

**ANALISIS STATIK NON-LINER *PUSHOVER* PADA OPTIMALISASI
DESAIN GEDUNG PENDIDIKAN BERSAMA FKUB DENGAN
VARIASI KONFIGURASI BRESING BAJA**

**NASKAH TERPUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**I MADE SURYA WISNU PANGESTU
NIM. 135060101111006**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2017**

ANALISIS STATIK NON-LINIER *PUSHOVER* PADA OPTIMALISASI DESAIN GEDUNG PENDIDIKAN BERSAMA FKUB DENGAN VARIASI KONFIGURASI BRESING BAJA

I Made Surya Wisnu Pangestu, Ari Wibowo, Ming Narto .W

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia

Email: suryawisnupangestu03@gmail.com

ABSTRAK

Bresing baja merupakan salah satu komponen struktur penahan beban gempa yang sering digunakan pada struktur bangunan tinggi. Dengan penggunaan bresing baja dalam struktur bangunan tinggi diharapkan dapat mengurangi dampak kerusakan akibat beban gempa. Dalam penelitian ini Gedung pendidikan Bersama FKUB sebagai objek kajian dimodelkan dengan program SAP 2000v18 menjadi tujuh model yaitu Struktur Asli dengan Dilatasi (OD), Struktur Asli Tanpa Dilatasi (OND), Struktur Alternatif Tanpa Bresing (Tipe A), Struktur Alternatif dengan Single Brace (Tipe B), Struktur Alternatif dengan X-Brace (Tipe C), Struktur Alternatif dengan V-Brace (Tipe D), dan Struktur Alternatif dengan A-Brace (Tipe E). Pada masing-masing struktur dilakukan analisis statik non-linier *pushover* yang mengacu pada ATC-40 untuk mengetahui pengaruh penggunaan variasi konfigurasi bresing baja terhadap simpangan lateral, tingkat pelayanan, waktu getar alami, serta simpangan antar lantai struktur.

Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan X-Brace pada struktur alternatif dapat meningkatkan kemampuan struktur untuk menerima gaya geser dasar. Tingkat pelayanan struktur untuk semua jenis struktur adalah *immediate occupancy*, sehingga penggunaan bresing baja tidak berpengaruh besar terhadap perubahan tingkat pelayanan struktur. Struktur OD memiliki periode getar paling besar dibandingkan struktur jenis lain. Serta penggunaan X-Brace pada struktur alternatif dapat menghasilkan simpangan antar lantai paling kecil.

Kata kunci: bresing baja, analisis *pushover*, *performance point*, tingkat kinerja

ABSTRACT

Steel bracing is one of the components of the structure of the earthquake burden bearer that is often used on high structures. With the use of steel bracing on high building structure is expected to reduce the impact of the ravages of earthquake load. In the study of FKUB college building as an object of study, this building modeled in SAP 2000v18 program into the seven model, namely Original Structure with Dilation (OD), The Original Structure Without Dilatation (OND), an Alternative Structure Without Bracing (Type A), an Alternative Structure with Single Brace (Type B), an Alternative Structure with an X-Brace (Type C), an Alternative Structure with V-Brace (Type D), and Alternative Structures with A-Brace (Type E). Nonlinear static pushover analysis that refers to the ATC-40 is perform to each structure to know the influence of the use of steel bracing configuration variation against lateral deformation, level of service, time of the vibrating natural, as well as the junction between the floor structure.

The results of the analysis showed that the use of the X-Brace on alternative structures can enhance the ability of the structure to receive the base shear force. Level of service structure for all types of structures is immediate occupancy, so the use of steel bracing has no effect on the changes in the level of service structure. The structure OD has the most vibrating period compared to other types of structures. As well as the use of the X-Brace on alternative structures may produce the most small junction between floors of the structure.

Keywords: steel brace, pushover analysis, performance point, performance level

PENDAHULUAN

Fenomena gempa bumi merupakan salah satu penyebab kerusakan pada struktur bangunan. Untuk mengurangi dampak kerusakan bangunan akibat gempa bumi, maka diperlukan struktur penahan gempa untuk memperkuat bangunan tersebut. Bresing baja merupakan salah satu komponen struktur penahan beban gempa yang sering digunakan pada struktur bangunan tinggi. Dengan penggunaan bresing baja dalam struktur bangunan tinggi diharapkan dapat mengurangi dampak kerusakan akibat beban gempa.

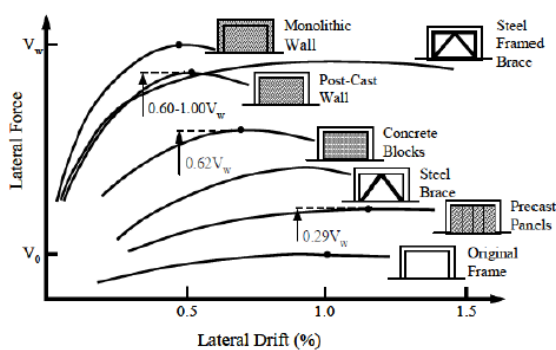
TUJUAN

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi penggunaan komponen penahan beban gempa, yaitu bresing baja pada model gedung. Pengaruh yang dimaksud antara lain, simpangan lateral, tingkat pelayanan, waktu getar alami, serta simpangan antar lantai struktur.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkuatan Struktur

Terdapat berbagai macam metode perkuatan yang umum digunakan pada struktur beton bertulang, antara lain penambahan dinding geser (*shear wall*), bresing (*bracing*), *column jacketing*, serta *beam jacketing*. Metode ini merupakan metode yang sering digunakan untuk perkuatan struktur beton bertulang. Keefektifan dari beberapa metode perkuatan disajikan dalam gambar 1.



