

# Studi Perilaku Non Linear Perbandingan Panjang *Link* Pada *Eccentrically Braced Frame* Dengan Program Bantu *Finite Element Analysis*

Fitri Hardiyanti, Budi Suswanto, Data Iranata.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: budi\_suswanto@ce.its.ac.id

**Abstrak :** *Eccentrically Braced Frames* (EBF) adalah system rangka dengan balok dan kolom dengan pengaku dimana pada ujung dari setiap pengaku terhubung untuk mengisolasi bagian dari balok yang disebut *link*. EBF memiliki daktilitas yang tinggi seperti halnya pada system rangka pemikul momen, tetapi juga memiliki kekakuan yang tinggi seperti CBF. EBF diharapkan menahan deformasi inelastis yang signifikan pada *link* saat struktur mengalami gaya gempa. Pada EBF *link* merupakan bagian terlemah dari EBF jadi pada setiap kegagalan atau keruntuhan pada struktur harus terjadi kerusakan dahulu daripada *link*, *link* harus memiliki tingkat daktilitas yang tinggi. Konsep desain EBF adalah link ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain tetap berada dalam kondisi elastik. Tugas Akhir ini akan membandingkan 4 panjang link yang didesain sesuai dengan ketentuan yang ada dengan menggunakan type inverted-v. Dari perbandingan link tersebut akan dianalisa dengan menggunakan program bantu *finite element analysis*. Dari hasil analisa abaqus maka diketahui link dengan panjang 0,6 memiliki daktilitas yang paling besar yaitu dengan nilai 16 dan link dengan panjang 2,5 memiliki faktor daktilitas terkecil dengan nilai 5,07. Link 0,6 juga memiliki nilai tegangan dan regangan yang semakin besar dibanding yang lain. Sehingga dapat diketahui dari analisa pushover dan finite element analysis bahwa link yang optimum digunakan yaitu link geser murni.

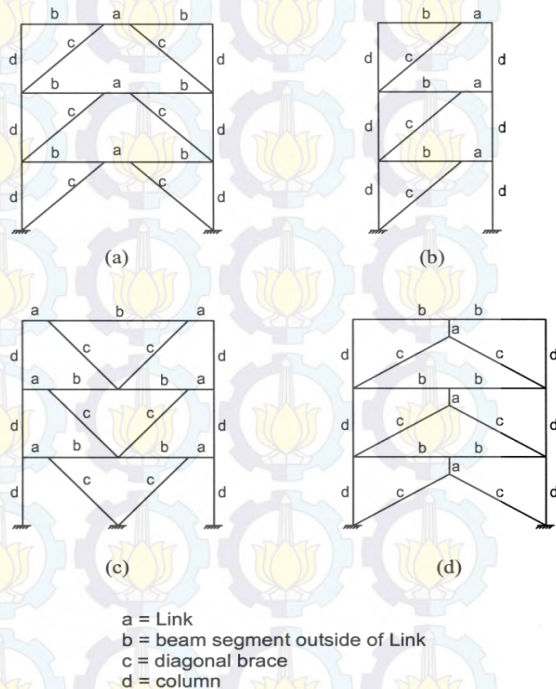
**Kata Kunci**—*Eccentrically Braced Frame*, *Inverted v*, *link*, perilaku struktur.

## I. PENDAHULUAN

System yang umum dipakai untuk menahan beban gempa adalah Momen Resisting Frame (MRF) dan *Centrically Braced Frame* (CBF). MRF bersifat daktil tetapi kurang kaku untuk memenuhi persyaratan drift control sedangkan CBF bersifat kaku tetapi memiliki kemampuan menyalurkan energi yang terbatas. Untuk mengatasi kekurangan dari MRF dan CBF maka digunakan struktur lain yaitu *Eccentrically Braced Frame* (EBF). EBF merupakan konsep desain antara konsep daktilitas dan disipasi energi yang baik dari desain MRF dengan karakteristik kelakuan elastik yang tinggi dari desain CBF.

