BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sering disebut sebagai *"Ring of Fire"* karena posisinya berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng pasifik, lempeng eurasia dan lempeng Indo-Australia. Hal ini menyebabkan seringnya terjadi gempa bumi dan letusan gunung berapi di Indonesia. Peristiwa gempa bumi menyebabkan banyak menelan korban jiwa, salah satu faktor terbesar yaitu keruntuhan pada bangunan sedangkan dampak dari keruntuhan bangunan tersebut adalah kerugian pada material bangunan. Untuk meminimalkan hal tersebut maka struktur bangunan harus dirancang dan dikonstruksikan dengan mempertimbangkan respons struktur akibat gempa bumi.

Bangunan tahan gempa dapat digunakan dengan beberapa sistem struktur tahan gempa, salah satunya yaitu dengan sistem struktur *diagrid*. Struktur *diagrid* adalah salah satu sistem struktur dengan menggunakan *bracing* diagonal yang sekaligus berfungsi sebagai kolom. Dengan sistem struktur ini kapasitas untuk menahan beban vertikal dan lateral dilakukan sekaligus oleh batang-batang diagonal (Wirawan, 2020).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh, Deshphande, et.al (2015), sistem struktur diagrid lebih efisien 28% dibandingkan dengan struktur konvensional. Diperoleh hasil simpangan struktur menggunakan sistem *diagrid* lebih kecil dibandingkan menggunakan sistem struktur konvensional. Penelitian juga pernah dilakukan oleh, Shah et al. (2016), yang menjelaskan bahwa struktur *diagrid*

UNMAS DENPASAR

mampu menahan gaya yang lebih besar dan lebih kaku pada lantai puncak dibandingkan dengan struktur konvensional. Selain itu penelitian tentang struktur *diagrid* juga pernah dilakukan oleh Wirawan, (2020) peneliti menyebutkan bahwa sistem struktur diagrid mampu memberikan simpangan yang lebih kecil yaitu 58 % dan memberikan respons paling fleksibel serta struktur *diagrid* memerlukan jumlah besi yang lebih efisien daripada sistem struktur *inverted V-braced.*

Pada penelitian terdahulu mengenai penggunaan sistem struktur *diagrid* hanya diteliti terhadap bangunan yang simetris saja, kenyataan dilapangan bahwa banyak bangunan bertingkat menggunakan desain yang asimetris. Karena belum adanya penelitian terkait penggunaan sistem struktur *diagrid* yang menggunakan desain asimetris, maka perlu adanya suatu penelitian lebih lanjut mengenai analisis struktur *diagrid* pada bangunan asimetris sebagai acuan untuk menerapkan sistem struktur *diagrid*. Untuk mengetahui hasil perbandingan analisis perilaku struktur *diagrid* dengan struktur konvensional sebagai struktur baja gedung bertingkat maka dilakukan pemodelan dengan menggunakan bantuan aplikasi SAP 2000.

UNMAS DENPASAR

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana perbandingan analisis perilaku struktur baja terhadap gedung asimetris dengan menggunakan sistem struktur *diagrid* dan konvensional yang meliputi gaya-gaya dalam, simpangan akibat beban lateral dan volume material?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai yaitu untuk mengetahui perbandingan analisis perilaku struktur baja terhadap gedung asimetris dengan menggunakan sistem

struktur *diagrid* dan sistem struktur konvensional yang meliputi gaya-gaya dalam, simpangan akibat beban lateral dan volume material.

1.4 Manfaat Penelitian

1 Manfaat yang didapat pada penelitian ini yaitu memberikan informasi kepada penulis dan masyarakat umum tentang penggunaan sistem *diagrid* pada struktur baja dengan gedung asimetris.

2 Manfaat hasil dari penelitian ini dapat dikembangkan atau dapat dijadikan sebuah acuan untuk merancang struktur baja dengan gedung asimetris menggunakan sistem *diagrid*.

1.5 Batasan Masalah dan Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian terfokus pada perbandingan desain gedung dengan kedua sistem struktur yang meliputi gaya-gaya dalam, simpangan akibat beban lateral dan volume material. Adapun batasan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bangunan yang ditinjau bangunan gedung lantai 6 & 10 dengan menggunakan struktur baja dan analisis yang dilakukan terbatas hanya pada analisis linier. Hal ini dikarenakan keterbatasan alat yang memadai.
2. Perbandingan material hanya mencangkup material (berat) dan tidak mencangkup perbandingan biaya.
3. Perhitungan struktur bawah (pondasi) tidak dilakukan.
4. Kaca penutup (*cladding*) tidak dimodelkan namun diasumsikan sebagai beban.
5. Bangunan Asimetris yang ditinjau hanya bangunan berbentuk L saja.

UNMAS DENPASAR

6. Struktur konvensional yang dimaksud adalah sistem struktur rangka baja pemikul momen.

UNMAS DENPASAR

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Baja

Baja merupakan elemen penting dalam dunia konstruksi saat ini. Baja memiliki kekuatan yang tinggi sehingga dapat mengurangi dimensi struktur. Menurut, Setiawan (2008), baja juga memiliki sifat elastis dan daktilitas yang cukup tinggi sehingga dapat menerima tegangan tarik yang cukup besar. Kemudahan pengerjaan konstruksinya dan kemudahan penyambungan antar elemen yang satu dengan yang lainnya,menggunakan alat sambung las atau baut menjadi petimbangan tersendiri, baja sering digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Pembuatan baja melalui proses gilas panas mengakibatkan baja mudah dibentuk menjadi penampang-penampang yang diinginkan, juga menjadi salah satu keunggulan material baja, (Setiawan, 2008).

2.1.1 Struktur Baja Konvensional

Struktur baja konvensional atau dikenal dengan sistem struktur rangka baja pemikul momen (MF) adalah suatu sistem struktur yang tersusun dari batang-batang baja yang membentuk sebuah rangka yang terdiri dari kolom vertikal dan balok yang saling terkoneksi satu sama lain (Sanjaya, 2018). Kolom dan balok pada struktur baja bekerja secara bersama-sama dalam memikul beban yang bekerja pada struktur tersebut. Rangkaian dari batang-batang baja tersebut membentuk suatu pola persegi untuk mendukung lantai, atap dan dinding yang akan terpasang pada struktur, (Sanjaya, 2018).

UNMAS DENPASAR

Gambar 2. 1 Sistem struktur konvensional
Sumber: https://shepardsteel.com (2022)

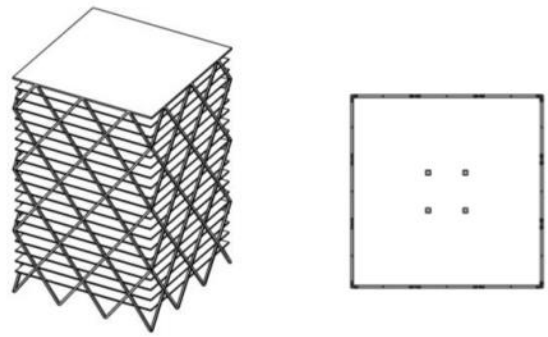
Hubungan antara kolom dan balok dari struktur rangka baja umumnya bersifat kaku agar mampu menahan beban lateral. Beban lateral mampu ditahan melalui ketahanan lentur antara kolom dan balok yang akan mengakibatkan deformasi. Kekakuan sambungan juga mampu menahan beban gravitasi lebih efisien dengan mengurangi momen positif yang terjadi pada tengah bentang, (Taranath, 2012).

