

Studi Penggunaan *Bracing* Baja pada Sistem Perkuatan Gedung A.R Fachrudin B Akibat Beban Seismik

Study of Steel Brace as Reinforcement System in A.R. Fachruddin B Building due to Seismic Load

Rahmad Diyanto, M. Ibnu Syamsi, Fanny Monika

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Gedung A.R Fachruddin B merupakan gedung yang telah lama berdiri, gedung tersebut dibangun sebelum adanya peraturan gempa yang terbaru, oleh karena itu gedung tersebut perlu dilakukan studi mengenai kelayakan strukturnya, salah satu upayanya dengan usulan penambahan perkuatan menggunakan *bracing*. Penelitian ini dilakukan dengan analisis numerik menggunakan *software finite element* untuk mengetahui respon struktur yang terjadi akibat beban gempa dinamik respon spektrum. Tahapan yang dilakukan adalah dengan mengevaluasi terlebih dahulu kondisi eksisting gedung terhadap nilai *base shear*, *story shear*, *drift rasio*, dan simpangan kumulatifnya. Hasil evaluasi eksisting menunjukkan gedung tidak aman terhadap beban gempa yang terjadi sehingga diusulkan untuk ditambahkan perkuatan *bracing* yang letaknya berada di sisi dalam gedung. Profil yang digunakan untuk perkuatan *bracing* memakai profil baja 2L 90.90.14 dengan nilai rasio desain kurang sebesar 0,74. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *base shear* akibat beban gempa dinamik mengalami peningkatan sebesar 14,63 % untuk arah X dan 6,11% untuk arah Y. *Story shear* mengalami kenaikan terbesar pada lantai 5 arah X sebesar 15,52%. Nilai *drift ratio* terjadi penurunan maksimum sebesar 38% akibat beban gempa arah X dan 35% arah Y. Simpangan kumulatif mengalami penurunan sehingga telah memenuhi dari syarat yang diijinkan yaitu nilai simpangannya lebih kecil dari batas nilai simpangan kumulatif yang diijinkan. Penggunaan *bracing* dapat menambahkan kekakuan struktur sehingga nilai frekuensi strukturnya mengalami peningkatan sebesar 21,78% serta nilai periode strukturnya mengalami penurunan sebesar 27,85% .

Kata kunci: Respon spektrum, *Base shear*, *Story shear*, *Drift ratio*, *Bracing*.

Abstract. *A.R Fachruddin B is old building, which was built before the latest earthquake provision, therefore the building needs to be studied about the feasibility of its structure with the proposed addition of reinforcement using bracing. This research was carried out with numerical analysis using finite element software to assist in calculating the lateral forces that occur due to dynamic seismic load spectrum response. The steps are carried out by evaluating the existing building conditions in advance to the base shear value, story shear, drift ratio, and cumulative deviation. The results of the existing evaluation showed that the building was not safe against the seismic load that occurred, so the bracing reinforcement was located on the inside of the building. The profile used for bracing reinforcement uses steel profile 2L 90.90.14 with a design ratio less than 0.74. The results of the analysis show that the base shear value due to dynamic seismic load has increased by 14.63% for the direction of X and 6.11% for the direction of Y. The story shear experienced the largest increase on the 5th floor X at 15.52%. Drift ratio values that occur in the structure before reinforcement with bracing do not meet the conditions permitted, therefore it is necessary to strengthen the drift ratio to meet the requirements so that a maximum decrease of 38% due to earthquake direction X and 35% Y direction. decrease so that it has fulfilled the allowable conditions, namely the deviation value is smaller than the limit of the cumulative deviation allowed. The use of bracing can add structural rigidity so that the structural frequency value has increased by 21.78% and the value of the structure period has decreased by 27.85%.*

Key words : *Respons spectrum, Base shear, Story shear, Drift ratio, Bracing.*

1. Pendahuluan

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan

gelombang seismik. Gempa bumi dapat disebabkan oleh pergerakan kerak bumi Indonesia adalah salah satu negara yang berpotensi rawan terjadi gempa bumi. Hal ini

disebabkan karena Indonesia terletak di jalur pertemuan antara ketiga lempeng besar bumi yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik. (lempeng bumi). Salah satu Provinsi di Indonesia yaitu Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk dalam wilayah yang rentan terjadi gempa bumi, hal ini bisa dilihat dari riwayat gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta seperti pada gempa tahun 2006 dengan kekuatan 5,9 SR. Tinjauan beban gempa rencana penting dalam perencanaan desain struktur untuk antisipasi apabila terjadi gempa. Dalam menganalisis gempa terdapat beberapa metode yang digunakan yaitu metode analisis gempa statik ekuivalen dan metode analisis gempa dinamik respon spektrum.

Pratama dkk. (2013) menyebutkan dalam penelitiannya bahwa Suatu Struktur diharuskan mampu menerima gaya gempa pada tingkatan tertentu tanpa terjadi kerusakan yang besar, apabila terjadi kerusakan (disebabkan beban gempa melebihi beban gempa rencana), struktur tersebut masih mampu memberikan perilaku nonlinier pada kondisi pasca-elastik sehingga menjamin keamanan dan keselamatan bangunan terhadap gempa.

Purnomo dkk. (2014) menyatakan bahwa analisis dinamik merupakan analisis struktur dimana pembagian gaya geser gempa diseluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Gaya geser pada tanah lunak lebih kecil dari gaya geser pada tanah sedang dan keras. Hal ini terjadi karena parameter spektral respons percepatan desain lebih kecil untuk tanah lunak dibandingkan dengan nilai parameter spektral respons percepatan desain pada tanah sedang dan keras, untuk rentang perioda struktur yang ditinjau (Afriadi, 2013). Pada penelitian mengenai analisis dan desain struktur beton bertingkat banyak berdasarkan perbandingan analisis respon spektrum dan dinamik riwayat waktu yang dilakukan berada di atas tanah sedang nilai Gaya geser (*base shear*) yang dihasilkan pada analisis statik ekuivalen (V) dan dinamik respons spektrum (V_t) belum memenuhi syarat di SNI 1726-2012 maka

perlu dikalikan dengan nilai faktor skala baru (Pratiwi dkk., 2017).