EBF biasa disebut sebagai system hybrid antara system rangka pemikul momen dan CBF karena EBF mampu memikul kombinasi antara beban rangka dan truss. EBF memiliki daktilitas yang tinggi seperti halnya pada system rangka pemikul momen, tetapi juga memiliki kekakuan yang tinggi seperti CBF [1]. EBF diharapkan menahan deformasi inelastis yang signifikan pada link saat struktur mengalami

gaya gempa. Type dari EBF memiliki berbagai desain seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Desain dari EBF (AISC, 2005)

Konsep desain EBF adalah link ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain tetap berada dalam kondisi elastik. Kelelahan yang terjadi pada elemen link dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur [2]. Perilaku dari link sangat ditentukan oleh panjangnya. Semakin pendek link tersebut maka semakin besar pengaruh gaya geser pada kinerja inelastic [3]. Dari penelitian yang sudah ada sebelumnya menganalisa desain link pada EBF terhadap rasio panjang balok dan tinggi kolom. Untuk menghasilkan desain EBF yang paling optimum maka pada tugas akhir ini akan menganalisa panjang link dengan desain konfigurasi EBF tipe *inverted V* dengan program bantu *Finite Element Analysis*. Hasil dari analisa struktur ini akan dibandingkan dengan hasil eksperimental yang sudah ada.



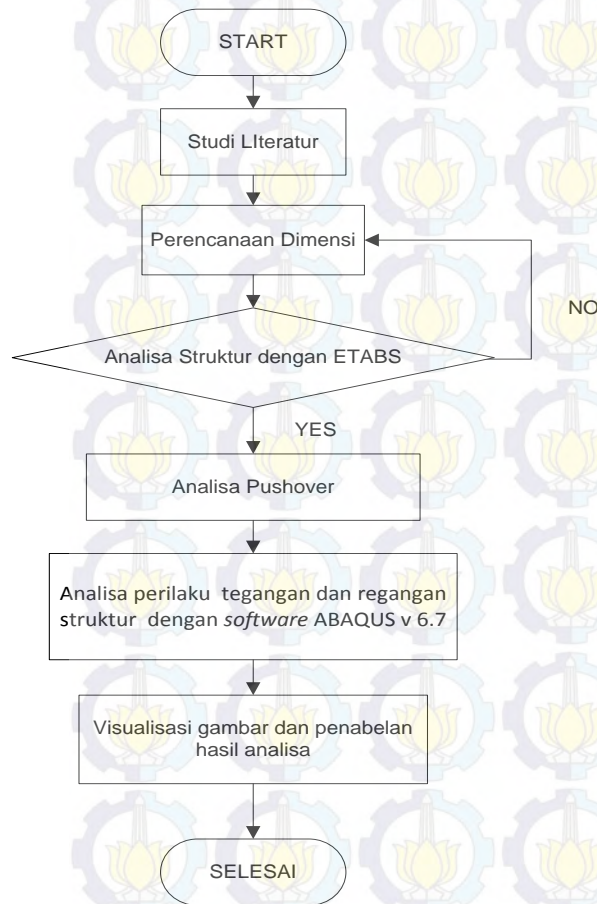
## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Jenis dan Konsep Penelitian

Penelitian ini membandingkan dari 4 jenis tipe link yaitu link geser murni, dominan geser, dominan lentur, dan lentur murni. Dari keempat jenis link ini akan dibandingkan dari segi daktilitas dan kegagalan strukturnya. Untuk mengetahui kegagalan struktur maka parameter yang digunakan yaitu tegangan dan regangan yang terjadi pada link. Dari hasil analisa tersebut dapat diketahui type link yang paling optimum digunakan.

### B. Proses Penelitian

Proses penelitian ini ditampilkan dalam sebuah diagram alir metodologi yang dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini :

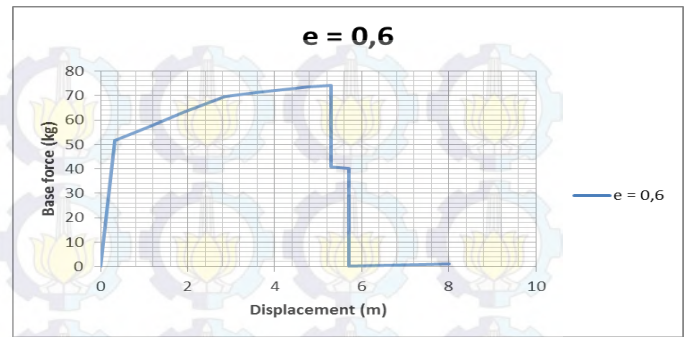


Penjelasan dari diagram alir serta metodologi secara rinci terkait penelitian dapat dilihat di Hardiyanti, Fitri (2012) [4].

