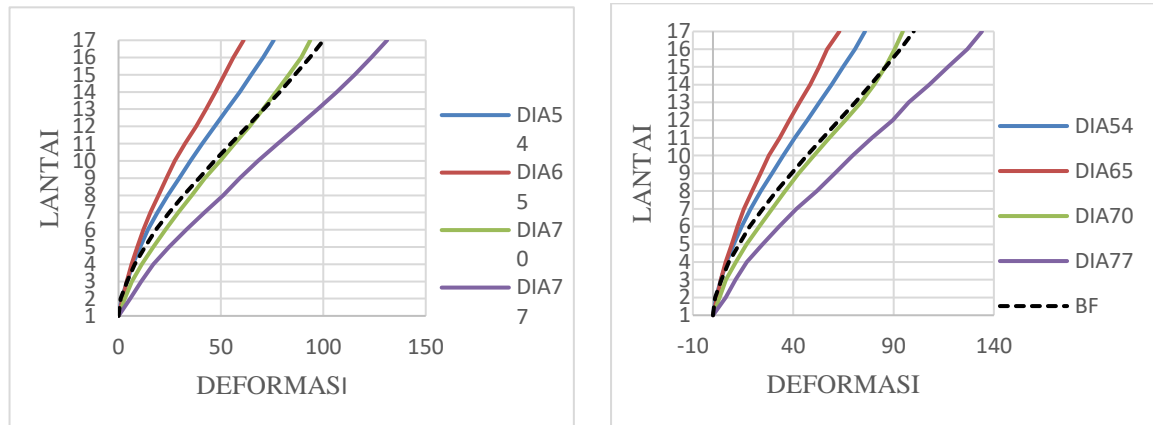
| Lantai | DIA54 | | | | | |
|--------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 |
| L2-6 | W310x21 | W250x32,7 | W250x49,1 | W250x44,8 | W250x49,1 | W310x23,8 |
| L7-11 | W310x21 | W200x31,3 | W200x41,7 | W200x35,9 | W200x41,7 | W250x25,3 |
| L12-16 | W310x21 | W200x31,3 | W200x41,7 | W200x35,9 | W200x41,7 | W250x25,3 |
| Atap | W310x21 | W200x31,3 | W200x35,9 | W150x24 | W200x35,9 | W200x22,5 |
| DIA65 | | | | | | |
| L2-6 | W310x21 | W250x32,7 | W250x49,1 | W250x44,8 | W250x49,1 | W310x28,3 |
| L7-11 | W310x21 | W200x31,3 | W200x41,7 | W200x35,9 | W200x41,7 | W250x25,3 |
| L12-16 | W310x21 | W200x31,3 | W200x41,7 | W200x35,9 | W200x41,7 | W250x25,3 |
| Atap | W150x24 | W200x31,3 | W200x35,9 | W150x24 | W200x35,9 | W200x22,5 |
| DIA70 | | | | | | |
| L2-6 | W310x21 | W250x32,7 | W250x49,1 | W250x44,8 | W250x49,1 | W310x28,3 |
| L7-11 | W310x21 | W200x31,3 | W200x41,7 | W200x35,9 | W200x41,7 | W250x25,3 |
| L12-16 | W310x21 | W200x31,3 | W200x41,7 | W200x35,9 | W200x41,7 | W250x25,3 |
| Atap | W310x21 | W200x31,3 | W200x35,9 | W150x24 | W200x35,9 | W200x22,5 |
| DIA77 | | | | | | |
| L2-6 | W310x21 | W250x32,7 | W250x49,1 | W250x44,8 | W250x49,1 | W310x28,3 |
| L7-11 | W310x21 | W200x31,3 | W200x41,7 | W200x35,9 | W200x41,7 | W250x25,3 |
| L12-16 | W310x21 | W200x31,3 | W200x41,7 | W200x35,9 | W200x41,7 | W250x25,3 |
| Atap | W150x24 | W200x31,3 | W200x35,9 | W150x24 | W200x35,9 | W200x22,5 |

