

PERBEDAAN PENGARUH PEMAKAIAN *BRACING* BAJA MODEL X DAN *INVERTED-V* PADA BANGUNAN BERTINGKAT DENGAN ANALISIS STATIK *NON-LINIER PUSH-OVER*, DITINJAU DARI KINERJA BATAS LAYAN

Ghewa Gabriel^{1*}

¹⁾ Teknik Sipil UNIKA Soegijapranata
Semarang, Jawa Tengah
*ghewa@unika.ac.id

Abstrak

Menurut data dari katalog gempa bumi signifikan dan merusak yang dikeluarkan oleh BMKG, pada tahun 2018 terdapat 23 gempa bumi yang signifikan dan merusak. Gaya gempa merupakan salah satu penyebab kerusakan pada struktur bangunan. Untuk mengurangi kerusakan struktur pada bangunan, diperlukan struktur bangunan yang dapat menahan gaya gempa. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perbedaan pengaruh penggunaan *bracing* baja model X dan *inverted-V* pada gedung bertingkat dengan analisis static non-linier push over. Pengaruh yang dimaksud dalam penelitian ini adalah base shear force dan displacement. Hasil yang diperoleh adalah, penggunaan *bracing* model X mampu mengurangi displacement gedung sampai dengan 83% dan memenuhi kinerja batas layan struktur. *Bracing* model *inverted-V* mengurangi displacement gedung sampai dengan 68%, tetapi belum mampu memenuhi kinerja batas layan struktur.

Kata kunci: *bracing*, struktur, retrofitting, baja, gempa.

PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang termasuk lintasan *The Pacific Ring of Fire*, yang berarti Indonesia memiliki deretan gunung berapi, sehingga di Indonesia sering terjadi gempa, baik gempa tektonik maupun vulkanik. Menurut data dari katalog gempa bumi signifikan dan merusak yang dikeluarkan oleh BMKG, pada tahun 2018 terdapat 23 gempa bumi yang signifikan dan merusak. Gaya gempa merupakan salah satu penyebab kerusakan pada struktur bangunan. Untuk mengurangi kerusakan struktur pada bangunan, diperlukan struktur bangunan yang dapat menahan gaya gempa. *Bracing* baja merupakan komponen struktur yang umum digunakan pada bangunan tingkat tinggi. Penggunaan *bracing* pada bangunan tingkat tinggi diharapkan dapat meningkatkan kinerja batas layan struktur akibat gempa.

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

1. Menentukan model gedung dan data perencanaan serta kategori gedung berdasarkan SNI 1726-2019
2. Menentukan profil baja untuk rangka *bracing* pada Sistem Rangka Pemikul Momen
3. Melakukan analisa pembebanan gempa
4. Melakukan analisa *push over* dengan menggunakan *software* SAP2000 dengan tahapan sebagai berikut:
 - a. Membuat model gedung dan mendefinisikan semua elemen struktur dengan ukuran kolom WF 600x300x14x23, ukuran balok WF 400x400x11x18, dan ukuran *bracing* WF 400x400x18x18
 - b. Gedung memiliki 10 lantai. Arah X memiliki 4 bentang dengan panjang per bentang 4 m, arah Y memiliki 5 bentang dengan jarak per bentang 5 m, dan tinggi per lantai 4 m.
 - c. Pelat lantai pada gedung ini terbuat dari beton bertulang dengan tebal 12 cm, pelat atap pada gedung ini terbuat dari beton bertulang dengan tebal 10 cm.
 - d. Membuat batasan kondisi dimana gedung merupakan Sistem Rangka Baja Pemikul Momen Menengah dengan nilai R = 4.5 (SNI 1726:2019 tabel 12)
 - e. Membuat definisi pembebanan *push over* yang akan melakukan peningkatan intensitas pembebanan sampai struktur mengalami keruntuhan