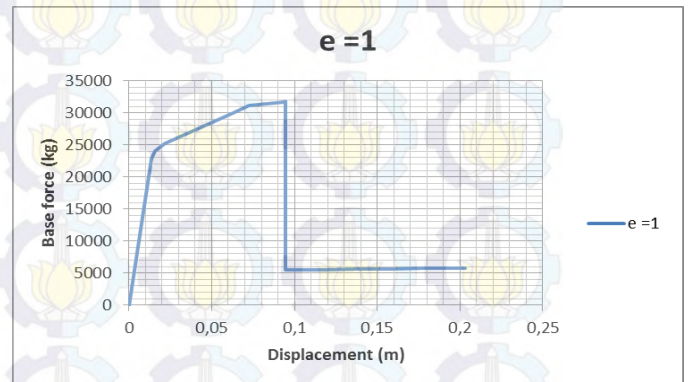
## III. HASIL DAN DISKUSI

### A. Analisa Pushover

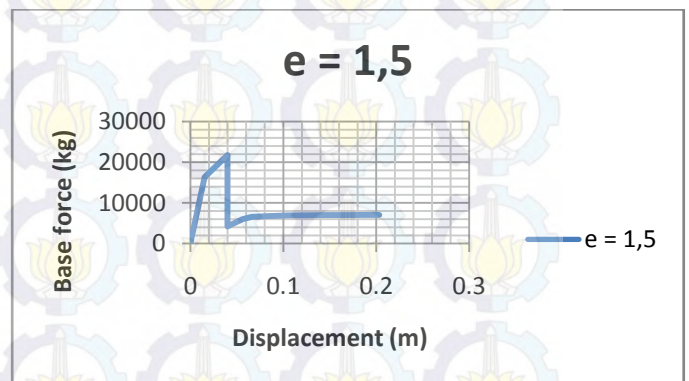
Hasil analisa pushover pada struktur berupa kurva kapasitas struktur antara Base Reaction Vs Displacement seperti dalam gambar di bawah ini



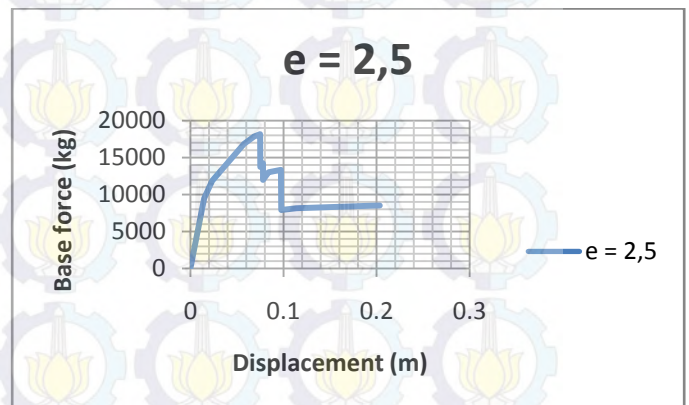
Gambar 3. Kurva Kapasitas Struktur  $e = 0,6$



Gambar 2. Kurva Kapasitas Struktur  $e = 1$



Gambar 4. Kurva Kapasitas Struktur  $e = 1,5$



Gambar 5. Kurva Kapasitas Struktur  $e = 2,5$

Dari hasil analisa pushover dapat dilihat perbandingan antara base force dan displacement yang terjadi. Selanjutnya dari hasil diagram base force dan displacement akan dicari tingkat daktilitas dari masing-masing type EBF Faktor



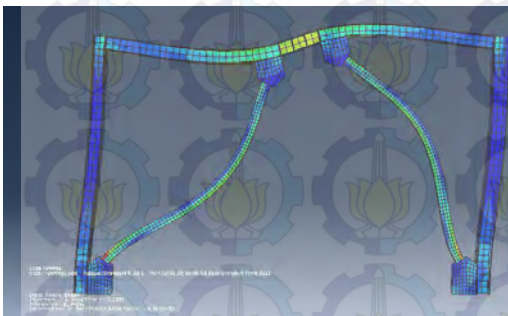
daktilitas adalah rasio antar simpangan maksimum struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan simpangan struktur saat terjadinya pelelehan pertama dalam struktur gedung.

