

# BAB V

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis numerik yang dilakukan dengan perangkat lunak *Abaqus*, didapatkan kesimpulan dari penerapan *fuse plate* pada breis pada kondisi tarik dan tekan.

#### 5.1.1 Kesimpulan Pada Kondisi Tarik

Pada kondisi tarik, didapat beberapa kesimpulan seperti sebagai berikut.

1. Penerapan *fuse plate* tipe *flat plate* pada breis terbukti efektif untuk diterapkan dikarenakan ragam kegagalan yang terjadi akibat pembebanan tarik sesuai dengan konsep desain *fuse plate* yaitu kegagalan leleh tarik pada *fuse plate* bagian inti.
2. Kelelahan pada breis akibat pembebanan tarik tidak dapat sepenuhnya dihindari. Ditemukan kelelahan pada daerah kepala baut breis yang ditandai dengan munculnya regangan plastis (*PEEQ*) pada daerah kepala baut breis. Besarnya regangan plastis bergantung pada besarnya rasio kekuatan breis/*fuse plate*. Rasio kekuatan yang semakin besar menyebabkan regangan plastis yang terjadi pada breis semakin kecil namun di saat yang bersamaan menurunkan kapasitas tarik *fuse plate*.
3. Rasio kekuatan breis/*fuse plate* ditentukan oleh tebal dan lebar *fuse plate*. Berdasarkan hasil analisis, rasio kekuatan yang optimal adalah sebesar 1.6 dikarenakan pada rasio kekuatan tersebut kelelahan pada breis masih masuk ke dalam batas toleransi yaitu dengan regangan plastis maksimum yang diizinkan sebesar 0.0038 sesuai dengan *EUL method*. Lebar *fuse plate* yang optimal adalah sebesar 0.6-0.7 dari lebar *fuse plate* pada daerah baut (atau lebar breis) dikarenakan lebar *fuse plate* yang terlalu sempit atau terlalu lebar akan menimbulkan regangan plastis pada breis yang sedikit lebih besar.

4. Perhitungan kekuatan tarik nominal *fuse plate* berdasarkan formulasi AISC ( $A_g \cdot f_y$ ) mengalami kecocokan dengan besarnya kekuatan tarik nominal *fuse plate* berdasarkan analisis numerik. Dengan begitu, perhitungan desain *fuse plate* berdasarkan  $A_g \cdot f_y$  dapat digunakan.

### 5.1.2 Kesimpulan Pada Kondisi Tekan

Pada kondisi tekan dengan pengaruh ketidak-sempurnaan diabaikan (atau deformasi ketidak-sempurnaan di bawah 0.4 mm), didapat beberapa kesimpulan seperti sebagai berikut.

1. Penerapan *fuse plate* tipe *flat plate* pada breis terbukti efektif untuk diterapkan dikarenakan ragam kegagalan yang terjadi akibat pembebanan tekan sesuai dengan konsep desain *fuse plate* yaitu kegagalan tekuk inelastis pada *fuse plate* bagian inti.
2. Konfigurasi *fuse plate* dengan panjang yang terlalu besar akan mengakibatkan struktur breis dengan *fuse plate* menjadi tidak stabil dan menyebabkan kegagalan secara global yang ditandai dengan kurva penurunan kekuatan tekan yang terlalu curam.
3. Tebal *fuse plate* menjadi parameter yang paling berkontribusi terhadap besarnya kapasitas tekan *fuse plate* sedangkan rasio panjang/tebal *fuse plate* ( $L_{fp}/t$ ) tidak berpengaruh signifikan terhadap besarnya kapasitas tekan *fuse plate* melainkan berpengaruh terhadap besarnya daktilitas *fuse plate*. Dengan begitu, rasio kekuatan tekan breis/*fuse plate* hanya ditentukan oleh tebal *fuse plate*. Rasio panjang/tebal *fuse plate* yang menghasilkan daktilitas yang cukup baik berada pada rentang 21-22 sedangkan rasio kekuatan breis/*fuse plate* dapat digunakan sedekat mungkin dengan 1 dikarenakan kelelahan tekuk yang terjadi pada *fuse plate* menyebabkan regangan plastis yang terjadi pada breis memiliki nilai yang sangat kecil.
4. Terdapat perbedaan antara kekuatan tekan nominal *fuse plate* yang dihitung berdasarkan formulasi AISC ( $A_g \cdot F_{cr}$ ) dengan kekuatan tekan nominal *fuse plate* berdasarkan analisis numerik sebesar 10-17% yang disebabkan oleh perbesaran luas penampang *fuse plate* dan kesalahan pada asumsi faktor

