

## BAB 5

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dan uraian yang telah disampaikan pada bab sebelumnya, terdapat beberapa intisari yang dapat disampaikan, yaitu:

1. Saat melakukan desain struktur dengan sistem rangka baja terbreis tahan tekuk, perlu dilakukannya desain kapasitas untuk elemen struktur breis, balok, dan kolom. Desain kapasitas penting untuk dilakukan karena untuk menjamin kegagalan terjadi pada breis terlebih dahulu;
2. Tebal pelat buhul yang didesain dengan menggunakan metode sendi 2t dan lebar efektif *Whitmore* sudah mencukupi untuk memastikan keadaan batas breis tahan tekuk adalah kelelahan inti baja akibat tekan;
3. Sesuai dengan pembahasan di bab 3, instabilitas breis tahan tekuk akibat tidak memiliki kapasitas transfer momen, dapat dicegah dengan memberikan panjang tertanam ujung *restrainer* yang cukup. Oleh karena itu, untuk memastikan ujung *restrainer* memiliki kapasitas transfer momen yang cukup, gunakan nilai  $L_{in}/D_n=2$  karena akan memberikan kapasitas transfer momen penuh pada ujung *restrainer* (*full moment continuity*);
4. Berdasarkan hasil studi parameter tebal pelat buhul pada bab 4, diketahui bahwa dalam persamaan yang diusulkan oleh Takeuchi, tebal pelat buhul berkontribusi dalam penentuan kapasitas aksial tekan breis tahan tekuk, namun bukan menjadi faktor yang dominan;
5. Berdasarkan hasil studi parameter celah antara mortar beton dan inti baja ( $s_r$ ) pada bab 4, diketahui bahwa ketidaksempurnaan awal breis ( $a_r$ ) merupakan nilai yang dipengaruhi oleh empat parameter utama, yaitu ketidaksempurnaan maksimum sepanjang *restrainer* ( $a_t$ ), eksentrisitas gaya ( $e$ ) dan celah antara mortar beton dan inti baja ( $s_r$ ), dan panjang tertanam ujung *restrainer*. Dari keempat parameter tersebut, celah antara mortar beton dan inti baja ( $s_r$ ) merupakan faktor yang dominan

dalam penentuan kapasitas aksial tekan breis tahan tekuk. Sehingga penggunaan nilai  $s_r$  minimum dapat membuat breis tahan tekuk terhindar dari kegagalan tekuk pada bagian sambungan;

6. Saat melakukan perhitungan modifikasi numerik kapasitas aksial tekan breis tahan tekuk untuk model struktur yang didesain pada bab 3, hasil perhitungan menunjukkan kapasitas aksial tekan yang dihitung dengan persamaan Takeuchi lebih kesar dari kapasitas aksial tekan apabila kegagalan terjadi karena kelelahan tekan inti baja. Maka dapat dipastikan kapasitas tekan breis tahan tekuk adalah kelelahan inti baja karena tekan dan bukan tekuk;
7. Saat dilakukan analisis *static pushover* pada struktur tanpa modifikasi numerik, sendi plastis pertama muncul pada *step* ke-3 dari 34 dengan gaya geser dasar sebesar 1527,1216 kN dan perpindahan titik kontrol sebesar 19,61 mm;
8. Saat dilakukan analisis *static pushover* pada struktur dengan modifikasi numerik, sendi plastis pertama muncul pada *step* ke-2 dari 31 dengan gaya geser dasar sebesar 576,525 kN dan perpindahan titik kontrol sebesar 7,403 mm;
9. Pada struktur tanpa modifikasi numerik, kapasitas maksimum struktur adalah saat gaya geser dasar sebesar 3870,921 kN dan perpindahan titik kontrol sebesar 378,0151 mm. Struktur masih memiliki cadangan kekuatan sebesar 1062,4817 kN atau sebesar 27,4478 % dan cadangan deformasi sebesar 259,3431 mm atau 68,6065 % dari target yang disyaratkan;
10. Pada struktur dengan modifikasi numerik, kapasitas maksimum struktur adalah saat gaya geser dasar sebesar 3034,733 kN dan perpindahan titik kontrol sebesar 351,489 mm. Struktur masih memiliki cadangan kekuatan sebesar 591,9713 kN atau sebesar 19,5065 % dan cadangan deformasi sebesar 151,7742 mm atau atau 43,1803 % dari target yang disyaratkan;
11. Apabila dilakukan perbandingan kapasitas antara struktur tanpa modifikasi dan struktur dengan modifikasi numerik, maka saat perilaku

