

STUDI NUMERIK KINERJA BALOK BAJA DENGAN VARIASI JARAK PENGAKU

Dimas Wicahyadi^{1✉}, Maiyozzi Chairi², Rita Nasmirayanti³

^{1,2,3}Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

wicahyadidimas@gmail.com

Abstract

Steel is one much used as material progress in the construction sector. Steel having the proper-ties of mechanical the use of can become the excess. But in steel profile there are various size so should be adapted to the needs of. One with modification in beams link on a system the steel structure earthquake (EBF) in additional to stiffener. The purpose of this research is analyzing the structure links given the stiffener with displacement control. Analysis in a steel profile IWF 200.100.5,5.8 using program Msc. Patran/Nastran. Based on the analysis of variations in distance or stiffener conducted on a body of and wings link make a difference does not appear to have a significant impact on a curve the displacement vs. load. Based on modeling done variation best obtained is a variant on S-02 with strength of 164,792 kN, stiffness of 5493,09 N/mm and ductility of 1,220.

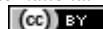
Keywords: stiffener, strength, stiffness, ductility, earthquake

Abstrak

Baja merupakan salah satu material yang banyak digunakan seiring kemajuan di bidang konstruksi. Baja memiliki sifat-sifat mekanis yang dapat menjadi kelebihan dalam penggunaannya. Namun pada baja profil terdapat berbagai ukuran sehingga perlu penyesuaian dengan kebutuhan. Salah satunya dengan modifikasi di balok link pada sistem struktur baja tahan gempa EBF dengan tambahan pengaku (*stiffener*). Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis kinerja struktur link yang diberikan pengaku (*stiffener*) dengan *displacement control*. Analisis pada profil baja IWF dengan ukuran 200.100.5,5.8 menggunakan program Msc. Patran/Nastran. Berdasarkan analisis didapatkan variasi jarak pengaku yang dilakukan pada badan dan sayap link ternyata tidak memberi pengaruh yang signifikan terhadap kurva perpindahan vs beban. Namun berdasarkan pemodelan yang dilakukan variasi terbaik yang didapatkan adalah variasi pada S-02 dengan kekuatan (*strength*) sebesar 164.792 kN, kekakuan (*stiffness*) sebesar 5493,09 N/mm, dan duktilitas (*ductility*) sebesar 1,220.

Kata kunci: pengaku , kekuatan, kekakuan, duktilitas, Gempa

CEC is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Pesatnya perkembangan dalam dunia konstruksi, bangsa Indonesia dituntut untuk mampu menghadapi segala bentuk kemajuan serta tantangan pada era globalisasi. Sehingga mendorong pertumbuhan ekonomi dan berdampak terhadap pesatnya pembangunan pada saat ini. Hal ini membuat para perencana harus mampu merancang bangunan yang kuat dan tahan terhadap segala macam bentuk perubahan kondisi lingkungan. Dalam menentukan komponen-komponen struktur, beberapa hal harus dipertimbangkan, seperti kekuatan yang cukup, stabilitas, ekonomis, dan daya tahan. Salah satu material bangunan yang banyak digunakan pada saat ini adalah baja. Pemilihan material baja dalam berbagai perencanaan bangunan dinilai memiliki banyak kelebihan yang dapat mempermudah dalam pembangunan. Baja dapat digunakan sebagai komponen tekan maupun lentur pada struktur. Bentuk penampang baja lebih mudah dibentuk untuk memenuhi semua persyaratan. Namun pada penampang yang umum digunakan lebih ramping

karena berbeda dari balok yang bekerja memikul lentur. Dimensi penampang balok yang umumnya sangat ramping berpotensi mengakibatkan terjadinya ketidakstabilan berupa deformasi keluar dari arah bidang pembebanan pada balok. Penampang baja yang digunakan tidak boleh terlalu langsing (terlalu tipis dan lebarnya pendek) agar tidak mengakibatkan tekuk lokal, yaitu keadaan dimana pelat sayap mengalami tekuk, sedangkan struktur lainnya masih aman. Oleh karena itu, keberadaan pengaku (*stiffener*) dalam jumlah yang cukup disepanjang balok dapat meminimalisir terjadinya tekuk pada pelat sayap (*flange*). Pada penelitian ini yang menjadi pembahasan adalah studi analisa balok baja tipe profil I terhadap variasi jarak pengaku yang dibuatkan pada profil baja tersebut. Kemudian, penelitian menganalisis mengenai kinerja struktur pada struktur baja yang direncanakan, kinerja struktur akan dianalisis menggunakan perangkat lunak Msc. Patran/Nastran. Sehingga hasil analisis tersebut digunakan untuk memperoleh nilai kurva perbandingan perpindahan vs. beban. Tautan baja tahan karat austenitik dapat memberikan solusi menarik bagi sistem EBF yang meningkatkan perilaku

