

## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Hasil analisis model matematis struktur berdasarkan metode *performance-based design* untuk struktur dengan sistem dinding berangkai-CWS dan sistem dinding berangkai hybrid HCWS terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan, diantaranya:

1. Perencanaan detailing balok kopel beton bertulang berdasarkan SNI2847:2013 memiliki komponen-komponen detailing yang kompleks, seperti spasi tulangan transversal minimum, detailing tulangan diagonal, tulangan balok horisontal tambahan, panjang penyaluran tulangan diagonal, pengaturan sudut tulangan kait, dan lain sebagainya.
2. Perencanaan detailing balok kopel baja berdasarkan ANSI/AISC 341-10 lebih sederhana dibandingkan detailing pada balok kopel beton bertulang. Komponen yang diperlukan dalam perencanaan balok kopel baja seperti, panjang penyaluran balok kopel, pelat penumpu pada kedua ujung bentang balok kopel, tulangan penyalur beban, dan pelat pengaku jika diperlukan.
3. Aksi kopel pada sistem dinding berangkai lebih besar daripada aksi kopel yang dihasilkan pada sistem dinding berangkai hybrid. Hal tersebut dapat dilihat dari rasio kopel (CR) pada struktur CWS lebih besar daripada rasio kopel pada struktur HCWS. Rasio kopel struktur CWS sebesar 65.26% dan rasio kopel

struktur HCWS adalah 64.55%, yang mana rasio kopel struktur CWS lebih besar 0.71% dari rasio kopel struktur HCWS.

4. Tahanan lateral sistem dinding berangkai-CWS lebih besar daripada sistem dinding berangkai hybrid-HCWS. Hal tersebut direpresentasikan dengan gaya geser dasar yang lebih besar pada struktur CWS, yang mana gaya geser dasar struktur CWS sebesar 7175.5 kN dan 6888.32 kN untuk struktur HCWS.

5. Mekanisme keruntuhan yang direncanakan pada kedua sistem struktur dinding berangkai tercapai, yaitu dengan terjadi plastifikasi balok kopel sepanjang tinggi bangunan yang disertai dengan kelelahan dinding geser struktural bagian dasar.

6. Perilaku sistem dinding berangkai, baik struktur CWS maupun HCWS, memiliki penyebaran retak yang lebih luas pada sisi atas dinding struktural dengan rasio kopel yang tinggi. Yang mana, penyebaran retak tidak hanya pada bagian dasar dinding saja tetapi juga ditandai dengan terjadinya kelelahan pada sisi atas dinding struktural. Sehingga keruntuhan sistem struktur dinding berangkai lebih cepat terjadi.

7. Performa objektif kedua sistem struktur dinding berangkai berdasarkan performa elemen balok kopel, yang direncanakan dengan analisis respons riwayat waktu akibat beban gempa maksimum ( $MCE_R$ ), berada pada taraf kinerja CP (*Collapse Prevention*). Performa objektif sistem struktur memenuhi target level kinerja struktur CP akibat pembebanan gempa maksimum berdasarkan batasan ASCE/SEI 41-13.

8. Performa objektif menurut batasan simpangan antar lantai tingkat (*interstory drift ratio*) berdasarkan ATC40:1996, kedua sistem struktur dinding berangkai berdasarkan berada pada taraf kinerja *Damage Control*(DC) dengan simpangan antar lantai tingkat memenuhi rasio 2%. Sedangkan, performa objektif struktur berdasarkan batasan roof drift ratio berada pada taraf *Life Safety*(LS) dengan batasan rasio simpangan 1%. Yang mana, struktur akan mengalami kerusakan struktural minor yang dapat diperbaiki dalam waktu singkat.
9. Struktur dengan kategori desain seismik D (KDS-D) dan ketinggian bangunan melebihi persyaratan, yaitu 87.5 m, memiliki kinerja yang baik dengan adanya sistem dinding berangkai.
10. Balok kopel baja dapat dijadikan alternatif dalam perencanaan sistem struktur dinding berangkai. Yang mana, struktur HCWS memiliki performa struktur yang baik seperti struktur CWS.

