

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan studi yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Dinamika perkembangan peraturan bangunan tahan gempa di Indonesia dapat menyebabkan terjadinya perubahan persyaratan atau tata cara dalam analisis serta peningkatan besaran gaya gempa desain. Kota Palu merupakan salah satu contoh kota di Indonesia yang mengalami kenaikan gaya gempa desain yang cukup signifikan. Peningkatan tersebut menyebabkan kebutuhan luas tulangan longitudinal balok perlu bertambah hingga 2 kali lipat. Dengan demikian, harus dilakukan peninjauan untuk melakukan *retrofitting* kekuatan pada bangunan agar struktur tetap dapat bertahan jika terjadi gempa kuat.
2. Perhitungan jarak siar dilatasi minimum sesuai SNI 1726:2002 menggunakan metode jumlah peralihan maksimum didapat jarak sebesar 200 mm. Sedangkan berdasarkan tata cara perhitungan dan gaya gempa desain berdasarkan SNI 1726:2019, perhitungan dilakukan dengan akar jumlah kuadrat dari peralihan maksimum yang terjadi dan didapatkan jarak pemisahan struktur minimum adalah 400 mm. Maka, *retrofitting* kekakuan pada struktur juga perlu dipertimbangkan agar tetap memenuhi persyaratan serta untuk menghindari terjadinya *pounding*.
3. Kegagalan terjadi ketika analisis riwayat waktu dilakukan pada struktur sebelum *retrofitting*. Hal ini menunjukkan bahwa struktur sudah tidak mampu lagi menahan beban gempa yang terjadi sesuai dengan rekaman gempa yang diberikan.
4. Setelah dilakukan *retrofitting* global menggunakan rangka breising baja konsentris eksternal gedung sudah menunjukkan perilaku hasil analisis elastis yang cukup baik dibuktikan dengan jumlah luas tulangan perlu sudah mendekati luas tulangan terpasang dan jarak pemisahan struktur minimum

tidak melampaui jarak yang tersedia, tetapi ketika dilakukan analisis nonlinear riwayat waktu pada struktur A masih mengalami kegagalan akibat terjadinya sendi plastis pada beberapa kolom di lantai 4, 5, 6, dan lantai 7 sehingga diperlukan *retrofitting* lokal dengan menambah tulangan pada kolom.

5. Hasil faktor kuat lebih ( $\Omega_0$ ) pada hasil *retrofitting* struktur A berada pada rentang 2,97 – 4,71 dengan rata-rata sebesar 3,95. Untuk struktur B, nilai faktor kuat lebih berkisar di antara 2,57 – 3,35 dengan rata-rata 2,95. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan faktor  $\Omega_0$  untuk sistem ganda breising konsentris khusus dengan rangka pemikul momen khusus sebesar 2,5.
6. Hasil faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) pada hasil *retrofitting* struktur A berada pada rentang 2,62 – 4,52 dengan rata-rata sebesar 3,09. Untuk struktur B, nilai faktor pembesaran defleksi berkisar di antara 2,09 – 3,26 dengan rata-rata 2,49. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan faktor  $C_d$  untuk sistem ganda breising konsentris khusus dengan rangka pemikul momen khusus sebesar 5,5.
7. Taraf kinerja pada kedua struktur setelah *retrofitting* berada pada rentang *Immediate Occupancy* (IO) hingga *Life Safety* (LS) untuk setiap rekaman gempa.
8. Jarak siar dilatasi minimum yang didapat berdasarkan hasil analisis riwayat waktu untuk Gempa Denpasar adalah 60 mm, untuk Gempa El Centro & Flores sebesar 70 mm, Gempa Bucharest sebesar 90 mm, dan 100 mm untuk Gempa Parkfield. Maka, jarak yang didapat tersebut masih bisa diakomodasi oleh jarak siar yang tersedia senilai 200 mm.

## 5.2 Saran

1. Dalam melakukan desain struktur, analisis riwayat waktu diperlukan terlebih untuk struktur setelah di-*retrofit* agar dapat dinilai tingkat kinerja dan perilaku dinamik struktur dalam kondisi inelastis.
2. Perlu dilakukan studi terhadap desain sambungan antar elemen baik pada rangka baja maupun sambungan antara rangka baja eksternal dengan rangka gedung beton bertulang.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers: ASCE 41-13. (2014). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Cole, G. L., Dhakal, R. P., & Turner, F. M. (2011). Building Pounding Damage Observed in the 2011 Christchurch Earthquake. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 901-906.
- Computers and Structures Inc. (2016). *CSI Analysis Reference Manual for SAP, ETABS, and SAFE*. Berkeley, California.
- Departemen Pekerjaan Umum : SNI 03-1726-2002. (2002). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta, Indonesia: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum : SNI 03-1727-1989. (1987). *Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta, Indonesia: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum : SNI 03-2847-2002. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung, Indonesia: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum : SNI 1726:2019. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum : SNI 1727:2013. (2013). *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum : SNI 1729:2020. (2020). *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.

- Departemen Pekerjaan Umum : SNI 2847:2019. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- Engelhardt, M. D. (2007). *Design of Seismic-Resistant Steel Building Structures*. Austin, Texas: The Univeristy of Texas at Austin with the support of the American Institute of Steel Construction.
- FEMA 356. (2000). *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitaion of Buildings*. Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.
- FEMA P-750. (2009). *NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures*. washington, D.C.: Federal Emergency Management Agency.
- Gioncu, V., & Mazzolani, F. M. (2013). *Seismic Design of Steel Structures*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Hasan, Q. F., Tekeli, H., & Demir, F. (2016). NSM Rebar and CFRP laminate strengthening for RC columns subjected to cyclic loading. *Construction and Building Materials*, 21-30.
- Hilber, H. M., Hughes, T. J., & Taylor, R. L. (1977). Improved Numerical Dissipation For Time Integration Alghorithms in Structural Dynamics. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 5, 283-292.
- Miari, M., Choong, K. K., & Jankowski, R. (2019). Seismic Pounding Between Adjacent Buildings: Identification of Parameters, Soil Interaction Issues and Mitigation Measures. *Soil Dynamics adn Earthquake Engineering*, 135-137.
- Moehle, J. (2015). *Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings*. United States: McGraw-Hill Education.
- Paulay, T., & Priestley, M. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.

Sabelli, R., Roeder, C. W., & Hajjar, J. F. (2013). *NEHRP Recommended: Seismic Design of Steel Special Concentrically Braced Frames Systems*. United States: National Institute of Standards and Technology.

Seifi, A., Hosseini, A., Marefat, M. S., & Khanmohammadi, M. (2017, February). Seismic retrofitting of old-type RC columns with different lap splices by NSM GFRP and steel bars. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 27(2), 1-21.