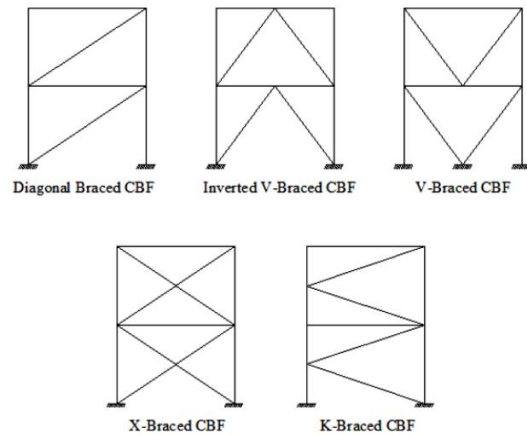
Gambar 1. Perbandingan keefektifan perkuatan struktur

Sumber: Sugano (1989); CEB (1997)

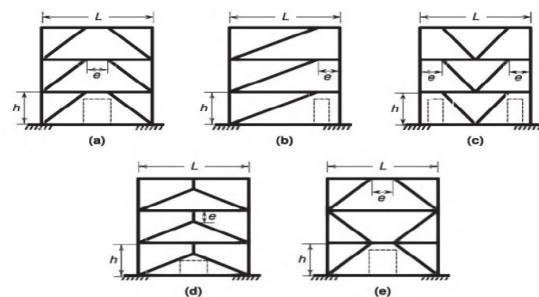
Sistem Pengaku Diagonal (Bresing)

Sistem struktur *brace frame* didesain untuk meminimalisir masalah kekakuan yang terdapat pada jenis sistem portal *Momen Resisting Frame (MRF)*. Sistem struktur *brace frame* terbagi menjadi

dua yaitu sistem struktur rangka berpengaku konsentris (*Concentrically Brace Frame*) dan sistem struktur rangka berpengaku eksentris (*Eccentrically Brace Frame*).



Gambar 2. Concentrically brace frame



Gambar 3. Eccentrically brace frame

Performance Base Design

Hal penting dalam *performance base design* atau perencanaan berbasis kinerja adalah ketepatan sasaran kinerja bangunan tahan gempa. Sasaran kinerja terdiri dari gempa rencana yang ditentukan (*earthquake hazard*) dan taraf kerusakan yang diizinkan atau tingkat kinerja secara kualitatif yang digambarkan dalam kurva hubungan gaya-perpindahan dari perilaku struktur secara global terhadap beban lateral. Hal tersebut menjadi dasar untuk menetapkan tingkat kinerja (*performance level*).

Performance base design mempunyai dua elemen utama dalam perencanaannya, yaitu kapasitas (*capacity*) dan beban yang direncanakan (*demand*).

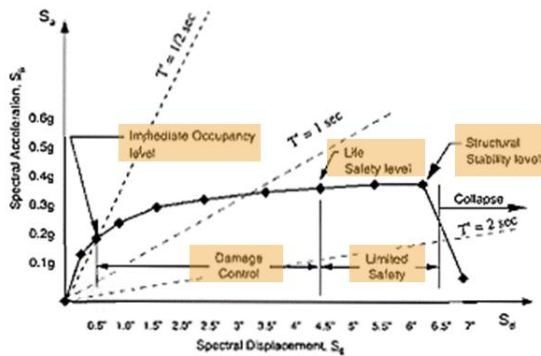
Salah satu analisis yang dapat digunakan untuk desain bangunan tahan gempa berbasis kinerja adalah analisis statik non-linier *pushover*. Dengan mencari titik perpotongan antara kurva *demand* dan

kurva *capacity* maka akan didapatkan *performance point* (titik kinerja).

Performance point merupakan estimasi teoritis dimana kapasitas struktur mampu menahan beban lateral akibat gempa (*demand*) yang diberikan, dimana dapat diketahui tingkat kerusakan struktur berdasarkan perpindahan lateralnya (*drift*).