keseluruhannya selama episode terkait disipasi energy [1]. link berbentuk I tanpa bracing lateral dapat memberikan respon yang stabil ketika rasio panjang link kurang dari 1,15. Selain batas ini, rasio kapasitas tekuk kritis elastis terhadap kapasitas geser plastis harus lebih besar dari 3,5 dan 2,5 untuk link dengan dan tanpa gaya aksial, masing-masing [2]. Sambungan geser pada rangka EBF meningkatkankekakuan rangka yang pada gilirannya menghasilkan permintaan geser dasar yang tinggi. Perilaku pasca leleh dari rangka EBF dapat ditingkatkan dengan perincian yang tepat dari sambungan balok-kolom dan sambungan tautan yang menegaskan bahwa kinerja rangka EBF lebih unggul daripada rangka SMRF di area seismic [3]. Slit link beam adalah balok penghubung dimana badan balok dibagi menjadi beberapa link vertikal menggunakan celah/bukaan. sistem yang diusulkan memiliki kapasitas disipasi energi yang tinggi, ketika keterbatasan penelitian ini untuk geometri balok link celah dan rangka bresing diamati. Akibatnya, rangka bresing eksentrik yang dirancang dengan baik dengan balok penghubung celah dapat digunakan sebagai sistem penahan beban lateral yang efisien dan dapat memiliki keunggulan dibandingkan balok penghubung konvensional, ketika balok penghubung panjang [4]. Kemampuan struktur untuk menyerap dan menahan beban ekstra setelah pelepasan tiba-tiba komponen struktur di masing-masing keadaan diperiksa, dan kapasitas dan daktilitasnya dibandingkan. Menurut hasil, baik sistem EBF dan CBF dapat menahan keruntuhan progresif. Selain itu, dalam sistem CBF, sementara penampang bresing berkurang, daktilitas struktur CBF meningkat [5]. EBF menunjukkan tingkat kinerja 'Keselamatan Hidup' untuk Gempa Basis Desain (DBE) tetapi gagal mencapai kinerja 'Pencegahan Runtuh' yang diinginkan pada Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan (MCE). Kinerja bangunan dengan sistem penahan beban lateral ganda, ditingkatkan tetapi masih belum memuaskan sepanjang satu arah pada tingkat bahaya MCE. Makalah ini membahas kemanjuran pedoman desain model yang diusulkan untuk penerapan pembebangan lateral dan masalah potensial dalam desain bangunan EBF yang memuaskan [6]. Perilaku yang sangat baik dari Rangka Berpengaku Eksentrik (*Eccentrically Braced Frames*) menggunakan tautan geser telah menjadikan sistem ini sebagai alternatif yang efektif baik untuk rangka pemikul momen maupun struktur dengan breising konsentrasi [7]. Pembebangan siklik secara kuasi-statik dengan kontrol perpindahan dilakukan terhadap ketiga spesimen link hingga mencapai keruntuhan. Kurva histeretik yang dihasilkan menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan pada kedua upaya perbaikan, meliputi: kekuatan, daktilitas, dan disipasi energy [8]. Besarnya tegangan sisa dan distribusi yang dihasilkan dari proses pengelasan di dalam dan sekitar daerah k elemen link Besarnya tegangan sisa sebesar 185 Mpa dan 160 Mpa pada arah longitudinal dan transversal searah dengan pengelasan kaki las antara badan dan

sayap dengan luas daerah tegangan 8 kali tebal sayap. Pengelasan tegak lurus dari weld toe menghasilkan tegangan sisa sebesar 162 Mpa dan 145 Mpa dalam arah longitudinal dan transversal dengan luas daerah tegangan 4 kali lipat dari tebal sayap. Besarnya tegangan sisa dan lebar daerah tegangan menunjukkan daerah k sebagai daerah yang rentan terhadap terjadinya retak awal, yang dapat menurunkan kinerja link. Membuat celah pengelasan 4 sampai 5 kali dari ketebalan sayap antara pengaku dan sayap dapat meningkatkan kinerja sambungan karena dapat meminimalkan besarnya tegangan sisa dan distribusi [9]. Konfigurasi bresing sangat mempengaruhi respon sistem EBF karena perilaku yang terjadi pada link beam, oleh karena itu pemilihan jenis konfigurasi bracing juga penting dalam desain struktur sistem EBF [10]. Model elemen hingga dari rangka baja berpengaku eksentrik berkekuatan tinggi dengan tautan variabel penampang yang dapat diganti ditetapkan, dan daya dukung, kekakuan, rotasi plastik, distribusi plastik, dan mekanisme bantalan lainnya dari struktur dipelajari dengan pembebanan siklik . Panjang daerah yang mengkonsumsi energi (e), kekuatan baja link dan komponen lainnya, dan panjang link yang dapat diganti (e') dibandingkan dan dianalisis dengan memperhatikan kinerja seismik struktur. Hasilnya sangat penting untuk memahami dan mengeksplorasi mekanisme gaya, karakteristik disipasi energi dari link baru dengan penampang variabel yang dapat diganti, dan kinerja seismik dari rangka baja dengan bresing eksentrik kekuatan tinggi, dan juga memberikan referensi untuk penelitian selanjutnya [11]. Ketika jumlah batang pengikat bertambah, nilai perpindahan menurun. Juga hasil yang diperoleh dari model numerik yang dikembangkan memiliki keselarasan dengan eksperimen. Selain itu, sistem perancah dengan dua batang pengikat di awal dan di ujung rangka bidang memiliki kinerja struktural yang optimal dibandingkan hasil yang diperoleh untuk kondisi sistem perancah lainnya [12]. Pada setiap kegagalan atau keruntuhan pada struktur harus terjadi kerusakan dahulu pada link. Konsep desain SRBE adalah link ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak, sedangkan elemen lain tetap berada dalam kondisi elastic [13]. parameter kelansungan badan (h/tw) , kelansungan sayap (bf/2tf), dan penempatan pengaku secara diagonal mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kinerja Link, sedangkan jarak plat pengaku lateral tidak mempunyai pengaruh yang berarti. Hasil analisis terhadap perilaku seismik Link geser dinyatakan dalam bentuk kurva beban vs perpindahan. Dari hasil kajian ini dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan Link dengan kinerja yang lebih baik dapat dilakukan dengan cara modifikasi terhadap penampang dan melakukan rekayasa terhadap geometrik pengaku badan (pengaku vertikal dan diagonal) [14]. pengaku diagonal badan dapat meningkatkan kinerja link geser dalam hal: kekuatan kekakuan dan dissipasi energi dalam menahan beban