5. Hasil yang diperoleh berupa kurva pushover yang menunjukkan nilai gaya geser dasar dan *displacement* yang terjadi berdasarkan 3 model. Gedung tanpa *bracing*, gedung dengan *bracing-X*, dan gedung dengan *bracing inverted-V*.
6. Kontrol kinerja layan struktur dengan membandingkan antara batasan *displacement* yang dihitung berdasarkan SNI 1726:2002 dan *displacement* yang terjadi antar lantai pada struktur dengan rumus:

$$\Delta = \frac{0.03}{R} * h \quad (1)$$

Dengan :

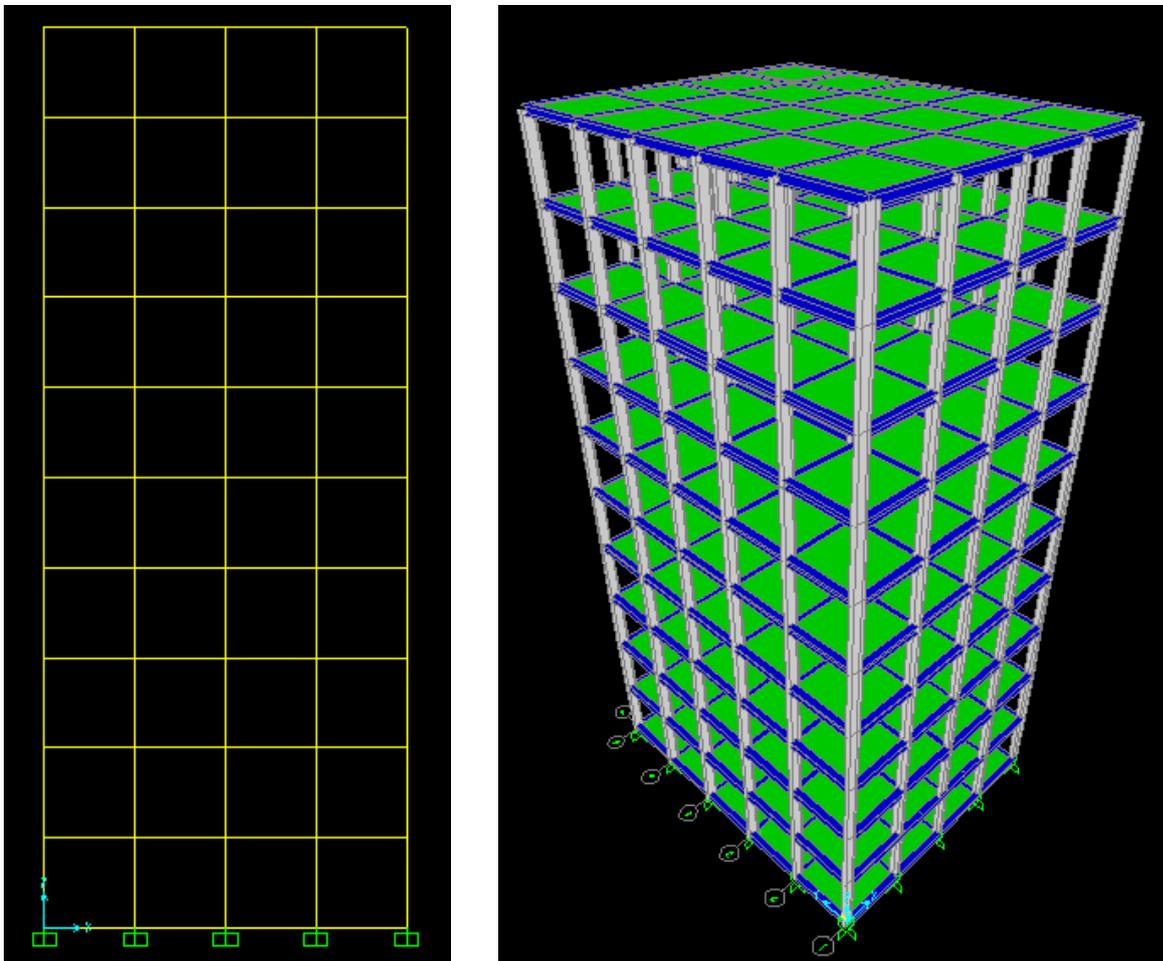
R = Faktor Modifikasi Respon Gempa

h = Tinggi lantai

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gedung Tanpa *Bracing*

Model gedung pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



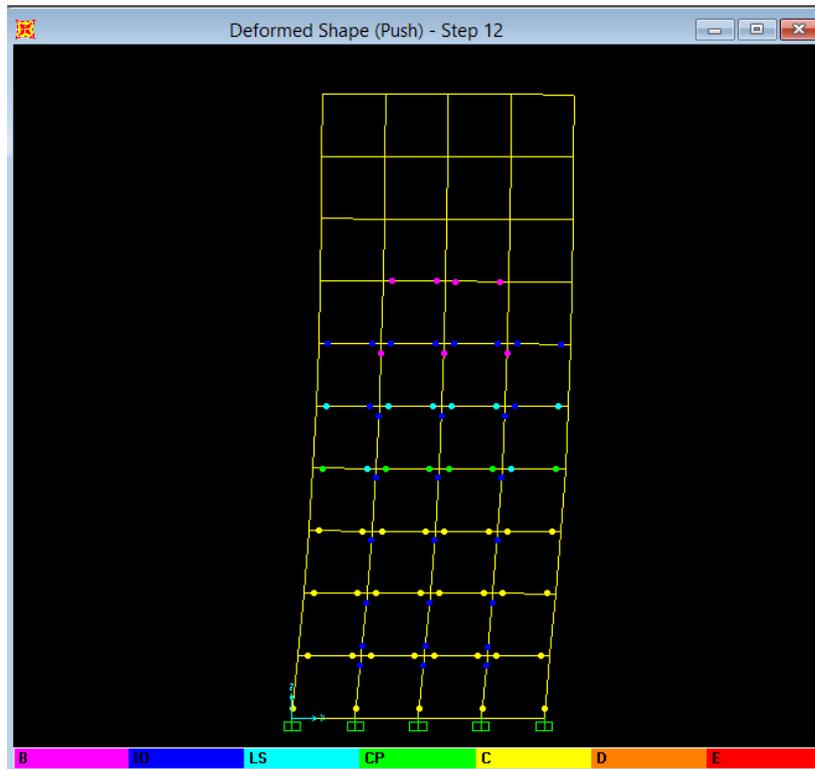
(a)

(b)

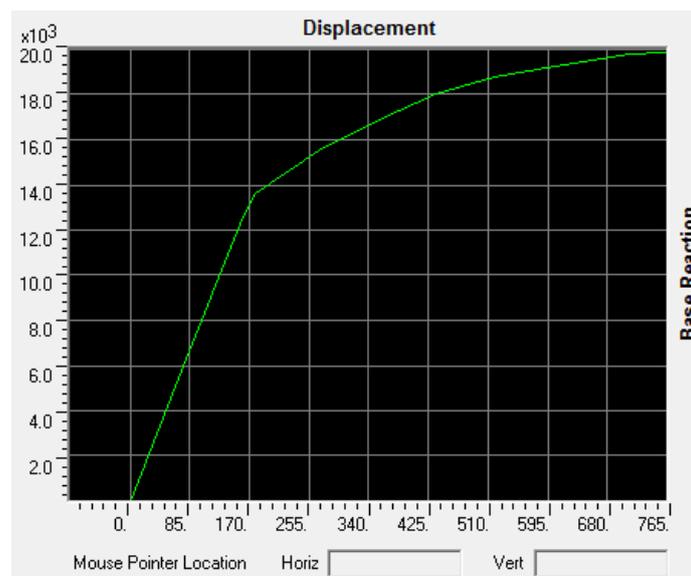
Gambar 1. Model gedung 2 dimensi arah XZ (a) dan model 3D (b)

