

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Sistem struktur EBF yang didapatkan melalui analisis kinerja elemen link panjang beserta variasi yang digunakan, mempunyai kinerja optimum dengan nilainya adalah sebagai berikut :

a. Modifikasi penampang link panjang terbukti meningkatkan kapasitas kekuatan.

Dari hasil eksperimen, seluruh variasi perlakuan pada benda uji (LL-1 sampai LL-4) memberikan kenaikan kekuatan dibanding kondisi kontrol LL-0. Peningkatan kapasitas leleh berkisar 3,67% sampai 23,63% melalui pendekatan kurva EEEP sesuai ASTM E2126-11. Sedangkan peningkatan kekuatan pada siklus 7B (0,03 rad) mencapai 17,44% sampai 27,48%. Hal ini membuktikan bahwa: Penebalan flange dan pemberian stiffener efektif memperbesar momen lentur dan menunda pembentukan plastis awal pada link.

b. Peningkatan kekakuan awal dan kekakuan siklik terjadi pada semua perkuatan.

Semua benda uji modifikasi menunjukkan peningkatan kekakuan awal (K) dibanding LL-0. Pada siklus 7B, kekakuan juga tetap lebih tinggi daripada kontrol. Degradasi kekakuan LL-0 adalah yang terbesar (penurunan 32%), variasi modifikasi memiliki degradasi lebih kecil, LL-4 memiliki stabilitas kekakuan terbaik (penurunan 11%). Artinya: Pengaku diagonal dan vertikal membuat kurvatur plastis lebih merata dan mengurangi konsentrasi deformasi pada satu zona, akan tetapi cenderung terlalu kaku (*over-stiff*). Dari segi kinerja kekakuan keseluruhan, benda uji LL-4 dan LL-1 mengalami peningkatan kekakuan sebesar 25,34% dan 23,65%.

c. Daktilitas terkendala oleh tingkat kekakuan.

Benda uji modifikasi meningkatkan kekakuan namun menyebabkan penurunan daktilitas ultimate. Daktilitas 7B relatif sama dan tidak terdapat perbedaan signifikan untuk semua spesimen ($\mu \pm 1,49-1,54$), tetapi daktilitas ultimate turun untuk benda yang kaku berlebihan (LL-3 dan LL-4). Hal ini membuktikan: Semakin kaku link, semakin kecil rotasi plastis yang dapat berkembang sebelum terjadi kerusakan. Nilai daktilitas pada benda uji LL-1 walaupun tidak signifikan, mengalami peningkatan sebesar 2,00 %.

d. Disipasi energi menjadi lebih merata akibat pengaku.

LL-0 memiliki penyerapan energi terbesar pada siklus 7B, namun varian modifikasi menunjukkan energi kumulatif lebih stabil sepanjang siklus. Rasio energi 7B/kumulatif turun dari 37% (LL-0) menjadi 27–39% pada model modifikasi. Artinya: Modifikasi link menghasilkan respons yang lebih stabil dan terkontrol pada siklus 7B (0,03 rad), energi plastis tidak lepas bersamaan dalam satu siklus, melainkan terdistribusi mengikuti beban berulang. Namun secara siklus keseluruhan, disipasi energi pada benda uji modifikasi mengalami penurunan mencapai 22,44% (pada 0,03 rad) dibanding benda uji control (LL-0), ini masih bisa dikatakan layak karena berdasarkan pedoman AISC 341-16, batas izin sudut rotasi untuk link Panjang yaitu minimal 0,02 rad.

2. *SLL (Stiffened Long-Link)* adalah model perkuatan baru yang diusulkan pada penelitian ini.

Dari semua varian, *SLL-1* (LL-1) terbukti optimum karena: kekuatan, kekakuan, daktilitas meningkat, dan disipasi energi tetap memenuhi syarat walaupun mengalami penurunan luas kurva hysteresis. Hal ini dapat dievaluasi menggunakan analisis kurva dan persentase perubahan untuk semua parameter seismic yang diujikan. Peningkatan kekakuan elemen link berpotensi mengurangi simpangan antar lantai (*interstory drift*) pada struktur

bangunan, sementara peningkatan kekuatan memberikan margin keamanan yang lebih tinggi terhadap beban gempa. Dengan demikian, *SLL* tidak hanya berdampak pada level elemen, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan kinerja global struktur. Modifikasi yang diusulkan ini bersifat lokal dan dapat diterapkan menggunakan metode fabrikasi konvensional, seperti penambahan pelat sayap dan pengaku badan. Hal ini menunjukkan bahwa konsep *SLL* memiliki tingkat kemudahan konstruksi yang tinggi dan berpotensi untuk diimplementasikan dalam praktik rekayasa.

5.2. Saran

1. Desain sambungan harus ditingkatkan agar mampu mengikuti peningkatan kapasitas link.
Banyak kerusakan terjadi pada sambungan las sebelum mencapai kapasitas ultimate akibat: Perkuatan pada link tidak diikuti peningkatan kekuatan koneksi. Karena itu: perbaikan penetrasi las, quality control, backing bar, atau penggunaan sambungan alternatif direkomendasikan pada penelitian berikutnya.
2. Hindari modifikasi yang terlalu kaku.
Data menunjukkan LL-3 dan LL-4 memang kuat, tetapi daktilitas turun dan sambungan rusak lebih cepat. Karena itu modifikasi harus mempertimbangkan kombinasi kinerja antara kekakuan dan daktilitas, bukan peningkatan kekakuan semata.
3. Variasi *SLL* dapat dikembangkan lebih lanjut.
Meningkat adanya penurunan kapasitas disipasi energi, penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengoptimalkan konfigurasi *SLL* agar tetap mempertahankan atau meningkatkan kemampuan disipasi energi tanpa mengurangi kekakuan secara signifikan. Dua bidang kajian lanjutan yang disarankan yaitu optimasi rasio panjang stiffener terhadap panjang link (supaya plastisitas terjadi

di tengah link, bukan pindah ke sambungan). Dan Simulasi numerik 3D FEM untuk memodelkan *stress distribution* dan pola kurvatur plastis yang lebih detail.

4. Uji skala penuh dan uji numerik (skala penuh) direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya. Untuk mendapatkan korelasi energi, daktilitas, dan rotasi plastis pada kondisi yang lebih mendekati bangunan nyata.