2.1.2 Struktur Baja *Diagrid*

Diagrid (DIA) 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 seperti terlihat pada Gambar 2. 2 Kontribusi sistem struktur ini dalam menahan beban diperoleh dari pola triangular (segitiga) sehingga dapat meningkatkan kekakuan struktur. Sistem diagrid menawarkan beberapa keuntungan selain menggantikan kolom perimeter. Sistem struktur *diagrid* merupakan salah satu sistem struktur *bracing* dengan bentuk kolom diagonal. Pada dasarnya struktur *diagrid* menggunakan prinsip

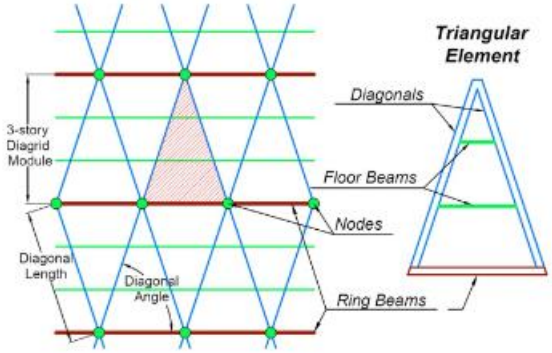
UNMAS DENPASAR

rangka batang dengan membentuk sudut akibat posisi diagonalnya. Sudut-sudut tersebut terlihat segitiga sehingga bentuk tersebut dapat dimanfaatkan untuk menahan beban lateral maupun beban gravitasi, (Wirawan, 2020).



Gambar 2. 2 Bentuk struktur *diagrid*

Sumber: Boake (2014)



Gambar 2. 3 Sistem struktur *diagrid*

Sumber: Asadi et al. (2018)

UNMAS DENPASAR

Batang-batang diagonal pada struktur *diagrid* dihubungkan dengan titik simpul/*node*. 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).

Penggunaan sistem struktur *diagrid* ini pertama kali dikenalkan oleh seorang Insinyur Rusia bernama Vladimir Shukhov pada tahun 1919 sampai 1922. Sistem struktur ini diterapkan dalam konstruksi tower pemancar bernama Shukhov Tower yang terletak di Kota Moscow, Rusia. Shukhov 8 tower memiliki tinggi 160 m dari rencana awal yaitu didesain dengan tinggi 350 m. Pemangkasan tinggi tower ini dilakukan akibat kurangnya suplai baja di Rusia selama masa perang sipil.

2.2 Material Konstruksi

Dalam suatu konstruksi maka diperlukan berbagai jenis material. Setiap material mempunyai karakteristiknya sendiri sesuai dengan jenis materialnya. Karakteristik tersebut menjadi salah satu input dalam mendesain pemodelan dan tentunya akan berpengaruh terhadap perilaku struktur. Ada beberapa jenis material yang akan digunakan dalam konstruksi gedung bertingkat ini antara lain baja, beton dan kaca.

2.2.1 Baja

Baja merupakan salah satu material struktur yang memiliki ketahanan terhadap tarik dan tekan, dapat kembali ke bentuk semula dalam batas beban tertentu, mampu menahan deformasi yang besar tanpa mengalami kerusakan, dapat ditempa dan dilas serta memiliki ketahanan terhadap material lain yang masuk kedalamnya, (McCormac and Csernak, 2012).

Baja memiliki beberapa jenis berdasarkan campuran bahan yang terkandung di dalamnya. Jenis baja yang sering digunakan dalam konstruksi adalah baja karbon, yaitu baja dengan campuran karbon sebesar 0,12-2,0%. Berdasarkan ASTM baja karbon disebut dengan ASTM A7. Baja jenis lain yang juga digunakan

UNMAS DENPASAR

dalam konstruksi adalah baja paduan rendah (ASTM A242 dan A441) yang terdiri dari campuran karbon yang lebih sedikit serta memiliki tegangan leleh 275 MPa sampai 480 MPa. Selain itu, ada pula baja paduan mudah dilas (ASTM A514) yaitu baja yang memiliki campuran karbon maksimal 0,2% dan tegangan leleh 550 MPa sampai 760 MPa, (Salmon and Johnson, 1980).

Selain sifat fisiknya baja juga memiliki sifat mekanis yaitu terdiri dari modulus elastisitas (E), modulus geser (G), *poisson ratio* (ν), tegangan leleh minimum (fy), tegangan putus minimum (fu) dan lainnya. Sifat mekanis dari baja ini menggambarkan respon dari material dalam menerima beban serta deformasi yang dihasilkan. Pada umumnya nilai untuk sifat mekanis baja adalah sebagai berikut,

1. Modulus elastisitas = 200.000 MPa
2. Modulus geser = 80.000 MPa
3. *Poisson ratio* = 0,3

2.2.2 Pelat Lantai Beton Komposit

Beton sebagai material dalam konstruksi telah digunakan semenjak zaman Yunani dan Romawi. Akan tetapi penggunaan beton bertulang sebagai komponen struktur mulai berkembang sejak abad kesembilan belas. Di tahun 1801, F. Coignet mempublikasikan tulisan mengenai kelemahan beton terhadap tarik. Semenjak saat itu mulai banyak penelitian mengenai beton bertulang,, (Nawy, 1985).

Menurut, Nawy (1985), kuat tekan beton (f'c) bergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat dan kualitas perawatan. Untuk mengetahui kuat tekan beton dapat dilakukan dengan cara membuat benda uji berbentuk kubus ataupun

UNMAS DENPASAR

silinder yang dirawat pada kondisi standar laboratorium. Uji kekuatan tekan beton dapat dilaksanakan saat umur benda uji mencapai 28 hari.

Pada gedung dengan struktur baja, beton tetap digunakan salah satunya sebagai material pelat lantai. Pelat lantai tersebut dapat bersifat komposit dimana beton dicor diatas *metal deck* ataupun bersifat seperti pelat beton konvensional. Pelat lantai berfungsi sebagai tempat berpijak untuk segala benda (termasuk manusia) yang ada diatasnya dan menahan beban yang terjadi akibat benda-benda tersebut kemudian beban yang diterima pelat akan didistribusikan kepada balok dan kolom hingga terakhir menuju ke pondasi, (Sanjaya, 2018).

2.2.3 Kaca

Bahan ini dibuat menggunakan campuran silika dengan pasir (pasir kuarsa), kapur dan kalium yang diolah sedemikian rupa sehingga menghasilkan kaca. Tidak hanya bening, perkembangan teknologi menciptakan kaca dengan sifat yang berbeda-beda seperti *colored glass, tempered glass, laminated glass*, dan lain-lain.

