

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan studi analisis sambungan balok kolom eksterior dengan metode elemen hingga dan pendekatan analogi *strut and tie*, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dengan melakukan pendekatan elemen hingga yang dibantu oleh program ATENA 3D, maka dapat dipelajari bagaimana pengaruh pengankuran *headed bar* pada sambungan balok dan kolom.
2. Daerah tegangan tarik dan tekan serta pola retakan yang terjadi akibat pembebanan monotonik dan siklik digambarkan jelas oleh ATENA 3D.
3. Hasil analisis dengan menggunakan program ATENA 3D memberikan hasil yang mendekati hasil dari uji eksperimental dari studi eksperimental terdahulu yang telah dilakukan oleh Irvan MS, yang berjudul *Experimental Study on The Performance of Headed Anchorage Barng dibantu oleh program in Beam Column Joints*. Analisis
4. Persen (%) perbedaan gaya lateral maksimum antara uji eksperimental dan analisis numerik diberikan pada tabel berikut:

Spesimen	Eksperimental (kN)	ATENA 3D (kN)	Beda (%)
HD-D22	93,95	83,45	11,18
HK-D22	75,8	74,7	1,45

5. Berdasarkan daerah tegangan yang digambarkan oleh hasil analisis ATENA 3D, maka pendekatan analogi *strut and tie* dapat digunakan

untuk menguraikan gaya tekan (*strut*) dan tarik (*tie*) yang terjadi akibat pengangkuran menggunakan *headed bar*.

6. Nodal C-C-T merupakan titik simpul pertemuan antara *compression* dan *tension*. Daerah *compression* pada hasil analisis ATENA 3D merupakan penggambaran *fan shaped stresses* yang dihasilkan dari interaksi baja tulangan dan beton saat mengalami tegangan tarik.
7. Berdasarkan pendekatan analogi *strut and tie* maka dapat diuraikan tiga komponen yang membentuk analogi *strut and tie* pada pengangkuran dengan menggunakan *headed bar*, yaitu sebagai berikut:
 - ***Concrete compression struts*** hal ini digambarkan oleh *fan shaped stresses* yang berasal dari tegangan tarik yang dihasilkan oleh ikatan antara baja tulangan dan beton.
 - ***Steel tension ties*** hal ini secara jelas digambarkan oleh tegangan tarik yang dihasilkan oleh baja tulangan yang mengalami gaya tarik akibat beban peralihan yang diberikan pada balok.
 - ***Nodal zone*** merupakan titik pertemuan antara gaya tekan dan tarik, nodal ini merupakan titik *bar head* yang bekerja sebagai *head bearing* atau tahanan yang menahan gaya tarik akibat baja tulangan.

6.2 Saran

Banyak hal yang dapat dikembangkan untuk mempelajari sistem pengangkuran *headed bar* baik secara eksperimental, maupun menggunakan program *finite element*.

Studi eksperimental yang menjadi acuan dalam tesis ini merupakan pengujian dengan beban siklik. Alangkah lebih baik jika ada data pembebanan

monotonik yang juga dilakukan secara eksperimental, agar dapat dibandingkan dengan hasil uji eksperimental siklik dan juga hasil analisis dengan menggunakan program berbasis metode elemen hingga.

Kelengkapan parameter akan sangat menentukan hasil analisis dengan menggunakan program berbasis metode elemen hingga, sehingga hasil analisis dapat mendekati hasil uji eksperimental dengan akurat.

Analisis berbasis metode elemen hingga sangat membantu untuk melakukan berbagai variasi pengujian suatu elemen. Hal ini dapat menjadi solusi untuk menghemat biaya dan waktu suatu studi eksperimental.

Beberapa pengembangan yang dapat dilakukan untuk pengembangan studi berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Efektifitas tebal selimut beton untuk memperkecil mode kegagalan *concrete breakout* pada sisi belakang kolom.
2. Membandingkan kapasitas *joint* balok kolom berdasarkan variasi panjang pengankuran *headed bar*.