Rifa'I dkk. (2014) melakukan kajian tentang hasil kinerja struktur di gedung bertingkat berdasarkan analisis dinamik respon spektrum menggunakan *software ETABS*. Hasil yang didapatkan bahwa nilai *displacement* telah memenuhi syarat berdasarkan kinerja batas layan kinerja batas ultimit gedung dinyatakan memenuhi syarat sesuai SNI 03-1726-2012.

Rahman & Salik (2018) melakukan penelitian mengenai respon seismik struktur portal yang tidak beraturan dengan ketidakberaturan massa. Simpangan antar lantai yang terjadi mengalami perubahan yang signifikan, hal ini dipengaruhi oleh ketidakberaturan struktur dan massa.

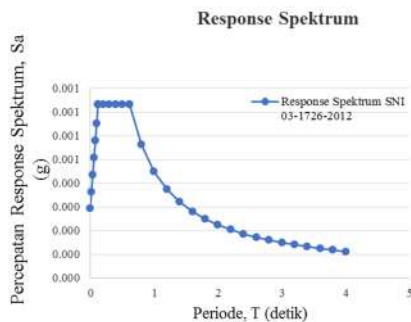
Penelitian yang dilakukan oleh Kai dkk. (2017) menyatakan bahwa penggunaan bracing dapat menguatkan perilaku bangunan sehingga mengurangi bahaya keruntuhan berdasarkan percobaan yang dilakukan. Sambungan dengan sistem konvensional dapat bekerja secara efektif ketika kapasitas dan kekakuan struktur tercapai, sambungan baru dapat meningkatkan daktilitasnya dan meningkatkan kapasitas penyerapan energi dari struktur (Maheri dkk., 2013).

Menurut Shengfang dkk. (2017) dalam penelitiannya Konfigurasi bracing yang dioptimalkan berdasarkan struktur antar lantai juga bermanfaat dalam kondisi yang ditentukan. Selain itu, tekuk pada bracing dapat menurunkan kedua kekuatan dan kekakuan, dan tekuk juga dapat memperburuk tingkat kerusakan daripada bracing tanpa tekuk. struktur dengan perkuatan rangka bracing memiliki nilai simpangan horisontal lebih kecil dibandingkan struktur gedung tanpa menggunakan sistem bracing. Penggunaan bracing dengan tipe X lebih baik dibandingkan tipe V (Anggraeni dkk., 2013).

Penelitian ini mengkaji gedung A.R Fachruddin B merupakan gedung yang telah lama berdiri, gedung tersebut dibangun sebelum adanya peraturan gempa yang terbaru, oleh karena itu gedung tersebut perlu dilakukan studi mengenai kelayakan strukturnya, salah satu upayanya dengan usulan penambahan perkuatan menggunakan *bracing*.

2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam studi penggunaan *bracing* pada sistem perkuatan gedung menggunakan program *ETABS* dengan studi kasus pada gedung AR-Fachruddin. Pertama adalah pengumpulan data seperti mutu material dan gambar asbuilt drawing yang didalamnya berisi ukuran peampang element struktur yang digunakan untuk memodelkan gedung dalam aplikasi *etabs*. Setelah pemodelan dilakukan perhitungan analisis pembebanan meliputi beban mati yang diperoleh berdasarkan PPURG 1987 untuk pembebanan gedung, beban hidup dan beban atap berdasarkan SNI 1727 2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung. Beban atap yang dimasukkan berupa beban dari analisis pemodelan atap yang dimodelkan secara terpisah. Beban gempa respon spektrum yang didapatkan dari analisis desain spektra kota yogyakarta dengan asumsi berada diatas tanah sedang dengan nilai F_a sebesar 1,0 dan nilai F_s sebesar 1,5 dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Respon spektrum gempa

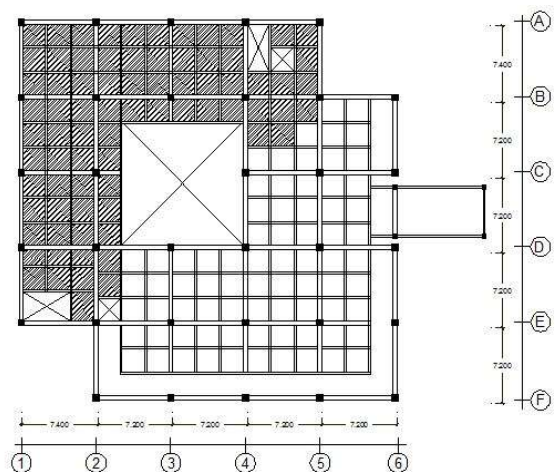
Tahapan selanjutnya setelah menghitung analisis pembebanan yaitu input hasil analisis pembebanan kedalam pemodelan *etabs* kemudian *running* pemodelan tersebut yang menghasilkan nilai keluaran dipakai untuk menganalisis struktur gedung. Hasil analisis yang didapatkan berupa nilai gaya geser dasar (base shear) yang perlu ditinjau nilai gaya geser dinamik harus lebih besar dari 85% nilai gaya geser statiknya selanjutnya baru dapat dikuluarkan nilai gaya geser antar lantai (story shear), rasio simpangan (drift ratio) dan simpangan kumulatif lantai. Kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil yaitu studi kelayakan terhadap beban gempa yang bekerja pada struktur gedung A.R Fachrudin B.

2.1 Data Teknis Bangunan

Gedung A.R Fachrudin B Universitas Muhammadiyah Yogyakarta terletak di Jl. Brawijaya Kasihan Bantul. Gedung ini berfungsi sebagai gedung perkantoran dan perkuliahan di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan jumlah lantai 5. (Kategori resiko II, $I_e : 1,5$). Mutu beton yang digunakan yaitu beton dengan mutu $f_c' 25$ Mpa dengan modulus elastisitas beton sebesar 23500 Mpa. Mutu baja tulangan yang digunakan yaitu untuk ukuran tulangan diameter dibawah 13mm menggunakan mutu baja tulangan U24 dengan tegangan leleh sebesar 240Mpa, sedangkan untuk ukuran tulangan diameter diatas 13mm menggunakan mutu baja tulangan U39 dengan tegangan leleh sebesar 390Mpa.