Model gedung merupakan gedung beraturan yang elemen strukturnya terdiri dari baja. Beban statik *non-linear pushover* diaplikasikan pada gedung ini dengan kontrol pada *displacement*. Menurut SNI 1726:2002, analisis beban dorong statik (static push over analysis) adalah suatu cara analisis statik 2 dimensi atau 3 dimensi linier dan non-linier, di mana pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai,

yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk elasto-plastis yang besar sampai mencapai kondisi di ambang keruntuhan. Arah beban *pushover* ini searah dengan sumbu X. Setelah dianalisa, didapatkan hasil seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Deformasi pada struktur akibat beban non-linier *pushover* dan sendi plastis yang terjadi.



Gambar 3. Kurva hubungan *displacement* (mm) dan *base reaction* (KN) pada struktur tanpa *bracing*

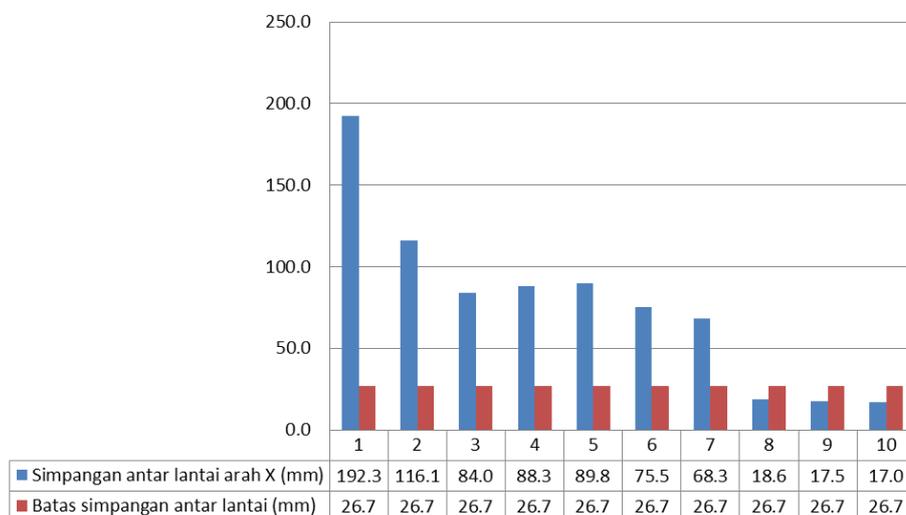
Pada gambar 2, dapat dilihat bahwa pada lantai dasar terdapat sendi plastis dengan indikator berwarna kuning yang menyatakan kondisi elemen struktur tersebut telah mencapai indikasi yang

tidak aman karena berada di atas indikator berwarna hijau (*collapse prevention*). Selain sendi plastis, analisa beban statik non-linier *pushover* juga berpengaruh terhadap *displacement* dan *base force* yang terjadi pada struktur, sehingga muncul sebuah kurva hubungan antara *displacement* dan *base force* dari struktur di gambar 2. Adapun kurva *pushover* yang merupakan hubungan antara *displacement* (mm) dan *base force* (KN) yang dapat dilihat pada gambar 3, dan interpretasi dari gambar 3 mengenai nilai dan *displacement* dan *base force* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai *displacement* dan *base reaction* pada struktur tanpa *bracing*

Step	Displacement (mm)	Base Force (KN)
0	0	0
1	80	6273.685
2	156.285	12256.023
3	179.421	13642.701
4	267.727	15507.145
5	354.443	16903.195
6	436.383	18027.521
7	518.14	18774.269
8	605.374	19285.147
9	685.384	19694.226
10	709.094	19780.763
11	761.925	19847.69
12	767.474	19852.287

Dari gambar 3, dapat dilihat bahwa kurva berperilaku linier sampai pada step 2, setelah itu tidak lagi linier dan pada akhirnya mencapai *displacement* maksimum pada step 12, yaitu 767.474 mm. Kemudian dilakukan kontrol terhadap simpangan antar lantai yang terjadi, dengan membandingkan simpangan yang terjadi pada struktur dengan simpangan izin yang dihitung berdasarkan kinerja batas layan. Hasil perbandingan dapat dilihat pada gambar 4.