Tabel 5. Dimensi kolom *core* dan batang breising pada model BF

| Lantai | Dimensi Kolom Luar | Dimensi Kolom Core | Dimensi Breising |
|---------|--------------------|--------------------|------------------|
| L 1-2 | HP 310x110 | HP 460x234 | W200x53 |
| L 3-4 | HP 310x110 | HP 460x202 | W175x39,2 |
| L 5-6 | HP 310x93 | HP 410x181 | W175x39,2 |
| L 7-8 | HP 310x93 | HP 410x181 | W150x30,6 |
| L 9-10 | HP 250x85 | HP 410x151 | W150x30,6 |
| L 11-12 | HP 250x85 | HP 410x151 | W150x22,5 |
| L 13-14 | HP 250x85 | HP 310x110 | W125x23,1 |
| L 15-16 | HP 200x53 | HP 310x93 | W125x18,09 |

Tabel 6. Dimensi balok model BF

| Balok | Lantai | | | |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | L2-6 | L7-11 | L12-16 | Atap |
| B1 | W310x21 | W310x21 | W310x21 | W200x31,3 |
| B2 | W250x38,5 | W200x35,9 | W200x31,3 | W200x31,3 |
| B3 | W250x38,5 | W200x35,9 | W200x35,9 | W200x31,3 |
| B4 | W250x32,7 | W200x26,6 | W200x26,6 | W150x13,3 |
| B5 | W250x38,5 | W200x35,9 | W200x35,9 | W200x31,3 |
| B6 | W310x21 | W250x17,9 | W250x17,9 | W250x17,9 |



Gambar 3. Simpangan struktur lantai: kiri arah sumbu x, kanan arah sumbu y

Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai yang dicari adalah simpangan antar lantai akibat kombinasi beban gempa. Untuk memenuhi syarat kekakuan, simpangan antar lantai desain tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin. Gambar 3 merupakan perbandingan simpangan dari kelima model.

Simpangan antar lantai dari kelima model tersebut sudah memenuhi syarat kekakuan yaitu simpangan antar lantai desain tidak melebihi simpangan antar lantai ijin. Berdasarkan grafik pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa gedung dengan sistem struktur DIA65 merupakan struktur yang paling kaku diikuti oleh model DIA54, BF, DIA70 dan DIA77.

Gaya-Gaya Dalam

Gaya-gaya dalam yang dibandingkan terdiri dari momen dan gaya geser pada balok, momen dan gaya aksial pada kolom akibat kombinasi 1,2D + 1,0L + 1,0E serta gaya pada pondasi akibat kombinasi D + L. Nilai yang dibandingkan merupakan nilai rata-rata dari setiap gaya pada masing-masing lantai. Dari hasil analisis diperoleh bahwa, momen pada balok pada model BF lebih kecil dari momen pada model DIA. Diantara model DIA, momen

pada model DIA65 paling kecil diikuti oleh model DIA70, DIA77 dan DIA54. Gaya geser pada balok pada model BF lebih kecil dari gaya geser pada model DIA. Diantara model DIA, DIA65 memiliki gaya geser yang paling kecil diikuti oleh model DIA70, DIA77 dan DIA54.

Momen pada kolom *core* yang terjadi pada model BF lebih kecil dari momen pada model DIA. Diantara model DIA, momen yang terjadi pada model DIA65 paling kecil diikuti oleh model DIA77, DIA70 dan DIA 54. Gaya aksial pada kolom *core* model DIA secara umum memiliki nilai yang lebih besar dari nilai gaya aksial pada model BF. Diantara model DIA, model DIA77 memiliki nilai gaya aksial yang paling kecil diikuti oleh DIA70, DIA65 dan DIA54.

Gaya aksial yang dipikul oleh pondasi kolom *core* pada model DIA77 lebih kecil dibandingkan dengan gaya aksial pada model DIA54, DIA65, dan DIA70. Gaya aksial yang dipikul oleh pondasi kolom *core* pada model DIA lebih besar dari gaya aksial model BF. Hal ini menunjukkan bahwa pada model DIA gaya gravitasi dominan dipikul oleh kolom *core* sedangkan pada model BF beban vertikal dipikul merata oleh semua kolom (*core* dan *tepi*).