Dimensi elemen struktur yang digunakan pada Kolom utama rata-rata menggunakan penampang persegi dengan ukuran 600 x 600 mm dan sebagian kolom praktis dengan ukuran 400 x 400 mm, sedangkan untuk balok digunakan ukuran dengan rata-rata tinggi penampang sebesar 600 mm dan ukuran balok anak dengan tinggi penampang sebesar 400mm .

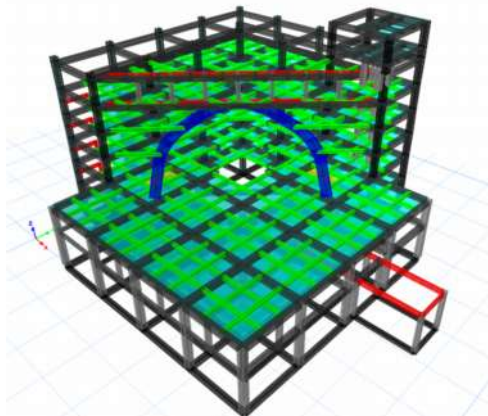
Pelat pada pemodelan tiga dimensi pelat di modelkan berdasarkan ukuran existing dengan tebal plat lantai sebesar 120 mm dan plat tangga sebesar 200 mm. Rangka atap yang digunakan terdapat 3 tipe yaitu tipe KB1 untuk bentang 14,2 m menggunakan baja tipe IWF300 x 150 x 6,5 x 9, tipe KK21 untuk bentang 9,372 m menggunakan baja tipe 2L 60 x 60 x 6 , dan tipe tajuk untuk bentang 7,2 m menggunakan pipa Ø 4 in .



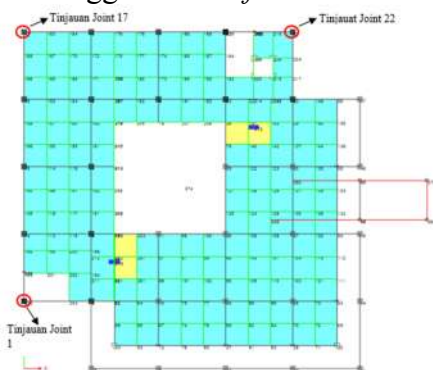
Gambar 2. Denah gedung A.R Fachrudin B.

2.1 Pemodelan *ETABS*

Pemodelan struktur menggunakan program numerik yaitu software *ETABS* dengan memasukkan data propertis material, dimensi elemen struktur berdasarkan data-data perencanaan yang didapatkan. Struktur yang dimodelkan hanya struktur atas rangka beton bertulang, atap dimodelkan terpisah sebagai beban perletakan pada balok atap. Beban dinding dalam pemodelan dimodelkan sebagai beban merata pada balok. Tumpuan yang digunakan pada struktur bangunan berjenis jepit karena struktur bangunan diharapkan mampu menahan gaya dari segala arah dan momen yang terjadi sedangkan pada atap berjenis sendi dan roll karena pada kedua tumpuan ini diharapkan mampu menahan beban yang berubah-ubah untuk disalurkan ke kolom yang ada dibawahnya. Massa yang diperhitungkan sebagai beban gempa, terdiri dari 100 % beban mati dan 30% beban hidup. Pemodelan tangga dan kuda-kuda dimodelkan secara terpisah, hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam proses pemodelan. Hasil analisis ditinjau dengan mengambil pada ketiga joint struktur yang letaknya di posisi pinggir yaitu joint 1, joint 17, dan joint 22.



Gambar 3. Pemodelan Gedung A.R Fachrudin B menggunakan software *ETABS*.



Gambar 3. lokasi titik *joint* tinjauan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Partisipasi Massa

Syarat penentuan analisis yaitu menyertakan ragam yang cukup hingga menghasilkan partisipasi massa ragam terkombinasi yang nilainya minimal mencapai 90 % dari massa aktual dalam masing-masing sumbu dari respon model yang ditinjau. Nilai ratio partisipasi massa apabila belum tercapai maka mode bangunan harus ditambah sampai partisipasi massa terlampaui. Hasil menunjukkan bahwa partisipasi massa bangunan telah mencapai atau lebih dari 90% pada modal ke 6 maka modal bangunan tidak perlu ditambah lagi karena telah memenuhi syarat rasio partisipasi massa yang diijinkan.

3.2 Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

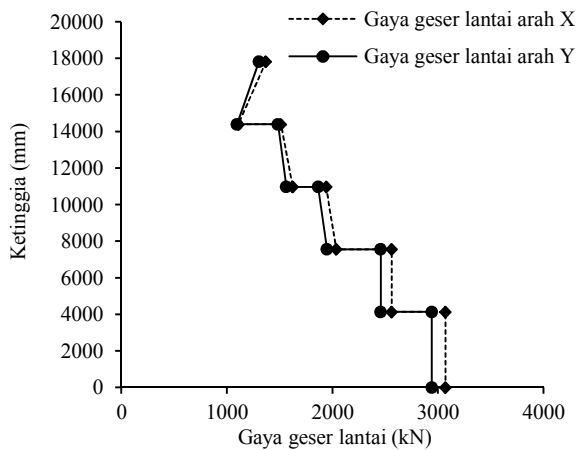
Hasil analisis *ETABS* menunjukkan bahwa nilai faktor pengali struktur mempunyai nilai kurang dari 1 yang berarti telah memenuhi syarat yaitu nilai gaya geser dinamik akibat beban gempa respon spektrum telah lebih besar dari 85% nilai gaya geser dasar rencana analisis statik ekuivalen maka tidak perlu dilakukan analisis ulang dan hasil output dari *ETABS* sudah dapat digunakan.