Gambar 2. 4 Hubungan rangka kaca dengan batang diagonal
Sumber: Boake. (2014)

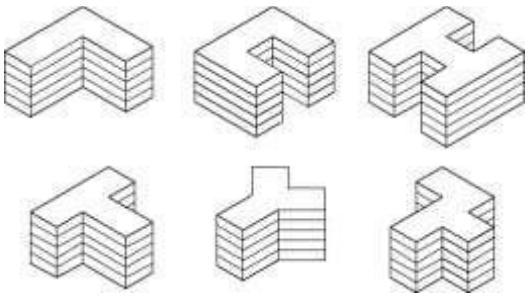
Penggunaan kaca pada bangunan tinggi berfungsi sebagai pengganti dinding sebagai penutup struktur pada bagian luar. Kaca membantu menahan angin yang

berhembus agar tidak masuk ke dalam bangunan. Untuk itu kaca merupakan salah satu material yang menahan beban angin selain komponen struktur itu sendiri. Kaca yang digunakan ditempatkan pada rangka (*frame*) tersendiri yang terkoneksi ke rangka bangunan sebagai media untuk menahan kaca agar tidak terjatuh. Pada sistem struktur *diagrid*, rangka penahan kaca terhubung langsung ke batang-batang diagonal. Sehingga saat kaca terkena angin, beban akan tersalurkan ke batang-batang diagonal.

2.3 Bangunan Asimetris

Bangunan asimetris atau dikenal sebagai struktur gedung tidak beraturan, berdasarkan, (BSN, 2019), struktur gedung dapat diklasifikasikan sebagai bangunan beraturan dan tidak beraturan. Kriteria ini harus berdasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur bangunan gedung,. Fajar Nugroho (2015), menjelaskan perilaku bangunan selama terjadinya gempa bumi tergantung beberapa faktor, salah satunya adalah bentuk bangunan. Bangunan dengan bentuk denah yang sederhana dan simetris akan berperilaku lebih baik sewaktu ada gempa dibandingkan dengan denah yang tidak simetris yang mempunyai bagian-bagian yang menonjol seperti bentuk L, U, H, T, Y dan bentuk lainnya.

UNMAS DENPASAR



Gambar 2. 5 Denah Bangunan yang tidak simetris

Sumber : Fajar Nugroho (2015)

Suatu struktur dikatakan memiliki ketidakberaturan horizontal apabila struktur tersebut mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan, yaitu :

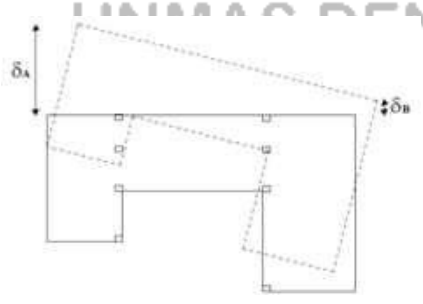
Tabel 2. 1 Ketidakberaturan horizontal pada struktur

No	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Penerapan kategori desain *seismic*
1a	Ketidakberaturan torsi di definisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur, ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b	Ketidakberaturan torsi berlebihan di definisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum,torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantaitingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur dimana diafragma nya kaku dan setengah kaku.	E dan F D B, C, dan d C dan D C dan D D B, C, dan D
2	Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah dari sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan	D, E, dan F D, E, dan F

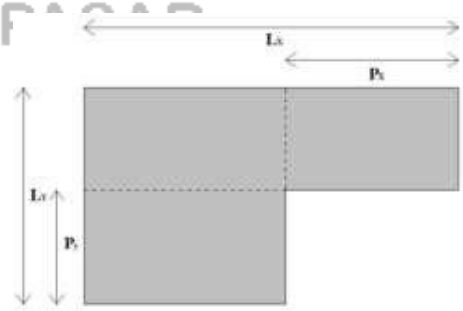
UNMAS DENPASAR

3	Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma di definisikan ada jika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	D, E, dan F D, E, dan F
4	Ketidakberaturan pergesekan melintang terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral,seperti pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5	Ketidakberaturan sistem non paralel didefnisikan ada jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu *orthogonal* utama sistem penahan gaya gempa	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

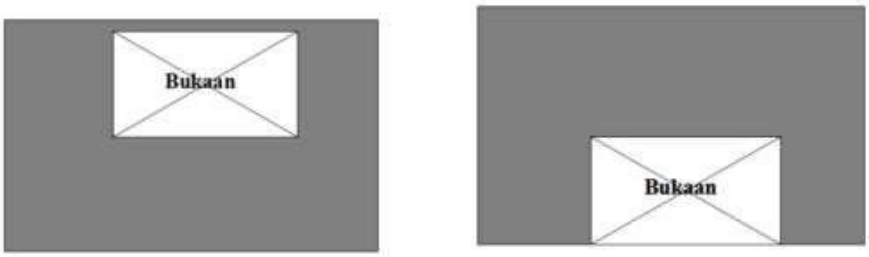
Sumber: BSN 2019



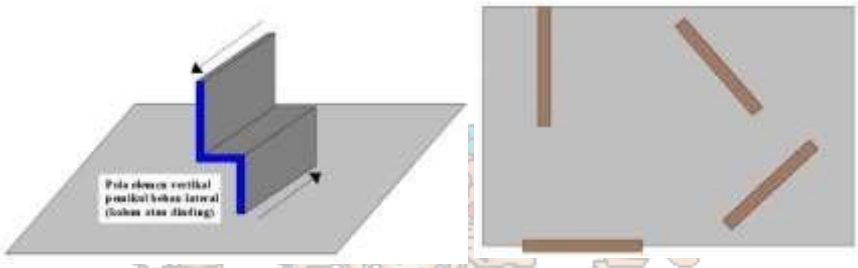
Ketidakberaturan 1a dan 1b



Ketidakberaturan 2



Ketidakberaturan 3



Ketidakberaturan 4 Ketidakberaturan 5

Gambar 2. 6 Ketidakberaturan Horizontal

Sumber: BSN, 2019

2.4 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dengan menggunakan perangkat lunak membantu dalam melakukan analisis dan desain terhadap suatu struktur. Dengan adanya perangkat lunak, analisis suatu struktur yang kompleks mampu dilaksanakan dalam tahap waktu yang lebih singkat, struktur dimodelkan sedemikian rupa sehingga mirip dengan kondisi aslinya. Pada saat pemodelan juga ditetapkan kondisi batas (*boundary condition*) dari struktur agar mendapatkan perilaku yang ingin dicapai.

Pemodelan suatu struktur memanfaatkan metode elemen hingga (*finite element method*) dengan cara menerjemahkan komponen-komponen struktur yang ada menjadi elemen-elemen yang ada pada perangkat lunak, (Sanjaya, 2018). Pemilihan elemen dilandasi sifat dan perilaku dari struktur itu sendiri. Dalam

pemodelan struktur *diagrid* dan konvensional terdapat beberapa elemen digunakan dalam metode elemen hingga, yaitu *line element* (elemen garis 1D) dan *plane element* (elemen bidang 2D).

