

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil studi literatur dan analisis kinerja yang telah dilakukan terkait dengan penggunaan baja tulangan mutu tinggi 80ksi (550MPa) dan 100ksi (690MPa) pada struktur bangunan gedung apartemen beton bertulang tahan gempa, dapat ditarik beberapa kesimpulan penting, antara lain:

1. *Preliminary* dimensi penampang elemen struktur baik balok maupun kolom beton bertulang dengan baja tulangan mutu tinggi menghasilkan ukuran yang lebih besar daripada *preliminary* dengan baja tulangan mutu biasa. Hal tersebut bertujuan untuk langkah untuk meminimalisir terjadinya timbulnya tegangan geser dan tegangan lekatan yang berlebih antara material beton dengan baja tulangan mutu tinggi.
2. Penggunaan baja tulangan mutu tinggi untuk elemen struktur beton bertulang tahan gempa harus memperhatikan syarat dan batasan kriteria desain yang berlaku diluar peraturan SNI 2847:2013.
3. Parameter model kurva hubungan momen-rotasi sendi plastis dan kriteria desain taraf kinerja elemen struktur beton bertulang dengan baja tulangan mutu tinggi harus ditentukan melalui analisis *momen-curvature* penampang secara indepen.
4. Elemen struktur kolom dengan gaya aksial tekan konstan kurang lebih sebesar $0.2 A_g f_c'$ akan menghasilkan tingkat daktilitas kelengkungan yang relatif besar. Sedangkan elemen struktur kolom yang menerima gaya aksial

tekan konstan $< 0.1 A_g f_c'$ dan $> 0.3 A_g f_c'$ akan menghasilkan tingkat daktilitas kelengkungan yang relatif kecil.

5. Mekanisme keruntuhan struktur bangunan gedung dengan baja tulangan 80ksi (550MPa) didominasi oleh *beam mechanism*. Sistem struktur mengalami mekanisme keruntuhan terparah akibat pasangan percepatan gerak tanah aktual beban gempa *Northridge-01, Rinaldi Receiving Sta.*
6. Taraf kinerja global (*global performance*) dari struktur bangunan gedung apartemen beton bertulang dengan baja tulangan 80ksi (550MPa) berada pada tingkat *performance Damage Control*.
7. Mekanisme keruntuhan struktur bangunan gedung dengan baja tulangan 100ksi (690MPa) didominasi oleh *story mechanism* dengan pembentukan sendi plastis pada area kolom *corner*. Sistem struktur mengalami mekanisme keruntuhan terparah akibat pasangan percepatan gerak tanah aktual beban gempa *San Fernando, Whittier Narrows Dam*.
8. Taraf kinerja global (*global performance*) dari struktur bangunan gedung apartemen beton bertulang dengan baja tulangan 100ksi (690MPa) berada pada tingkat *performance Damage Control*.
9. Konsentrasi disipasi energi beban gempa terbesar oleh elemen struktur balok beton bertulang terjadi di lantai 4 dan 5, baik pada struktur bangunan gedung beton bertulang dengan baja tulangan 80ksi (550MPa) maupun 100ksi (690MPa).
10. Material baja tulangan mutu tinggi dapat digunakan untuk desain struktur bangunan gedung tahan gempa dengan sistem penahan gaya gempa berupa sistem rangka penahan momen khusus (SRPMK) apabila didukung dengan

data hasil uji eksperimen dan analisis struktur yang dapat dipertanggungjawabkan.

6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan setelah melakukan studi ini, antara lain :

1. Jumlah rekaman percepatan gerak tanah aktual sebagai simulasi beban gempa pada analisis dinamik non-linear inelastik riwayat waktu yang digunakan untuk memperoleh tingkat taraf kinerja struktur bangunan gedung lebih cocok dilakukan dengan menggunakan minimal tujuh pasang rekaman percepatan gerak tanah aktual gempa. Metode perskalaan tujuh pasang rekaman percepatan gerak tanah aktual untuk menentukan *pseudospectra* gempa terskala dinilai lebih relevan digunakan untuk memperoleh hasil taraf kinerja struktur bangunan gedung karena sama-sama menggunakan nilai rata-rata sebagai hasil akhirnya.
2. Penggunaan parameter-parameter studi hendaknya didasari dengan referensi yang komprehensif dari berbagai literatur pendukung, sehingga studi analisis yang dilakukan dapat memberikan hasil yang baik dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute . 2010 . *Design Guide for The Use of ASTM A1035/A1035M Grade 100 (690) Steel Bars for Structural Concrete* (ACI ITG-6R-10) . America.
- American Concrete Institute . 2014 . *Building Code Requirements for Structural Concrete* (ACI 318-14) . America.
- American Society of Civil Engineers . 2010 . *ASCE/SEI 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures* . Virginia . America.
- American Society of Civil Engineers . 2014 . *ASCE/SEI 41-13 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings* . Virginia . America.
- American Society for Testing and Materials . 2014 . *Standard Specification for Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement* . ASTM A706/A706-14 . America.
- American Society for Testing and Materials . 2014 . *Deformed and Plain, Low-Carbon, Chromium, Steel Bars for Concrete Reinforcement* . ASTM A1035/A1035M-14 . America.
- American Society for Testing and Materials . 2015 . *Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement* . ASTM A615/A615M-15 . America.
- Amrinsyah Nasution . 2009 . *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang* . Universitas Institut Teknologi Bandung . Bandung.
- Annie Retika, Iswandi Imran, dan Roesdiman Soegiarso . 2010 . *Perilaku Lekatan Baja Tulangan U-50 Tempcore Terhadap Beban Monotonik dan Siklik* . Seminar dan Pameran HAKI 2010 . Universitas Institut Teknologi Bandung.