Tabel 4. Hasil *output base shear* kondisi awal Sebelum Bracing

$V_{dinamik}, V_d$	$85\%V_{statik}, V_s$	Pengali
(kN)	(kN)	
3071.036	2752.416	0.896
2943.212	2700.957	0.918

3.3 Gaya Geser Lantai (*Story Shear*)

Nilai gaya geser untuk masing-masing lantai pada arah X lebih besar dari arah Y dikarenakan pada arah X merupakan simultan 100% gerak tanah di arah kritis sedangkan untuk arah Y merupakan simultan 30% gerak tanah di arah tegak lurus nya horisontal. Nilai gaya geser lantai semakin kebawah nilainya seakin besar hal ini karena pada lantai dasar menumpu beban yang besar diatasnya. Hasil analisis didapatkan nilai gaya geser lantai maksimum berada di lantai 1 sebesar 3071.036 kN untuk arah X dan untuk arah Y sebesar 2942.522 kN, sedangkan gaya geser lantai minimum berada di lantai 5 sebesar 1369,527 kN arah X dan 1303,636 arah Y.



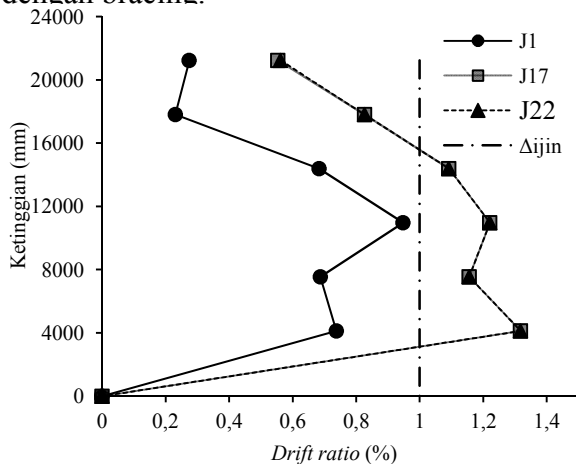
Gambar 5. Gaya geser lantai kondisi awal

Tabel 5. Hasil *output story shear* kondisi awal

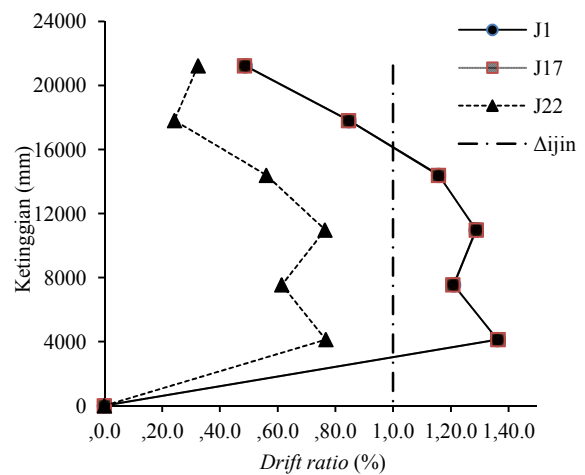
Lokasi	Gaya geser lantai		
	V _x (kN)	V _y (kN)	
Lantai 5	Atas	1369,527	1303,636
	Bawah	1110,401	1096,044
Lantai 4	Atas	1511,788	1485,081
	Bawah	1624,057	1563,798
Lantai 3	Atas	1941,537	1864,690
	Bawah	2036,144	1948,154
Lantai 2	Atas	2561,872	2458,257
	Bawah	2561,872	2458,257
Lantai 1	Atas	3071,036	2942,522
	Bawah	3071,036	2942,522

3.4 Simpangan Antar Lantai (*Drift Ratio*)

Mengacu pada nilai drift ratio yang dihasilkan yang dihasilkan dari analisis *ETABS* menunjukkan bahwa simpangan yang terjadi pada gedung tersebut tidak aman, maka perlu dilakukan perkuatan terhadap sumbu-sumbu lemah diantaranya menggunakan perkuatan dengan bracing.



Gambar 6. *Drift ratio* arah X kondisi awal.



Gambar 7. *Drift ratio* arah Y kondisi awal.

Tabel 6. Hasil *output drift ratio* arah X

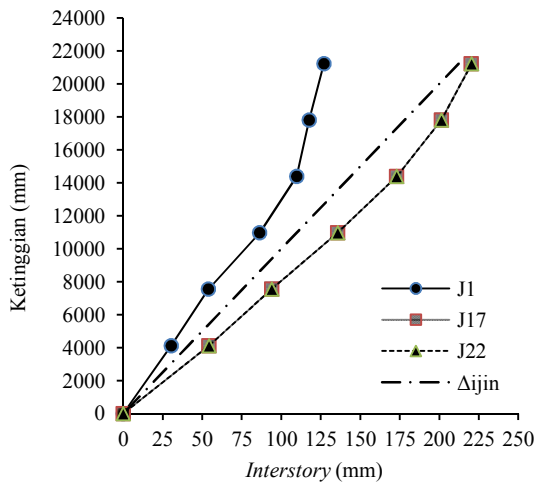
Lantai	Ketinggian mm	<i>Drift Ratio</i> (%)			Rasio Ijin(%)
		J17	J1	J22	
Atap	21230	0,55	0,27	0,56	1
Lantai 5	17810	0,83	0,23	0,83	1
Lantai 4	14390	1,09	0,68	1,09	1
Lantai 3	10970	1,22	0,95	1,22	1
Lantai 2	7550	1,16	0,69	1,16	1
Lantai 1	4130	1,32	0,74	1,32	1

