

Studi Komparasi Perencanaan Struktur Gedung Pusat Data dan Informasi Delapan Lantai dengan Perbedaan Tipe Pengaku Lateral

Miftahusalam * dan Slamet Widodo

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta 55281, Indonesia

Kata Kunci:

Bresing
Dinding Geser
Kinerja Struktur
Pengaku Lateral
Respons Spektrum

Keywords:

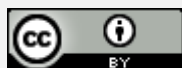
Bracing
Shear Wall
Structural Performance
Lateral Stiffeners
Response Spectrum

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui komparasi kinerja struktur dari pemodelan open frame dan penambahan berbagai tipe pengaku lateral. Analisis yang dikomparasikan yaitu nilai displacement, simpangan antar tingkat, pengaruh P-Delta, rasio simpangan antar tingkat, dan mengetahui bentuk konfigurasi yang terbaik dari berbagai macam bentuk pemodelan. Metode penelitian yang digunakan yaitu deskriptif kuantitatif dengan pendekatan analisis numerik. Variabel bebas yang digunakan meliputi dinding geser, bresing X, bresing V, dan bresing Λ . Analisisnya menggunakan metode respons spektrum dengan mengacu pada SNI 1726-2019. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai displacement terkecil pada lantai atap dari seluruh tipe pengaku lateral yaitu bresing X sebesar 61,756 mm pada sumbu X dan 54,729 mm pada sumbu Y. Nilai simpangan antar tingkat terkecil dari seluruh tipe pengaku lateral yaitu dinding geser dengan nilai sebesar 33,403 mm pada sumbu X dan 31,735 mm pada sumbu Y. Nilai pengaruh P-Delta terkecil dari seluruh tipe pengaku lateral yaitu dinding geser dengan nilai sebesar 0,00656 pada sumbu X dan 0,00605 pada sumbu Y. Nilai rasio simpangan antar tingkat terkecil dari seluruh tipe pengaku lateral yaitu dinding geser dengan nilai sebesar 0,34% pada sumbu X dan 0,33% pada sumbu Y. Secara keseluruhan, pemodelan dengan penambahan dinding geser mempunyai hasil kinerja struktur yang lebih optimal dibandingkan dengan pemodelan lainnya.

ABSTRACT

The research aims to compare the structural performance between an open frame model and models with different types of lateral reinforcements. The comparison includes displacement, inter-story drift, P-Delta effects, inter-story drift ratio, and determining the optimal bracing configuration among the models. The research method used is quantitative descriptive with a numerical analysis approach. The independent variables used include shear walls, X-bracing, V-bracing, and Λ -bracing. The analysis uses the response spectrum method, referencing SNI 1726-2019. The X-bracing model showed the smallest displacement at the roof level, with values of 61.756 mm on the X-axis and 54.729 mm on the Y-axis. The shear wall model produced the smallest inter-story drift from the second floor to the roof, with 33.403 mm on the X-axis and 31.735 mm on the Y-axis. It also had the lowest P-Delta effect, with values of 0.00656 on the X-axis and 0.00605 on the Y-axis. In addition, the smallest inter-story drift ratio was also found in the shear wall model, with 0.34% on the X-axis and 0.33% on the Y-axis. In conclusion, the shear wall model provides the most optimal structural performance compared to the other reinforcement types.



This is an open access article under the CC-BY license.

1. Pendahuluan

Kondisi geologis Indonesia memiliki potensi gempa bumi yang relatif tinggi khususnya di wilayah pulau Jawa, hal tersebut dapat terjadi karena terletak pada jalur seismik aktif yaitu gempa Asia dan jalur gempa pasifik [1]. Gempa bumi menjadi tantangan tersendiri untuk dalam perencanaan struktur bangunan.

Perencanaan struktur menjadi komponen sangat penting yang harus diperhatikan dalam pembangunan bangunan bertingkat di wilayah rawan gempa. Terlebih lagi, apabila bangunan gedung termasuk bangunan vital yang digunakan khalayak publik dan menyangkut nyawa seseorang. Bangunan gedung ini merupakan bangunan yang berfungsi

sebagai gedung perkuliahan, sehingga dapat dikategorikan sebagai bangunan vital yang dalam perencanaannya harus memperhatikan berbagai aspek. Aspek dalam perencanaan ini harus dapat memastikan kestabilan struktural dan keamanan bangunan bertingkat dalam menghadapi beban lateral. Bangunan yang termasuk dalam kategori penting dan vital diharapkan dapat berfungsi dengan baik saat terjadi gempa sehingga bangunan tetap dapat digunakan [2].

Dalam perencanaan struktur bangunan gedung, konfigurasi, bentuk bangunan dan dimensi dari denah bangunan memegang peranan krusial yang memengaruhi perilaku struktur terhadap beban gempa maupun beban

*Corresponding author.

E-mail: miftahusalam.2021@student.uny.ac.id

Available online 31 Maret 2026

lainnya. Salah satu parameter geometri yang perlu diperhatikan yaitu rasio panjang dan lebar dari bangunan. Rasio bentang yang terlalu besar dan tidak proposional dapat mengakibatkan distribusi beban yang tidak merata, sehingga dapat menurunkan kinerja dan kestabilan struktur terutama pada sumbu lemahnya. Bangunan gedung penelitian ini memiliki bentang panjang 38 m dan juga lebar 15 m. Dengan bentang tersebut, rasio geometri panjang dan lebar bangunan, bangunan tersebut termasuk kedalam bangunan memanjang dengan rasio sebesar 2,53, sehingga dalam analisis akan cenderung mengalami penurunan kinerja dan kestabilan strukturnya pada sumbu lemah. Dalam analisisnya, pada sumbu X maupun Y harus memenuhi persyaratan yang berlaku dalam aturan yang digunakan, sehingga menjadi aspek penting yang harus diperhatikan.

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 1726-2019, bangunan gedung perkuliahan yang digunakan dalam penelitian ini diklasifikasikan kedalam kategori risiko IV dimana bangunan ini termasuk bangunan yang memiliki kompleksitas yang lebih tinggi dibandingkan kategori yang lain karena dalam analisisnya akan lebih ketat seperti pada batasan simpangan antar tingkat. Dalam hasil analisis pada pemodelan open frame, terdapat sebuah permasalahan yang sangat krusial yaitu pada analisis simpangan antar tingkat. Dalam analisisnya, batasan izin simpangan antar tingkat mempunyai nilai sebesar 45 mm, tetapi pada lantai tiga, empat, lima, dan enam melebihi batasan simpangan izin. Hal tersebut menunjukkan bahwa struktur mengalami deformasi lateral yang berlebihan.