Tabel 1 Daktilitas struktur

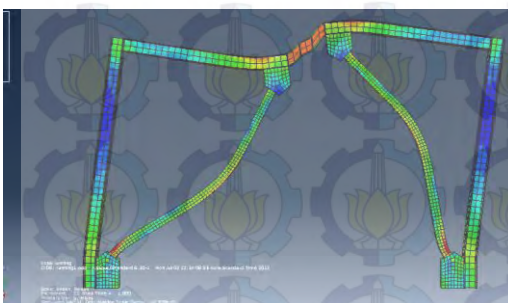
e (m)	$\Delta y$	$\Delta m$	duktilitas
0,6	0,008	0,134	16,00
1	0,013	0,095	7,07
1,5	0,015	0,080	5,23
2,5	0,015	0,075	5,07

### B. Analisa Hasil Program Bantu Finite Element Analysis

Dalam permodelan finite element analysis, beban yang digunakan yaitu beban merata pada balok dan link dengan kombinasi pembebanan  $1,2 D + 1,6 L$ . Sedangkan untuk arah lateral beban yang digunakan yaitu pada finite element menggunakan "base force" dengan besar beban yaitu  $-0,01 N$ . Dalam permodelan, hasil yang ditinjau yaitu tegangan dan regangan pada link. Sehingga akan dibandingkan dari empat jenis link tersebut dari hasil tegangan dan regangan. Berikut ini adalah hasil running dari program bantu Abaqus. Gambar dibawah ini merupakan dari hasil abaqus pada masing-masing link pada increment 1 dan pada increment akhir.

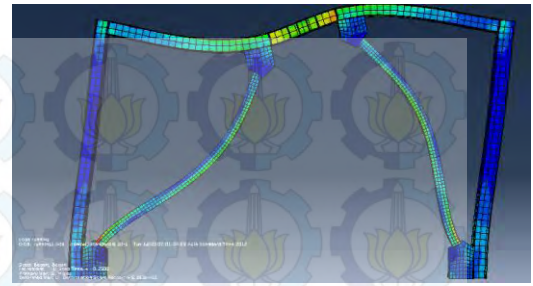


Gambar 4. Hasil Tegangan panjang link 0,6 m pada increment 1

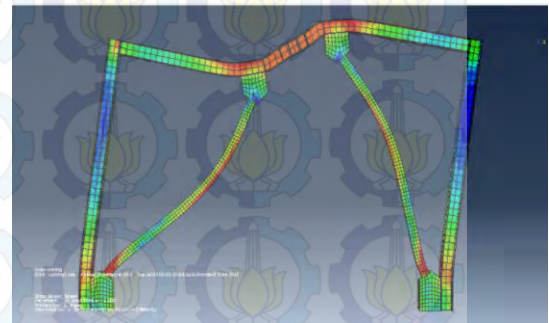


Gambar 5. Hasil Tegangan panjang link 0,6 m pada akhir increment

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada increment 1 elemen EBF yang terkena leleh yaitu pada link. Sedangkan pada increment terakhir elemen yang terkena leleh yaitu ujung bracing.

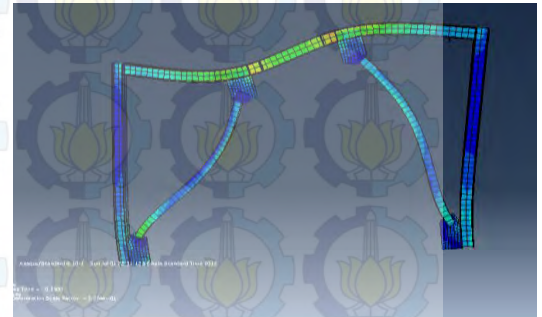


Gambar 6 Hasil Tegangan panjang link 1,0 m pada increment 1

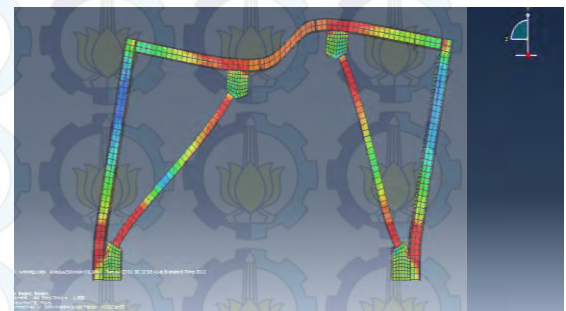


Gambar 7. Hasil Tegangan panjang link 1,0 m pada akhir increment

Hasil dari analisa pada link 1,0 m hasil akhir dari increment tersebut maka terlihat bahwa seluruh bagian link terkena leleh begaitu jugbagian ujung bracing dan kolom.