2.5 Pembebanan

Pembebanan pada struktur merupakan tahap pemberian beban yang bekerja sesuai dengan kondisi di kenyataan. Pembebanan ini berfungsi sebagai input dalam analisis dan desain yang akan dilakukan sehingga dapat diketahui perilaku dari struktur dalam menahan beban yang telah diinputkan. Pembebanan yang dilakukan mengacu pada (BSN, 2020) mengenai beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain. Untuk kebutuhan perencanaan, beban yang dikerjakan harus dikombinasikan sesuai dengan peraturan. Adapun beberapa kombinasi beban berdasarkan BSN, 2019 adalah sebagai berikut :

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)
3. 1,2 D + 1,6 L (Lr atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau R)
5. 1,2 D + 1,0 E + L
6. 0,9 D + 1,0 E

Keterangan:

- D = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.
- L = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

UNMAS DENPASAR

- La = Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
- R = Beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
- W= Beban angin
- E = Beban gempa, yang ditentukan menurut, (BSN, 2019).

2.4.1 Beban Mati

Beban mati merupakan berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, *cladding* gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (BSN, 2020).

2.4.2 Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain. (BSN, 2020). Beban hidup selalu berubah-ubah dan sulit diperkirakan. Perubahan tersebut terjadi sepanjang waktu, baik untuk jangka pendek maupun jangka Panjang, (Schueler, 2010). Beban hidup atap merupakan beban yang diakibatkan pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material. Selain itu juga beban selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak, seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian, (BSN, 2020).

2.4.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi baik itu gempa

UNMAS DENPASAR

vulkanik atau tektonik yang mempengaruhi struktur tersebut. Peraturan-peraturan yang memuat perencanaan beban gempa pada gedung-gedung di Indonesia yang berlaku pada saat ini diatur dalam, (BSN, 2019). Dalam peraturan ini dijelaskan faktor-faktor yang berhubungan dengan perhitungan beban gempa yang dijelaskan sebagai berikut

1. Letak geografis

Perhitungan perencanaan beban gempa pada sebuah bangunan gedung tergantung dari letak geografisnya. Hal ini disebabkan adanya perbedaan wilayah yang memiliki percepatan batuan yang berbeda-beda.

2. Faktor Keutamaan Gedung

Faktor keutamaan gedung ditentukan berdasarkan jenis/ fungsi gedung. Berdasarkan jenis/ fungsinya dapat diambil kategori resiko yang dimiliki gedung tersebut. Dapat dilihat pada, (BSN, 2019).

3. Kategori Desain Seismik

Pembagian kategori desain seismik dari rendah ke tinggi. Penentuan kategori ini dapat dilihat pada, (BSN, 2019)

UNMAS DENPASAR

4. Sistem Penahan Gaya Seismik

Struktur dengan sistem penahan gaya seismic memiliki faktor reduksi gempa atau koefisien modifikasi respon (R), faktor kuat lebih sistem, dan faktor pembesaran defleksi yang berbeda-beda yang dapat dilihat pada, (BSN, 2019).

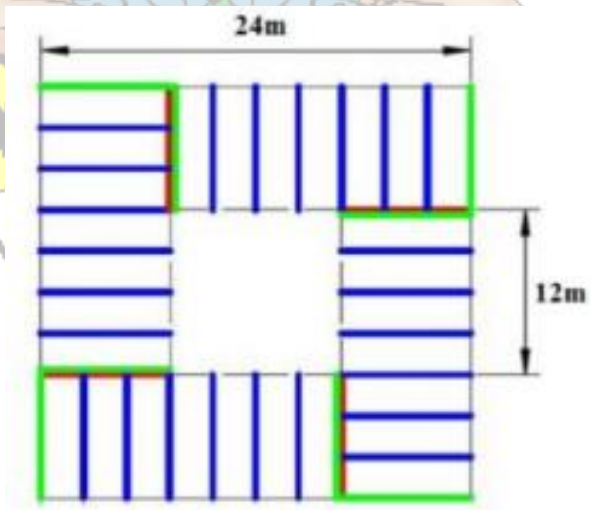
2.6 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai penerapan sistem struktur *diagrid* untuk gedung tinggi. Penelitian tersebut mengenai perilaku sistem struktur

diagrid dibandingkan dengan sistem struktur konvensional. Selain itu, terdapat penelitian mengenai penentuan nilai faktor modifikasi respons untuk sistem struktur *diagrid*.

2.5.1 Analisis dan Perbandingan Sistem Struktur Diagrid dan Konvensional

Sebelumnya telah dilakukan penelitian terhadap sistem struktur *diagrid* yang dilakukan oleh, Deshpande et,al. (2015), mengenai analisis dan perbandingan sistem struktur diagrid dan konvensional (*Analysis and Comparison of Diagrid and Conventional Structural System*). Penelitian ini meneliti tentang perilaku dari struktur diagrid pada gedung 60 lantai (180 m) dan dibandingkan dengan struktur konvensional dengan dimensi yang sama. Dimensi dari gedung yang diteliti tercantum pada Gambar 2. 7 dan Tabel 2. 2.



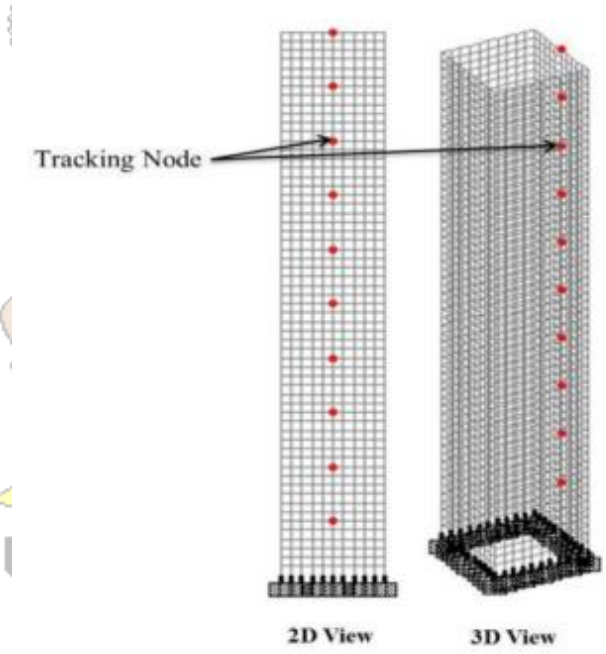
Gambar 2. 7 Bentuk denah tipikal

Sumber : Deshpande et al. (2015)

Tabel 2. 2 Dimensi untuk kedua jenis model

DESCRIPTION	***VALUE***
Height	180m
Width	24m(*Square plan*)
Core wall dimension	12m x 12m
No of storeys	60
Core wall thickness	250mm
Storey height	3m
Floor slab	150mm