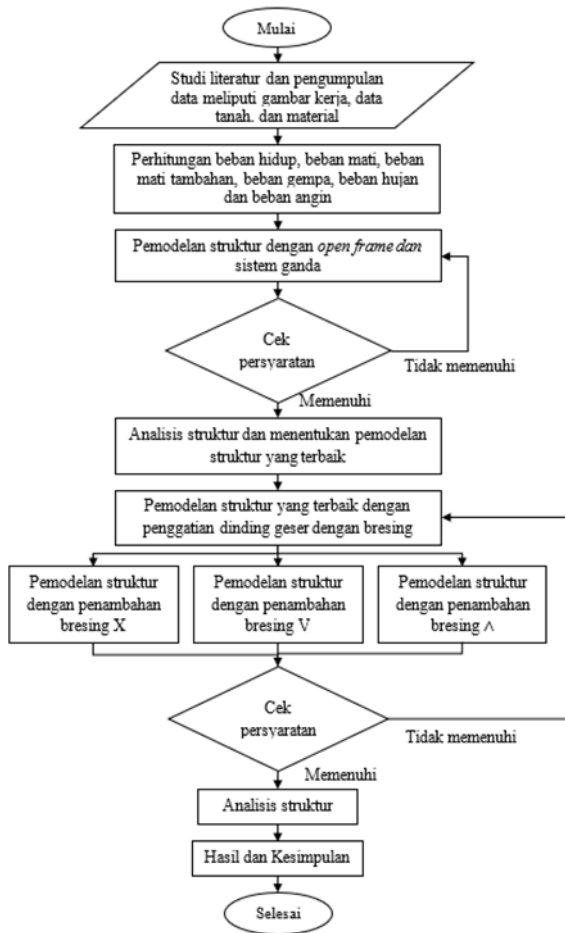
Dengan adanya beberapa permasalahan diatas, perencanaan harus didesain bangunan yang tahan terhadap gempa dan diperlukan juga elemen struktural tambahan yang dapat menahan gaya-gaya tersebut. Salah satu solusi yang dapat diterapkan dalam menahan gaya-gaya tersebut dapat menambahkan elemen pengaku lateral, dalam hal ini pada bangunan bertingkat dapat diberikan pengaku lateral berupa dinding geser maupun bresing. Penempatan elemen pengaku lateral perlu mempertimbangkan tidak hanya aspek teknis dan struktural saja, tetap juga aspek arsitektural agar tidak mengganggu fungsi dan estetika bangunan. Pemilihan pengaku lateral berupa dinding geser karena termasuk elemen struktur bertulang yang dapat dengan baik dan efektif dalam menahan gaya geser, gaya aksial, momen, dan juga gaya lateral yang baik apabila penempatannya tepat. Namun, bobot struktur dari yang lebih berat dibandingkan dengan bresing dan berkurangnya

bukaan bukaan pencahayaan alami. Alternatif lain yang dapat digunakan yaitu dengan menggunakan bresing konsentris meliputi bresing X, V, dan Λ karena termasuk juga elemen struktural berupa batang baja ataupun beton bertulang yang juga dapat meningkatkan kestabilan dan juga kekuatan suatu bangunan dalam menahan beban gempa serta beban angin, sehingga dapat mencegah kegalalan struktur. Keunggulan menggunakan bresing yaitu bobot yang relatif lebih ringan dan juga dapat memberikan bukaan yang lebih banyak daripada menggunakan dinding geser. Selain itu, pemilihan bresing konsentris ini dalam desain, analisisnya lebih mudah jika dibandingkan yang bresing eksentris, sehingga lebih praktis diterapkan dalam desain struktur bangunan bertingkat.

Pada penelitian ini, objek yang akan digunakan untuk penelitian yaitu Gedung Pusat Data dan Informasi yang merupakan rencana salah satu gedung baru delapan lantai Universitas Negeri Yogyakarta yang masih dalam tahap perencanaan. Tujuan dari pembangunan gedung untuk menambah fasilitas dan menunjang perkuliahan berupa ruangan kelas, laboratorium, dan juga aula. Gedung tersebut akan dimodelkan dengan perangkat lunak elemen hingga sesuai dengan data yang tersedia, kemudian ditambahkan dinding geser dan berbagai macam tipe bresing, sehingga akan dilakukan komparasi hasil analisis struktur dari pemodelan gedung yang sudah ditambahkan masing-masing dari pengaku lateral tersebut. Analisis struktur dari moodifikasi pengaku lateral ini bertujuan untuk mengetahui komparasi dari nilai *displacement*, komparasi dari nilai simpangan antar tingkat, komparasi dari nilai pengaruh P-Delta, dan komparasi rasio simpangan antar tingkat, sehingga dari analisis tersebut dapat mengetahui respons struktur yang terbaik dari gedung yang dimodifikasi dengan pengaku lateral berupa dinding geser, bresing tipe X, V, dan Λ yang terbaik.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan analisis numerik yang berarti penelitian ini menggunakan data-data angka dan teknik dalam menyelesaikannya juga dipadukan dengan menggunakan teknik komputasi berupa perangkat lunak berbasis elemen hingga. Dalam analisis struktur bangunan menggunakan metode analisis dinamis linear yaitu respons spektrum. Adapun diagram alir dari penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3. Tinjauan Pustaka

3.1. Konsep Bangunan Tahan Gempa

Bangunan yang dirancang agar tahan terhadap gempa merupakan struktur yang mempunyai kemampuan untuk tetap berdiri kokoh. Pada dasarnya, Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPMK) memiliki konsep desain “strong column weak beam” berarti keruntuhan yang diperbolehkan terjadi terlebih dahulu terjadi pada balok, kemudian kolom [3]. Apabila terjadi kerusakan akibat beban gempa, maka elemen balok diharapkan mengalami rusak terlebih dahulu dibandingkan dengan elemen kolomnya, sehingga bangunan tidak langsung mengalami keruntuhan [4]. Ketahanan terhadap gempa tidak berarti bangunan harus sepenuhnya bebas dari kerusakan. Kerusakan ringan hingga sedang masih dianggap dapat diterima selama tidak mengganggu fungsi utama bangunan dan tetap memenuhi standar keamanan yang telah ditetapkan.

3.2. Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen dapat diartikan sebagai struktur rangka yang terdiri dari beberapa elemen struktur

bangunan meliputi kolom, balok, sloof, pelat lantai, dan sambungan dari elemen struktur yang dirancang untuk menahan beban melalui aksi gaya geser, gaya lentur, dan gaya aksial [5].

Sistem rangka yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sistem rangka pemikul momen khusus, sistem ini dapat didefinisikan pendekatan desain struktur beton bertulang yang mempunyai pendetailan yang ketat, sehingga menghasilkan kerangka yang fleksibel dan menunjukkan daktilitas tinggi yakni mampu mengalami deformasi plastis berulang tanpa bangunan runtuh [5]. Pengaku Lateral Bresing



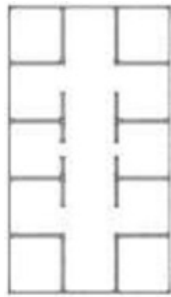
Gambar 2 Jenis-Jenis Bresing [6]

Sistem rangka bresing konsentris diharapkan struktur dapat mengalami deformasi inelastik dalam batas yang terkendali ketika struktur menerima beban gempa yang telah diperhitungkan dalam perencanaan. Dengan kata lain, sistem ini, dirancang agar mampu menyerap energi seismik tanpa mengalami kerusakan yang signifikan pada elemen-elemen strukturnya. Dengan demikian, Sistem rangka bresing konsentris biasa berperan dalam meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gempa dengan cara mengontrol respons struktur terhadap gaya lateral yang bekerja.