Tabel 7. Hasil *output drift ratio* arah Y

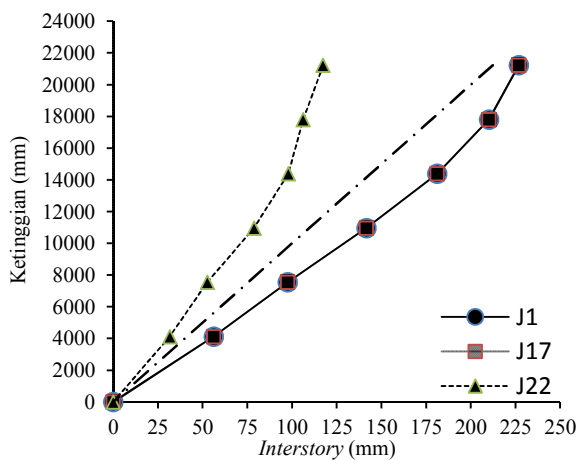
Story	Ketinggian mm	<i>Drift Ratio</i> (%)			Rasio Ijin(%)
		J17	J1	J22	
Atap	21230	0,49	0,49	0,32	1
Lantai 5	17810	0,85	0,85	0,24	1
Lantai 4	14390	1,16	1,16	0,56	1
Lantai 3	10970	1,29	1,29	0,76	1
Lantai 2	7550	1,21	1,21	0,61	1
Lantai 1	4130	1,36	1,36	0,77	1

3.5 Simpangan Kumulatif

Nilai simpangan kumulatif yang terjadi akibat beban gempa dinamik arah X pada pemodelan gedung di *joint 1* telah memenuhi syarat dari batas yang diijinkan, sedangkan pada *joint 17* dan *joint 22* nilai simpangan kumulatifnya masih besar sehingga melebihi batas yang di ijin. Nilai simpangan kumulatif di arah Y pada *joint 22* telah memenuhi syarat sedangkan pada *joint 1* dan *joint 17* nilai simpangannya masih besar karena berada pada satu bidang yang sama.



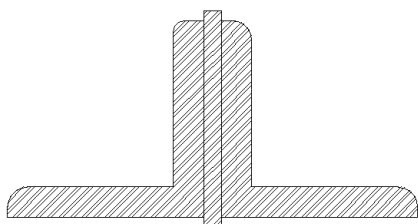
Gambar 8. Simpangan kumulatif arah X kondisi awal.



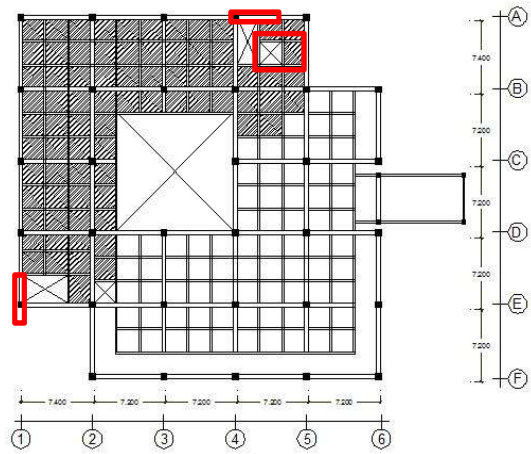
Gambar 9. Simpangan kumulatif arah Y kondisi awal.

3.6 Perkuatan *Bracing*

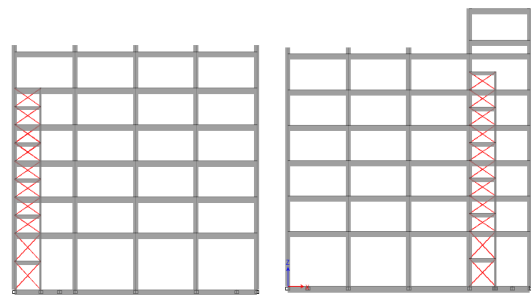
Penampang *bracing* yang digunakan dalam perkuatan ini yaitu memakai penampang profil baja 2L.90.90.14 karena dengan ukuran penampang tersebut telah aman dan efektif digunakan untuk perkuatan berdasarkan nilai rasionya dibawah dari 1. Ratio terbesar yang dihasilkan dari penggunaan *bracing* dengan ukuran penampang profil baja 2L.90.90.14 sebesar 0,74.



Gambar 10. Sketsa *bracing*



Gambar 11. Denah pemasangan *bracing*.

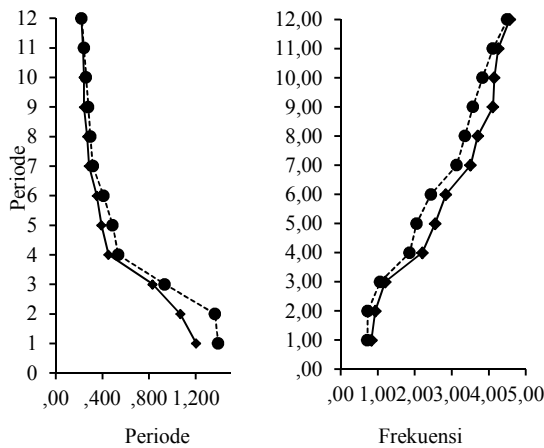


Gambar 9.11 Pemasangan *bracing* posisi tangga

3.7 Perbandingan Hasil

A. Periode dan Frekuensi

Hasil dari analisis nilai periode getar alami struktur serta frekuensi struktur antara gedung sebelum dilakukan perkuatan dengan *bracing* dan gedung setelah dilakukan perkuatan dengan *bracing* mengalami perubahan. Nilai periode getar struktur gedung setelah dilakukan perkuatan dengan *bracing* mengalami penurunan maksimum pada modal 2 sebesar 21,78%, sedangkan nilai penurunan periode getar struktur gedung terkecil di modal 12 sebesar 1,35%. Nilai frekuensi maksimum gedung dari hasil analisis *ETABS* terjadi pada modal ke 12 sebesar 4,505 dan nilai frukuensi terkecil berada pada modal 1 sebesar 0,829. Perubahan nilai frekuensi gedung akibat perkuatan dengan *bracing* mengalami kenaikan maksimum pada modal 2 sebesar 27,58%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemodelan gedung setelah dilakukan perkuatan dengan *bracing* memiliki kekakuan struktur yang lebih besar dari pada pemodelan sebelum dilakukan perkuatan denga *bracing*, hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya nilai frekuensi strukturnya.