Berdasarkan ATC-40, tingkat kinerja elemen struktural suatu struktur dalam desain berbasis kinerja dibagi menjadi enam, yaitu:

- SP – 1 *Immediate Occupancy*
- SP – 2 *Damage Control*
- SP – 3 *Life Safety*
- SP – 4 *Limited Safety*
- SP – 5 *Collapse Prevention*
- SP – 6 *Not Considered*



Gambar 4. Tingkat kinerja struktur

Analisis Statik Non-Linier *Pushover*

Analisis statik non-linier *pushover* (ATC-40, 1997) merupakan salah satu komponen *performance base design* yang bertujuan untuk mencari kapasitas suatu struktur. Pada dasarnya, analisis dilakukan dengan memberikan peningkatan beban statik tertentu dalam arah lateral yang nilainya ditingkatkan bertahap secara proposional pada struktur, sehingga mencapai target *displacement* atau mencapai mekanisme diambang keruntuhan. Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui nilai-nilai gaya geser dasar untuk perpindahan lantai atap tertentu. Nilai-nilai yang dapat diketahui tersebut kemudian ditetapkan menjadi suatu kurva kapasitas dari suatu struktur.

Berdasarkan ATC-40 terdapat dua metode yang dapat digunakan untuk menentukan kurva *demand*, yaitu:

1. *Capacity spectrum method*

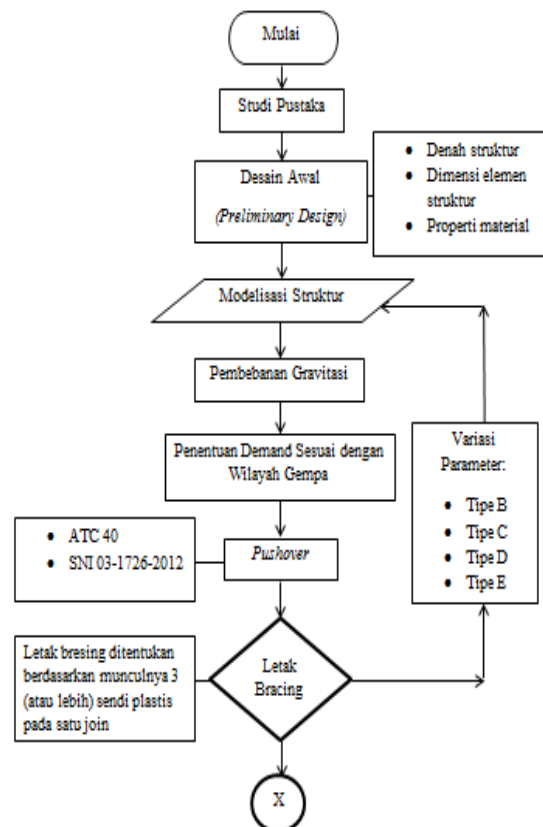
Merupakan metode iterasi yang bertujuan untuk menentukan lokasi *performance point* dengan kapasitas yang ada dan *demand* yang diminta. Lokasi *performance*

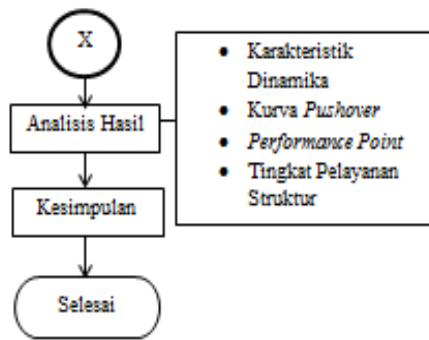
point harus memenuhi dua kriteria, yaitu berada pada kurva spektrum kapasitas, dan berada pada kurva *demand* spektral yang telah direduksi dari keadaan elastis (damping 5%).

Capacity spectrum method terbagi menjadi tiga prosedur, yaitu:

- Prosedur A merupakan aplikasi langsung dari metodologi yang terdapat pada ATC 40, yang merupakan metode analisis
 - Prosedur B metode analisis dengan melakukan penyederhanaan bilinear pada kurva kapasitas
 - Prosedur C merupakan metode grafis, sehingga tepat untuk penyelesaian manual tanpa spreadsheet.
2. *Displacement coefficient method* metode dengan proses numeric langsung dalam menghitung *displacement demand* sehingga tidak perlu konversi kurva kapasitas kedalam koordinat spektral.

METODE PENELITIAN





Gambar 5. Diagram alir penelitian

Preliminary Design

Dalam analisis ini, digunakan Gedung Pendidikan Bersama Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya sebagai objek kajian, dimana gedung ini merupakan gedung 10 lantai yang berfungsi sebagai gedung pendidikan. Gedung dimodelkan secara tiga dimensi ke dalam program SAP 2000v18 menjadi lima model yaitu, Tipe A berupa struktur portal terbuka biasa, Tipe B berupa struktur portal terbuka dengan kombinasi *single diagonal brace frame*, Tipe C berupa struktur portal terbuka dengan kombinasi *X-shape brace frame*, Tipe D berupa struktur portal terbuka dengan kombinasi *V-shape brace frame*, dan Tipe E berupa struktur portal terbuka dengan kombinasi *chevron / A-shape brace frame*.

Mutu bahan yang digunakan dalam pemodelan struktur disesuaikan dengan mutu bahan bangunan eksisting, yaitu beton dengan mutu K-350, tulangan ulir ($f_y = 390$ Mpa), dan tulangan polos ($f_y = 240$ Mpa).