3.3. Dinding Geser

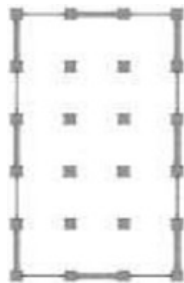
Bangunan dengan kombinasi dari dua sistem penahan lateral salah satunya rangka pemikul momen dengan penahan gaya lateral berupa dinding geser (*shear wall*) atau bisa disebut sistem ganda. Sistem ganda tersebut dalam analisisnya terdapat ketentuan dalam menahan gaya-gaya yang terjadi pada sebuah bangunan. Sistem dinding geser dapat diartikan elemen struktur beton bertulang yang berperan sebagai penahan utama terhadap beban lateral, seperti gaya geser, momen lentur, dan gaya aksial [7]. Menurut SNI 1726-2019, dalam sistem ganda, sistem rangka pemikul momen tidak hanya menopang beban vertikal saja seperti berat sendiri dan beban penghuni, melainkan juga harus mampu menahan minimal 25% dari gaya sesismik desain. Sisa dari gaya seismik didistribusikan ke dinding geser berdasarkan kekakuan relatif secara proposional terhadap kekakuannya dari masing- masing elemen struktur [8].

Jenis dinding geser yang dikelompokkan berdasarkan letak dan fungsinya yaitu sebagai berikut.



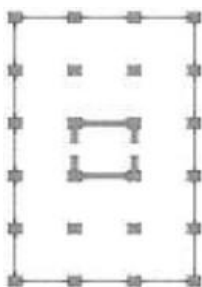
Gambar 3 Dinding Geser Jenis *Bearing Wall*

Bearing wall dapat didefinisikan sebagai dinding geser yang sebagian besar juga membantu menahan beban gravitasi suatu bangunan.



Gambar 4 Dinding Geser *Frame Wall*

Frame wall dapat didefinisikan sebagai dinding geser yang membantu menahan beban lateral suatu bangunan dan beban gravitasinya ditahan oleh struktur kaku beton bertulang.



Gambar 5 Dinding Geser Jenis *Core Wall*

Core wall dapat didefinisikan sebagai dinding geser yang letaknya didalam gedung dan biasanya ditengah yang digunakan untuk transportasi vertikal atau sering disebut dengan lift [9].

Standar yang digunakan

SNI 2847-2019 tentang beton struktural.

SNI 1726-2019 tentang perencanaan ketahanan gempa.

SNI 1727-2020 tentang pembebanan minimum.

SNI 2052-2017 tentang baja tulangan beton.

3.4. Pembebanan

Pembebanan yang dihitung dalam penelitian ini sebagai berikut.

3.4.1 Beban Hidup

Beban hidup dapat didefinisikan sebagai berat suatu beban yang diakibatkan oleh pengguna dalam bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban lingkungan dan konstruksi bangunan, seperti beban angin, beban gempa, beban hujan, dan juga beban banjir [10].

3.4.2 Beban Mati

Beban mati dapat didefinisikan sebagai beban pada semua bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang. Beban mati meliputi lantai, tangga, dinding, plafon, finishing, dan struktural lainnya serta pelaratan layan terpasang termasuk berat derek dan juga sistem pengangkut material [10].

3.4.3 Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan dapat didefinisikan sebagai beban dinding dan beban pelat lantai yang ada pada bangunan. Beban dinding tiap lantai dapat berbeda setiap lantainya tergantung dari ketinggian lantai tersebut. Jadi, harus dihitung pada tiap lantai. Sedangkan pada pelat lantai dapat dihitung dari ketebalan material atau bahan yang digunakan dan diakumulasikan dengan berat jenis dari masing-masing material dari pelat lantai.

3.4.4 Beban Gempa

Beban mati tambahan dapat didefinisikan sebagai beban dinding dan beban pelat lantai yang ada pada bangunan. Beban dinding tiap lantai dapat berbeda setiap lantainya tergantung dari ketinggian lantai tersebut. Jadi, harus dihitung pada tiap lantai. Sedangkan pada pelat lantai dapat dihitung dari ketebalan material atau bahan yang digunakan dan diakumulasikan dengan berat jenis dari masing-masing material dari pelat lantai.

3.4.5 Beban Angin

Beban angin dapat didefinisikan sebagai beban yang dihasilkan oleh tekanan dan hisapan dari pergerakan angin pada permukaan struktur bangunan. Besarnya beban ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya ketinggian bangunan, kecepatan angin, bentuk, orientasi bangunan, wilayah, dan juga lingkungan sekitar.

3.4.5 Beban Hujan

Beban hujan dapat didefinisikan beban aktual yang harus ditahan oleh struktur atap pada sebuah bangunan.

Parameter yang digunakan untuk menghitung beban hujan yaitu tinggi air statis (d_s) dan tinggi air hidrolik (d_H). Persamaan dari perhitungan beban hujan yaitu sebagai berikut.

$$R = 0,0098 (d_s + d_H)$$

$$\text{Tinggi hidrolik } (d_H) = h_0 + h_s$$

Keterangan:

R = Beban air hujan pada atap suatu bangunan, satuan dalam kN/m^2

h_0 = Tinggi limpahan ke overflow, biasanya dihitung dari permukaan atap ke bibir pelimpah

h_s = Ketinggian tambahan karena tekanan hidrostatik

3. Hasil

3.1. Data Penelitian

Data penelitian ini mengacu pada gambar kerja perencanaan Gedung Pusat Data dan Informasi Universitas Negeri Yogyakarta. Adapun data umum dari bangunan gedung tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Umum Bangunan

Data Umum	Keterangan
Nama Bangunan	Gedung Pusat Data dan Informasi Universitas Negeri Yogyakarta
Lokasi Bangunan	Jl. Colombo No.1, Mrican, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281
Jenis Struktur Bangunan	Struktur Beton Bertulang
Fungsi Bangunan	Perkuliahahan
Panjang Bangunan	38 meter
Lebar Bangunan	15 meter
Jumlah Lantai	8
Tinggi Lantai	Tiap 4,5 meter
Tinggi Bangunan	38,5 meter

3.2. Perhitungan Pembebanan

3.2.1 Beban Mati

Beban hidup diinputkan pada permodelan bangunan Gedung Pusat Data dan Informasi berdasarkan dari fungsi bangunan, bangunan ini mempunyai fungsi sebagai laboratorium, ruang teori, ruang dosen dan juga aula.

Rekapitulasi pembebanan dengan acuan SNI 1727-2020 pada Tabel 2.