Stress Ratio

Nilai dari *stress ratio* dibatasi kurang dari satu agar tegangan yang terjadi tidak melebihi kapasitas tegangan yang dimiliki oleh penampang. *Stress ratio* pada balok untuk model DIA berkisar antara 0,327-0,978. Pada model BF nilainya berkisar antara 0,051-0,920. *Stress ratio* pada kolom *core* untuk model DIA dan BF berkisar antara 0,728-0,975 sedangkan *stress ratio* pada batang *diagrid* model DIA berkisar antara 0,200-0,981. *Stress ratio* pada kolom luar model BF berkisar antara 0,192-0,968 dan *stress ratio* pada batang breising berkisar antara 0,296-0,968. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa dimensi elemen struktur yang dipilih sudah optimal untuk semua model struktur sehingga dapat dibandingkan perilakunya.

Berat Struktur

Berat total material baja didapatkan dari hasil perkalian panjang total dengan massa untuk satu meter panjang. Perbandingan berat material diperlukan untuk mengetahui efisiensi dari kedua sistem struktur yang digunakan. Besarnya berat material baja yang diperlukan pada masing-masing model tertuang pada Gambar 4. Dari grafik itu dapat diketahui bahwa model BF membutuhkan material yang lebih banyak jika dibandingkan dengan model DIA. Diantara model DIA, model DIA54 membutuhkan material baja yang paling

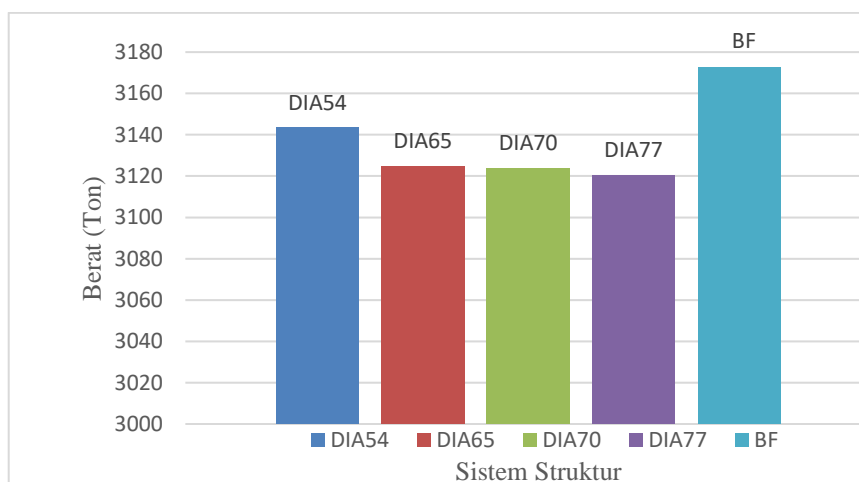
banyak, kemudian diikuti oleh DIA65, DIA70 dan DIA77.

Jumlah Sambungan

Pada struktur baja hubungan dari setiap komponen struktur dapat dihubungkan dengan sambungan. Pada penelitian ini akan dibandingkan jumlah sambungan dari masing-masing model. Berdasarkan jumlah sambungan yang didapat, model BF memiliki jumlah sambungan yang lebih sedikit dibandingkan dengan model DIA keseluruhan. Diantara model DIA, model DIA65 memiliki jumlah sambungan yang paling banyak, sementara model DIA54, DIA70, DIA77 memiliki jumlah sambungan yang sama.

Penilaian Model

Penilaian model yang paling efisien dinilai berdasarkan poin 1-5 sesuai peringkatnya. Model yang mendapat peringkat 1 mendapatkan poin 5, model yang mendapat peringkat 2 mendapat poin 4, model yang mendapat peringkat 3 mendapat poin 3, model yang mendapat peringkat 4 mendapat poin 2, dan model yang mendapat peringkat 5 mendapat poin 1. Dengan asumsi tersebut penilaian masing-masing model dapat dibuat seperti pada Tabel 7.