lateral. Namun, perbedaan nilai daktilitas antara link geser dengan pengaku diagonal badan dan link geser yang direncanakan sesuai standar AISC tidak begitu signifikan. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa ketebalan pengaku diagonal dan model geometrik pengaku tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap kinerja link geser [15]. kekuatan lebih yang lebih tinggi (1,80-2,00) daripada yang biasanya diharapkan berdasarkan literatur pengujian tautan sebelumnya (1,50), dan akan membutuhkan faktor yang sesuai untuk digunakan dalam desain. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memastikan penyebab overstrength tersebut, karena data yang tersedia saat ini tidak memberikan jawaban yang pasti [16]. Regangan baut sambungan *link-to-beam* paling tinggi, sedangkan regangan baut sambungan balok-kolom dan kolom-ke-brressing lebih kecil. Sistem struktur ini menunjukkan kapasitas disipasi energi yang lebih tinggi dan manfaat ekonomi yang baik [17]. Pengaku diagonal badan dapat meningkatkan kinerja link panjang dalam hal : kekuatan kekakuan dan dissipasi energi dalam menahan beban lateral. Namun, perbedaan perilaku antara link panjang dengan pengaku diagonal badan dan link panjang yang direncanakan sesuai standar AISC tidak begitu signifikan [18]. Gedung dengan tambahan pengaku diagonal memiliki nilai perpindahan yang lebih kecil dibanding struktur gedung terbuka. Gedung dengan tipe pengaku diagonal X-Bracing mampu mereduksi perpindahan paling besar dengan presentase 30,78% untuk gedung 5 lantai dan 18,84% untuk gedung 15 lantai. Taraf kinerja struktur bangunan 5 lantai termasuk dalam Immediate Occupancy untuk semua variasi pengaku diagonal. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan tipe pengaku diagonal X-Bracing paling efektif dapat meningkatkan kekakuan, kekuatan dan stabilitas struktur [19]. Saat Pembebanan diberikan secara monotonik dan siklik dengan kontrol perpindahan kinerja struktur portal EBF-D link geser berpengaku badan diagonal lebih baik dibandingkan dengan berpengaku vertikal dari segi kekuatan, kekakuan, daktilitas maupun penyerapan energi dissipasi akibat beban gempa. Jarak optimal antara pengaku badan vertikal yang menggunakan pengaku diagonal diusulkan sebesar 1,6 (30tw-d/5) dengan ketebalan minimum pengaku badan diagonal 5,5 mm atau sama dengan tebal badan dan 8 mm untuk tebal minimum pengaku vertical [20].

1.1 Struktur Baja Tahan Gempa

Terdapat beberapa jenis portal baja yang ramah gempa. Secara umum terdapat dua jenis portal baja ramah gempa, yaitu *Braced Frames* dan *Moment Resisting Frames*. Sistem *Moment Resisting Frames* (MRF) dapat memberikan ruang yang besar dalam sebuah bangunan. Oleh karena itu system ini banyak digunakan oleh arsitek pada struktur Gedung yang membutuhkan ruang yang luas. *Braced Frames* memiliki elemen *bressing* sebagai peningkat kekakuan pada strukturnya. *Braced Frames* didesain untuk

mampu meminimalisir masalah kekakuan yang terdapat pada sistem MRF. Terdapat dua jenis portal *Braced Frames*, yaitu *Concentrically Braced Frames* (CBF) dan *Eccentrically Braced Frames* (EBF). Sistem CBF merupakan sistem struktur yang menahan beban lateral dengan kekakuan struktur tinggi. Elemen *bressing* pada sistem CBF berfungsi sebagai penambah kekakuan struktur karena dengan adanya *bressing*, deformasi struktur akan diperkecil sehingga kekakuan pada strukturnya meningkat. Sistem EBF merupakan sistem struktur penahan gaya seismik yang dinilai baik karena memiliki kapasitas yang merupakan kombinasi antara daktilitas yang tinggi dan kekakuan yang tinggi. Elemen struktur yang dinamakan link bertindak sebagai sekring (*fuse*) dalam struktur EBF yang direncanakan berperilaku inelastic.