Sumber : Deshpande et al. (2015)

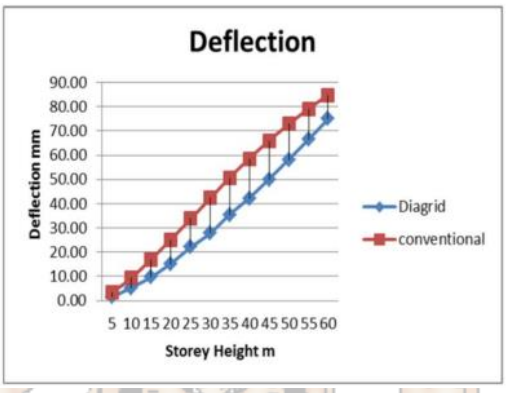


Gambar 2. 8 Model gedung dan *tracking node*

Sumber: Deshpande et al. (2015)

Penampang yang digunakan untuk kolom gedung dengan struktur konvensional adalah baja IWF 1040x1300 mm, IWF 800x1000 mm dan IWF 560x700 mm. Sedangkan untuk struktur *diagrid* digunakan *Circular Hollow Section* (CHS) dengan diameter 900 mm, 600 mm dan 400mm. Dalam penelitian

tersebut didapatkan hasil simpangan pada tracking node yang telah ditetapkan serta total massa baja yang digunakan untuk kedua jenis sistem struktur. Hasil dari penelitian tersebut dituangkan ke dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 2. 9 Grafik Perbandingan Simpangan pada Struktur MF dan DIA

Sumber: Deshpande et al. (2015)

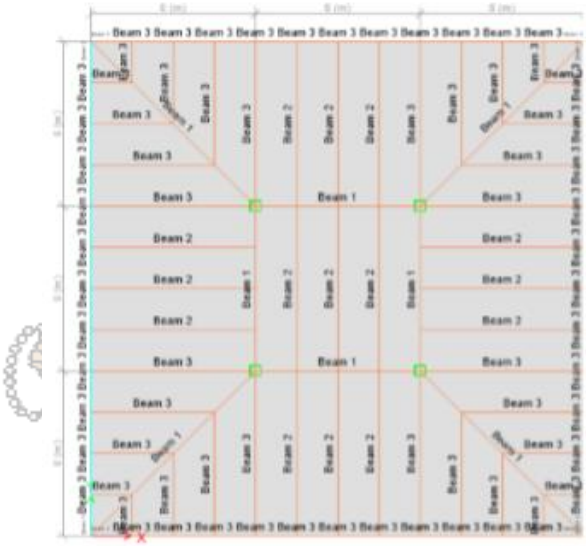
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh, Deshpande et,al. (2015), yang tertuang dalam Gambar 2. 9 didapatkan kesimpulan bahwa sistem struktur diagrid mampu memberikan simpangan yang lebih kecil daripada sistem struktur konvensional dengan besar beban yang sama. Selain itu, struktur *diagrid* memerlukan jumlah besi yang lebih efisien 28 % ditinjau dari jumlah penggunaan baja. Penelitian ini kedepannya yang akan menjadi referensi dari penelitian yang penulis lakukan mengenai analisis dan desain tower dengan sistem struktur *diagrid* dan konvensional.

UNMAS DENPASAR

2.5.2 Studi Perbandingan Struktur *Diagrid* dengan Struktur Rangka Konvensional

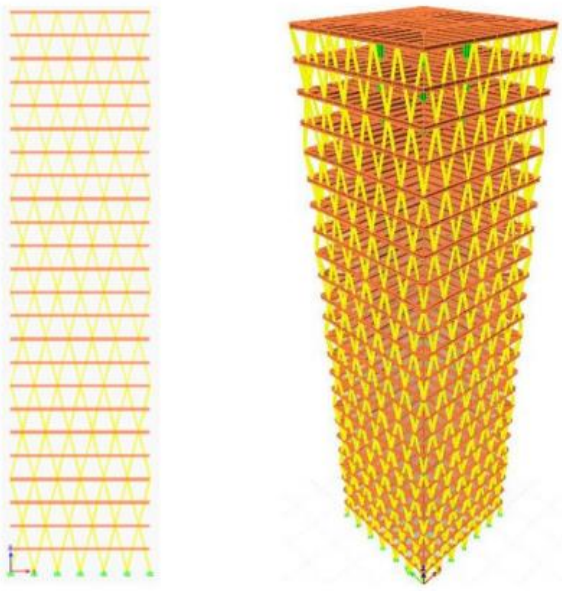
Penelitian lain mengenai struktur *diagrid* dilakukan oleh, Shah et,al. (2016), mengenai perbandingan antara struktur *diagrid* dan rangka konvensional. Penelitian dilakukan dengan memodelkan kedua jenis sistem struktur dengan

beberapa variasi jumlah lantai. Jumlah lantai yang digunakan antara lain 4, 8, 12, 16, 20, 24 dan 28 dengan deskripsi gedung dan bentuk denah tercantum dalam Gambar 2. 10 sampai Gambar 2. 13.



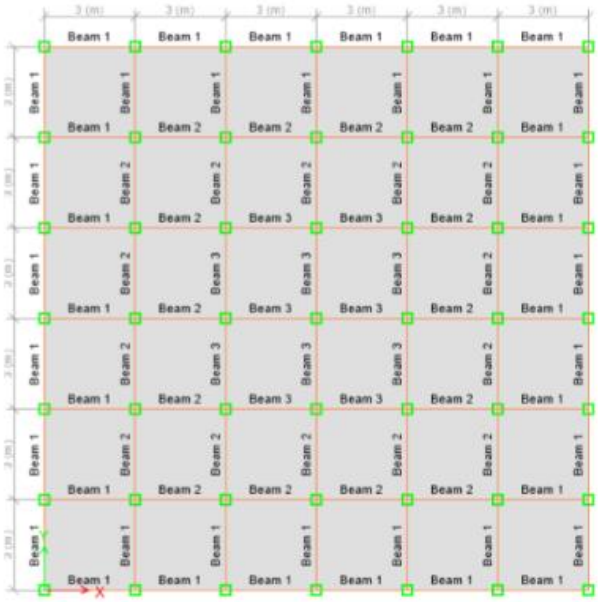
Gambar 2. 10 denah gedung untuk struktur diagrid

Sumber: Shah et,al. (2016)



