

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Indonesia memiliki beberapa riwayat gempa bumi, dikarenakan Indonesia berada pada wilayah *Ring of Fire* (wilayah yang sering mengalami letusan gunung berapi dan gempa bumi), yang paling besar adalah gempa Aceh tanggal 25 Desember 2004 dengan magnitude 9,1-9,3 SR. Yang terbaru adalah gempa Lombok dengan kekuatan 7 SR pada tanggal 5 Agustus 2018 dan gempa Palu dengan kekuatan 7,4 SR pada tanggal 28 September 2018 yang diiringi dengan likuifaksi dan tsunami sehingga sangat menyebabkan keruntuhan dan kerusakan bangunan. Dan sampai saat ini pun gempa bumi masih terus melanda berbagai wilayah di Indonesia dengan skala dan kekuatan yang tidak dapat diperkirakan besarnya. Informasi mengenai 20 gempa besar di dunia dirangkum oleh USGS (*United States Geological Survey*). <http://earthquake.usgs.gov>

Data yang lebih mengejutkan bahwa 25% dari gempa besar di dunia terjadi di wilayah Indonesia. Hal ini secara tegas menyatakan bahwa wilayah dunia yang mempunyai intensitas gempa paling tinggi adalah Jepang, Indonesia, dan Selandia Baru (*General Organization of Japan, 2014*).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) Gempa terbaru (1726-2019) tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, struktur bangunan penahan gempa pada umumnya direncanakan dengan mengaplikasikan konsep daktilitas. Salah satu material untuk memenuhi persyaratan struktur tahan gempa yang memiliki daktilitas tinggi adalah struktur baja yang disebut juga dengan sistem struktur baja tahan gempa. Material baja memiliki keunggulan dalam pelaksanaan konstruksi yaitu lebih mudah, lebih praktis dalam melakukan pendetailan dan sambungan, serta lebih cepat dalam

pengerjaan. Kekurangan didapatkan karena konstruksi baja dikenal dengan biaya yang relatif mahal, dan lebih kompleks untuk perencanaan konstruksi baja tahan gempa.

Saat ini terdapat 3 macam tipe system struktur baja tahan gempa yang umum digunakan, yaitu sistem rangka pemikul momen (*Moment Resisting Frame*), rangka berpengaku konsentris (*Concentrically Braced Frame*), dan rangka berpengaku eksentrik (*Eccentrically Braced Frame*). Rangka berpengaku eksentrik (EBF) adalah penahan gaya seismik yang dianggap baik karena kombinasi daktilitas yang besar dan kekakuan yang tinggi (Ghobarah & Ramadhan 1990, J. Binder 2017). Sistem EBF menahan beban lateral melalui kombinasi dari aksi rangka yang disediakan oleh sambungan balok kolom dan aksi truss (rangka batang) yang dihasilkan oleh elemen penguat diagonal (bracing). Dengan kata lain dapat dilihat sebagai sistem hybrid antara *Moment Resisting Frame* (MRF) dan *Concentrically Braced Frame* (CBF). EBF menyediakan daktilitas yang tinggi seperti MRF dengan konsentrasi aksi inelastis pada *link*, dan pada saat yang sama memberikan tingkat kekakuan elastis seperti yang diberikan oleh CBF (Danesmand & Hashemi, 2011).

Beberapa penelitian *link* pendek pada system EBF dianggap paling efektif dalam melakukan proses disipasi energy gempa yang masuk pada struktur dibawah pembebanan siklik. AISC 2016 menetapkan nilai rotasi inelastis rencana untuk link geser ($e \leq 1,6 \text{ Mp/Vp}$) sebesar 0,08 radian dan untuk link panjang ($e > 2,6 \text{ Mp/Vp}$) ditetapkan sebesar 0,02 radian. Sedangkan link dengan rasio panjang $1,6 < \rho < 2,6 \text{ Mp/Vp}$ diklasifikasikan sebagai link perantara (*intermediate*). Engelhardt dan popov (1989) melaporkan bahwa interaksi momen-geser memiliki efek penting pada perilaku link perantara, sedangkan link pendek dan panjang umumnya tidak terpengaruh. Link panjang mempunyai sudut deformasi yang lebih kecil daripada link pendek tetapi mempunyai nilai daktilitas dan disipasi energy yang lebih kecil. Dan dilihat dari segi arsitektural pemasangan link yang lebih panjang akan

memberikan ruang yang lebih luas untuk dimanfaatkan sebagai area bukaan seperti pintu dan jendela. (C.W. Roeder, E.P. Popov, 1977;1978); (K.D. Hjelmstad, E.P. Popov, 1983).

Menurut Ghobarah, Ramadhan, (1990), kinerja link panjang dapat ditingkatkan dengan penambahan tebal penampang dan tebal pengaku badan, namun metode ini dapat diterapkan hanya terhadap link yang panjangnya hingga mencapai 1,4 kali panjang kritis link geser. Masih oleh Ghobarah dan Ramadhan (1991), perilaku seismik link panjang dapat ditingkatkan dengan meningkatkan ketebalan sayap, dalam hal ini, ketebalan pengaku juga harus ditingkatkan. Dalam sebuah studi oleh Chegeni dan Mohebkha (2014), mereka mengusulkan dua metode untuk meningkatkan kapasitas rotasi elastis link panjang: menggunakan pengaku perantara ekstra dan menggunakan pengaku diagonal di ujung link. Musbar dkk (2018) juga mengusulkan penempatan pengaku ganda tambahan sejajar dengan badan di ujung link.