1.2 Perilaku Link

Link adalah salah satu elemen yang terdapat dalam sistem EBF yang berperilaku sebagai balok pendek yang pada kedua sisinya bekerja gaya geser dengan arah yang berlawanan serta momen lentur yang diakibatkan oleh gaya geser tersebut.

1.3 Kekuatan

Dari analisis yang didapat, gaya geser dasar ultimate yang digunakan dalam membandingkan kekuatan (*strength*) pada EBF. Nilai kekuatan sendiri diambil berdasarkan *Pmax* yang didapatkan.

1.4 Kekakuan

Merupakan suatu kemampuan elemen untuk memikul beban tanpa menyebabkan deformasi secara permanen, kekakuan juga dapat didefinisikan sebagai hasil bagi antara beban dengan deformasi dalam daerah elastis dan dihitung dengan persamaan berikut:

$$K = P/\sigma \quad (1)$$

Dimana *K* merupakan kekakuan (N/mm). *P* merupakan beban (N). σ merupakan regangan (mm).

1.5 Daktilitas

Dapat disebut sebagai suatu ukuran kemampuan dari sebuah penampang dalam mengalami lendutan setelah kondisi leleh atau disebut juga dalam daerah plastis. Daktilitas dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\mu = \Delta m / \Delta y \quad (2)$$

Dimana μ merupakan daktilitas. Δm merupakan regangan pada kondisi ultimate (mm). Δy merupakan regangan pada kondisi leleh (mm).

2. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini digunakan baja profil IWF 200.100.5,5.8. Dengan Panjang link yang digunakan adalah 900 mm. Analisis dilakukan menggunakan program Msc. Patran/Nastran V.20 Student Edition.2.1. Organisasi Naskah

2.1 Permodelan Struktur

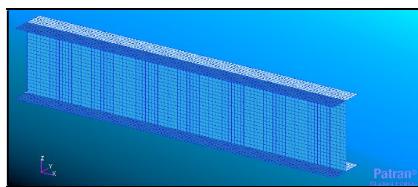
Dimodelkan 8 desain yang berbeda pada penampang yang sama. Berdasarkan masing-masing model, akan dilakukan variasi jarak pengaku (*stiffener*). Berikut variasi model jarak pengaku pada penelitian ini.

Tabel 1 Desain variasi jarak pengaku

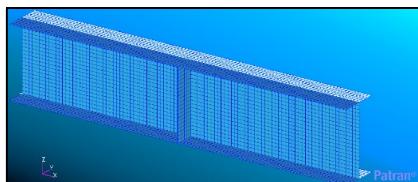
| No | Profil Baja WF (Tipe I) dengan ukuran 200 x 100 mm Variasi Jarak Pengaku | Nama Model |
|----|--|------------|
| 1 | Tanpa pengaku | S-01 |
| 2 | Jarak pengaku 1/2 L | S-02 |
| 3 | Jarak pengaku 1/3 L | S-03 |
| 4 | Jarak pengaku 1/4 L | S-04 |
| 5 | Dengan pengaku di kedua ujung | S-05 |
| 6 | Jarak pengaku 1/2 L + pengaku di kedua ujung | S-06 |
| 7 | Jarak pengaku 1/3 L + pengaku di kedua ujung | S-07 |
| 8 | Jarak pengaku 1/4 L + pengaku di kedua ujung | S-08 |

2.2 Meshing

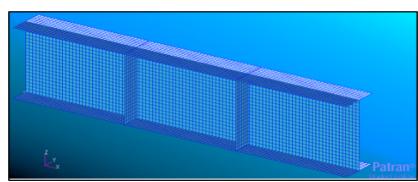
Merupakan termin dimana struktur yang kita modelkan dipecah sebagai elemen-elemen yang lebih kecil. Panjang element yang akan dimeshing adalah sebesar 8 mm. Berikut pemodelan struktur baja yang telah didesain tanpa pengaku (*stiffener*) dan dengan pengaku (*stiffener*) serta pemodelan ini telah dilakukan tahap meshing.