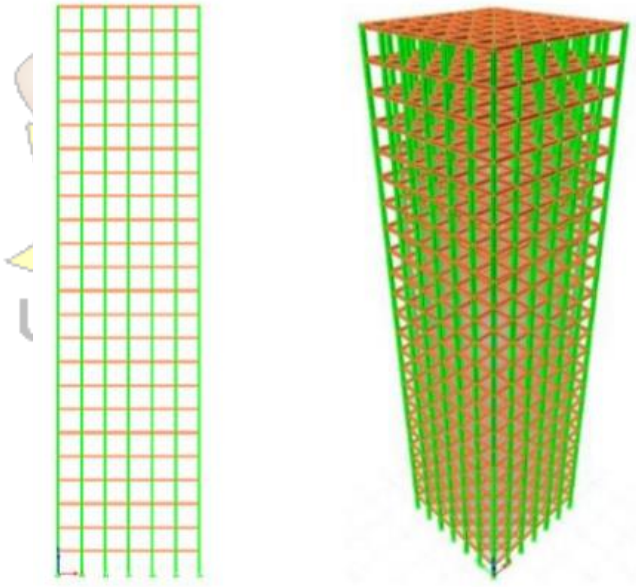
Gambar 2. 11 Data penelitian dan denah gedung untuk struktur diagrid

Sumber: Shah et,al. (2016)



Gambar 2. 12 Denah untuk rangka konvensional

Sumber: Shah et,al. (2016)



Gambar 2. 13 Model struktur rangka konvensional 24 lantai

Sumber: Shah et al. (2016)

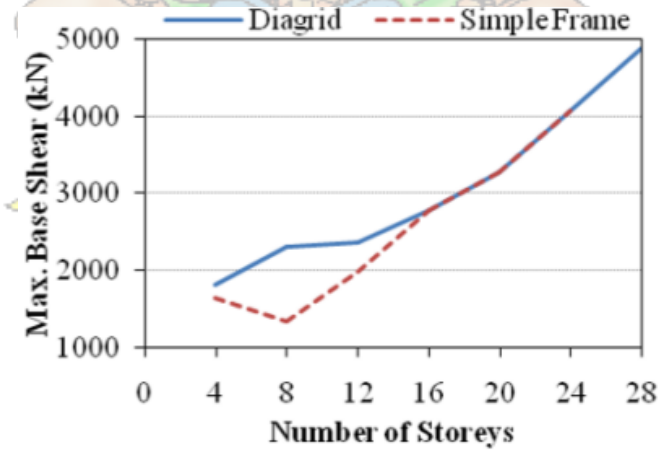
Sementara untuk dimensi penampang yang digunakan dalam pemodelan kedua jenis sistem struktur tersebut tertuang dalam Tabel 2. 3 berikut.

Tabel 2. 3 Dimensi Penampang untuk gedung 24 lantai

design sections for 24 storey building								
Building	*Type*	*From*	*To*	*Diagrid*	*Column*	*Beam 1*	*Beam 2*	*Beam 3*
24 Storey	*Diagrid*	0	8	B-200x17	B-400x45	ISBM 450	ISBM 450	ISBM 450
		9	16	B-150x10	B-400x30			
		17	24	B-125x10	B-400x15			
	Simple Frame	0	8	-	B-350x55	ISBM 400	ISBM 350	ISBM 350
		9	16	-	B-350x45			
		17	24	-	B-350x35			

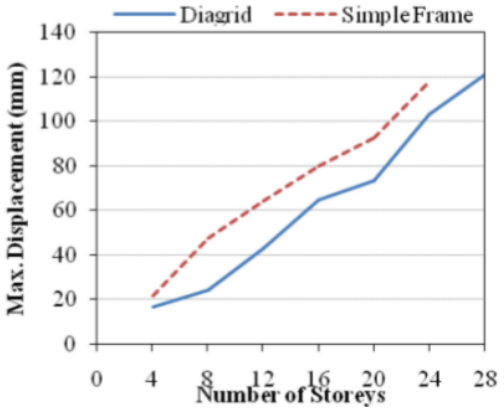
Sumber: Shah et,al. (2016)

Penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil berupa perbandingan gaya geser dasar, simpangan lantai puncak, volume baja yang digunakan dan maksimum simpangan tiap lantai pada model gedung 20 lantai. Hasil dari penelitian tersebut dapat dilihat melalui grafik yang tertuang pada Gambar 2. 14 sampai Gambar 2. 17.



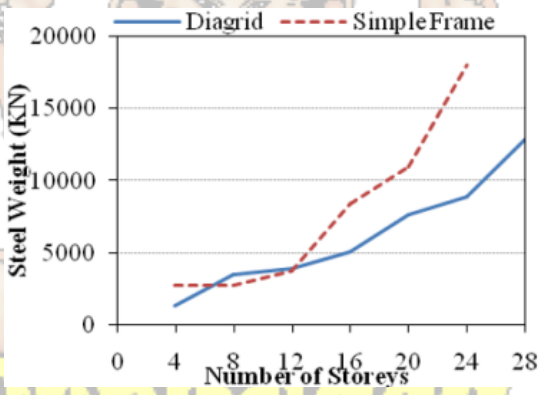
Gambar 2. 14 Hasil gaya geser dasar

Sumber: Shah et,al. (2016)



Gambar 2. 15 Hasil simpangan maksimal lantai puncak

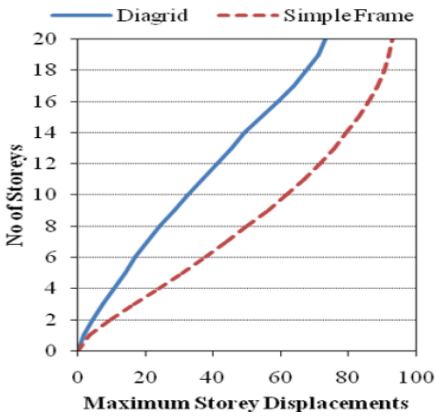
Sumber: Shah et,al. (2016)



Gambar 2. 16 Hasil perbandingan volume material

Sumber: Shah et al. (2016)

UNMAS DENPASAR



Gambar 2. 17 Hasil simpangan tiap lantai pada model 20 lantai

Sumber: Shah et,al. (2016)

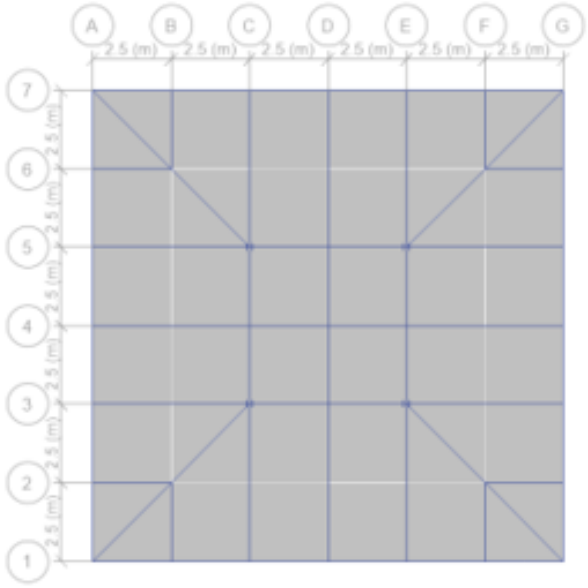
Gaya geser dasar berdasarkan Gambar 2. 14, struktur *diagrid* mampu menahan gaya yang lebih besar pada model dengan 4, 8 dan 12 lantai. Akan tetapi untuk model dengan 16, 20, 24 dan 28 lantai gaya geser yang diterima relatif sama. Dari segi simpangan pada lantai puncak struktur *diagrid* bersifat lebih kaku

Struktur konvensional yang ditunjukkan dengan nilai simpangan yang lebih kecil. Begitu pula simpangan tiap lantai yang ditinjau pada model gedung dengan 20 lantai pada Gambar 2. 17, struktur *diagrid* memiliki simpangan yang lebih kecil dari struktur konvensional. Sementara pada Gambar 2. 16 untuk gedung dengan 16, 20, 24 dan 28 lantai dari segi penggunaan material struktur *diagrid* memiliki volume yang lebih sedikit.