Tabel 1. Rekapitulasi Beban Hidup

No	Fungsi	Beban Hidup (kN/m^2)
1	Ruang teori	1,92
2	Ruang dosen	1,92
3	Ruang operator	1,92
4	Ruang teknisi	1,92
5	Ruang panel	1,92
6	Toilet	1,92
7	Laboratorium	4,79
8	Ruang <i>display</i>	4,79
9	Ruang server	4,79
10	Ruang mesin	4,79
11	Aula atau ruang pertemuan	4,79
12	Tangga	4,79
13	Koridor diatas lantai pertama	3,83
14	Atap datar	0,96

3.2.2 Beban Mati Tambahan

Dalam analisis mengguakan perangkat lunak elemen hingga, beban mati ini sudah terhitung secara otomatis, sehingga hanya beban mati tambahan pada Gedung Pusat Data dan Informasi yang akan diperhitungkan

Tabel 3. Rekapitulasi Beban Mati Tambahan

Lantai	Berat Jenis (kN/m^3)	Tebal (m)	Tinggi (m)	Hasil (kN/m)
2	7	0.15	4.5	4.725
3	7	0.15	4.5	4.725
4	7	0.15	4.5	4.725
5	7	0.15	4.5	4.725
6	7	0.15	4.5	4.725
7	7	0.15	4.5	4.725
Lantai Atap	7	0.15	2.5	2.625

3.2.3 Beban Gempa

Kurva respons spektrum diperoleh dari RSA Cipta Karya dengan hasil data sebagai berikut.

$$S1 = 0,509$$

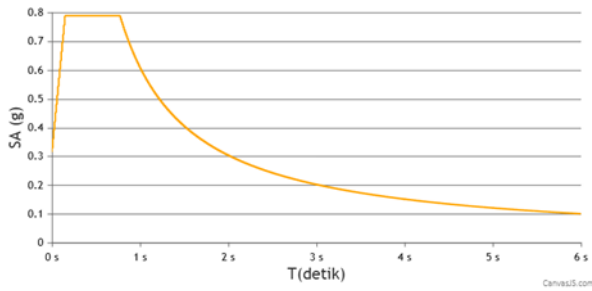
$$Ss = 1,1403$$

$$\text{Klasifikasi situs} = \text{Tanah Sedang (SD)}$$

$$\text{Panjang periode} = 6 \text{ detik}$$

$$SDS = 0,794$$

$$SD1 = 0,611$$



Gambar 6. Kurva Respons Spektrum

3.2.4 Beban Angin

Lokasi objek penelitian berada di wilayah Sleman, Yogyakarta. Beban angin berpedoman pada SNI 1727-2020 pada pasal 26. Rekapitulasi hasil dari perhitungan beban angin sebagai berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Angin Desak Sumbu X

Z (m)	P (kN/m) Desak		
	Angin Desak	0.25	0.75
4.5	0.00	0.00	0.00
9	1.64	1.40	1.40
13.5	1.84	1.69	1.73
18	1.99	1.88	1.95
22.5	2.12	2.03	2.09
27	2.24	2.15	2.21
31.5	2.34	2.26	2.31
36	2.43	2.36	2.41
38.5	2.48	2.44	2.47

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Angin Hisab Sumbu X

Z (m)	P (kN/m) Hisab		
	Angin Hisab	0.25	0.75
4.5	-0.65	-0.16	-0.48
9	-0.56	-0.14	-0.42
13.5	-0.63	-0.16	-0.47
18	-0.68	-0.17	-0.51
22.5	-0.73	-0.18	-0.54
27	-0.76	-0.19	-0.57
31.5	-0.80	-0.20	-0.60
36	-0.83	-0.21	-0.62
38.5	-0.85	-0.21	-0.63

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Angin Desak Sumbu Y

Z (m)	P (kN/m) Desak		
	Angin Desak	0.25	0.75
4.5	0.00	0.00	0.00
9	1.64	1.40	1.40
13.5	1.84	1.69	1.73
18	1.99	1.88	1.95
22.5	2.12	2.03	2.09
27	2.24	2.15	2.21
31.5	2.34	2.26	2.31
36	2.43	2.36	2.41
38.5	2.48	2.44	2.47

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Angin Hisab Sumbu Y

Z (m)	P (kN/m) Hisab		
	Angin Hisab	0.25	0.75
4.5	-0.65	-0.16	-0.48
9	-0.56	-0.14	-0.42
13.5	-0.63	-0.16	-0.47
18	-0.68	-0.17	-0.51
22.5	-0.73	-0.18	-0.54
27	-0.76	-0.19	-0.57
31.5	-0.80	-0.20	-0.60
36	-0.83	-0.21	-0.62
38.5	-0.85	-0.21	-0.63

Beban Hujan

Perhitungan beban hujan sebagai berikut.

$$R = 0,0098 \times (d_s + d_h)$$

$$R = 0,0098 \times (20 + 10)$$

$$R = 0,294 \text{ kN/m}^2$$

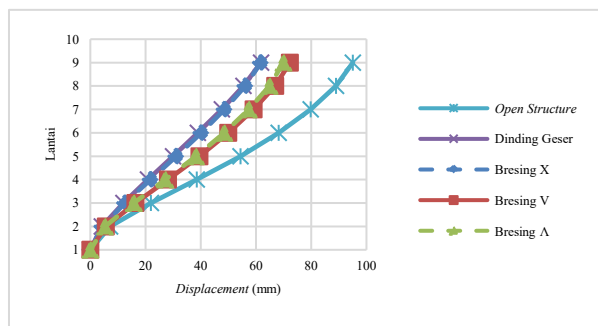
3.3. Hasil dan Pembahasan

3.3.1 Displacement

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh dari perangkat lunak berbasis elemen hingga, didapatkan nilai displacement pada Tabel 8 dan Gambar 7.

Tabel 8. Komparasi Nilai *Displacement* Sumbu X

Lantai	<i>Displacement</i> Sumbu X (δeX)				
	<i>Open Frame</i>	Dinding Geser	Bresing X	Bresing V	Bresing Λ
Lt. atap	95.076	61.801	61.756	72.294	69.939
8	88.980	55.487	56.105	66.959	64.899
7	79.804	47.595	48.577	59.162	57.409
6	68.230	38.965	40.153	49.936	48.46
5	54.349	29.956	31.144	39.498	38.284
4	38.537	20.846	21.812	28.109	27.179
3	21.942	12.01	12.573	16.334	15.737
2	7.185	4.156	4.304	5.568	5.338
1	0	0	0	0	0



Gambar 7. Grafik Komparasi Nilai *Displacement* Sumbu X

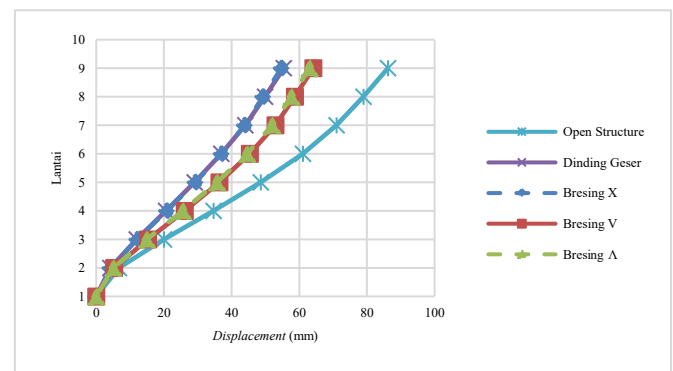
Gambar 7 dan Tabel 8 diatas merupakan nilai displacement pada sumbu X dari pemodelan *open frame* dan setiap tipe pengaku lateral yaitu dinding geser, bresing X, V, serta Λ . Nilai tersebut mengalami peningkatan secara bertahap dari lantai satu hingga lantai atap. Nilai *displacement* diatas menunjukkan semakin tinggi posisi lantai dalam suatu bangunan, semakin besar pula deformasi lateral yang terjadi akibat beban lateral. Nilai *displacement* terkecil terjadi pada lantai dasar karena pengaruh dari kekuatan struktur yang masih tinggi pada bagian bawah bangunan, sedangkan *displacement* tertinggi terjadi pada lantai atap yang menjadi bagian paling fleksibel.