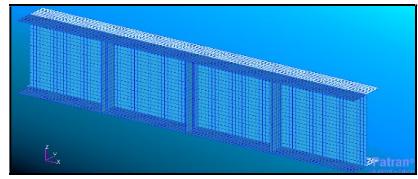
(a)



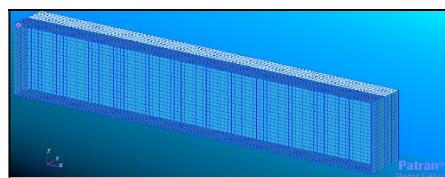
(b)



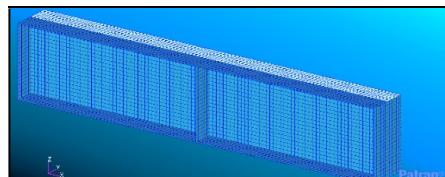
(c)



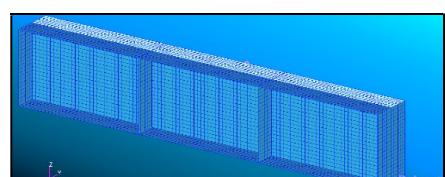
(d)



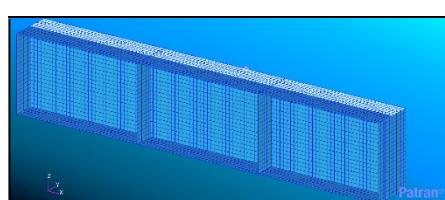
(e)



(f)



(g)



(h)

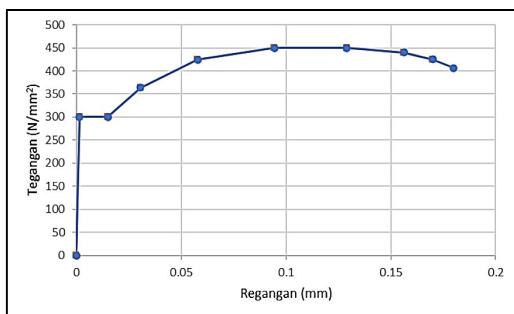
Gambar 1. Pemodelan baja profil IWF menggunakan Msc Patran/Nastran : (a) S-01; (b) S-02; (c) S-03; (d) S-04; (e) S-05; (f) S-06; (g) S-07; (h) S-08

2.3 Input Properties and Pembebaan

Properties yang dininputkan pada program Msc. Patran/Nastran berupa elastic modulus = 200.000 MPa dan Poisson ratio = 0,3. Pembebaan yang dikenakan pada benda uji dalam bentuk kontrol perpindahan (*displacement control*) secara bertahap. Untuk mendapatkan nilai parameter kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*) dan duktilitas (*ductility*) pemberian dilakukan secara statik monotonik dengan urutan 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, dan 30 mm. Hasil analisis dinyatakan dalam bentuk kurva hubungan beban vs. perpindahan yang disajikan pada Gambar 2 sedangkan hubungan tegan dan regangan di sajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Tegangan-Regangan

| Regangan | Tegangan |
|----------|----------|
| 0 | 0 |
| 0.0015 | 300 |
| 0.015 | 300 |
| 0.0306 | 364 |
| 0.0579 | 424 |
| 0.0944 | 450 |
| 0.1289 | 450 |
| 0.1563 | 440 |
| 0.17 | 425 |
| 0.18 | 406 |

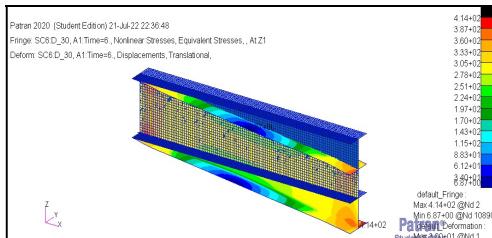


Gambar 2. Grafik data tegangan regangan

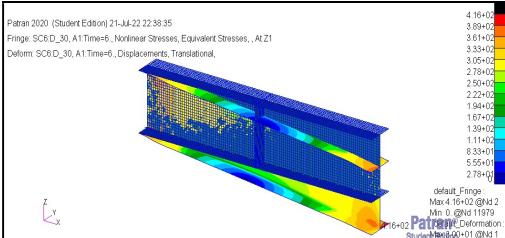
2.4 Analisis

2.4.1 Pengumpulan data

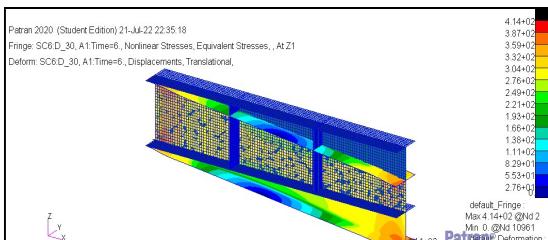
Setelah dilakukan *running* pada aplikasi Msc. Patran, maka kita dapat melihat keadaan struktur link balok setelah diberikan pembebanan seperti gambar berikut :



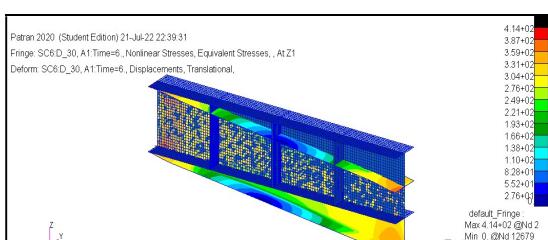
(a)