DAFTAR PUSTAKA

- Simamora, I., Imran, I., dan F. Yamazaki. “Experimental Study on The Performance of Headed Anchorage Bar in Beam-Column Joints”, *Proceeding the 6th Civil Engineering Conference in Asia Region: Embracing the Future through Sustainability*, Bandung, Agustus 2013.
- ATENA Program Documentation Part 1. (2007). Theory. Cervenka Consulting, Prague, Czech Republic.
- ATENA Program Documentation Part2-2. (2007). User’s Manual for ATENA 3D Version 3.3.2. Cervenka Consulting, Prague, Czech Republic.
- ATENA Program Documentation Part4-2. (2007). Tutorial for Program ATENA 3D. Cervenka Consulting, Prague, Czech Republic.
- Dewobroto, W. “Simulasi Keruntuhan Balok Beton Bertulang Tanpa Sengkang dengan ADINA”, Prosiding Seminar Nasional “Rekayasa Material dan Konstruksi Beton 2005”, Bandung, 4 Juni 2005.
- ACI Committee 318 (2014), *Building Code Requirements for Structural Concrete*, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- American Concrete Institute. 2014 . *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14)*. America.
- ASCE Standard 7-10. (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. American Society of Civil Engineers, Reston.
- SNI 03-2847-2013. (2013), *Tata Cara Perencanaan Struktur beton untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta, Indonesia.

- SNI 03-1726-2012. (2012), *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional. Jakarta, Indonesia.
- Imran, I., & Hendrik, F. (2014), “Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang”, Penerbit ITB, Bandung.
- Hardjasaputra, H., & Tumilar, S. (2002), “Model Penunjang dan Pengikat (*Strut-and-Tie Model*) Pada Perancangan Struktur Beton”, Universitas Pelita Harapan, Jakarta.
- Kotsovos, Michael D. (2015). *Finite Element Modeling of Structural Concrete*. CRC Press, New York.
- Kwak, Hyou-Gyoung & Filippou F. C. (1990). *Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structures Under Monotonic Loads*. Department of Civil Engineering. University of California, Berkeley.
- MacGregor, J. G., & James K. W. (2006). *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. 4th ed. Prentice Hall, Singapore.
- Goto, Yukimasa, “Cracks Formed in Concrete Around Deformed Tension Bars,” *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings Vol. 68*, Detroit, Michigan, April 1971.
- Dilger, W.H. and Ghali, A., “Double-Headed Studs as Ties in Concrete,” *Concrete International, Vol. 19, No.6, pg. 59-66*, Detroit, Michigan, June 1997.
- Mains, R.M., “Measurement of the Distribution of Tensile and Bond Stresses Along Reinforcing Bars,” *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings, Detroit, Michigan, November 1951*.

- Chun, S.C. & Kim, D.Y. (2004). *Evaluation of Mechanical Anchorage of Reinforcement by Exterior Beam-Column Joint Experiments*. Vancouver.
- DeVries, R.A. (1996). *Anchorage of Headed Reinforcement in Concrete*. Texas: The University of Texas at Austin.
- R. Park and T. Paulay . 1975 . *Reinforced Concrete Structures . Department of Civil Engineering . University of Canterbury . Christchurch . New Zealand*.
- Thompson, M., Jirsa, J.O., Breen, J.E. & Klingner, R.E. (2002). *Anchorage Behavior of Headed Reinforcement: Literature Review*. Texas: Center for Transportation Research Bureau of Engineering Research The University of Texas at Austin.
- Thompson, M.K., Jirsa, J.O. & Breen, J E. (2006). Behavior and Capacity of Headed Reinforcement. *ACI Structural Journal*, Volume 103.
- Wallace, J.W. (1996). *Use of Mechanically Anchored Bars in Exterior Beam-Column Joints Subjected to Seismic Load*, LA: Department of Civil Engineering University of California.
- Wallace, J.W. & McConnell, S.W. (1995). *Use of Headed Reinforcement in Beam-Column Joints*.
- Chun, S.C. & Hong, S.G. (2009). Strut-and-Tie Models for Headed Bar Development in C-C-T Nodes. *ACI Structural Journal*, Volume 106.
- T. Paulay and M. J. N. Priestley . 1992 . *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings* . New York . Amerika.