Nilai *displacement* maksimum terjadi pada masing – masing tipe pengaku lateral dilantai atap sebesar 61,801 mm dari dinding geser, 61,756 mm dari bresing X, 72,294 mm dari bresing V, dan 69,939 mm dari bresing Λ . Sedangkan nilai *displacement* terbesar dari tipe pemodelan open frame berada pada lantai atap sebesar 95,076 mm. Dengan data tersebut dan mempertimbangkan keseluruhan dari nilai displacement pada tabel, komparasi keempat tipe pengaku lateral menunjukkan bahwa dinding geser terlihat

lebih unggul dan mempunyai performa yang paling baik pada sumbu x dalam menahan deformasi lateral dibandingkan dengan pengaku lateral yang lainnya. Sementara itu, bresing tipe V mempunyai nilai displacement tertinggi yang mengindikasikan bahwa performa dalam menahan kekakuan lateralnya termasuk paling rendah diantara ketiga tipe pengaku lateral lainnya. Selain itu, komparasi antara open frame dan pengaku lateral juga menunjukkan bahwa penggunaan pengaku lateral dapat meningkatkan kinerja struktur yang lebih baik dalam menahan gaya lateral.

Tabel 9. Komparasi Nilai *Displacement* Sumbu Y

Lantai	<i>Displacement</i> Sumbu Y (δeY)				
	<i>Open Frame</i>	Dinding Geser	Bresing X	Bresing V	Bresing Λ
Lt. atap	86.201	55.410	54.729	64.132	63.053
8	78.919	49.901	49.343	58.727	57.693
7	70.962	44.057	43.853	52.930	52.027
6	61.032	36.932	37.002	45.341	44.564
5	48.624	29.054	29.273	36.373	35.715
4	34.626	20.593	20.823	26.141	25.622
3	19.960	11.938	12.076	15.241	14.903
2	6.692	4.108	4.153	5.244	5.116
1	0	0	0	0	0



Gambar 8. Grafik Komparasi Nilai *Displacement* Sumbu Y

Gambar 8 dan Tabel 9 diatas merupakan nilai *displacement* pada sumbu Y dari pemodelan *open frame* dan setiap tipe pengaku lateral yaitu dinding geser, bresing X, V, serta Λ . Nilai tersebut mengalami peningkatan secara bertahap dari lantai satu hingga lantai atap. Nilai *displacement* maksimum terjadi pada masing – masing tipe pengaku lateral dilantai atap sebesar 55,41 mm dari dinding geser, 54,729 mm dari bresing X, 64,132 mm dari bresing V, dan 63,053 mm dari bresing Λ . Sedangkan nilai *displacement*

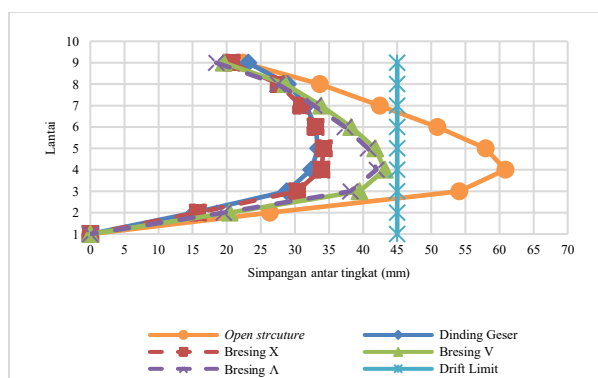
terbesar dari tipe pemodelan open frame berada pada lantai atap sebesar 86,201 mm. Dengan data tersebut dan mempertimbangkan keseluruhan dari nilai displacement pada tabel, komparasi keempat tipe pengaku lateral menunjukkan bahwa bresing X terlihat lebih unggul dan mempunyai performa yang paling baik pada sumbu Y dalam menahan deformasi lateral dibandingkan dengan pengaku lateral yang lainnya. Sementara itu, bresing tipe V mempunyai nilai *displacement* tertinggi yang mengindikasikan bahwa performa dalam menahan kekakuan lateralnya termasuk paling rendah diantara ketiga tipe pengaku lateral lainnya. Selain itu, komparasi antara open frame dan pengaku lateral juga menunjukkan bahwa penggunaan pengaku lateral dapat meningkatkan kinerja struktur yang lebih baik dalam menahan gaya lateral.

3.3.2 Simpangan Antar Tingkat

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh dari perangkat lunak berbasis elemen hingga, didapatkan nilai simpangan antar tingkat sebagai berikut.

Tabel 10. Komparasi Simpangan Antar Tingkat Sumbu X

Story	Inelastic Drift Sumbu X, ΔX (mm)				
	Open Frame	Dinding Geser	Bresing X	Bresing V	Bresing Λ
Lantai Atap	22.352	23.151	20.720	19.562	18.480
Lt. 8	33.645	28.937	27.603	28.589	27.463
Lt. 7	42.438	31.643	30.888	33.829	32.813
Lt. 6	50.897	33.033	33.033	38.273	37.312
Lt. 5	57.977	33.403	34.217	41.760	40.718
Lt. 4	60.848	32.399	33.876	43.175	41.954
Lt. 3	54.109	28.798	30.320	39.475	38.130
Lt. 2	26.345	15.239	15.781	20.416	19.573
Lt. 1	0	0	0	0	0



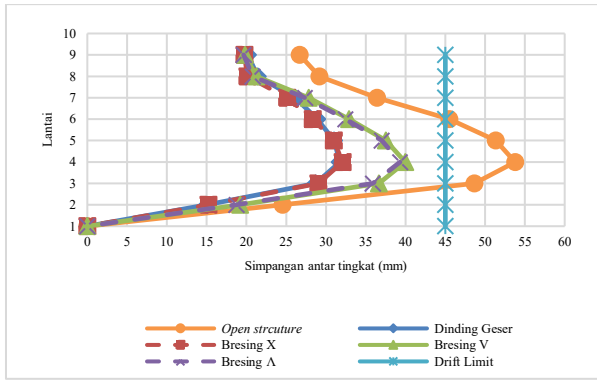
Gambar 9. Grafik Komparasi Simpangan Antar Tingkat Sumbu X

Gambar 9 dan Tabel 10 diatas merupakan nilai simpangan antar tingkat pada sumbu X dari pemodelan *open frame* dan setiap tipe pengaku lateral yaitu dinding geser, bresing X, V, dan Λ. Nilai simpangan dengan modifikasi pengaku lateral diatas menunjukkan bahwa nilai simpangan dengan modifikasi pengaku lateral masih dikategorikan aman karena nilai dari simpangan masih dibawah batas izin dengan nilai sebesar 45 mm. Namun, pada pemodelan *open frame* terdapat nilai simpangan yang tidak aman pada lantai tiga hingga enam dengan nilai berturut-turut sebesar 54,109 mm, 60,848 mm, 57,977 mm, dan 50,897 mm. Nilai simpangan terbesar dari dinding geser, bresing X, V, dan Λ berturut-turut sebesar 33,403 mm, 34,217 mm, 43,175 mm, dan 41,954 mm.