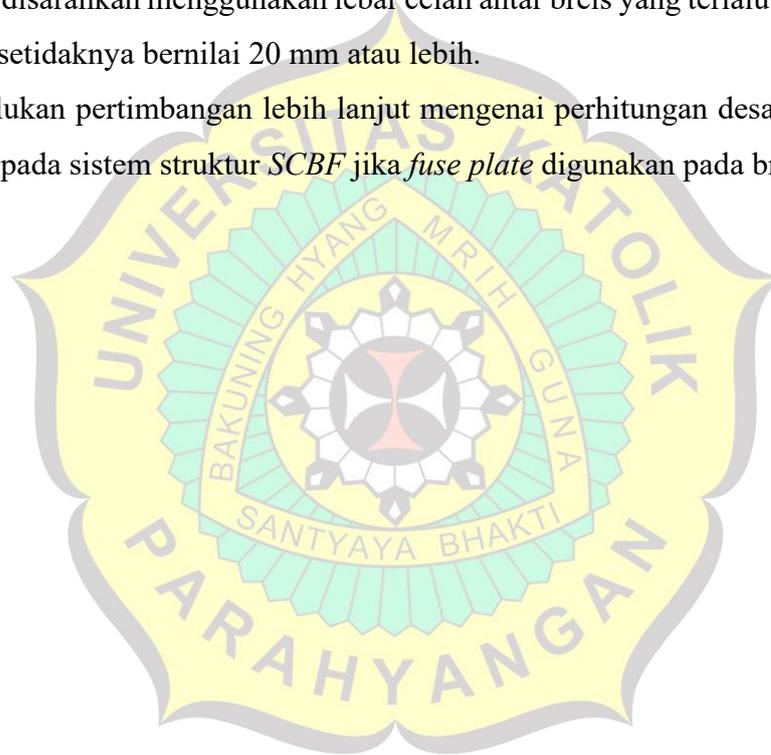
panjang efektif ( $K$ ) sebesar 0.65. Faktor panjang efektif ( $K$ ) terkoreksi yang dihitung berdasarkan perbesaran luas penampang *fuse plate* didapatkan sebesar 0.3, dengan panjang *fuse plate* ( $L_{fp}$ ) yang diukur dari as baut terdalam bagian kiri ke as baut terdalam bagian kanan seperti pada **Gambar 3.3**.

5. Perbedaan tegangan kritis ( $F_{cr}$ ) dan tegangan leleh ( $f_y$ ) *fuse plate* memiliki perbedaan yang kecil (maksimum sebesar 4%). Maka dari itu desain kapasitas breis dapat dihitung dengan cara yang lebih konservatif berdasarkan tegangan leleh *fuse plate*.
6. Pemodelan baut menggunakan elemen antar muka (*tie-constraint*) yang mengasumsikan baut tidak mengalami selip dan kekuatan selip belum terlampaui. Maka dari itu untuk desain, tipe sambungan baut direkomendasikan menggunakan tipe kritis selip.
7. Jika pengaruh ketidak-sempurnaan diperhitungkan, *fuse plate* dapat mengalami kegagalan tekuk ke arah sumbu kuat *fuse plate* jika deformasi ketidak-sempurnaan ke arah sumbu kuat *fuse plate* bernilai lebih dari 0.4 mm. *fuse plate* yang mengalami kegagalan tekuk ke arah sumbu kuat menghasilkan kapasitas tekan dan daktilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan *fuse plate* dengan kegagalan tekuk ke arah sumbu lemah.
8. Deformasi aksial maksimum *fuse plate* (18 mm) melebihi perkiraan lebar antar celah breis yang disediakan (10 mm).
9. Kekuatan tekan residual breis dengan *fuse plate* (27-53%  $P_{max}$ ) memiliki perbedaan dengan kekuatan tekan residual yang direkomendasikan AISC untuk keperluan desain kapasitas *SCBF* (30%  $P_{max}$ )

## 5.2 Saran

1. Pada kondisi tarik, rasio kekuatan breis/*fuse plate* direkomendasikan sebesar 1.6 dengan lebar *fuse plate* sebesar 0.6-0.7 dari lebar breis.
2. Pada kondisi tekan dengan pengaruh ketidak-sempurnaan diabaikan (atau deformasi ketidak-sempurnaan di bawah 0.4 mm), rasio panjang/tebal *fuse plate* direkomendasikan sebesar 21-22 sedangkan rasio kekuatan breis/*fuse plate* dapat digunakan sedekat mungkin dengan 1.