Variasi Parameter

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat lima model yang akan dianalisis dengan metode statik non-linier *pushover*, yaitu struktur Tipe A, Tipe B, Tipe D, dan Tipe E. Namun untuk dapat mengetahui pengaruh dihilangkannya fungsi dilatasi terhadap struktur, maka akan dilakukan analisis tambahan terhadap Struktur Asli dengan Dilatasi (OD) dan Struktur Asli Tanpa Dilatasi (OND). Sehingga total terdapat tujuh model yang akan dianalisis dengan analisis statik non-linier *pushover*.

Pembebanan Struktur

Pembebanan pada masing-masing tipe struktur mengacu pada Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung 1987. Dimana perhitungan beban hidup ditetapkan sebesar 250 kg/m^2 untuk gedung perkuliahan, serta 100 kg/m^2 untuk beban lantai atap. Respon spektrum gempa didapatkan melalui perhitungan respon spektrum gempa desain yang mengacu pada SNI - 1726 - 2012.

Pemodelan Struktur

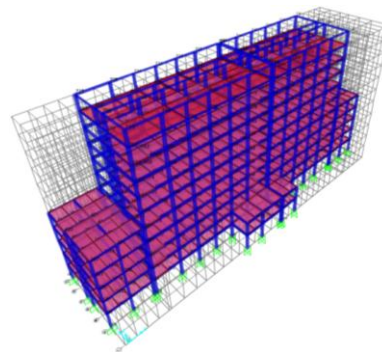
Pemodelan masing-masing tipe struktur dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 v18, dimana pemodelan dilakukan secara tiga dimensi untuk mengetahui perilaku struktur. Struktur bangunan dimodelkan dengan menghilangkan dilatasi, agar dapat menganalisis perilaku bangunan eksisting secara utuh.

Elemen balok, kolom, plat, dan bresing baja dimodelkan sesuai dengan mutu bahan dan dimensi dari masing-masing elemen struktur eksisting. Serta pondasi masing-masing struktur dimodelkan dengan tumpuan jepit.

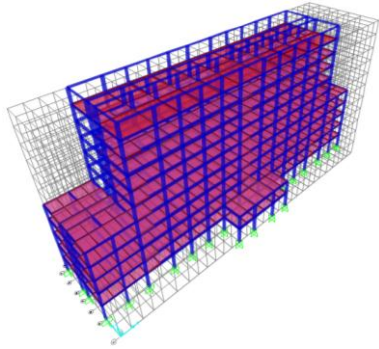
HASIL DAN PEMBAHASAN

Detail Pemodelan Struktur

Berdasarkan penjelasan sebelumnya terdapat tujuh model struktur yang akan dianalisis dengan metode statik non-linier *pushover*, yaitu struktur OD, OND, Tipe A, Tipe B, Tipe D, dan Tipe E. Berikut merupakan pemodelan dari masing-masing jenis struktur pada program SAP2000 v18.

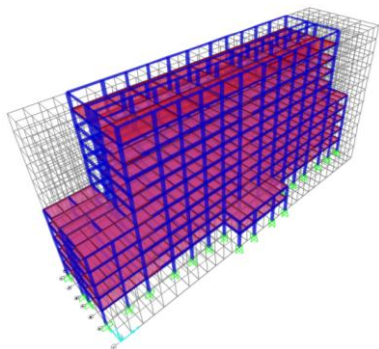


Gambar 6. Struktur Asli dengan Dilatasi Struktur (OD)

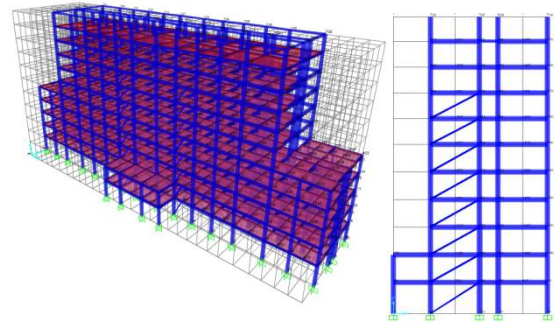


Gambar 7. Struktur Asli Tanpa Dilatasi Struktur (OND)

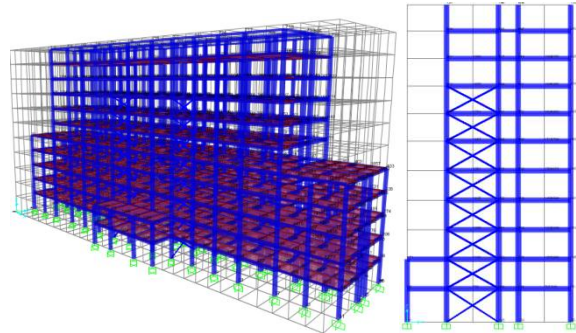
Dari hasil analisis diketahui bahwa, pada struktur OND terjadi sendi plastis pada kolom yang muncul sebelum struktur mencapai *performance point*. Munculnya sendi plastis pada kolom akan memicu keruntuhan struktur yang diawali dengan keruntuhan kolom terlebih dahulu. Untuk menghindari hal tersebut maka dilakukan suatu alternatif dengan memperbesar dimensi kolom pada struktur OND. Kolom yang diperbesar yaitu kolom pada portal bagian sayap, dimana dimensi kolom pada portal bagian sayap disamakan dengan dimensi portal pada bagian utama struktur. Perubahan portal yang terjadi pada struktur OND kemudian menghasilkan Struktur Alternatif Tanpa Bresing (Tipe A), yang selanjutnya akan di kombinasikan dengan penambahan bresing baja.