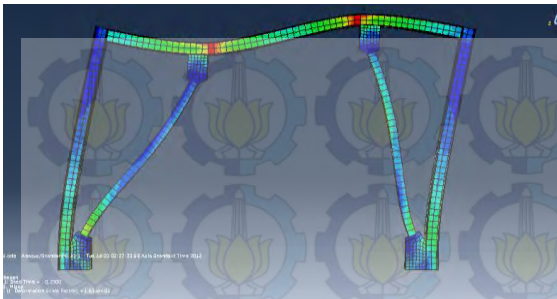
Gambar 8. Hasil Tegangan panjang link 1,5 m pada increment 1



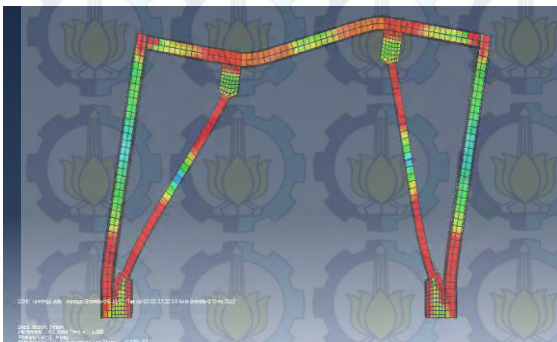
Gambar 9. Hasil Tegangan panjang link 1,5 m pada akhir increment

Pada tahap awal saat terkena beban, link memiliki kesamaan dengan link geser yaitu terkena leleh diawal yaitu link. Sedangkan untuk increment terakhir elemen balok, kolom dan bracing juga terkena leleh.



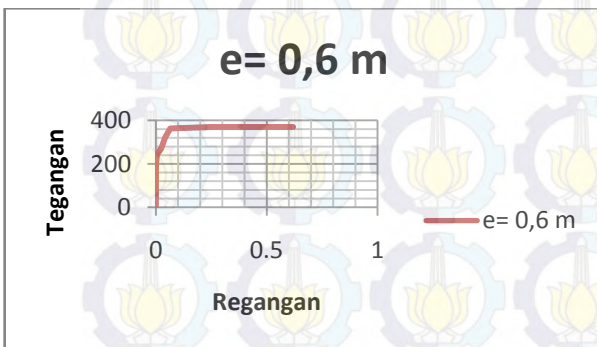


Gambar 10. Hasil Tegangan panjang link 2,5 m pada increment 1



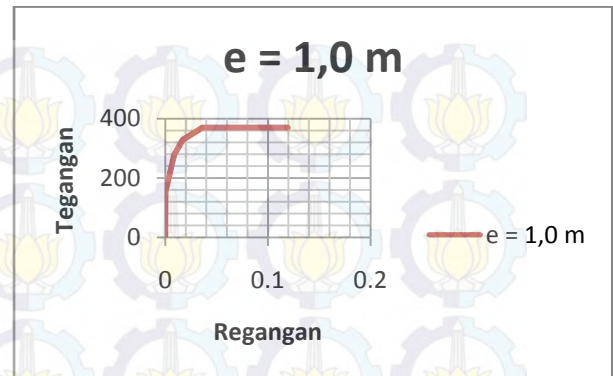
Gambar 11. Hasil Tegangan panjang link 2,5 m pada akhir increment

Untuk hasil dari tegangan pada link 2,5 m sama dengan hasil tegangan pada link 1,5 m yaitu elemen yang terkena leleh semakin besar dibanding yang lain yaitu elemen balok, kolom, dan bracing. Selanjutnya dari hasil tegangan dan regangan akan ditampilkan dalam grafik dan akan diketahui diagram tegangan regangan pada masing-masing link.



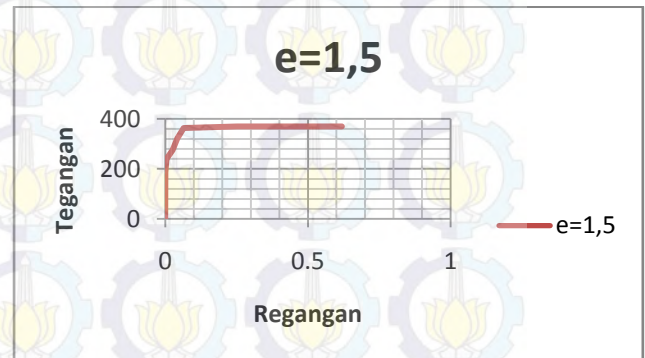
Gambar 12. Diagram Tegangan Regangan  $e = 0,6$  m

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa tegangan leleh pertama terjadi dengan nilai regangan 0,000227.