3. Faktor panjang efektif ( $K$ ) *fuse plate* direkomendasikan sebesar 0.3, dengan panjang *fuse plate* ( $L_{fp}$ ) yang diukur dari as baut terdalam bagian kiri ke as baut terdalam bagian kanan seperti pada **Gambar 3.3**.
4. Untuk keperluan kepraktisan, desain kapasitas breis tekan dapat dihitung berdasarkan tegangan leleh *fuse plate*.
5. Sambungan baut disarankan menggunakan sambungan baut tipe kritis selip.
6. Studi lebih lanjut diperlukan mengenai perilaku *fuse plate* pada kondisi tekan dengan pengaruh ketidak-sempurnaan diperhitungkan (atau deformasi ketidak-sempurnaan di atas 0.4 mm).
7. Tidak disarankan menggunakan lebar celah antar breis yang terlalu kecil. Lebar celah setidaknya bernilai 20 mm atau lebih.
8. Diperlukan pertimbangan lebih lanjut mengenai perhitungan desain kapasitas balok pada sistem struktur *SCBF* jika *fuse plate* digunakan pada breis.



## DAFTAR PUSTAKA

- Xuchuan Lin, Yian Chen, Jia-Bao Yan, & Yangyang Hu. (2020). “*Seismic Behavior of Welded Beam-to-Column Joints of High-Strength Steel-Moment Frame with Replaceable Damage-Control Fuses*”
- Jia-Bao Yan, Yian Chen, & Xuchuan Lin. (2020). “*Finite element analysis and parametric studies on hysteretic behaviours of high strength steel T-joints with damage-control fuses*”
- ANSI/AISC 341-22. Seismic Provisions for Structural Steel Buildings
- ANSI/AISC 358-16. Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications, including Supplements No. 1 and No. 2
- ANSI/AISC 360-22. Specification for Structural Steel Buildings
- JIS G 3192 Metric Series. Wide Flange Shape
- IBC Structural/Seismic Design Manual (2006). Building Design Examples for Steel and Concrete
- Cooper & Turner Ltd. (2015). ASTM A325M Heavy Hex Structural Bolting Assemblies (Metric) (ASTM A325M Bolt, A563M Nut, & F436M Washer)
- Segui, W.T. (2017). Steel Design, Sixth Edition
- Rahardjo, P.P & Alvi, S.D. (2023). Metode Elemen Hingga untuk Analisis Geoteknik. 2<sup>nd</sup> ed
- Engelhardt, M.D & Eatherton, M.R. (2019). AISC-Seismic Design Module 3 Concentrically Braced Frame V2
- Salmon, C.G & Johnson, J.E. (1996). Steel Structures Design and Behavior. 4<sup>th</sup> ed
- McCormick, J. (2017). “*Considerations for Use of HSS in Seismic Frame Systems*”
- Saliba, N & Gardner, L. (2018). “*Deformation-based Design of Stainless Steel Cross-sections in Shear*”
- Beer, F.P., Johnston Jr, E.R., DeWolf, J.T., & Mazurek, D.F. (2015). Mechanics of Material 7<sup>th</sup> ed
- ASTM Designation : E8/E8M-13a (2013). Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials
- Suryoatmono, B. (2021). Analisis dan Desain Sambungan Baja dengan ANSI/AISC 360-16 LRFD
- Suryoatmono, B. (2022). Komponen Struktur Baja : Teori (ANSI/AISC 360-16, SNI 1729:2020, LRFD)

Tjahjanto, H. H. (2020). CIV 173126-02: Struktur Baja 2 - Komponen Struktur Tarik

Tjahjanto, H. H. (2020). CIV 173126-02: Struktur Baja 2 - Komponen Struktur Tekan

ABAQUS CAE User's Guide (2016)

<https://featips.com/2021/05/01/load-controlled-vs-displacement-controlled-models-which-one-to-use-in-fea/>