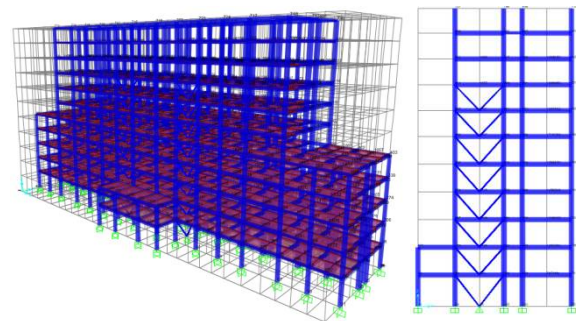
Gambar 8. Struktur Alternatif Tanpa Bresing (Tipe A)



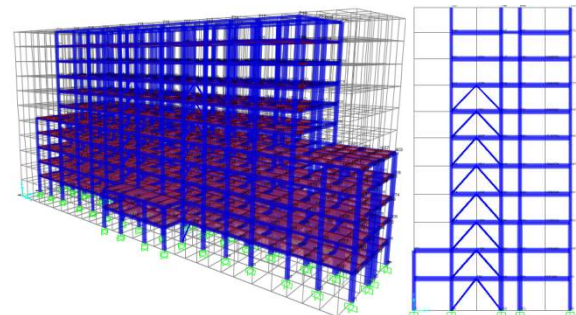
Gambar 9. Struktur Alternatif dengan Single Brace (Tipe B)



Gambar 10. Struktur Alternatif dengan X- Brace (Tipe C)

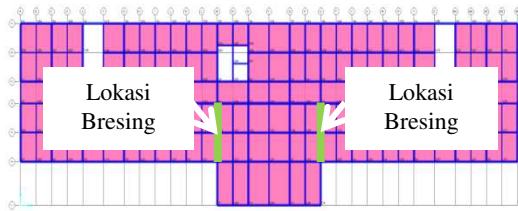


Gambar 11. Struktur Alternatif dengan V- Brace (Tipe D)



Gambar 12. Struktur Alternatif dengan A- Brace (Tipe E)

Penempatan bresing untuk struktur Tipe B, C, D, dan E adalah sebagai berikut:

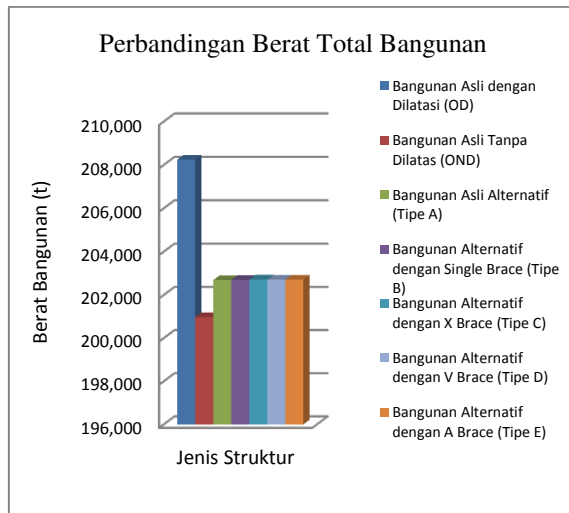


Gambar 12. Posisi bresing pada model struktur

Perbandingan Berat Struktur

Tabel 1. Perbandingan Berat Struktur Masing-masing Tipe Struktur

Tipe Struktur	Berat Total Struktur (Kg)
OD	20,824,566.80
OND	20,097,222.80
Tipe A	20,269,254.80
Tipe B	20,270,621.72
Tipe C	20,271,988.63
Tipe D	20,271,048.22
Tipe E	20,271,048.22