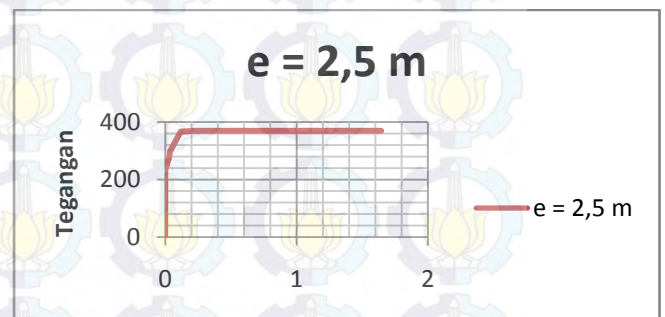
Gambar 13. Diagram Tegangan Regangan  $e = 1,0$  m

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa tegangan leleh pertama terjadi dengan nilai regangan 0,00868.



Gambar 14. Diagram Tegangan Regangan  $e = 1,5$  m

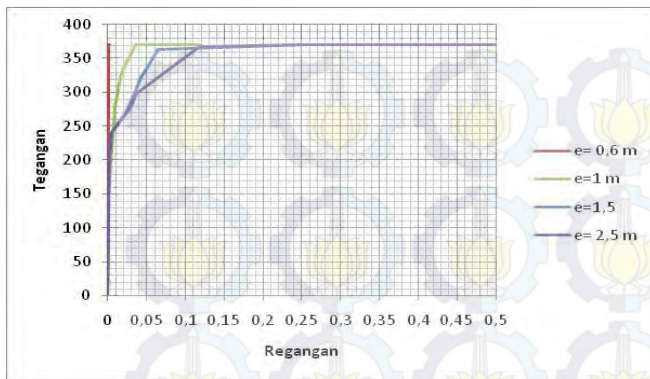
Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa tegangan leleh pertama terjadi dengan nilai regangan 0,0257.



Gambar 15. Diagram Tegangan Regangan  $e = 2,5$  m

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa tegangan leleh pertama terjadi dengan nilai regangan 0,0286.





Gambar 16. Diagram Tegangan Regangan empat type link

Dari hasil diagram tegangan regangan diatas maka dapat diketahui bahwa link paling pendek yaitu geser murni mencapai titik leleh dengan nilai regangan yang lebih kecil dibanding tipe link yang lain. Dengan demikian link dengan panjang 0,6 m mengalami leleh lebih awal daripada link yang lain. Desain link ini menunjukkan bahwa link akan mengalami keruntuhan yang lebih awal daripada elemen EBF yang lain.

Sedangkan perbandingan dari hasil pushover etabs dan abaqus memiliki kesamaan bahwa urutan elemen EBF yang memiliki titik leleh terlebih dahulu yaitu ujung-ujung link, ujung kolom bawah, kolom atas dan balok.

#### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Setelah dilakukan analisa pushover dan analisa menggunakan Program Bantu Finite Element Analysis maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Dari hasil analisa pushover maka diketahui bahwa link dengan panjang 0,6 memiliki nilai daktilitas yang tinggi yaitu 16, sedangkan link dengan panjang 2,5 memiliki daktilitas terkecil yaitu 5,07. Dengan demikian apabila daktilitas semakin besar maka kekakuannya juga semakin besar sehingga kerusakan yang terjadi pada struktur akan lebih kecil.
- Dari analisa daktilitas maka disimpulkan bahwa link dengan panjang 0,6 m merupakan link yang paling optimum digunakan.
- Dari hasil Abaqus terlihat hasil analisa diagram tegangan regangan. Link dengan panjang 0,6 memiliki tegangan dan regangan yang lebih tinggi dibanding link yang lain.
- Pada proses leleh dan runtuh, elemen EBF akan terkena leleh terlebih dahulu yaitu link. Selanjutnya kolom dan balok.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bambang Budiono, Yurisman, Nidiasari, 2011, **Perilaku Link Panjang Dengan Pengaku Diagonal Badan Pada Sistem Struktur Rangka Baja Tahan Gempa.**
- [2] Engelhardt, Michael D, Popov, Egor P, 1989, **On Design of Eccentrically Braced Frames, Earthquake Spectra Vol.5, No.3.**
- [3] Jeffrey W. Berman, Michael Bruneau, 2008, **Turbular Links for Eccentrically Braced Frames.**
- [4] Hardiyanti, Fitri, Studi Perilaku Non Linear Perbandingan panjang Link Pada *Eccentrically Braced Frame* dengan Program *Bantu Finite Element Analysis*, Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2012).