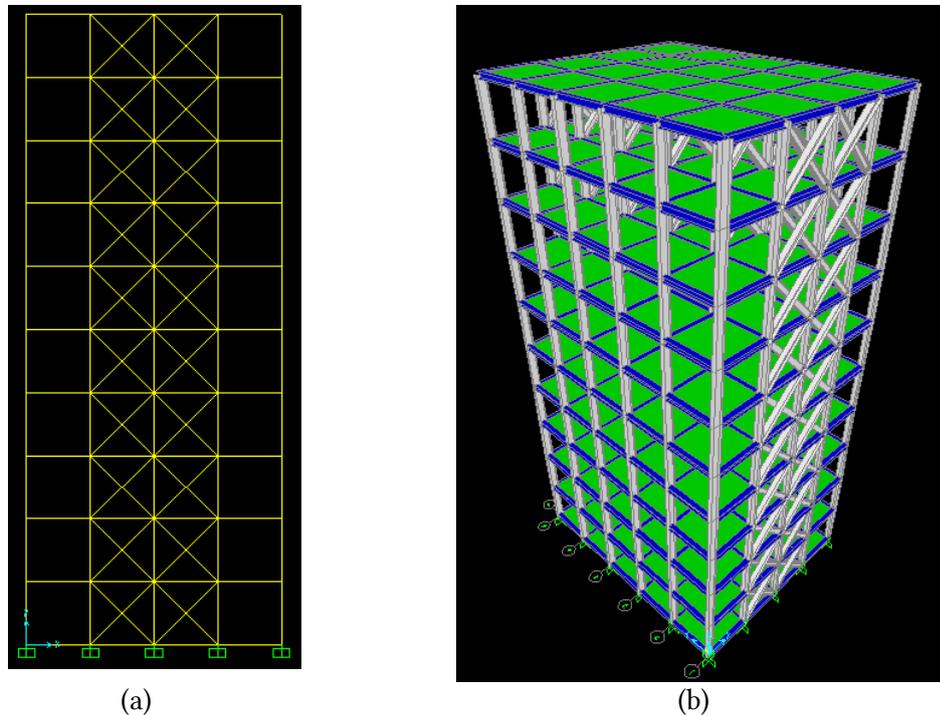


Gambar 4. Kinerja batas layan pada struktur tanpa *bracing*

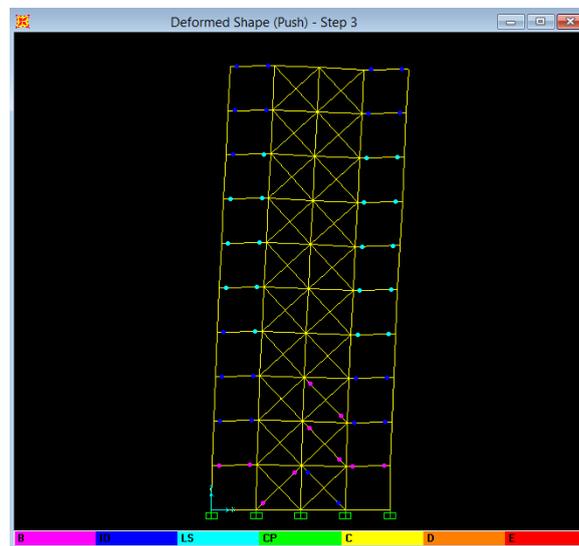
Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa simpangan pada lantai 1 sampai dengan lantai 7 melebihi batas simpangan yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan struktur tidak memenuhi kinerja layan dan perlu diperkuat agar simpangan yang terjadi menjadi sesuai dengan yang ditetapkan.