Dengan data tersebut dan mempertimbangkan keseluruhan dari nilai simpangan antar tingkat pada tabel serta grafik, komparasi keempat tipe pengaku lateral menunjukkan bahwa dinding geser terlihat lebih unggul dan mempunyai performa yang paling baik pada sumbu X dalam menahan deformasi lateral dibandingkan dengan pengaku lateral yang lainnya. Sementara itu, bresing tipe V mempunyai nilai simpangan antar tingkat tertinggi dibandingkan dengan ketiga pengaku lateral lainnya yang mengindikasikan bahwa performa dalam menahan kekakuan lateralnya termasuk paling rendah diantara ketiga tipe pengaku lateral lainnya. Dengan demikian, komparasi antara *open frame* dan pengaku lateral menunjukkan bahwa penggunaan pengaku lateral dapat meningkatkan kinerja struktur yang lebih baik dalam menahan gaya lateral.

Tabel 11. Komparasi Simpangan Antar Tingkat Sumbu Y

Story	Inelastic Drift Sumbu Y, ΔY (mm)				
	Open Frame	Dinding Geser	Bresing X	Bresing V	Bresing Λ
Lantai Atap	26.701	20.200	19.749	19.818	19.653
Lt. 8	29.176	21.428	20.130	21.256	20.775
Lt. 7	36.41	26.125	25.120	27.826	27.364
Lt. 6	45.496	28.886	28.340	32.883	32.446
Lt. 5	51.326	31.024	30.983	37.517	37.008
Lt. 4	53.775	31.735	32.072	39.967	39.303
Lt. 3	48.649	28.710	29.051	36.656	35.886
Lt. 2	24.537	15.063	15.228	19.228	18.759
Lt. 1	0	0	0	0	0



Gambar 10. Grafik Komparasi Simpangan Antar Tingkat Sumbu X

Gambar 10 dan Tabel 11 diatas merupakan nilai simpangan antar tingkat pada sumbu Y dari pemodelan open frame dan setiap tipe pengaku lateral yaitu dinding geser, bresing X, V, dan Λ . Nilai simpangan diatas menunjukkan bahwa nilai simpangan dengan modifikasi pengaku lateral masih dikategorikan aman karena nilai dari simpangan masih dibawah batas izin dengan nilai sebesar 45 mm. Nilai simpangan terbesar dari dinding geser, bresing X, V, dan Λ berturut-turut sebesar 31,74 mm, 32,07 mm, 39,967 mm, dan 39,3 mm. Namun, pada pemodelan open frame terdapat nilai simpangan yang tidak aman pada lantai tiga hingga enam dengan nilai berturut-turut sebesar 48,649 mm, 53,775 mm, 51,326 dan 45,496 mm.

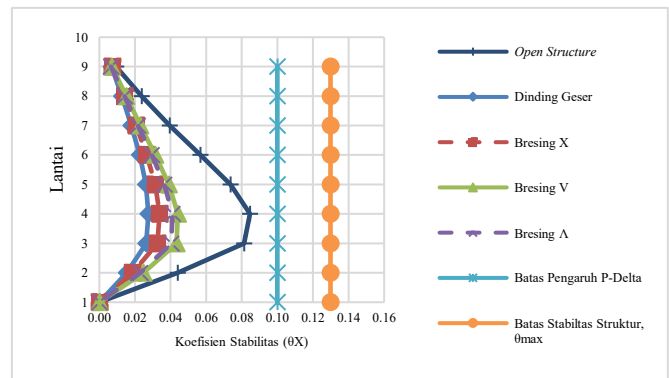
Dengan data tersebut dan mempertimbangkan keseluruhan dari nilai simpangan antar tingkat pada tabel serta grafik, komparasi keempat tipe pengaku lateral menunjukkan bahwa bresing X terlihat lebih unggul dan mempunyai performa yang paling baik pada sumbu Y dalam menahan deformasi lateral dibandingkan dengan pengaku lateral yang lainnya. Sementara itu, bresing tipe V mempunyai nilai simpangan antar tingkat tertinggi dibandingkan dengan ketiga pengaku lateral lainnya yang mengindikasikan bahwa performa dalam menahan kekakuan lateralnya termasuk paling rendah diantara ketiga tipe pengaku lateral lainnya. Dengan demikian, komparasi antara open frame dan pengaku lateral menunjukkan bahwa penggunaan pengaku lateral dapat meningkatkan kinerja struktur yang lebih baik dalam menahan gaya lateral.

3.3.3 Pengaruh P-Delta

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh dari perangkat lunak berbasis elemen hingga, didapatkan nilai pengaruh P-Delta sebagai berikut.

Tabel 12. Komparasi Pengaruh P-Delta Sumbu X

Story	Koefisien Stabilitas Sumbu X					Batas P-Delta	Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}
	Open Frame	Dinding Geser	Bresing X	Bresing V	Bresing Λ		
Lt. Atap	0.0093	0.0068	0.0073	0.0071	0.0066	0.1	0.1299
Lt. 8	0.0237	0.0127	0.0143	0.0152	0.0142	0.1	0.1299
Lt. 7	0.0394	0.0179	0.0206	0.0231	0.0217	0.1	0.1299
Lt. 6	0.0568	0.0227	0.0266	0.0314	0.0294	0.1	0.1299
Lt. 5	0.0737	0.0261	0.0314	0.0392	0.0365	0.1	0.1299
Lt. 4	0.0846	0.0276	0.0338	0.0443	0.0411	0.1	0.1299
Lt. 3	0.0814	0.0263	0.0325	0.0435	0.0404	0.1	0.1299
Lt. 2	0.044	0.0154	0.0187	0.0248	0.023	0.1	0.1299
Lt. 1	0	0	0	0	0	0.1	0.1299



Gambar 11. Grafik Komparasi Pengaruh P-Delta Sumbu X

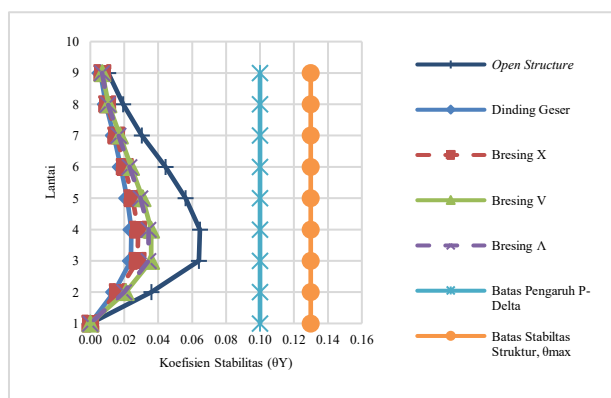
Gambar 11 dan Tabel 12 diatas merupakan nilai pengaruh P-Delta pada sumbu X dari pemodelan open frame dan setiap tipe pengaku lateral yaitu dinding geser, bresing X, V, dan Λ . Nilai diatas menunjukkan bahwa nilai pengaruh P-Delta dengan modifikasi pengaku lateral masih dikategorikan aman karena nilai dari P-Delta masih dibawah batas pengaruh P-Delta dan juga batas stabilitas struktur dengan nilai berturut – turut sebesar 0,1 dan 0,1299. Nilai pengaruh P-Delta terbesar terbesar dari dinding geser, bresing X, V, dan Λ berturut-turut sebesar 0,2756, 0,03384, 0,04408, dan 0,0411. Nilai tersebut dari masing – masing pengaku lateral berada pada lantai empat. Pada pemodelan open frame, analisis nilai P-Delta masih memenuhi dalam kategori aman dengan nilai terbesar dari P-Delta sebesar 0.0846 pada lantai empat. Namun, nilai tersebut menjadi nilai terbesar dan mendekati batas pengaruh P-Delta dan batas stabilitas struktur jika dibandingkan dengan pemodelan lainnya.