## **6.2 Saran**

Struktur dengan sistem dinding berangkai telah banyak digunakan dalam perencanaan struktur bangunan. Perencanaan dan konstruksi detailing balok kopel beton bertulang pada sistem dinding berangkai dapat dibidang cukup kompleks sehingga timbul alternatif dengan menggunakan balok kopel baja. Perencanaan balok kopel baja terbilang lebih sederhana dan memiliki performa yang serupa dengan balok kopel beton bertulang. Sehingga balok kopel baja sebagai alternatif perencanaan dan pelaksanaan konstruksi sistem dinding berangkai menjadi lebih sederhana dan efisien.

Studi ini merupakan studi kinerja sistem dinding berangkai hybrid yang terkena beban dinamik riwayat waktu. Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan dari studi ini, dapat dilakukan studi lanjutan seperti:

1. Studi untuk sistem dinding berangkai hybrid dianalisis dengan metode elemen hingga sebagai satu kesatuan sistem struktur yang terdiri atas dinding geser struktural dan balok kopel baja saja, agar hubungan dan perilaku balok kopel dengan balok dinding beton bertulang dapat dimodelkan dan dianalisis secara detail.
2. Studi mengenai kinerja sistem struktur dinding berangkai hybrid dapat dilakukan dengan menggunakan beban gempa lainnya, baik gempa dengan perioda ulang 43tahun, 72tahun, atau perioda ulang 475 tahun.
3. Studi dengan menggunakan nilai rasio kopel (CR) yang bervariasi, agar didapatkan hubungan antara kinerja sistem struktur dinding berangkai hybrid dengan rasio kopel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdalla Eljadei, Abdelate. (2012), "Performanced Based Design of Coupled Wall Structures", Doctor. Dissertation, Faculty of Swanson School of Engineering.
- ACI Committee 318M .(2011). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-2011) and Commentary (ACI 318R-2011), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 443 pp.
- AISC: ANSI/AISC 341-10, Seismic Provision for Structural Steel Buildings. (2010). Seismic Provisions for Structural Steel Buildings. American Institute of Steel Construction Committee on Spesifications, Chicago, Illinois.
- AISC: ANSI/AISC 360-10, Spesification for Structural Buildings. (2010). Spesification for Structural Buildings. American Institute of Steel Construction Committee on Spesifications, Chicago, Illinois.
- ASCE: FEMA 356, Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings. (2000). American Society of Civil Engineers. Federal Emergency Management Agency, Washington D.C.
- ASCE/SEI 41-13, Seismic Evaluation and Retrofit Existing Buildings. (2013). American Society of Civil Engineers. Structural Engineering Institute, Virginia.
- Binney, J. R. (1972), "Diagonally Reinforced Coupling Beams", Master. Thesis, University of Caterbury, Christchurch, New Zealand.
- Canbolat, Afsin., J. Parra-Montesinos, Gustavo., and K. Wight, James. (2005), "Experimental Study on Seismic Behaviour of High-Performance Fiber-Reinforced Cement Composite Coupling Beam", ACI Structural Journal, 120-S17
- Chen, P., dan Wang, S. (1995). "Methode of Wide Columns Used for Elastoplastic Analysis of Coupled Shear Walls." J. Xi'an University of Architecture & Technology. Chinese. 17(3), 288-293.
- Dr. H. Powell, Graham. A Presentation of Computers & Structures. Performance Based Design Using Nonlinear Analysis PERFORM 3D. Computer and Structures, Inc. University of California. Berkley.