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

Penelitian ini mengenai struktur *diagrid* dilakukan oleh, Wirawan, (2020), mengenai analisis dan perbandingan sistem struktur *diagrid* (DIA) dan *inverted V-braced* (BF). Penelitian ini meneliti tentang perilaku dari struktur *diagrid* pada gedung 10 lantai dan dibandingkan dengan struktur *inverted V-braced* dengan dimensi yang sama. Dimensi dari gedung yang diteliti tercantum pada Gambar 2. 18 dan Tabel 2. 4.

UNMAS DENPASAR



Gambar 2. 18 Bentuk denah tipikal

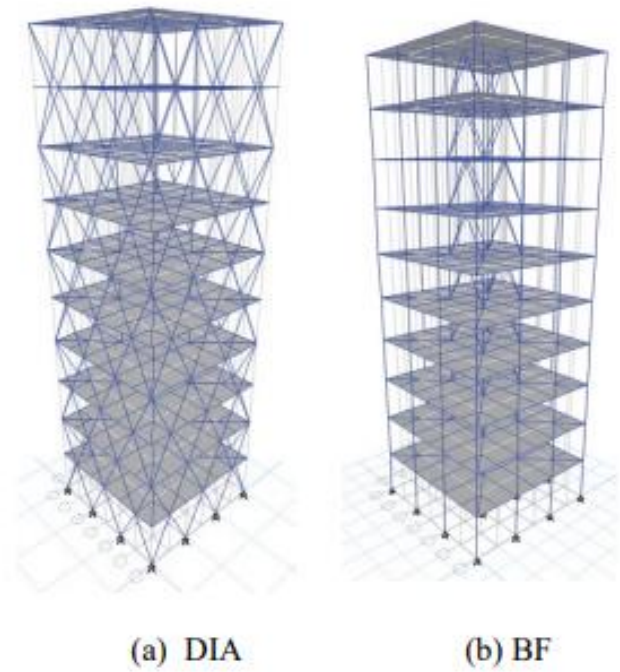
Sumber: Wirawan, (2020)

Tabel 2. 4 Data Geometri Struktur

Deskripsi	Keterangan
Tinggi total	30 m
Tinggi antar lantai	5 m
Bentang arax X	3 @ 5 m
Bentang arax Y	3 @ 5 m
Pelat lantai	Shell Element
Beban Live lantai & atap	3,59 kN/m2 & 0,96 kN/m2
Beban Sdead lantai	1,21 kN/m2 & 0,83 kN/m2
Beban Lateral	Respons Spektrum (Lokasi Surabaya)

Sumber: Wirawan, (2020)

UNMAS DENPASAR

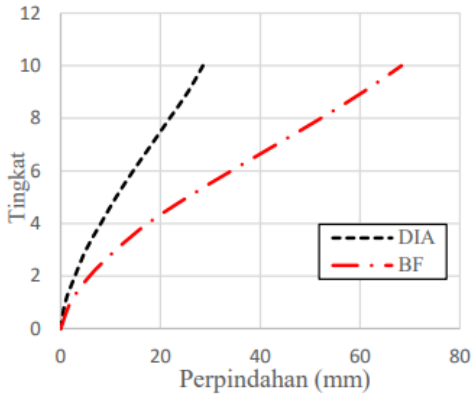


Gambar 2. 19 Model (a) DIA dan (b) BF

Sumber: Wirawan (2020)

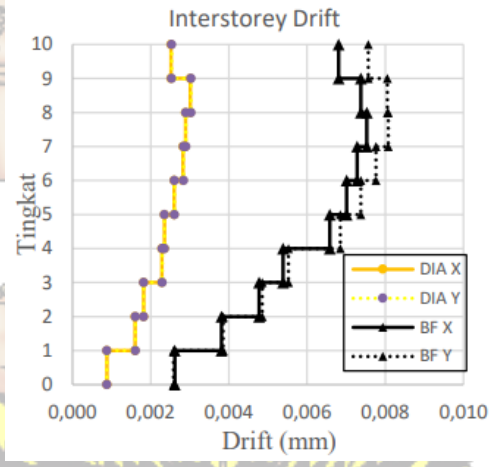
Penampang yang digunakan untuk kolom gedung dengan struktur *inverted V-braced* adalah baja IWF 300x158 mm, IWF 250 x 107 mm dan IWF 200 x 60 mm. Sedangkan untuk struktur *diagrid* digunakan baja IWF 350x223 mm, IWF 300 x 266 mm dan IWF 200 x 60 mm. Dalam penelitian tersebut didapatkan hasil simpangan pada tracking node yang telah ditetapkan serta total massa baja yang digunakan untuk kedua jenis sistem struktur. Hasil dari penelitian tersebut dituangkan ke dalam grafik sebagai berikut.

UNMAS DENPASAR



Gambar 2. 20 Perbandingan tingkat vs perpindahan model DIA dan BF

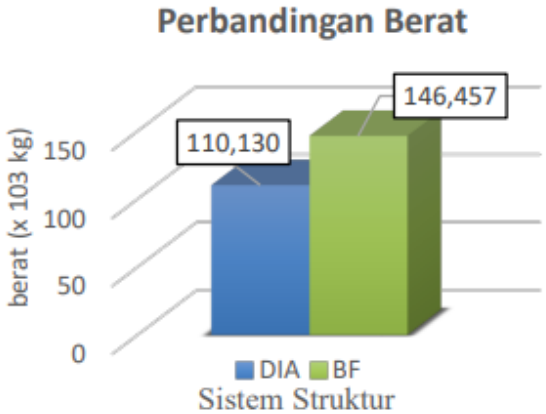
Sumber: Wirawan (2020)



Gambar 2. 21 Perbandingan tingkat vs drift model DIA dan BF

Sumber: Wirawan (2020)

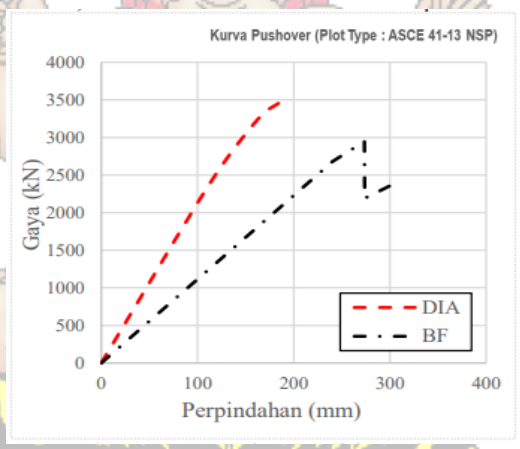
UNMAS DENPASAR



Gambar 2. 22 Perbandingan tingkat vs drift model DIA dan BF

Sumber: Wirawan (2020)