Dengan data tersebut dan mempertimbangkan keseluruhan dari nilai P-Delta pada tabel serta grafik, komparasi

keempat tipe pengaku lateral menunjukkan bahwa dinding geser terlihat lebih unggul dan mempunyai performa yang paling baik pada sumbu X dalam menahan deformasi lateral dibandingkan dengan pengaku lateral yang lainnya. Sementara itu, bresing tipe V mempunyai nilai pengaruh P-Delta tertinggi dibandingkan dengan ketiga pengaku lateral lainnya yang mengindikasikan bahwa performa dalam menahan kekakuan lateralnya termasuk paling rendah diantara ketiga pengaku lateral menunjukkan bahwa tipe pengaku lateral lainnya. Dengan demikian, komparasi antara open frame dan penggunaan pengaku lateral dapat meningkatkan kinerja struktur yang lebih baik dalam menahan gaya lateral.

Tabel 13. Komparasi Pengaruh P-Delta Sumbu Y

Story	Koefisien Stabilitas Sumbu Y					Batas P-Delta	Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}
	Open Frame	Dinding Geser	Bresing X	Bresing V	Bresing Λ		
Lt. Atap	0.0106	0.00605	0.00700	0.00713	0.00700	0.1	0.1299
Lt. 8	0.0193	0.00912	0.00993	0.01077	0.01033	0.1	0.1299
Lt. 7	0.0304	0.01379	0.01531	0.01738	0.01670	0.1	0.1299
Lt. 6	0.0443	0.01791	0.02024	0.02401	0.02305	0.1	0.1299
Lt. 5	0.0562	0.02164	0.02490	0.03081	0.02952	0.1	0.1299
Lt. 4	0.0646	0.02419	0.02818	0.03590	0.03432	0.1	0.1299
Lt. 3	0.0639	0.02386	0.02780	0.03588	0.03420	0.1	0.1299
Lt. 2	0.036	0.01396	0.01624	0.02098	0.01995	0.1	0.1299
Lt. 1	0	0	0	0	0	0.1	0.1299



Gambar 12. Grafik Komparasi Pengaruh P-Delta Sumbu Y

Gambar 12 dan Tabel 13 diatas merupakan nilai pengaruh P-Delta pada sumbu Y dari pemodelan *open frame* dan setiap tipe pengaku lateral yaitu dinding geser, bresing X, V, dan Λ . Nilai diatas menunjukkan bahwa nilai pengaruh P-Delta dengan modifikasi pengaku lateral masih dikategorikan aman karena nilai dari P-Delta masih

dibawah batas pengaruh P-Delta dan juga batas stabilitas struktur dengan nilai berturut – turut sebesar 0,1 dan 0,1299. Nilai pengaruh P-Delta terbesar terbesar dari dinding geser, bresing X, V, dan Λ berturut-turut sebesar 0,02419, 0,02818, 0,0359, dan 0,03432. Nilai tersebut dari masing – masing pengaku lateral berada pada lantai empat. Pada pemodelan *open frame*, analisis nilai P-Delta masih memenuhi dalam kategori aman dengan nilai terbesar dari P-Delta sebesar 0.0646 pada lantai empat. Namun, nilai tersebut menjadi nilai terbesar dan mendekati batas pengaruh P-Delta dan batas stabilitas struktur jika dibandingkan dengan pemodelan lainnya.

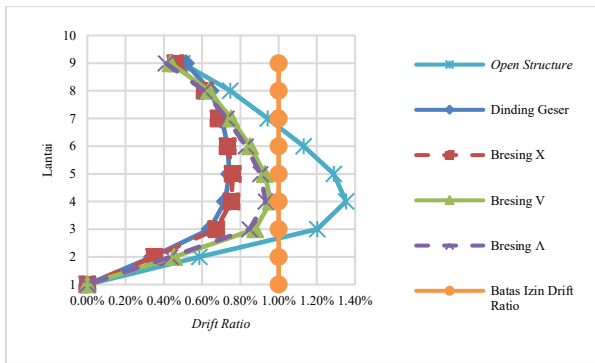
Dengan data tersebut dan mempertimbangkan keseluruhan dari nilai P-Delta pada tabel serta grafik, komparasi keempat tipe pengaku lateral menunjukkan bahwa dinding geser terlihat lebih unggul dan mempunyai performa yang paling baik pada sumbu Y dalam menahan deformasi lateral dibandingkan dengan pengaku lateral yang lainnya. Sementara itu, bresing tipe V mempunyai nilai pengaruh P-Delta tertinggi dibandingkan dengan ketiga pengaku lateral lainnya yang mengindikasikan bahwa performa dalam menahan kekakuan lateralnya termasuk paling rendah diantara ketiga tipe pengaku lateral lainnya. Dengan demikian, komparasi antara open frame dan pengaku lateral menunjukkan bahwa penggunaan pengaku lateral dapat meningkatkan kinerja struktur yang lebih baik dalam menahan gaya lateral.

3.3.4 Rasio Simpangan Antar Tingkat

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh dari perangkat lunak berbasis elemen hingga, didapatkan nilai rasio simpangan sebagai berikut.

Tabel 14. Komparasi Rasio Simpangan Antar Tingkat Sumbu X

Story	Drift Ratio Arah X				
	Open Frame	Dinding Geser	Bresing X	Bresing V	Bresing Λ
Lt. Atap	0.50%	0.51%	0.46%	0.43%	0.41%
8	0.75%	0.64%	0.61%	0.64%	0.61%
7	0.94%	0.70%	0.69%	0.75%	0.73%
6	1.13%	0.73%	0.73%	0.85%	0.83%
5	1.29%	0.74%	0.76%	0.93%	0.90%
4	1.35%	0.72%	0.75%	0.96%	0.93%
3	1.20%	0.64%	0.67%	0.88%	0.85%
2	0.59%	0.34%	0.35%	0.45%	0.43%
1	0%	0%	0%	0%	0%



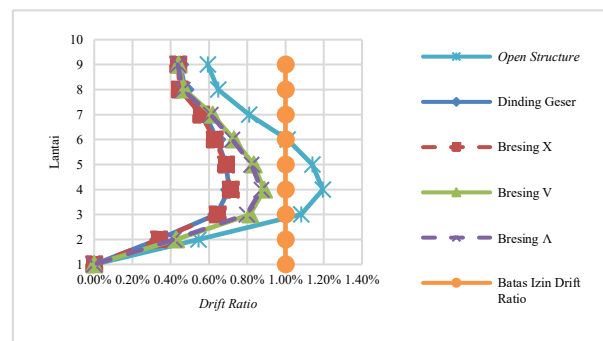
Gambar 13. Komparasi Rasio Simpangan Antar Tingkat Sumbu X

Gambar 13 dan Tabel 14 diatas merupakan nilai rasio simpangan antar tingkat pada sumbu X dari pemodelan open frame dan setiap tipe pengaku lateral yaitu dinding geser, bresing X, V, serta Λ . Bentuk grafik rasio simpangan antar tingkat cenderung sama dengan grafik simpangan antar tingkat dan tinggi pada setiap lantainya. Nilai rasio simpangan antar tingkat terbesar terbesar dari dinding geser, bresing X, V, dan Λ berturut-turut sebesar 0,74% pada lantai lima, 0,76 pada lantai lima, 0,96% pada lantai empat, dan 0,93% pada lantai empat. Sedangkan nilai rasio simpangan antar tingkat terbesar dari tipe pemodelan *open frame* berada pada lantai empat sebesar 1,35% mm.