Gambar 9.12 Perbandingan periode dan frekuensi.

Tabel 8. Perbandingan nilai periode

Modal	Periode detik		Penurunan (%)
	Sebelum	Sesudah	
1	1,393	1,206	13,42
2	1,368	1,070	21,78
3	0,936	0,832	11,11

Tabel 9. Perbandingan nilai frekuensi

Sebelum	Frekuensi Hz		Kenaikan (%)
	Sebelum	Sesudah	
0,718	0,829	15,51	
0,731	0,935	27,85	
1,068	1,202	12,50	
1,862	2,208	18,54	

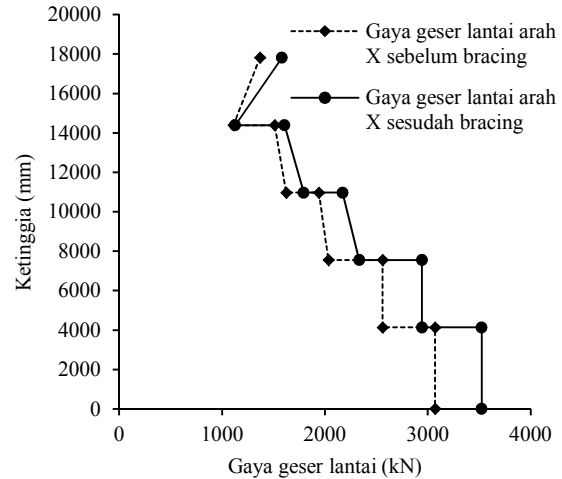
B. Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Nilai gaya geser dasar (*base shear*) mengalami peningkatan dari sebelum dilakukan perkuatan dengan bracing dan setelah dilakukan perkuatan dengan bracing. Pada gaya geser dasar akibat beban gempa dinamik respon spektrum arah X mengalami kenaikan sebesar 14,63% dan nilai gaya geser statiknya sebesar 27,87%. Pada gaya geser dasar akibat beban gempa dinamik respon spektrum arah Y mengalami kenaikan sebesar 6,11% dan gaya geser statiknya sebesar 15,61%.

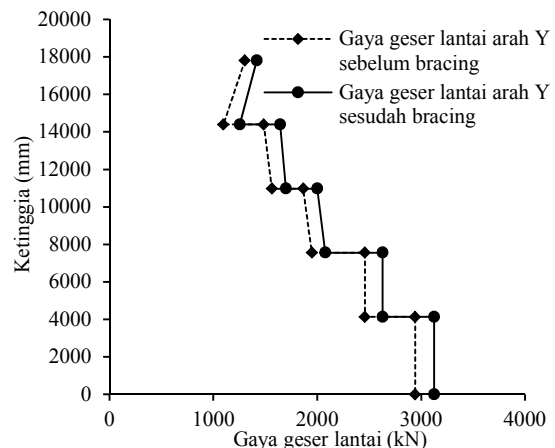
C. Gaya Geser Lantai

Perbandingan antara nilai gaya geser masing-masing lantai pada pemodelan struktur sebelum diberikan perkuatan bracing dengan sesudah diberikan perkuatan bracing mengalami kenaikan yang mengakibatkan nilai gaya geser masing-masing lantai menjadi lebih

besar, hal ini dikarenakan dampak penggunaan bracing dapat menguatkan perilaku bangunan menjadi lebih kaku. Nilai kekakuan awal menjadi lebih tinggi setelah penggunaan bracing sehingga dapat mengurangi bahaya keruntuhan pada struktur tersebut.



Gambar 9.13 Perbandingan *story shear* arah X.



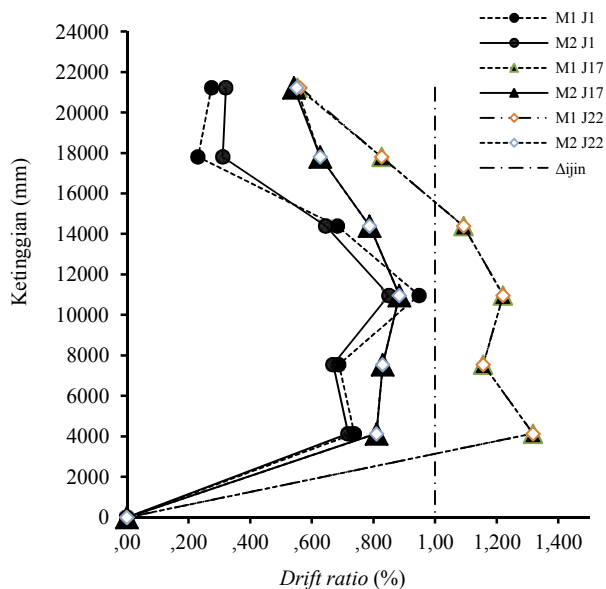
Gambar 9.14 Perbandingan *story shear* arah Y.

Tabel 8. Perbandingan nilai *story shear*

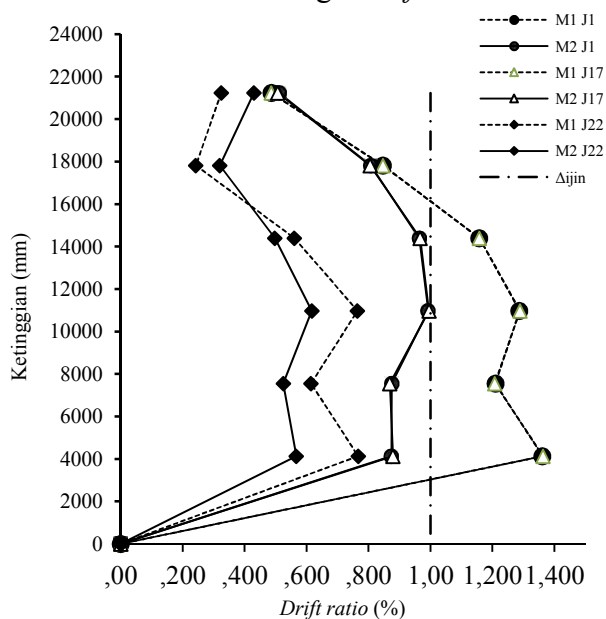
Lokasi	Sesudah bracing		Kenaikan (%)	
	V _x	V _y	V _x	V _y
	(kN)	(kN)		
Lantai 5	1582,07	1419,016	15,52	1,09
	1128,04	1255,005	1,59	1,15
Lantai 4	1608,18	1642,712	6,38	1,11
	1794,34	1699,03	10,48	1,09
Lantai 3	2171,71	2000,363	11,86	1,07
	2334,02	2078,243	14,63	1,07
Lantai 2	2943,72	2629,806	14,91	1,07
	2943,72	2629,806	14,91	1,07
Lantai 1	3523,87	3124,664	14,75	1,06
	3523,87	3124,664	14,75	1,06