Hingga saat ini, penelitian mengenai link panjang pada sistem EBF masih terbatas, terutama dalam hal pengembangan metode perkuatan untuk meningkatkan kinerja seismiknya. Meskipun link panjang memberikan keuntungan dari sisi deformasi dan fleksibilitas arsitektural, elemen ini memiliki kelemahan dalam kapasitas disipasi energi. Belum banyak studi yang mengkaji secara komprehensif pengaruh modifikasi seperti penambahan ketebalan sayap dan pengaku terhadap peningkatan kekuatan, kekakuan, dan daktilitas, serta dampaknya terhadap disipasi energi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menjembatani kesenjangan tersebut.

Keterbaruan dalam penelitian ini diharapkan bisa menjadi alternatif dalam penggunaan link Panjang, yang bisa dipakai pada struktur bangunan dengan arsitektur terbatas agar lebih leluasa dalam bukaan pintu serta jendela, dan dengan sudut deformasi yang lebih kecil daripada link Panjang. Perkiraan penambahan ketebalan sayap (untuk link lentur), penambahan

pengaku diagonal (efektif terhadap link pendek), maupun penempatan pengaku vertikal (sesuai standar AISC 341-16) diharapkan bisa menjadi alternatif penggunaan link Panjang baru yang kinerjanya lebih meningkat dibanding link pendek, tanpa mengorbankan sudut rotasinya.

1.2. Masalah Penelitian

Data menyatakan bahwa 25% dari gempa besar di dunia terjadi di wilayah Indonesia (<http://earthquake.usgs.gov>). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) Gempa terbaru (1726-2019) tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, struktur bangunan penahan gempa pada umumnya direncanakan dengan mengaplikasikan konsep daktilitas. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji kinerja elemen yang disebut *link* panjang pada suatu sistem rangka baja EBF (*Eccentrically Braced Frames*). Disipasi energi gempa terjadi melalui proses plastifikasi pada elemen *link* (*fuse*). Pada saat terjadi gempa besar, elemen selain *link* harus tetap berperilaku elastis. Peneliti terdahulu lebih banyak melakukan fokus penelitian terkait kinerja link pendek, dan beberapa mengenai link menengah, dan link panjang. Beberapa penelitian lain juga membahas tentang kinerja sambungan pada link, jenis mutu material baja yang dipakai, model baja castella, dll. Penelitian yang akan diusulkan menggunakan benda uji link panjang pada EBF. Model kontrol sesuai standar AISC 341-16 dengan Panjang link yang disamakan dengan ke-empat benda uji variasi lainnya (rasio 3,9 Mp/Vp) yang termasuk link panjang. Variasi lain juga dicobakan, dengan ketentuan memperkirakan panjang bagian sayap yang dipertebal sebanyak $1/3L$. Oleh karena itu, usulan modifikasi menggunakan model perkuatan yang berada pada bagian sayap maupun badan diperlukan untuk meningkatkan kinerja link Panjang pada EBF. Sehingga dengan adanya link Panjang, akan dapat memberikan ruang yang lebih luas untuk area bukaan seperti pintu dan jendela, dan memberikan sudut deformasi yang lebih kecil dibandingkan link pendek (0,08 rad), tetapi bisa tetap memberikan kinerja seismik yang efektif.

1.3. Tujuan Penelitian

Maksud dilakukannya penelitian ini adalah dalam rangka mendapatkan sistem struktur EBF yang mempunyai kinerja yang terbaik melalui peningkatan kinerja elemen untuk *link* panjang dalam sebuah portal EBF.

Adapun penelitian ini memiliki **tujuan umum** yaitu : Mendapatkan sistem struktur EBF yang mempunyai kinerja optimum dengan cara menganalisis kinerja elemen link beserta variasi yang digunakan, berdasarkan parameter seismik (kekuatan, kekakuan, daktilitas, dan disipasi energi) secara eksperimental.

Tujuan khusus penelitian adalah mengajukan model perkuatan baru yang merepresentasikan hubungan kinerja seismik link panjang kontrol dengan variasi link panjang efektif.

1.4. Kontribusi Bagi Ilmu Pengetahuan

Untuk mendapatkan kondisi sistem struktur baja EBF dengan menggunakan link panjang. Diperlukan berbagai variasi penambahan agar kinerjanya bisa ditingkatkan. Hasil penelitian ini digunakan sebagai model perkuatan baru untuk *link* panjang pada bangunan dengan bantuan menggunakan sistem struktur baja tahan gempa (atau dengan perkuatan baja) menggunakan sistem EBF. Dengan adanya link panjang ini, akan dapat memberikan ruang yang lebih luas untuk area bukaan seperti pintu dan jendela, dan memberikan sudut deformasi yang lebih kecil dibandingkan link pendek, tetapi bisa tetap memberikan kinerja seismic yang efektif.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai peningkatan kinerja seismic *link* panjang efektif pada system EBF dengan variasi dan metode perkuatan yang diusulkan sehingga bisa dimanfaatkan sebagai alternatif bangunan baja tahan gempa yang diaplikasikan seperti pada jembatan, maupun pada bangunan bertingkat banyak.