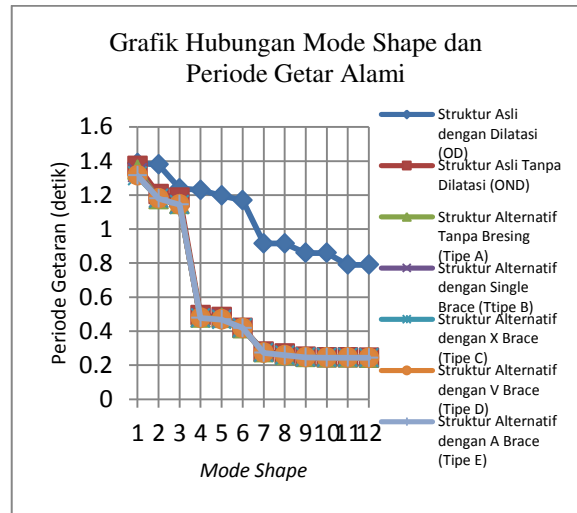


Gambar 13. Perbandingan berat bangunan

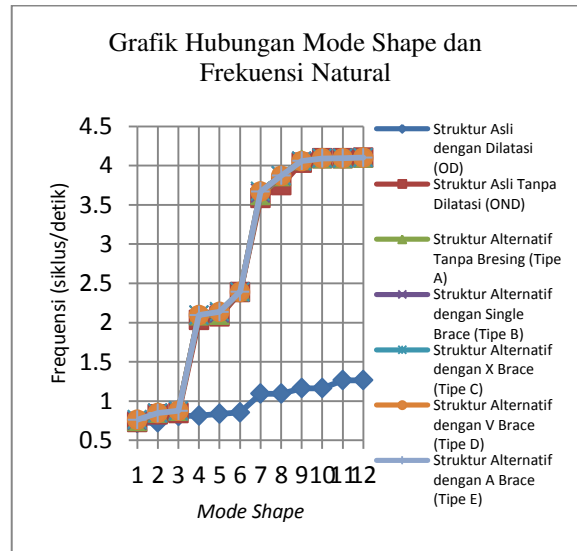
Berdasarkan gambar 13 dapat dilihat Bangunan Asli dengan Dilatasi Struktur (OD) memiliki berat total bangunan paling besar yaitu sebesar 20.824.566,80 kg. Hal ini terjadi karena struktur OD memiliki jumlah kolom lebih banyak, dimana struktur OD memiliki kolom sebanyak 702 buah sedangkan struktur jenis lain hanya memiliki 616 buah kolom. Sedangkan Bangunan Asli Tanpa Dilatasi (OND) memiliki berat total bangunan paling kecil yaitu sebesar 20.097.222,80 kg atau memiliki selisih 727.344 kg dengan Bangunan Asli dengan Dilatasi Struktur (OD).

Berdasarkan data berat bangunan diatas, maka struktur OND lebih unggul dari struktur jenis lainnya karena memiliki berat struktur paling kecil, dimana dengan berat struktur yang kecil akan menghasilkan beban gempa yang kecil pula terhadap struktur tersebut, sehingga struktur akan lebih mampu untuk menahan beban gempa.

Perbandingan Periode Getar Alami dan Frekuensi Natural



Gambar 14. Grafik hubungan mode shape dan periode getar alami



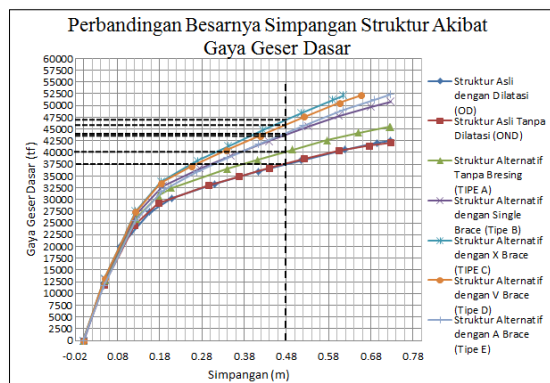
Gambar 15. Grafik hubungan mode shape dan frekuensi natural

Frekuensi natural dan periode getar alami struktur memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa keenam tipe struktur yaitu; Tipe OND, Tipe A, Tipe B, Tipe C, Tipe D, Tipe E, secara umum memiliki bentuk grafik yang seragam yang berarti

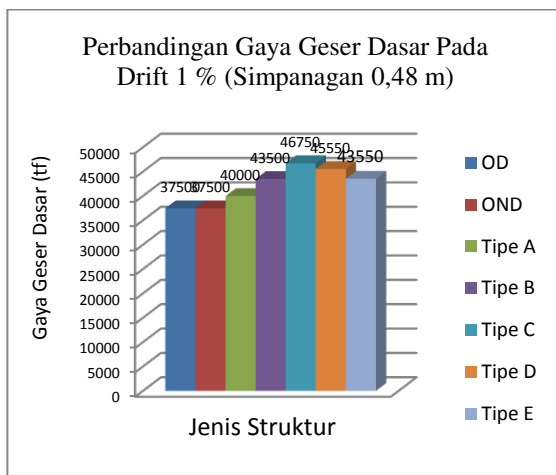
perbedaan frekuensi natural dan periode getar alami antara keenam struktur tersebut tidak terlalu jauh. Namun terjadi perbedaan yang signifikan pada struktur OD, dimana frekuensi natural pada struktur ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan keenam tipe struktur yang lainnya. Ini terjadi akibat struktur OD memiliki berat struktur paling besar diantara struktur jenis lainnya.

Dengan frekuensi natural yang kecil berarti struktur OD memiliki kekakuan yang kecil sehingga struktur OD akan memiliki simpangan lateral yang besar pada saat menerima beban lateral, oleh karena itu struktur ini paling tidak diunggulkan dibandingkan keenam struktur lainnya.