Gedung Dengan *Bracing*

Untuk meningkatkan kekakuan struktur, dilakukan pemasangan *bracing* pada struktur. Pemasangan dilakukan dengan 2 model. Model berbentuk X dan berbentuk *inverted-V*. Berikut model *bracing* bentuk X pada struktur yang dapat dilihat pada gambar 5 dan hasil analisa pada gambar 6



Gambar 5. Pemasangan *bracing* model X pada struktur dilihat dari model 2D/arah XZ (a) dan model 3D (b)

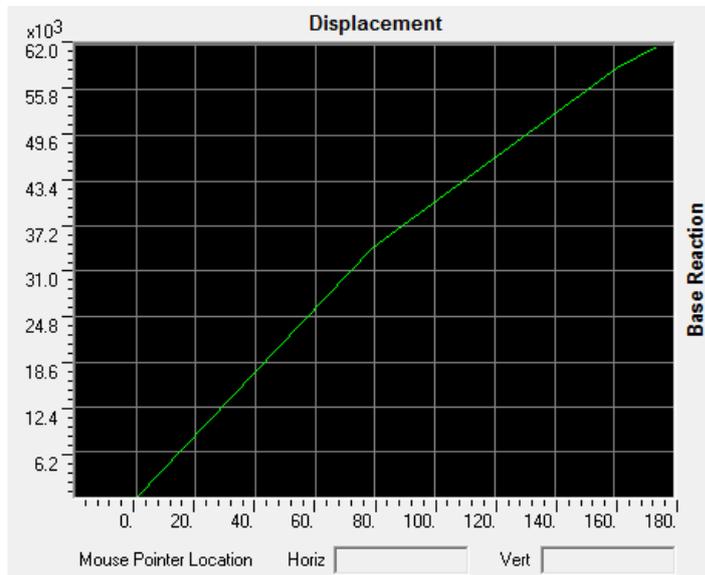


Gambar 6. Deformasi struktur dengan menggunakan *bracing* X dan sendi plastis yang terjadi pada struktur

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa setelah diperkuat, sendi plastis pada struktur ada yang berpindah ke *bracing*, dan indikator level kinerja struktur berada pada indikasi IO (*Immediate Occupancy*), yang berarti lebih baik daripada struktur tanpa *bracing* yang melampaui CP (*Collapse Prevention*). Kurva hubungan *displacement* dan *base force* pada struktur yang memakai *bracing* model X

ini dapat dilihat pada gambar 7, dan interpretasi hubungan *displacement* (mm) dan *base force* (KN) dapat dilihat pada tabel 2.

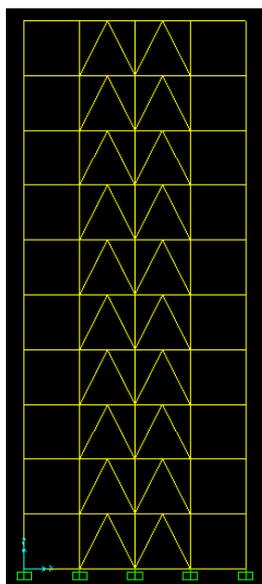
Pada tabel 2 juga dapat dilihat bahwa nilai step berkurang jika dibandingkan dengan struktur tanpa *bracing*, dan nilai *displacement* jauh mengalami pengurangan. Kurva yang dihasilkan antara hubungan *displacement* dan *base force* tidak memiliki kelandaian seperti pada struktur tanpa *bracing*. Berikutnya dimodelkan *bracing inverted-V* pada struktur seperti pada gambar 8. Hasil analisa pada gambar 9.