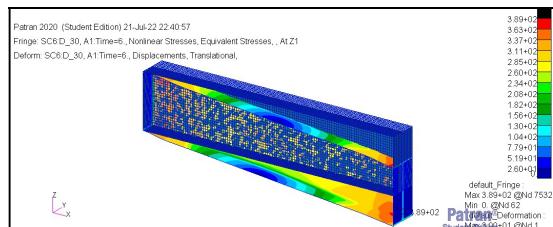
(b)



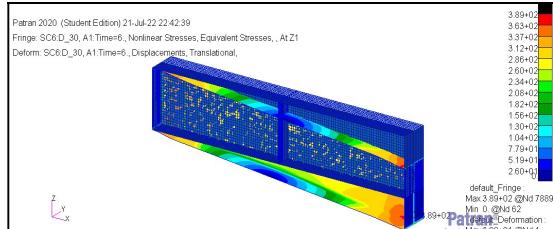
(c)



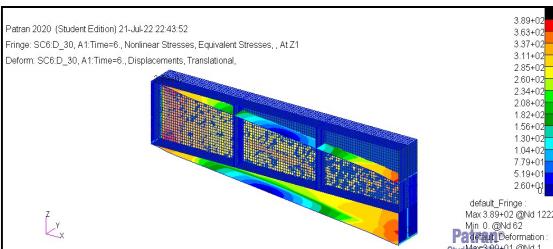
(d)



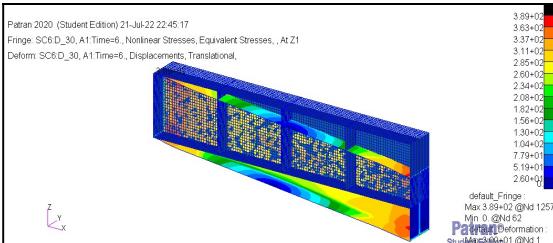
(e)



(f)



(g)

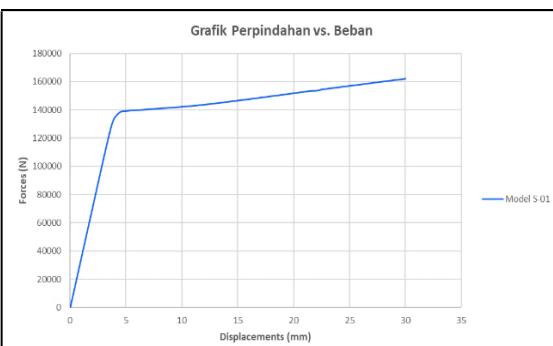


(h)

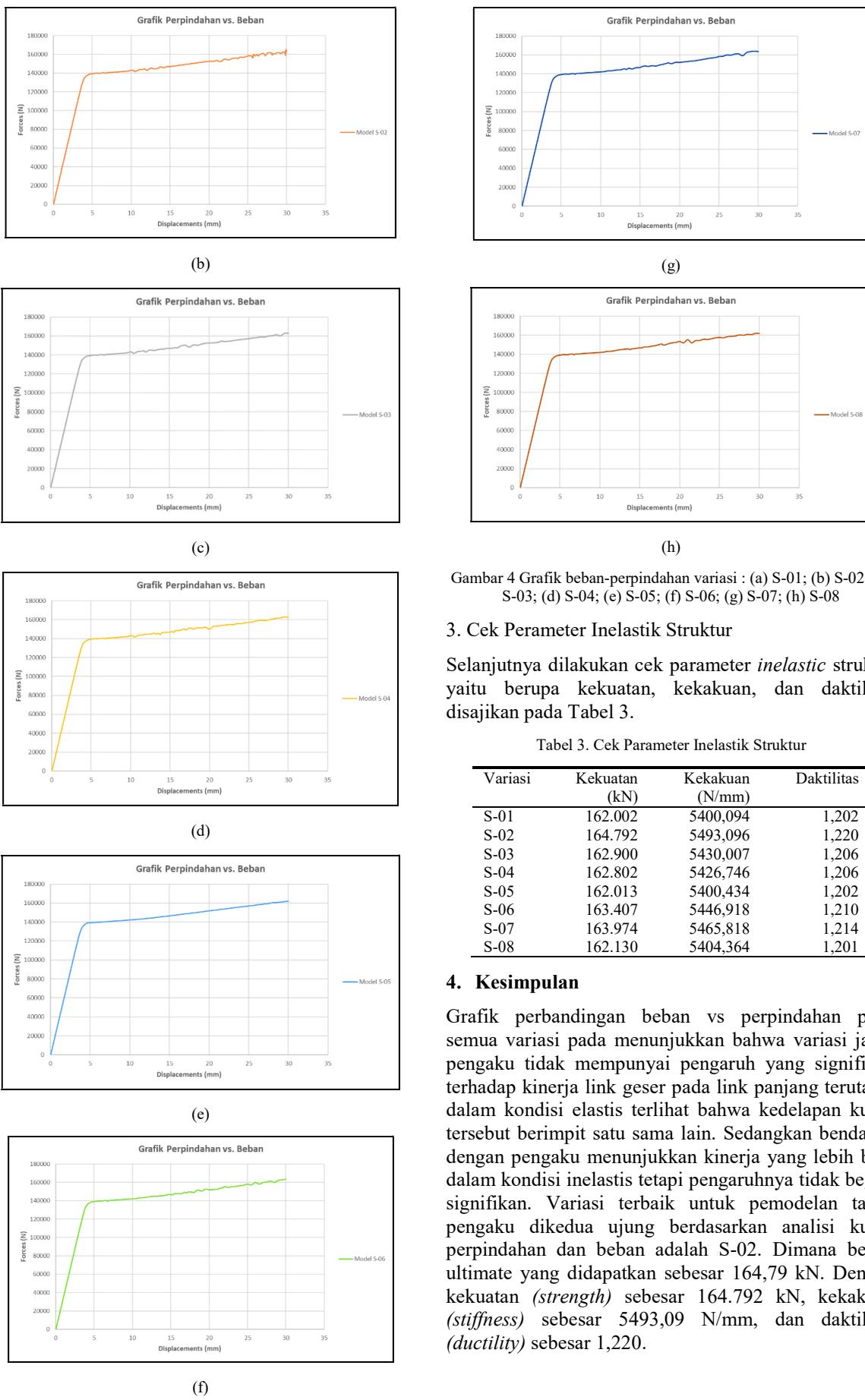
Gambar 3. Deformasi pada variasi : (a) S-01; (b) S-02; (c) S-03; (d) S-04; (e) S-05; (f) S-06; (g) S-07; (h) S-08