Perbandingan Kurva Kapasitas



Gambar 16. Perbandingan besarnya simpangan akibat gaya geser dasar



Gambar 17. Perbandingan gaya geser dasar pada simpangan 0,48 m

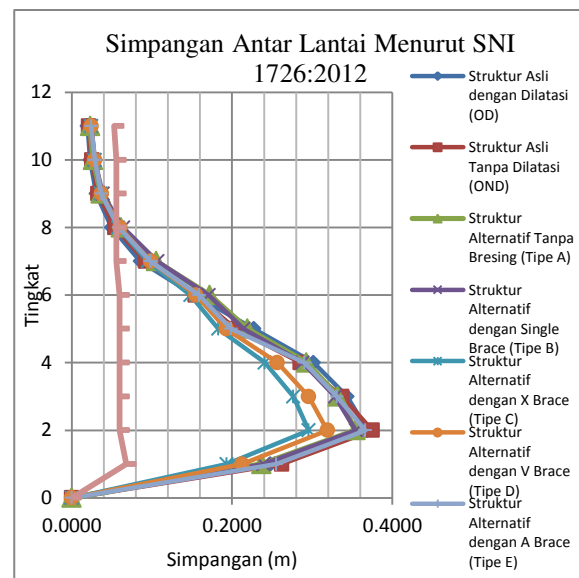
Untuk mengetahui peningkatan kemampuan masing-masing struktur untuk menerima gaya geser dasar, maka diambil simpangan sebesar 0,48 m (drift = 1% berdasarkan SNI1726: 2012 untuk bangunan

dengan Kategori risiko IV) yang digunakan sebagai patokan simpangan struktur.

Sehingga berdasarkan uraian diatas struktur Tipe C lebih unggul dibandingkan dengan struktur jenis lainnya karena struktur ini mampu menerima gaya geser dasar paling besar (46.750 tf) untuk menghasilkan drift sebesar 1 % atau (simpangan 0,48 m).

Perbandingan Simpangan Antar Lantai Struktur

Simpangan antar lantai diperhitungkan berdasarkan SNI 1726: 2012 dimana perhitungan simpangan antar lantai dilakukan pada kondisi diambang runtuh (step terakhir dari analisis pushover) pada masing-masing struktur, dimana jumlah step dari masing-masing struktur berbeda-beda.



Gambar 18. Perbandingan simpangan antar lantai

Pada gambar 18 juga dapat diketahui bahwa struktur Tipe C memiliki keunggulan dibandingkan struktur jenis lainnya karena struktur ini memiliki simpangan antar lantai paling kecil. Serta dapat diketahui pula bahwa semua jenis struktur (OD, OND, Tipe A, Tipe B, Tipe C, Tipe D, dan Tipe E) mengalami keruntuhan dengan pola keruntuhan lantai lunak (*soft storey*).

Perbandingan Tingkat Kinerja Berdasarkan Prosedur A dan B ATC 40

Analisis pushover berdasarkan prosedur A dan B dilakukan dengan kurva demand yang berasal dari kelas situs tanah sedang. Perbandingan dari hasil analisis berdasarkan prosedur A dan B disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. Perbandingan Tingkat Pelayanan Struktur Berdasarkan Prosedur A dan B ATC 40

Jenis Struktur	Prosedur A			Prosedur B		
	Sa	Sd	Tingkat Kinerja	Sa	Sd	Tingkat Kinerja
	g	m		g	m	
OD	0.16	0.093	B-IO	0.198	0.113	B-IO
OND	0.172	0.094	B-IO	0.197	0.116	B-IO
Tipe A	0.181	0.099	B-IO	0.206	0.114	B-IO
Tipe B	0.18	0.096	B-IO	0.21	0.114	B-IO
Tipe C	0.199	0.095	B-IO	0.216	0.113	B-IO
Tipe D	0.198	0.098	B-IO	0.214	0.113	B-IO
Tipe E	0.198	0.113	B-IO	0.213	0.115	B-IO

Berdasarkan data perbandingan diatas, dapat dilihat bahwa prosedur A dan B memiliki hasil analisis dengan karakteristik yang hampir sama. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa berdasarkan analisis prosedur A dan B semua jenis struktur memiliki tingkat kinerja B-IO (*Immedite Occupancy*) atau segera huni. Dimana struktur Tipe C memiliki tingkat kinerja paling tinggi.

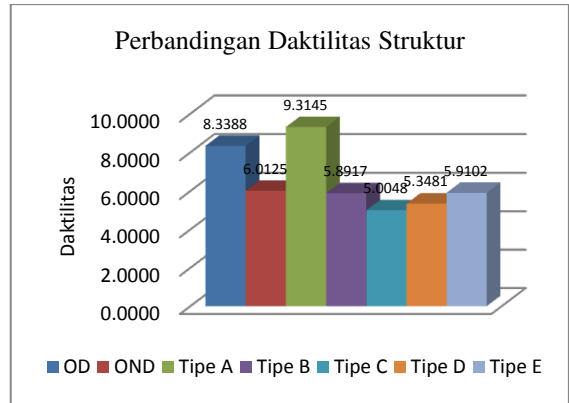
Daktilitas Struktur

Besaran daktilitas dinyatakan dalam suatu faktor, yang merupakan rasio antara defleksi pada kondisi maksimum/ runtuh terhadap defleksi pada saat terjadi kelelahan awal, yang dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \dots \dots \dots (1)$$