- struktur masih dalam kondisi elastis (saat terbentuk sendi plastis pertama), terjadi penurunan kapasitas sebesar 62,25 % dari struktur tanpa modifikasi numerik menjadi struktur dengan modifikasi numerik;
12. Apabila dibandingkan kapasitas maksimum antara struktur tanpa modifikasi numerik dan struktur dengan modifikasi numerik, terjadi penurunan sebesar 21,6 % pada aspek gaya geser dasar dan 7,02 % pada aspek perpindahan titik kontrol; dan
  13. Pada model struktur dengan modifikasi numerik, persebaran sendi plastis pada lantai 3 (elevasi 12 m) dan lantai atap (elevasi 16 m) lebih banyak dibandingkan dengan struktur tanpa modifikasi numerik, maka pada lantai 3 dan atap model struktur dengan modifikasi numerik memiliki simpangan antar lantai yang lebih besar dibandingkan dengan struktur tanpa modifikasi numerik.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis, hasil perhitungan, dan pembahasan yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan oleh peneliti untuk penelitian selanjutnya:

1. Untuk memberikan perilaku dan desain struktur yang lebih baik dan optimum, maka dalam melakukan desain sebaiknya dimensi breis tahan tekuk, balok induk dan kolom dapat divariasikan sesuai dengan kebutuhan;
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang faktor tebal pelat buhul dalam melakukan perhitungan kapasitas aksial tekan breis tahan tekuk dengan rumus Takeuchi;
3. Untuk menghasilkan perilaku struktur yang realistis, untuk penelitian selanjutnya pemodelan perilaku pasca tekuk dari breis tahan tekuk harus dapat dilakukan dalam analisis makro; dan
4. Dalam penelitian ini, keadaan batas (*limit states*) untuk menentukan kapasitas aksial tekan breis tahan tekuk hanya memperhitungkan kelelahan inti baja dan stabilitas global. Sehingga untuk memberikan nilai kapasitas aksial tekan breis tahan tekuk yang lebih akurat, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut apabila kegagalan tekuk lokal diperhitungkan.

## DAFTAR PUSTAKA

### Buku dan Jurnal:

Merritt, Steve, Chia-Ming Uang, Gianmario Benzoni, (2003), *Subassemblage testing of star seismic buckling-restrained braces*, University of California, San Diego, USA.

Lopez, Walterio A. dan Rafael Sabelli, (2004), "Seismic design of buckling-restrained braced frames", (Online), (<http://users.otenet.gr/~agrafiok/seismic/BRBtips.pdf>, diakses 5 Mei 2019).

Astaneh-Asl, Abolhassan, Michael L. Cochran, dan Rafael Sabelli, (2006), "Seismic detailing of gusset plate for special concentrically braced frames", (Online), ([http://www.abarsazeha.com/images/ScinteficResources/Steeltips/SSEC\\_TIP\\_96.pdf](http://www.abarsazeha.com/images/ScinteficResources/Steeltips/SSEC_TIP_96.pdf), diakses 5 Mei 2019).

SNI 1726:2012, (2012), "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung", Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.

ASCE/SEI 41-13, *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings* (2013), USA.

SNI 1727:2013, (2013), "Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain", Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.