D. Simpangan Antar lantai (*Drift ratio*)

Nilai drift ratio yang dihasilkan pada joint yang ditentukan akibat gempa respon spektrum arah X dan gempa respon spektrum arah Y pada pemodelan struktur yang telah diperkuat menggunakan bracing mengalami perubahan. Simpangan yang terjadi pada masing-masing lantai berubah menjadi lebih kecil dibawah nilai syarat yang diijinkan sebesar 1%. Hasil ini telah menunjukkan bahwa struktur yang ditinjau aman terhadap simpangan antar lantai yang terjadi. Perbandingan antara drift ratio pemodelan gedung sebelum dilakukan dengan penguatan bracing dan setelah dilakukan dengan penguatan bracing tersaji pada gambar berikut.



Gambar 9.15 Perbandingan *drift ratio* arah X.



Gambar 9.16 Perbandingan *drift ratio* arah Y.

Tabel 9. Perbandingan *drift ratio* arah X

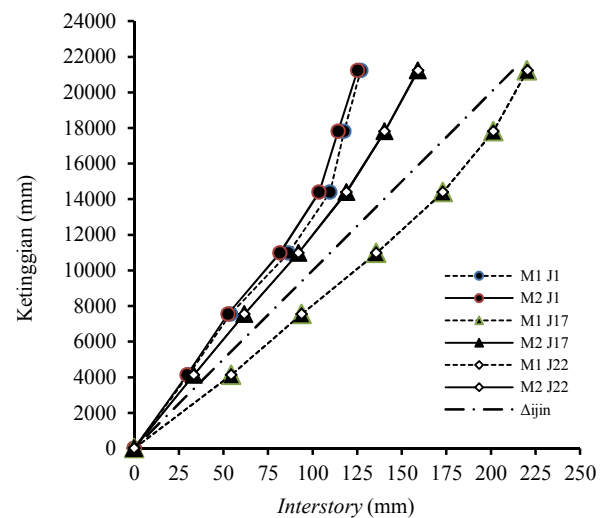
Lokasi	<i>Drift Ratio</i>			Presentase Penurunan		
	Sesudah Bracing			($\%$)		
	J1	J17	J22	J1	J17	J22
Atap	0,32	0,54	0,55	16,95	2,21	1,97
Lantai 5	0,31	0,63	0,63	34,71	24,05	24,05
Lantai 4	0,65	0,79	0,79	5,56	27,89	27,89
Lantai 3	0,85	0,88	0,88	10,31	27,58	27,58
Lantai 2	0,67	0,83	0,83	2,70	28,22	28,22
Lantai 1	0,72	0,81	0,81	2,70	38,58	38,58
Lantai dasar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 10. Perbandingan *drift ratio* arah Y

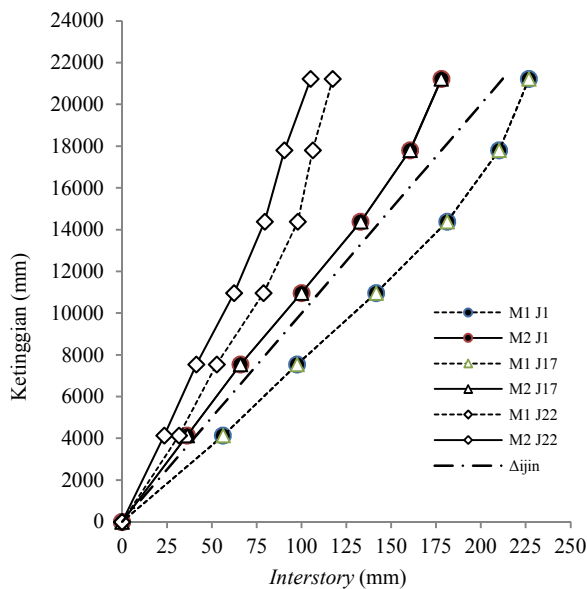
Lokasi	<i>Drift Ratio</i>			Presentase Penurunan		
	Sesudah bracing			($\%$)		
	J1	J17	J22	J1	J17	J22
Atap	0,51	0,51	0,43	5,08	4,37	32,55
Lantai 5	0,81	0,81	0,32	4,66	4,90	31,98
Lantai 4	0,96	0,97	0,50	16,75	16,51	11,23
Lantai 3	0,99	1,00	0,62	22,87	22,81	19,30
Lantai 2	0,88	0,87	0,53	27,66	28,10	14,54
Lantai 1	0,87	0,88	0,57	35,84	35,55	26,06
Lantai dasar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

E. Simpangan Kumulatif

Hasil setelah pemodelan gedung dilakukan dengan menggunakan bracing, nilai simpangan kumulatif akibat beban dinamik respon spektrum arah X dan arah Y pada masing-masing telah memenuhi dari syarat yang diijinkan yaitu nilai simpangannya lebih kecil dari batas nilai simpangan kumulatif yang diijinkan.



Gambar 9.17 Perbandingan simpangan kumulatif arah X.



Gambar 9.18 Perbandingan simpangan kumulatif arah Y.