- Applied Technology Council . 2014 . *Roadmap for The Use of High-Strength Reinforcement in Reinforced Concrete Design* (ATC-115) . Washington.
- B. E. Drit Sokoli . 2014 . *Seismic Performance of Concrete Column Reinforced with High Strength Steel* . Thesis . The University of Texas . Austin . Texas . America.
- Caifu, Y., . 2010 . *Development of High Strength Construction Rebar* . *Proceedings, International Seminar on Production and Application of High Strength Seismic Grade Rebar Containing Vanadium, Central Iron, & Steel Research Institute* . Beijing . China.
- Constructed Facilities Laboratory . 2015 . *Department of Civil, Construction, and Environmental Engineering* . *A706 Grade 80 Reinforcement for Seismic Application* . Research Report No. RD-15-15 . North California State University. California . America.
- Charles Pankow Foundation . 2013 . *Determination of Yield Strength for Nonprestressed Steel Reinforcement* . Final Report RGA 04-13 . Wiss, Janney, Elstner Associates, Inc . South Lake Avenue . California . America.
- Charles Pankow Foundation . 2015 . *Proposed Specification for Deformed Steel Bars with Controlled Ductile Properties for Concrete Reinforcement* . Final Report RGA 03-14 . Wiss, Janney, Elstner Associates, Inc . South Lake Avenue . California . America.
- Dr. S. R. Uma and Dr. Sudhir K. Jain . 2012 . *Seismic Behavior of Beam Column Joints in Reinforced Concrete Moment Resisting Frames* . IITK-GSDMA-EQ32-V1.0 . Journal for Publication . India.

- Earthquake Engineering Research Institute . 2010 . *Practical Guidelines to Select and Scale Earthquake Records for Nonlinear Response History Analysis of Structure* . USGS File Report . America.
- Federal Emergency Management Agency . 2006 . *FEMA 451 NEHRP Recommended Provisions : Design Examples* . National Institute of Building Sciences . Washington D. C. . America.
- Federal Emergency Management Agency . 2007 . *FEMA 451B NEHRP Recommended Provisions for New Buildings and Other Structures : Training and Instructional Materials* . National Institute of Building Sciences . Washington D. C. . America.
- Federal Emergency Management Agency . 2009 . *FEMA P-695 2009 NEHRP Quantification of Building Seismic Performance Factors*. Applied Technology Council . California . America.
- Federal Emergency Management Agency . 2009 . *FEMA P-750 2009 NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures*. National Institute of Building Sciences . Washington D. C. . America.
- Federal Emergency Management Agency . 2012 . *FEMA P-751 2009 NEHRP Recommended Seismic Provisions : Design Examples* . National Institute of Building Sciences . Washington D. C. . America.
- Finley A. Charney, Ph.D., P.E. . 2014 . *Seismic Load : Guide to The Provision of ASCE 7-10* . American Society of Civil Engineers . Virginia . America.
- Garret Richard Hagen . 2012 . *Performance-Based Analysis of a Reinforced Concrete Shear Wall Building* . Faculty of California Polytechnic State University . San Luis Obispo . California . America