Takeuchi, Toru dkk, (2013), "Out-of-plane stability of buckling-restrained braces including moment transfer capacity. The journal of the international association for earthquake engineering", (Online), ([https://www.researchgate.net/publication/261602971\\_Out-of-plane\\_Stability\\_of\\_Buckling-restrained\\_Braces\\_including\\_Moment\\_Transfer\\_Capacity](https://www.researchgate.net/publication/261602971_Out-of-plane_Stability_of_Buckling-restrained_Braces_including_Moment_Transfer_Capacity), diakses 5 Mei 2019).

- Takeuchi, Toru dkk, (2015), "Out-of plane stability assessment of buckling-restrained braces with chevron configurations", *8<sup>th</sup> International Conference on Behavior of Steel Structures in Seismic Areas*, Shanghai, China, July 1-3.
- Eghbali, Mahdi dkk, (2016), "Seismic Performance of Steel Frames Equipped With Buckling-Restrained Braces (BRBs) Using Nonlinear Static and Dynamic Analysis", (Online), ([https://www.researchgate.net/publication/315900854\\_Seismic\\_performance\\_of\\_steel\\_frames\\_equipped\\_with\\_buckling-restrained\\_braces\\_BRBs\\_using\\_nonlinear\\_static\\_and\\_dynamic\\_analyses](https://www.researchgate.net/publication/315900854_Seismic_performance_of_steel_frames_equipped_with_buckling-restrained_braces_BRBs_using_nonlinear_static_and_dynamic_analyses), diakses 5 Mei 2019)
- AISC 341-16, *Seismic provisions for structural steel buildings*. (2016). American Institute of Steel Construction, USA.
- AISC 360-16, *Specification for structural steel buildings*. (2016). American Institute of Steel Construction, USA.
- Takeuchi, Toru dkk, (2017a), "State-of-art stability assessment of buckling-restrained braces including connections", *16<sup>th</sup> World Conference on Earthquake*, Santiago Chile, January 9-13.
- Takeuchi, Toru dkk, (2017b), "Buckling restrained brace connection and stability performance issues", *16<sup>th</sup> World Conference on Earthquake*, Santiago Chile, January 9-13.
- Takeuchi, Toru, (2018), "Buckling-restrained brace: history, design, and applications", *9<sup>th</sup> International Conference on Behavior of Steel Structures in Seismic Areas*, Christchurch, Newzealand, February 14-16.
- Takeuchi, Toru dan Akira Wada, (2018), "Review of Buckling-Restrained Brace Design and Application to Tall Buildings", *International Journal of High-Rise Buildings September 2018, Vol 7, No 3, 187-195*.

Takeuchi, Toru dkk, (2018), "Seismic design of buckling-restrained brace in preventing local buckling failure. key engineering materials" (Online), Vol. 763, ([https://www.researchgate.net/publication/323449171\\_Seismic\\_Design\\_of\\_Buckling-Restrained\\_Brace\\_in\\_Preventing\\_Local\\_Buckling\\_Failure](https://www.researchgate.net/publication/323449171_Seismic_Design_of_Buckling-Restrained_Brace_in_Preventing_Local_Buckling_Failure), diakses 5 Mei 2019).

Dogariu, Adrian, (tanpa tahun), *Nonlinear Static Analysis: Pushover*, Universitatea Politehnica Timișoara, Timișoara, Romania.

**Artikel Internet:**

*<https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-equivalent-static-analysis-and-response-spectrum-or-modal-analysis-and-significance-of-these-methods>*  
(diakses 13 Mei 2019)

*<https://www.thestructuralmadness.com/2016/02/response-spectrum-analysis.html>*  
(diakses 13 Mei 2019)

*<https://www.quora.com/What-is-the-main-difference-between-elastic-design-and-plastic-design-What-does-shape-factor-zp-ze-physically-signify>*  
(diakses 13 Mei 2019)