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil running maka akan didapatkan data output berupa nilai beban dan perpindahan yang dapat ditampilkan dalam grafik sebagai berikut :



(a)



Gambar 4 Grafik beban-perpindahan variasi : (a) S-01; (b) S-02; (c) S-03; (d) S-04; (e) S-05; (f) S-06; (g) S-07; (h) S-08

3. Cek Perameter Inelastik Struktur

Selanjutnya dilakukan cek parameter *inelastic* struktur yaitu berupa kekuatan, kekakuan, dan duktilitas disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Cek Parameter Inelastik Struktur

| Variasi | Kekuatan (kN) | Kekakuan (N/mm) | Duktilitas |
|---------|---------------|-----------------|------------|
| S-01 | 162,002 | 5400,094 | 1,202 |
| S-02 | 164,792 | 5493,096 | 1,220 |
| S-03 | 162,900 | 5430,007 | 1,206 |
| S-04 | 162,802 | 5426,746 | 1,206 |
| S-05 | 162,013 | 5400,434 | 1,202 |
| S-06 | 163,407 | 5446,918 | 1,210 |
| S-07 | 163,974 | 5465,818 | 1,214 |
| S-08 | 162,130 | 5404,364 | 1,201 |

4. Kesimpulan

Grafik perbandingan beban vs perpindahan pada semua variasi pada menunjukkan bahwa variasi jarak pengaku tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kinerja link geser pada link panjang terutama dalam kondisi elastis terlihat bahwa kedekapan kurva tersebut berimpit satu sama lain. Sedangkan benda uji dengan pengaku menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam kondisi inelastis tetapi pengaruhnya tidak begitu signifikan. Variasi terbaik untuk pemodelan tanpa pengaku dikedua ujung berdasarkan analisis kurva perpindahan dan beban adalah S-02. Dimana beban ultimate yang didapatkan sebesar 164,79 kN. Dengan kekuatan (*strength*) sebesar 164,792 kN, kekakuan (*stiffness*) sebesar 5493,09 N/mm, dan duktilitas (*ductility*) sebesar 1,220.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Ir. Yurisman Bachtiar, M.T. yang telah mengarahkan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