- Draft ASCE Composite Construction Committee: version 8, Recommendations for Seismic Design of Hybrid Coupled Walls. American Society of Civil Engineers Structural Engineering Institute, Sherif El-Tawil, Ph: 734-7645617.
- Faridah, Dita (2015), “Studi Analisis Pengaruh Pemasangan Outrigger dan Belt Truss Baja pada Hige-Rise Building dengan Analisis Non-Linier”, Program Studi Magister Teknik Sipil, Pengutamaan Rekayasa Struktur, Institut Teknologi Bandung.
- Hassan, M. (2004), “Inelastic Dynamic Behaviour and Design of Hybrid Coupled Wall System”, Doctor. Dissertation, University of Central Florida.
- Imran, Iswandi., Yuliari, Ester., Suhelda., dan Kristianto, A. (2008), “Aplicability Metoda Desain Kapasitas pada Perancangan Struktur Dinding Geser Beton Bertulang”, Seminar dan Pameran HAKI.
- Lu, Xilin dan Chen, Yuntao. (2005), “Modelling of Coupled Shear Wall and Its Experimental Verification”, Journal of Structural Engineering ASCE.
- N. Lowes, Laura and Friends. Behavior, Analysis, and Design of Complex Wall System. Coupled Wall Test Program Summary Document. (2011). *Research on coupled wall CWI*, University of Washington and University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Naish, David. and Friends. (2013),” Reinforced Concrete Coupling Beams-Part II:Modeling”, ACI Structural Journal. 110-S87.
- Paulay, T. (1969), “ The Coupling of Shear Walls”, Doctor. Thesis, University of Caterbury, Christchurch, New Zealand.
- Paulay, T. (1971), “ Coupling Beams of Reinforced Concrete Shear Walls”, Journal of the Structural Division, ASCE, V.97, No.3, pp. 843-862.
- PERFORM 3D Program Documentation: ISO PER053111M1. (2011). User Guide. CSI Computer and Stuctures INC., Barkley California, USA.
- PERFORM 3D Program Documentation: ISO PER053111M2. (2011). Getting Started. CSI Computer and Stuctures INC., Barkley California, USA.
- PERFORM 3D Program Documentation: ISO PER053111M3. (2011). Components and Elements. CSI Computer and Stuctures INC., Barkley California, USA.

- PERFORM 3D Program Documentation: ISO PER053111M4. (2011). Binary Result Files. CSI Computer and Structures INC., Berkeley California, USA.
- RSNI 1729.2: ICS, Ketentuan desain tahan gempa untuk struktur gedung baja. (2011), Badan Standarisasi Nasional, Indonesia.
- Santhakumar, A.R. (1974), “ The Ductility of Coupled Shear Wall”, Doctor. Thesis, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Shen, Qiang.; C. Kurama, Yahya.; dan D. Weldon, Brad. (2006). Seismic Analysis, Behavior, and Design of Unbonded Post-Tensioned Hybrid Coupled Wall Structures. Report NDSE 06-02. Notre Dame. Indiana.
- SNI 1726: ICS 91.120.25;91.080.01, Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. (2012), Badan Standarisasi Nasional, Indonesia.
- SNI 1729: ICS 91.080.10, Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. (2015), Badan Standarisasi Nasional, Indonesia.
- SNI 2847: ICS 91.080.40, Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. (2013), Badan Standarisasi Nasional, Indonesia.
- Wan-Shin, Park., dan Hyun Do, Yun. (2005), “The Bearing Strength of Steel Coupling Beam-Reinforced Concrete Shear Wall Connections”, Nuclear Engineering and Design Journal, 236(2006), 77-93.
- Wijaya, Anita. (2012), “Evaluasi Kinerja Struktur Portal Beton Bertulang dengan Dinding Geser Berdasarkan RSNI-03-1726-201x”, Fakultas Teknik Program Studi teknik Sipil. Universitas Katolik Parahyangan.
- Xuan, Gang. (2005), “Performance Based Design of a 15 Story Reinforced Concrete Coupled Core Wall Structure”, Master. Thesis, University of Cincinnati.