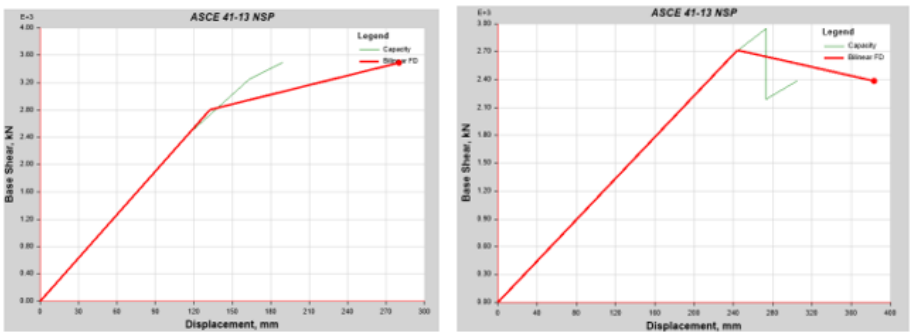
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh, Wirawan, (2020), yang tertuang dalam Gambar 2. 20 sampai Gambar 2. 22 didapatkan kesimpulan bahwa sistem struktur *diagrid* mampu memberikan simpangan yang lebih kecil yaitu 58 % daripada sistem struktur *inverted V-braced* dengan besar beban yang sama dan Sistem *diagrid* lebih kaku daripada sistem *inverted V-braced* memberikan response paling fleksibel. Hasil ini sesuai dengan periode alami semua model Selain itu, struktur *diagrid* memerlukan jumlah besi yang lebih efisien ditinjau dari jumlah penggunaan baja.



Gambar 2. 23 Kurva pushover model DIA dan BF

Sumber: Wirawan (2020)

UNMAS DENPASAR



(a) (b)

Gambar 2. 24 Kurva pushover model (a) DIA dan (b) BF

Sumber: Wirawan (2020)

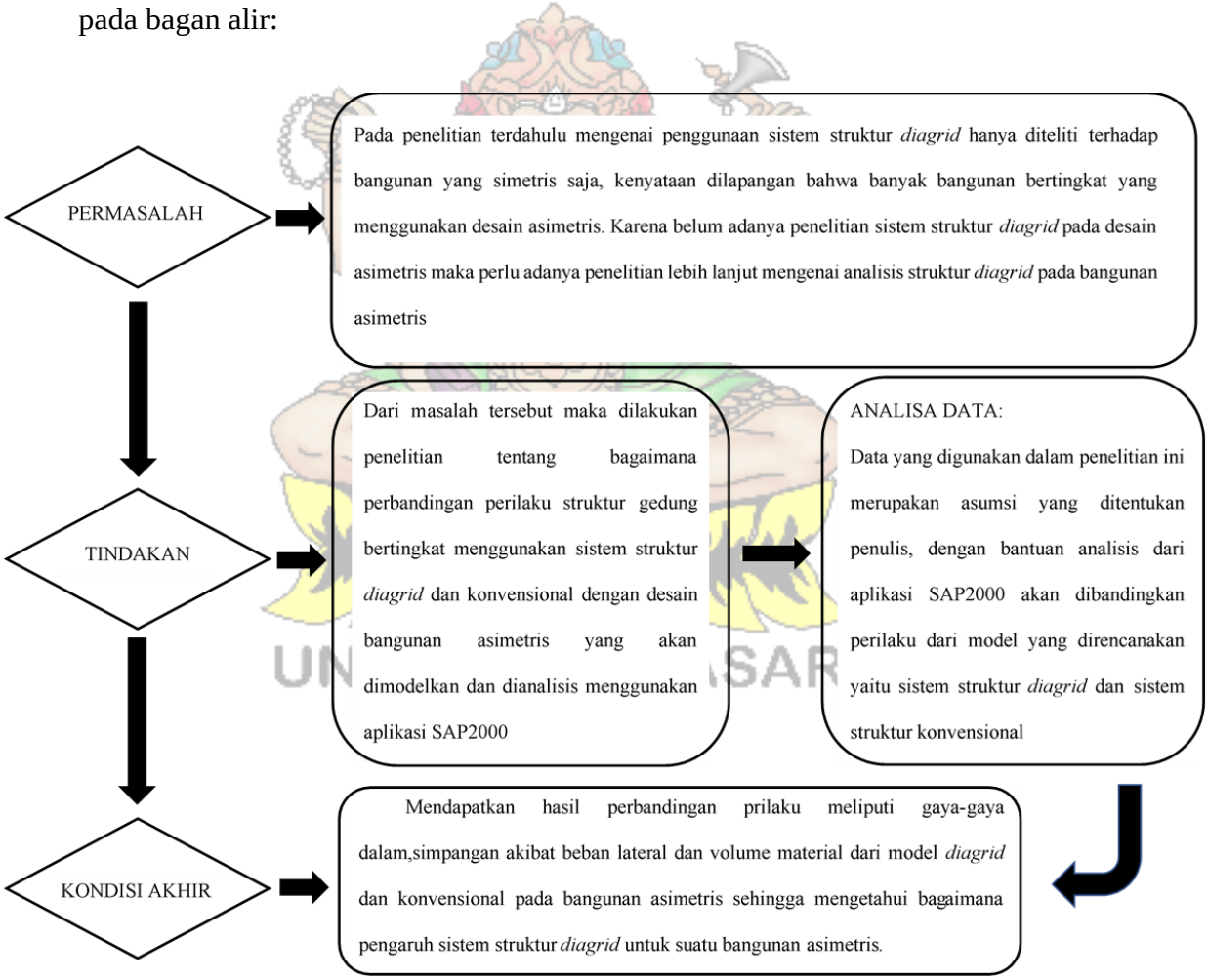
Dari segi kinerja struktur berdasarkan Gambar 2. 23 dan Gambar 2. 24 Model *diagrid* mampu menerima beban 14% lebih tinggi dibandingkan dengan model *inverted V-braced*, tetapi model *inverted V-braced* mampu berdeformasi lebih baik dibandingkan dengan model *diagrid*. Penelitian ini kedepannya yang akan menjadi referensi dari penelitian yang penulis lakukan mengenai analisis dan desain gedung bertingkat dengan sistem struktur *diagrid* dan *inverted V-braced*.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Pikir

Kerangka pikir merupakan pola dalam berpikir untuk menentukan bagaimana alur yang akan dijalankan selama penelitian berlangsung, sehingga dapat menjadi acuan dasar dalam melaksanakan penelitian. Berikut dapat dilihat pada bagan alir:



Gambar 3. 1 Kerangka Pikir