Daftar Rujukan

- [1] Chacón, Rolando & Mirambell, Enrique & vega, alex. (2019). Numerical study on stainless steel I-shaped links on eccentrically braced frames. *Journal of Constructional Steel Research.* 159. 67-80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcsr.2019.04.014>
- [2] Özklıç, Yasin & Zeybek, Özer & Topkaya, Cem. (2021). Stability of laterally unsupported shear links in eccentrically braced frames. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics.* <http://dx.doi.org/10.1002/eqe.3593>
- [3] David, Rinu & N. Sarif. (2021). Seismic performance of eccentrically braced frames. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 989. 012021. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/989/1/012021>
- [4] Askariani, Seyed Saeed & Garivani, Sadegh & Aghakouchak, A.. (2020). Application of slit link beam in eccentrically braced frames. *Journal of Constructional Steel Research.* 170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.106094>
- [5] Naji, Arash. (2019). Progressive Collapse Analysis of Steel Braced Frames. *Practice Periodical on Structural Design and Construction.* 24. 1-9. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000414](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000414)
- [6] Lian, Ming & su, Mingzhou & Guo, Yan. (2015). Seismic performance of eccentrically braced frames with high strength steel combination. *Steel and Composite Structures.* 18. 1517-1539. <http://dx.doi.org/10.12989/scs.2015.18.6.1517>
- [7] Ghamari, Ali & Bouwkamp, Jack & Vetr, Mohammad. (2017). Investigating the nonlinear behavior of Eccentrically Braced Frame with Vertical shear links (V-EBF). *Journal of Building Engineering.* 10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2017.02.002>
- [8] Moestopo, Muslinang & Panjaitan, M.. (2012). Kajian Eksperimental Peningkatan Kinerja Link Geser pada Sistem Rangka Baja Berpengaku Eksentrik. *Jurnal Teknik Sipil.* 19. 93. <http://dx.doi.org/10.5614/jts.2012.19.2.1>
- [9] Ghamari, Ali & Bouwkamp, Jack & Vetr, Mohammad. (2017). Investigating the nonlinear behavior of Eccentrically Braced Frame with Vertical shear links (V-EBF). *Journal of Building Engineering.* 10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2017.02.002>
- [10] Rafael, Jusuf & Lukas, Alva. (2020). Comparison Study Of Bracing Configuration With Shear Link In Eccentrically Braced Frame Steel Structure. *Journal Innovation of Civil Engineering (JICE).* 1. 7. <http://dx.doi.org/10.33474/jice.v1i1.9058>
- [11] Li, Xiaolei & Fan, Bin & Li, Shen & Liang, Gang & Xi, Hong. (2022). Finite Element Parametric Analysis of High-Strength Eccentrically Braced Steel Frame with Variable-Cross-Section Replaceable Link. *Applied Sciences.* 12. 9447. <http://dx.doi.org/10.3390/app12199447>
- [12] Arslan, Güray & Sevim, Barış & Bekiroglu, Serkan. (2017). Determination of structural performance of 3D steel pipe rack suspended scaffolding systems. *Structural Engineering and Mechanics.* 64. 671-681. <http://dx.doi.org/10.12989/sem.2017.64.5.661>
- [13] Deded Eka Sahputra, & Aniendhita Rizki Amalia. (2022). Modifikasi Struktur Gedung Menara Parkson Menggunakan Struktur Baja dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik. *Civil Engineering Collaboration,* 7(1), 14-21. <https://doi.org/10.35134/jcivil.v7i1.35>
- [14] Yurisman, Yurisman & Army, Buyung & Sari, Desnila & Chairi, Maiyozi. (2022). Kajian Numerik Perilaku Seismik Link Geser Pada Sistem Struktur Baja Tahan Gempa Tipe EBF. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand).* 17. 204. <http://dx.doi.org/10.25077/jrs.17.3.204-217.2021>
- [15] Yurisman, Yurisman & Budiono, Bambang & Moestopo, Muslinang & Suarjana, Made. (2010). Kajian Numerik Terhadap Kinerja Link Geser dengan Pengaku Diagonal pada Struktur Rangka Baja Berpenopang Eksentrik (EBF). *Jurnal Teknik Sipil.* 17. 25. <http://dx.doi.org/10.5614/jts.2010.17.1.3>
- [16] Volynkin-Ewens, Dmitry & Dusicka, Peter & Clifton, George. (2019). Intermediate Web Stiffener Spacing Evaluation for Shear Links. *Journal of Structural Engineering (United States).* 145. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0002244](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002244)
- [17] Shi, Qiang & Yan, Shilin & Wang, Xinwu & Sun, Haisu & Zhao, Yan. (2020). Seismic Behavior of the Removable Links in Eccentrically Braced Frames with Semirigid Connections. *Advances in Civil Engineering.* 2020. 1-26. <http://dx.doi.org/10.1155/2020/9405107>
- [18] Yurisman, Yurisman & Budiono, Bambang & Nidiasari, Nidiasari & Misriani, Merley & Suardi, Enita. (2018). Kajian Numerik terhadap Perilaku Seismik Link Panjang dengan Pemasangan Pengaku Diagonal Badan pada Sistem Struktur Rangka Baja Tahan Gempa Tipe Eccentrically Brace Frames (EBF). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil.* 15. 106-117. <http://dx.doi.org/10.30630/jirs.15.2.131>
- [19] Halim, Clement & Wibowo, Leonardus & Cahyono, Muhammad & Ray, Norman. (2020). Studi Pengaruh Variasi Tipe Pengaku Diagonal Pada Struktur Bangunan Baja Bertingkat Terhadap Perpindahan Lateral. *Narotama Jurnal Teknik Sipil.* 4. 21-29. <http://dx.doi.org/10.31090/njts.v4i1.1043>
- [20] Kurdi, Kurdi & Budiono, Bambang & Yurisman, Yurisman. (2013). Studi Numerik Usulan Jarak Pengaku Badan Diagonal Link Geser pada Struktur Baja Eccentrically Braced Frame Type-D. *Jurnal Teknik Sipil.* 20. 87. <http://dx.doi.org/10.5614/jts.2013.20.2.2>