

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dengan analisis beban dorong, metode keseimbangan energi, dan analisis riwayat waktu respons nonlinier, dapat disimpulkan:

1. Hasil desain struktur rangka beton bertulang pemikul momen menengah berdasarkan peraturan-peraturan terkait cukup optimal dengan memperhitungkan beban terbesar. Keoptimalan dari elemen struktur ditunjukkan dengan rasio tulangan kolom 60x60 cm sebesar 1,091% menghasilkan *P-M-M ratio* terbesar sebesar 0,904, rasio tulangan kolom 50x50 cm sebesar 2,356% menghasilkan *P-M-M ratio* terbesar sebesar 0,85, dan  $M_u/\phi M_n$  balok sebesar 0,96 pada tumpuan dan sebesar 0,8 pada lapangan.
2. Berdasarkan metode keseimbangan energi, didapatkan hasil analisis sebagai berikut:
  - Perpindahan lateral atap maksimum pada gempa desain (2/3 MCE) dan MCE sebesar 0,053 m dan 0,068 m atau sebesar 33,125% dan 42,5% dari simpangan lateral atap maksimum saat struktur akan runtuh sebesar 0,16 m.
  - Beban gempa yang menyebabkan keruntuhan struktur dengan nilai  $S_a$  sebesar 1,02101g. Nilai tersebut 463,5% nilai  $S_a$  pada gempa desain (2/3 MCE).
3. Berdasarkan poin 2, dapat disimpulkan bahwa struktur memiliki kapasitas yang jauh lebih besar daripada yang dibutuhkan karena perencanaan elemen struktur yang konservatif dengan tidak semua elemen struktur direncanakan secara optimal, yaitu nilai  $M_u/\phi M_n$  balok dan *P-M-M ratio* kolom yang tidak mendekati 1,0.

4. Analisis riwayat waktu respon nonlinier menggunakan 3 jenis gerakan tanah, yaitu gempa Chichi, Darfield, dan Imperial Valley. Gempa Chichi memiliki nilai  $S_a$  puncak yang paling besar dari gempa yang lainnya, yaitu  $S_a$  sebesar 0,229g yang tidak menyebabkan munculnya sendi plastis pada elemen struktur.  $S_a$  yang dominan pada gempa Chichi terjadi selama 17 detik. Pada gempa Darfield terdapat dua puncak  $S_a$  yang memiliki nilai hampir sama, yaitu sebesar 0,16g dan -0,157g. Pada kondisi gempa MCE, terjadi dua buah sendi plastis pada balok.  $S_a$  yang dominan pada gempa Darfield terjadi selama 43 detik. Gempa Imperial Valley memiliki nilai  $S_a$  puncak yang paling kecil dibandingkan dengan gempa lainnya, yaitu sebesar -0,152g. Saat gempa MCE, sendi plastis belum terjadi. Pada gempa Imperial Valley, nilai  $S_a$  relatif konstan dari durasi 7 detik hingga 38 detik. Dari uraian ini, dapat disimpulkan bahwa bukan hanya nilai  $S_a$  yang mempengaruhi respon bangunan, tetapi juga terdapat karakteristik lain seperti durasi gempa yang mempengaruhi respon bangunan karena gempa Darfield yang memiliki  $S_a$  dominan pada durasi yang lebih lama tetapi  $S_a$  maksimum lebih kecil dibandingkan gempa Chichi, mengalami sendi plastis pada gempa MCE.
5. Ketiga model struktur pada analisis riwayat waktu respons nonlinier mengalami kegagalan dengan  $S_a$  yang ditingkatkan hingga  $S_a$  collapse yang didapatkan dari metode keseimbangan energi. Selain itu, masing-masing *interstory drift* dari tiga struktur tersebut memiliki nilai yang tidak berbeda jauh dan pola yang mirip dengan metode keseimbangan energi, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode keseimbangan energi cukup akurat dalam menganalisis keruntuhan karena menghasilkan karakteristik pasca gempa yang mirip dengan metode analisis riwayat waktu respons nonlinier.

## 5.2 Saran

Metode keseimbangan energi cukup akurat dalam menganalisis keruntuhan struktur rangka beton bertulang pemikul momen menengah pada studi ini, sehingga disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk dilakukan:

1. Analisis keruntuhan dengan metode keseimbangan energi pada bangunan dengan sistem ganda.

2. Analisis keruntuhan dengan metode keseimbangan energi pada bangunan yang memiliki ketidakberaturan.



## DAFTAR PUSTAKA

- ASCE/SEI 41-17, *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. (2017). The American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- ATC-40, *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. (1996). Applied Technology Council, Redwood City, California.
- FEMA P695, *Quantification of Building Seismic Performance Factors*. (2009). Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Leelataviwat, S., Saewon, W., dan Goel, S.C. (2008), “An energy based method for seismic evaluation of structures”, *The 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China, October 12-17.
- Liao, W.C., Hsieh, Y.H., dan Goel, S.C. (2017), “Seismic evaluation and collapse prediction of RC moment frame structures by using energy balance concept”, *Journal of Vibroengineering*, 19(7), 5628-5277.
- MacGregor, J.G. dan Wight, J.K. (2006). *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. 4th ed. Prentice Hall, Singapore.
- Panagiotakos, T.B. dan Fardis, M. N. (2001), “Deformations of Reinforced Concrete Members at Yielding and Ultimate”. *ACI Structural Journal*, 98(2), 98-S13.
- SNI 1726:2019, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. (2019). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- SNI 1727:2020, *Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. (2020). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- SNI 2847:2019, *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*. (2019). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.