Dengan data tersebut dan mempertimbangkan keseluruhan dari nilai rasio simpangan antar tingkat pada tabel serta grafik, komparasi keempat jenis pengaku lateral menunjukkan bahwa dinding geser terlihat sedikit lebih unggul jika dibandingkan dengan bresing X dan mempunyai performa yang paling baik pada sumbu X dalam menahan deformasi lateral dibandingkan dengan pengaku lateral yang lainnya. Sementara itu, bresing tipe V mempunyai nilai simpangan antar tingkat tertinggi dibandingkan dengan ketiga pengaku lateral lainnya yang mengindikasikan bahwa performa dalam menahan kekakuan lateralnya termasuk paling rendah diantara ketiga tipe pengaku lateral lainnya. Dengan demikian, komparasi antara *open frame* dan pengaku lateral menunjukkan bahwa penggunaan pengaku lateral dapat meningkatkan kinerja struktur yang lebih baik dalam menahan gaya lateral. Dengan demikian, komparasi antara *open frame* dan pengaku lateral menunjukkan bahwa penggunaan pengaku lateral dapat meningkatkan kinerja struktur yang lebih baik dalam menahan gaya lateral.

Tabel 15. Komparasi Rasio Simpangan Antar Tingkat Sumbu Y

Story	Drift Ratio Arah Y				
	Open Frame	Dinding Geser	Bresing X	Bresing V	Bresing Λ
Lt. Atap	0.59%	0.45%	0.44%	0.44%	0.44%
8	0.65%	0.48%	0.45%	0.47%	0.46%
7	0.81%	0.58%	0.56%	0.62%	0.61%
6	1.01%	0.64%	0.63%	0.73%	0.72%
5	1.14%	0.69%	0.69%	0.83%	0.82%
4	1.20%	0.71%	0.71%	0.89%	0.87%
3	1.08%	0.64%	0.65%	0.81%	0.80%
2	0.55%	0.33%	0.34%	0.43%	0.42%
1	0%	0%	0%	0%	0%



Gambar 14. Komparasi Rasio Simpangan Antar Tingkat Sumbu Y

Gambar 14 dan Tabel 15 diatas merupakan nilai rasio simpangan antar tingkat pada sumbu Y dari pemodelan open frame dan setiap tipe pengaku lateral yaitu dinding geser, bresing X, V, serta Λ . Bentuk grafik rasio simpangan antar tingkat cenderung sama dengan grafik simpangan antar tingkat dan tinggi pada setiap lantainya. Nilai rasio simpangan antar tingkat terbesar dari dinding geser, bresing X, V, dan Λ berturut-turut sebesar 0,71%, 0,71%, 0,89%, dan 0,87% pada lantai empat. Sedangkan nilai rasio simpangan antar tingkat terbesar dari tipe pemodelan *open frame* berada pada lantai empat sebesar 1,20% mm.

Dengan data tersebut dan mempertimbangkan keseluruhan dari nilai rasio simpangan antar tingkat pada tabel serta grafik, komparasi keempat jenis pengaku lateral menunjukkan bahwa bresing X terlihat lebih unggul dan mempunyai performa yang paling baik pada sumbu X dalam menahan deformasi lateral dibandingkan dengan pengaku lateral yang lainnya. Sementara itu, bresing tipe V mempunyai nilai simpangan antar tingkat tertinggi

dibandingkan dengan ketiga pengaku lateral lainnya yang mengindikasikan bahwa performa dalam menahan kekakuan lateralnya termasuk paling rendah diantara ketiga tipe pengaku lateral lainnya. Dengan demikian, komparasi antara open frame dan pengaku lateral menunjukkan bahwa penggunaan pengaku lateral dapat meningkatkan kinerja struktur yang lebih baik dalam menahan gaya lateral.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang studi komparasi perencanaan struktur Gedung Pusat Data dan Informasi delapan lantai dengan perbedaan tipe pengaku lateral didapatkan kesimpulan yaitu modifikasi dengan pengaku lateral berupa dinding geser ataupun bresing X, V, dan Λ secara keseluruhan dapat meningkatkan kinerja struktur dari analisis nilai displacement, simpangan antar tingkat, pengaruh P-Delta, dan juga rasio simpangan antar tingkat. Hasil menunjukkan pengaku lateral dengan dinding geser mampu meningkatkan kinerja struktur yang paling optimal, diikuti oleh bresing X, Λ , dan V dibandingkan dengan pemodelan open frame. seluruh pemodelan bangunan gedung yang ditambahkan pengaku lateral dikategorikan aman karena memenuhi persyaratan yang tercantum dalam SNI 1726-2019.

Daftar Rujukan

- [1] Utama B.P. (2021). Evaluasi Kinerja Bangunan Rumah Sakit Santa Maria Pematang dengan Non-linear Static Pushover Analysis Metode ATC-40 dan FEMA 440. *INERSIA Lnformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 17(2), 118–129. <https://doi.org/10.21831/inersia.v17i2.25511>
- [2] Ertanto, B. C., Satyarno, I., & Suhendro, B. (2021). Performance Based Design Gedung untuk Level Kinerja Operasional. *INERSIA Lnformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 17(2), 142–152. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/inersia.v17i2.34187>
- [3] Mubaroch, F. C. J. (2018). Desain Struktur Bangunan Gedung Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Malang Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Shear wall serta Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang.
- [4] Pratama M.F.W., & Hidayatullah E.F.N. (2021). Perancangan Ulang Struktur Atas Gedung Kantor Otoritas Jasa Keuangan Surakarta Menggunakan Baja Konvensional. *INERSIA Lnformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 17(2), 141–152. <https://doi.org/10.21831/inersia.v17i2.34187>
- [5] Risnandar, R., & Ryanto, M. (2022). Desain dan Analisis Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang Elemen Balok dan Kolom Pada Gedung Bertingkat 10 Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Berdasarkan SNI 2847-2019 & 1726-2019. (Vol. 2, Issue SIMTEKS).
- [6] Wisman, M., & Febrina, R. (2021). Penggunaan Struktur Bressing pada Perencanaan Bangunan Penahan Beban Gempa. *Jurnal Teknik Sipil Bandar Lampung*, 12(2), 1290-1306. <https://doi.org/10.36448/jts.v12i2.2248>
- [7] Mubaroch, F. C. J. (2018). Desain Struktur Bangunan Gedung Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Malang Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Shearwall serta Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang.
- [8] Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 1726: 2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- [9] Usmat, I., Anggraini, N., Imran, I., & Sultan, M. A. (2019). Analisa Letak Dinding Geser (shear wall) terhadap Perilaku Struktur Gedung Akibat Beban Gempa. *Techno*, 8(2), 297-307. <https://doi.org/10.33387/tjp.v8i2.1327>
- [10] Badan Standarisasi Nasional. (2020). SNI 1727: 2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.