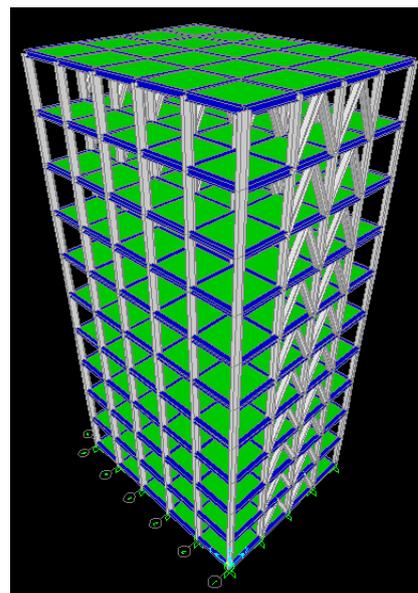
Gambar 7. Kurva hubungan *displacement* dan *base reaction* pada struktur dengan *bracing* model X

Tabel 2. Nilai *displacement* dan *base reaction* pada struktur dengan *bracing* X

Step	Displacement (mm)	BaseForce (kN)
0	-0.0388	0
1	79.261503	34276.63188
2	160.911996	58745.5685
3	174.219057	61884.31839



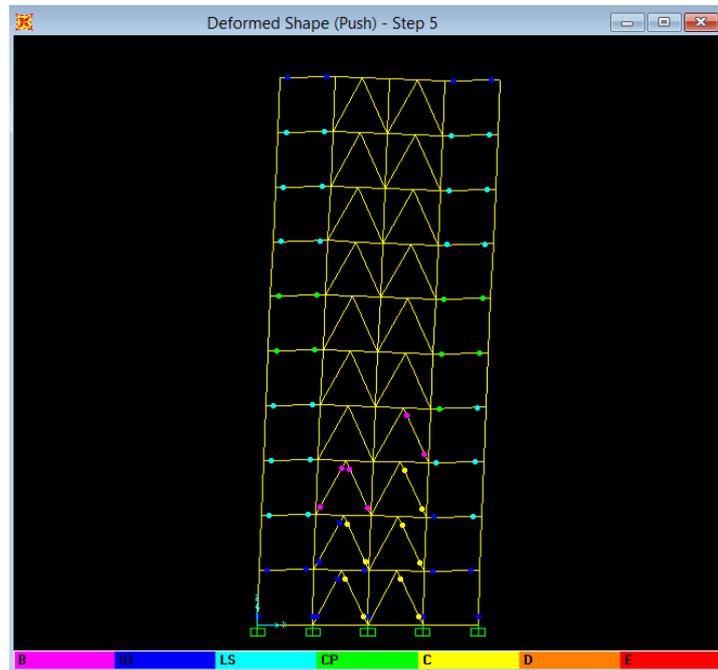
(a)



(b)

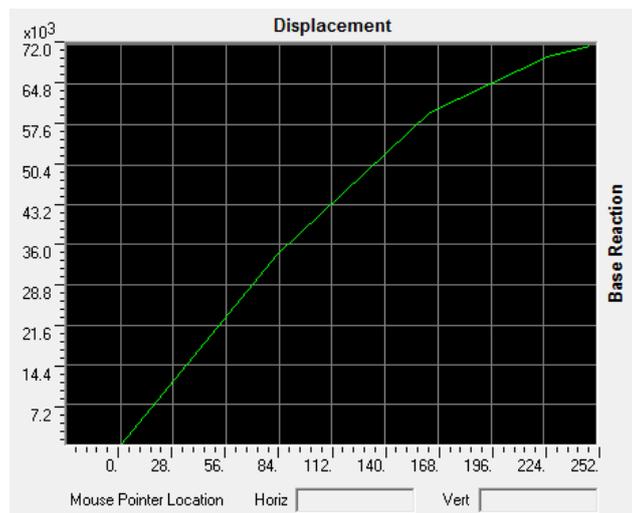
Gambar 8. Model *bracing inverted-V* dilihat dari arah XZ (a) dan 3D (b)

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa *bracing inverted-V* dipasang sesuai dengan lokasi pemasangan *bracing X* agar dapat dibandingkan dengan ideal. Pembebanan *non-linier static pushover* diberikan ke arah sumbu X dengan metode *displacement control*.