Gambar 4. Perbandingan berat material baja

Tabel 7. Penilaian Model

| Kategori | Poin | | | | |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|----|
| | DIA 54 | DIA 65 | DIA 70 | DIA 77 | BF |
| Kekakuan (simpangan terkecil 5) | 4 | 5 | 2 | 1 | 3 |
| Berat Material (terkecil 5) | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 |
| Kecepatan dan Kemudahan Pelaksanaan | 3 | 2 | 3 | 3 | 5 |
| Total Poin | 9 | 10 | 9 | 9 | 9 |

Pada kategori kecepatan dan kemudahan pelaksanaan dilakukan penilaian berdasarkan jumlah sambungan pada masing-masing sistem struktur. Model BF mendapatkan poin 5 dikarenakan memiliki jumlah sambungan yang paling sedikit sehingga model BF akan lebih mudah dan cepat dikerjakan. Jumlah sambungan pada model DIA54, DIA70 dan DIA77 memiliki jumlah sambungan yang sama, maka dari itu penilaian dilakukan dengan cara menjumlahkan poin 4, 3 dan 2 kemudian dicari rata-ratanya sehingga model DIA54, DIA70 dan DIA77 mendapatkan poin 3. Karena model DIA65 memiliki jumlah sambungan yang lebih banyak dari DIA54, DIA70 dan DIA77, maka model DIA65 mendapatkan poin 2. Berdasarkan tabel penilaian diatas maka dapat disimpulkan bahwa model DIA65 adalah yang terbaik karena memiliki total poin yang paling besar yaitu 10 poin.

SIMPULAN

Penelitian tentang analisis perbandingan perilaku struktur baja *diagrid* (DIA) dengan rangka terbreis (BF) pada bangunan gedung 16 lantai telah dilakukan dengan memodel empat sistem struktur DIA dengan sudut diagonal 54°, sudut 65°, sudut 70°, sudut 77° dan satu sistem struktur BF. Hasil analisis dari kelima sistem struktur tersebut kemudian dibandingkan dan diperoleh kesimpulan dan saran berikut.

1. Berdasarkan penilaian dari kelima model dapat ditentukan bahwa model DIA65 merupakan model yang paling baik dibandingkan dengan model DIA54, DIA70, DIA77 dan BF. Namun demikian, model BF memiliki kelebihan seperti jumlah sambungan paling sedikit, kemudahan dalam pelaksanaan dan gaya-gaya dalam yang lebih kecil.
2. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk membandingkan kinerja kedua sistem struktur dalam menahan beban gempa berlebih menggunakan analisis nonlinier.

DAFTAR PUSTAKA

- Arpitha, Sahana, & Karthik, S. (2016). *Comparative Study of Diagrid Structure over Braced tube Structures*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology.
- BSN. (2012). *SNI 1726-2012 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.
- BSN. (2013). *SNI 1727-2013 : Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta.
- BSN. (2015). *SNI 1729-2015 : Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta.
- Baker, W., Besjak, C., Sarkisian, M., Lee, P., & Doo, C. S. (2010). *Proposed Methodology To Determine Seismic Performance Factors For Steel Diagrid Framed Systems*. Council on Tall Building and Urban Habitat.
- Boake, T. M. (2014). *Diagrid Structures : Systems, Connections, Details*. Basel: Birkhauser.
- Puskim, 2019. <http://puskim.pu.go.id/>. (diakses 20 Januari 2019)
- Moon, K. (2009). *Design and Construction of Steel Diagrid Structures*. NSCC.
- Pratama, I. G. Y. (2019). *Analisis Perbandingan Perilaku Struktur Baja Diagrid dengan Rangka Terbreis*. Denpasar
- Smith, B. S., & Coull, A. (1991). *Tall Building Structure : Analysis and Design*. Scotlnd.
- Sukrawa, M., Pringgana, G., & Sanjaya, D. T. (2018). *Comparative Analysis and Design of Tower Using Diagrid, Conventional Moment Frame and Braced Frame System of Steel Structure*.