- Hadi Rusjanto T., Euricky Eduardo T., dan Grace Kurniawati S. . 2014 . Persyaratan Mutlak Penggunaan Mutu Baja Tinggi Untuk Perencanaan Bangunan Tahan Gempa . Seminar dan Pameran HAKI 2014 . PT. Haerte Konsultan *Engineers* . Jakarta.
- H. Anrinal . 2013 . Metalurgi Fisik . CV. Andi Offset . Yogyakarta
- H. Aoyama . 2001 . *Design of Modern Highrise Reinforced Concrete Structure* . Vol 3 . *University of Tokyo* . Jepang.
- H. Tavallali . 2011 . *Cyclic Response of Concrete Beams Reinforced with Ultrahigh Strength Steel* . *Ph. D. Thesis* . Pennsylvania State University . Pennsylvania.
- H. Tanaka . 1990 . *Effect of Lateral Confining Reinforcement on the Ductile Behaviour of Reinforced Concrete Columns* . *Ph. D. Thesis* . University of Canterbury . Christchurch . New Zealand.
- Iswandi Imran dan Ronald Simatupang . 2010 . Pengaruh Jenis Baja Tulangan Terhadap Perilaku Plastifikasi Elemen Struktur SRPMK . Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha . ISSN 1411-9331 . Bandung.
- Iswandi Imran dan Ediansjah Zulkifli . 2014 . Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang . Universitas Institut Teknologi Bandung . Bandung.
- Iswandi Imran dan Fajar Hendrik . 2014 . Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang . Universitas Institut Teknologi Bandung . Bandung.
- ICC Evaluation Service Report . 2016 . *SAS Stress Steel Grade 97 Thread Bar Steel Reinforcing Bars and Couplers* . ESR-1163 . New Jersey . America
- James K. Wight and James G. MacGregor . 2009 . *Reinforced Concrete Mechanics and Design* . Fifth Edition . Pearson Education Inc. . New Jersey . America.

- J. M. Rautenberg . 2011 . *Drift Capacity of Concrete Columns Reinforced with High Strength Steel* . Ph. D. Thesis . Purdue University . Indiana.
- J. P. Moehle . 2014. *Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings* . Mc. Graw Hill Education. University of California . Berkeley . America.
- Jack. P. Moehle and John D. Hooper . 2016 . *Seismic Design of Reinforced Concrete Special Moment Frames* . NEHRP Seismic Design Technical Brief No.1 (NIST GCR 16-917-40) . Second Edition . America.
- J. B. Mander, M. J. N. Priestley, and R. Park . 1989 . *Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete* . Journal of Structural Engineering . Vol. 114 No. 8 . ASCE . America.
- M. Rodriguez, J. Botero, and J. Villa . 1999 . *Cyclic Stress-Strain Behaviour of Reinforcing Steel Including Effect of Buckling* . Journal of Structural Engineering . Vol. 126, No. 6, pp 605-612.
- Michael Briggs, Shelby Miller, David Darwin, and JoAnn Browning . 2007 . *Bond Behavior of Grade 100 ASTM A1035 Reinforcing Steel in Beam-Splice Specimens* . MMFX Technologies Corporation . SL Report 07-01 . The University of Kansas Center for Research Inc. . Kansas . America.
- New Zealand Standard . 1982 . *Code of Practice for the Design of Concrete Structures* (NZS 3101; 1982) . Wellington . New Zealand.
- National Institute of Standards and Technology . 2014 . *Use of High-Strength Reinforcement in Earthquake-Resistant Concrete Structures* (NIST GCR 14-917-30) . America.

- National Cooperative Highway Research Program . 2011 . *Design of Concrete Structures Using High-Strength Steel Reinforcement* (NCHRP Report 679) . Washington.
- Pacific Earthquake Engineering Research Center Report . 2010 . *Tall Buildings Initiative* (TBI) . *Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall Buildings* . University of California . Berkeley . America.
- Piyali Sengupta and Bing Li . 2017 . *Hysteresis Modeling of Reinforced Concrete Structures : State of the Art* . ACI Structural Journal . No. 114-S03 . America.
- R. Park and T. Paulay . 1975 . *Reinforced Concrete Structures* . Department of Civil Engineering . University of Canterbury . Christchurch . New Zealand.
- Standar Nasional Indonesia . 2012 . Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012) . Indonesia .
- S. Otani, S. Nagai., and H. Aoyama . 1996 . *Load-deformation Relationship of High Strength Reinforced Concrete Beams* . Farmington Hill . Michigan.
- T.Paulay and M.J.N. Priestley . 1991 . *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings* . John Wiley & Sons, Inc. . San Diego. America
- Wiss, Janney, Elstner Associates, Inc. . 2008 . *Mechanical Properties of ASTM A1035 High Strength Steel Bar Reinforcement* . Final Report WJE No. 2008.9901.0 . Chicago . Illinois . America.
- Zeynep Firat Alemdar . 2010 . *Plastic Hinging Behavior of Reinforced Concrete Bridge Columns* . University of Kansas . America.