Tabel 11. Perbandingan simpangan kumulatif arah X

Lokasi	Simpangan kumulatif			Presentase Penurunan		
	Sesudah bracing			(%)		
	J1	J17	J22	J1	J17	J22
Atap	125,28	158,97	159,29	1,39	27,83	27,78
Lantai 5	114,30	140,45	140,45	2,85	30,24	30,24
Lantai 4	103,68	118,98	118,98	5,55	31,25	31,25
Lantai 3	81,61	92,05	92,05	5,55	32,18	32,18
Lantai 2	52,53	61,81	61,81	2,70	34,22	34,22
Lantai 1	29,65	33,43	33,43	2,70	38,58	38,58
Lantai dasar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 11. Perbandingan simpangan kumulatif arah Y

Lokasi	Sesudah bracing			Presentase Penurunan		
	(%)			(%)		
	J1	J17	J22	J1	J17	J22
Atap	125,28	158,97	159,29	1,39	27,83	27,78
Lantai 5	114,30	140,45	140,45	2,85	30,24	30,24
Lantai 4	103,68	118,98	118,98	5,55	31,25	31,25
Lantai 3	81,61	92,05	92,05	5,55	32,18	32,18
Lantai 2	52,53	61,81	61,81	2,70	34,22	34,22
Lantai 1	29,65	33,43	33,43	2,70	38,58	38,58
Dasar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

4. Kesimpulan

A. Nilai partisipasi massa untuk gedung sebelum perkuatan dengan bracing akibat beban gempa dinamik respon spektrum

telah mencapai nilai lebih dari 90% pada mode ke 6 sebesar 96%, sedangkan untuk gedung setelah perkuatan dengan bracing telah mencapai nilai lebih dari 90% pada mode ke 6 sebesar 94%. Gaya geser dasar (base shear) maksimum akibat beban gempa dinamik respon spektrum sebesar 3071.036 kN untuk gedung sebelum perkuatan bracing, sedangkan setelah perkuatan dengan bracing nilai gaya geser dasar maksimum sebesar 3520.394 terjadi kenaikan antara sebelum dilakukan perkuatan dengan bracing dengan setelah dilakukan perkuatan menggunakan bracing sebesar 14,63% untuk arah X dan 6,11% untuk arah Y. Gaya geser lantai (story shear) mengalami kenaikan antara gedung sebelum dilakukan perkuatan dengan bracing dengan gedung setelah dilakukan perkuatan dengan bracing. Rata-rata kenaikan yang terjadi pada setiap masing-masing lantai sebesar 1%. *Drift ratio* yang dihasilkan akibat beban gempa respon spektrum mengalami perubahan dari gedung sebelum dilakukan perkuatan dengan bracing dan setelahnya. *Drift ratio* maksimal terjadi pada lantai 3 gedung sebesar 0,88 pada arah X dan 1 pada arah Y, hasil tersebut telah memenuhi syarat dari nilai minimal *drift ratio* yang tidak boleh lebih dari 1. Simpangan kumulatif gedung maksimum terjadi pada joint 17 sebesar 158,97 mm pada arah X dan 177,96 mm pada arah Y.

- B. Nilai frekuensi struktur mengalami kenaikan dari sebelum dilakukan perkuatan bracing dengan setelah dilakukan perkuatan bracing. Hal ini menjadikan struktur gedung menjadi lebih kaku sehingga simpangan yang terjadi mengecil.
- C. Bracing yang digunakan dalam pemodelan ini memakai bracing dengan ukuran penampang 2L.90.90.14 dengan nilai rasio maksimum sebesar 0,74 telah memenuhi

syarat keamanan bracing yang tidak boleh lebih besar dari 1.

5. Daftar Pustaka

- Anggraeni, D. W., Widayanto, E., & Nurtanto, D., 2016., Pemakaian Bracing Pada Bangunan Tahan Gempa dengan Analisis Pushover (The Usage of Bracing on Earthquake Resistant Buildings with Pushover Analysis). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 1(01), 84-95.
- Afriadi, Y., 2013. Implikasi Penggunaan Peta Gempa 2010 pada Perencanaan Gedung di Kota Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 104-116.
- BSN, 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Kai Qian., Yang Yu., Yue-Ming Wang., dan Bing Li., 2017. The Effects Of Bracing on The Behavior of RC Multi-Story Frames to Resist Progressive Collapse. In Structure Congress 2017,(pp. 180-186).
- Maheri, M.R., Yazdani S., 2016. Seismic Performance of Different Types of Connections Between Steel Bracing and RC Frames. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 40(4), 287-296.
- Pratama, F., Budi, A.S., dan Wibowo., 2014. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Dengan Analisis *Time History* pada Tinjauan *Drift* dan *Displacement* Menggunakan *Software Etabs. Matriks Teknik Sipil*, 2(3), 377-384.
- Pratiwi, G.A., dan Widodo., 2017. Analisis dan Desain Struktur Beton Bertingkat Banyak Berdasarkan Perbandingan Analisis Respon Spektrum dan Dinamik Riwayat Waktu. *Jurnal Teknisia*, (1), 281-293.
- Purnomo, E., Purwanto., dan Supriyadi, A., 2014. Analisis Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan *Software Etabs. Matriks Teknik Sipil* (Studi Kasus: Bangunan Hotel Di Semarang), 2(4), 569-576
- Rahman, S.A.A.A dan Salik, A.U., 2018. Seismic Response of Vertically Irregular RC Frame with Mass Irregularity. *International Journal of Recent Scientific Research*, 9, 24317-24321.
- Rifai, M.L., Budi, A.S., dan Wibowo., 2014. Evaluasi Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan *Software Etabs. Matriks Teknik Sipil*, 2, 32-39.
- Shah, M.F., Kegeyes-B, O.K., Ray, R.P., Ahmed, A., Al-ghamadi, A., 2018. Vulnerability Assessment of Residential Buildings in Jeddah : a Methodological Proposal. *International Journal of Geomate*, 14(44), 134-141.
- Shengfang Q, Xiaolei H, dan Kemin Z. Bracing configuration and seismic performance of reinforced concrete frame with brace. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 26(14),121-127.