Gambar 9. Deformasi struktur dengan *bracing inverted-V* dan sendi plastis yang terjadi pada struktur

Pada gambar 9 dapat terlihat bahwa kinerja struktur secara umum masuk ke indikasi CP, dan ada beberapa bracing yang mengalami *collapse*. Berikut kurva hubungan *displacement* (mm) dan *base force* (KN) pada struktur dengan *bracing inverted-V* pada gambar 10 dan interpretasi kurva pada tabel 3.



Gambar 10. Kurva hubungan *displacement* dan *base force* pada struktur dengan *bracing inverted-V*

Tabel 3. Nilai *displacement* dan *base reaction* pada struktur dengan *bracing inverted-V*

Step	Displacement	BaseForce
	mm	KN
0	-0.003931	0
1	79.996069	32952.05
2	82.720195	34074.119
3	163.893886	59764.946
4	225.653262	69849.515
5	248.558917	71774.017

Meskipun sama-sama memperkuat kekakuan gedung, tetapi *displacement* yang dihasilkan oleh *bracing inverted-V* lebih besar daripada *bracing X*. Kontrol simpangan antar lantai dari gedung dengan *bracing X* dan *inverted-V* dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4. Nilai simpangan antar lantai

Lantai	Simpangan antar lantai		
	Izin	Bracing X	Bracing inv-V
	mm	mm	mm
1	26.7	17.1	29.87
2	26.7	15.1	21.59
3	26.7	24.2	21.88
4	26.7	22.9	35.11
5	26.7	22.1	49.75
6	26.7	22.9	34.3
7	26.7	15.4	18.8
8	26.7	16.5	13.4
9	26.7	8.7	14.2
10	26.7	9.32	9.65

Pada tabel 4, dapat dilihat kontrol simpangan pada gedung dengan *bracing X* memenuhi persyaratan, sedangkan pada *bracing inverted-V* masih belum memenuhi kinerja batas layan, meskipun jika dibandingkan dengan gedung tanpa *bracing*, sudah menunjukkan hasil yang lebih baik.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Penggunaan *bracing X* mampu memperkuat struktur hingga memenuhi kinerja batas layan untuk setiap lantainya, dengan nilai *displacement* 83% lebih kecil dari gedung tanpa *bracing*.
2. Penggunaan *bracing inverted-V* mampu memperkuat struktur dengan nilai *displacement* 68% lebih kecil dari gedung tanpa *bracing*, tetapi belum mampu untuk memenuhi kinerja batas layan.

Dimensi dari *bracing* berpengaruh terhadap kinerja *bracing*. Karena itu, saran untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan dimensi baja yang lebih besar untuk *bracing* untuk model *inverted-V* sehingga memiliki performa yang sama dengan *bracing X*.

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2002, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002*, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Permukiman, Bandung.

- Nurtanto, D., 2016, Pemakaian Bracing Pada Bangunan Tahan Gempa dengan Analisis Pushover, *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, No.1, Vol.1, p.84-95
- Pusat Gempa bumi Dan Tsunami, 2019, *Katalog Gempa Bumi Signifikan dan Merusak 1821-2018*, Pusat Gempa bumi dan Tsunami Kadeputian Bidang Geofisika BMKG, DKI Jakarta.
- SNI 1726:2019, 2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Wallah, S.E., dkk, Perhitungan Inter Story Drift Pada Bangunan Tanpa Set-Back Akibat Gempa, *Jurnal Sipil Statik*, No.6, Vol.1, p.408-414.