Tabel 3. Perbandingan Daktilitas Struktur

Jenis Struktur	Δ_y	Δ_u	μ
	m	m	
OD	0.08708	0.72614	8.33882
OND	0.12084	0.72653	6.0125
Tipe A	0.078	0.72653	9.31453
Tipe B	0.12332	0.72656	5.89172
Tipe C	0.12281	0.61465	5.00484
Tipe D	0.12262	0.65575	5.34807
Tipe E	0.1229	0.72637	5.91016



Gambar 19. Perbandingan simpangan antar lantai

Berdasarkan gambar 19 dapat dilihat bahwa struktur Tipe A (Struktur Alternatif Tanpa Bresing) lebih unggul dibandingkan struktur jenis lain karena struktur Tipe A memiliki daktilitas paling tinggi diantara struktur jenis lain, dimana struktur ini memiliki daktilitas sebesar 9,3145 sehingga dapat dipilih sebagai struktur yang paling tahan terhadap gempa pada wilayah gempa kota malang dengan kelas situs tanah lunak.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini hanya berlaku untuk struktur gedung (tanpa dilatasi struktur) dengan variasi bresing baja dengan profil WF 100.50.5.7. Penelitian ini hanya berlaku jika analisis *pushover* dilakukan dengan kombinasi beban gempa 100% terhadap sumbu lemah struktur dan 30% terhadap sumbu kuat struktur. Berdasarkan hasil analisis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penggunaan X Brace pada struktur alternatif dapat meningkatkan kemampuan struktur untuk menerima gaya geser dasar karena struktur ini mampu menerima gaya geser dasar paling besar (46.750 tf) untuk menghasilkan simpangan 0,48 m (*drift* sebesar 1 %). Sehingga struktur Alternatif dengan X Brace (Tipe C) merupakan struktur yang paling unggul bila ditinjau terhadap simpangan lateral (*drift*) struktur.
2. Tingkat pelayanan struktur untuk semua jenis struktur adalah B-IO, sehingga penggunaan variasi bresing baja tidak berpengaruh besar terhadap perubahan tingkat pelayanan struktur
3. Didapatkan periode getar alami yang seragam antara struktur OND, Tipe A, Tipe B, Tipe C, Tipe D, dan Tipe E, sehingga penggunaan variasi bresing tidak berpengaruh besar terhadap periode getar

alami struktur. Namun terjadi perbedaan yang signifikan pada struktur OD, dimana periode getar alami pada struktur ini jauh lebih besar dibandingkan dengan keenam tipe struktur lainnya yang disebabkan karena struktur OD memiliki berat struktur paling besar

4. Penggunaan X Brace pada struktur alternatif (struktur Tipe C) dapat menghasilkan simpangan antar lantai paling kecil dibandingkan dengan penggunaan variasi bresing jenis lainnya
5. Struktur Tipe A (Struktur Alternatif Tanpa Bresing) memiliki daktilitas paling tinggi yaitu sebesar 9.314, sehingga dapat dipilih sebagai struktur yang paling tahan terhadap gempa pada wilayah gempa Kota Malang dengan kelas situs Tanah Sedang (SD).

SARAN

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlunya pemahaman serta referensi yang valid mengenai analisis statik non-linier *pushover* dengan menggunakan program SAP2000
2. Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penggunaan profil baja, serta mutu baja yang berbeda. Apakah akan mempengaruhi tingkat pelayan dan *performance point* dari struktur
3. Perlunya data-data struktur secara mendetail, sehingga hasil analisis dapat sesuai dengan keadaan sebenarnya
4. Perlunya melakukan pendefinisian lebih mendetail untuk sambungan (*joint*), serta *hinge properties* agar memperoleh hasil yang lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

Applied Technology Council. ATC – 40. (1997). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building*. Volume 1. California. California Seismic Safety Commission.

Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung SNI 1726: 2012*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2014). *Baja Tulangan Beton SNI 2052: 2014*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional

Budiono & Lucky. (2011). *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x*. Bandung: Penerbit ITB.

Febriana. A. (2016). *Analisis Pushover Untuk Performance Based Design (Studi Kasus Gedung D Program Teknologi Informasi dan Komputer Universitas Brawijaya)*. Malang.

Federal Emergency Management Agency. (2006). *Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings*, FEMA. Edition 547. Oktober. Washington: ASCE.

Park, R. (1988). *Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing*. Proceeding of Ninth World Conference on Earthquake Engineering: 605-616. Tokyo-Kyoto: Ninth World Conference on Earthquake Engineering.

Park, R., & Paulay, T. (1975). *Reinforced Concrete Structures*. New York, USA: John Wiley & Sons. Inc.

Paulay, T., & Priestley, M. J. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York, USA: John Wiley & Sons Inc.

Safarizky. H. A. (2012). *Evaluasi Penggunaan Bresing Baja Dalam Meningkatkan Kinerja Struktur Beton Tahan Gempa (Studi Kasus: Gedung V Fakultas Teknik UNS)*. Surakarta.

Taranath, B. S. (1998). *Steel, Concrete, and Composite Design for Tall Buildings*. USA: McGraw-Hill.

