

Konteks8 Paper

by Anang Kristianto

Submission date: 25-Apr-2023 10:36PM (UTC+0700)

Submission ID: 2075174436

File name: 16-STR_Full_paper_Anang_Kristianto_Konteks8.pdf (478.39K)

Word count: 2732

Character count: 17396

STUDI PERBANDINGAN HASIL EKSPERIMEN DAN PEMODELAN ELEMEN HINGGA 3D KOLOM PERSEGI DENGAN TULANGAN PENGEKANG YANG DIMODIFIKASI

Anang Kristianto¹, dan Iswandi Imran²

²
¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Jl. Suria Sumantri, Bandung
Email: anang.kristianto@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10, Bandung

ABSTRAK

²
Dalam beberapa kejadian gempa bumi di Indonesia akhir-akhir ini yaitu di Aceh, Sumatera Barat, Yogyakarta dan Padang, para peneliti mengidentifikasi beberapa persoalan sehubungan dengan kelalaian pelaksana dalam pendetailan tulangan pengekang pada kolom beton bertulang yang ternyata dapat menyebabkan keruntuhan struktur bangunan. Makalah ini menyajikan hasil studi eksperimental dan model metode elemen hingga yang bertujuan untuk mengembangkan suatu elemen tambahan yang dapat meningkatkan efektifitas kekangan kolom beton yang diberi tulangan pengekang tidak standar atau yang dimodifikasi pemasangannya. Elemen tambahan yang disebut pen pengikat (pen-binder) digunakan untuk menahan tulangan pengekang tidak standar pada posisinya. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 34 spesimen kolom dengan ukuran penampang 170 mm x 170 mm dan tinggi 480 mm. Analisis spesimen kolom dengan metode elemen hingga dimaksudkan untuk memperkaya pemahaman perilaku kolom yang diberi tambahan pen-binder akibat beban aksial konsentris. Perilaku tegangan akibat efek kekangan yang tidak dapat dilihat dengan baik pada saat eksperimen seperti kontur tegangan aksial dan lateral akan diperlihatkan dalam analisis metode elemen hingga ini. Analisis elemen hingga dilakukan untuk spesimen yang mewakili kolom dengan kait standar dan kolom pengekang khusus (dengan pemberian pen-binder pada keempat sisinya). Hasil analisis dengan model elemen hingga memberikan gambaran yang cukup akurat untuk memperlihatkan perilaku tegangan dan regangan beton terkekang sehingga terjadi perbedaan sebesar 0,58% dan 6,125% berturut-turut terhadap tegangan dan regangan puncak hasil eksperimen. Analisis elemen hingga memperlihatkan bahwa penggunaan pen-binder mempengaruhi besarnya tegangan lateral inti beton, hal tersebut dapat dilihat dari perbedaan kontur dan besarnya tegangan lateral yang terjadi pada penampang antara model dengan kait standar dan model dengan pen-binder pada keempat sisi.

Kata Kunci: kolom, eksperimental, pengekang, metode elemen hingga

1. PENDAHULUAN

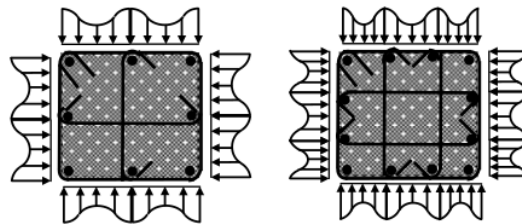
Kolom adalah elemen vertikal suatu struktur yang berfungsi menahan beban aksial dan momen sebagai akibat dari beban gravitasi dan beban lateral yang bekerja pada struktur. Untuk meningkatkan perilaku mekanik kolom beton yang lebih baik dan berfungsi sebagai suatu elemen struktur yang daktail maka selain tulangan longitudinal diperlukan juga tulangan transversal. Tulangan transversal memiliki fungsi salah satunya adalah sebagai tulangan pengekang yang mengkekang inti beton sedemikian rupa sehingga pada saat mengalami gaya aksial inti beton tetap pada tempatnya. Kondisi ini diperlukan agar tulangan longitudinal dapat berfungsi dengan efektif sampai tercapai kapasitas lelehnya sehingga menghasilkan kekuatan seperti yang direncanakan. Untuk menghasilkan kekangan yang baik dengan memanfaatkan gaya aksial yang bekerja pada kolom maka diperlukan detailing tulangan pengekang yang baik sesuai dengan standar yang berlaku. Pemahaman mengenai perilaku kolom yang terkekang pada struktur yang didesain tahan gempa merupakan hal yang penting sehingga pada saat desain dan pelaksanaan di lapangan tulangan pengekang dapat ditentukan dan dipasang dengan detailing yang benar sehingga menghasilkan perilaku kolom seperti yang diharapkan. Beberapa kejadian gempa bumi di Indonesia akhir-akhir ini yaitu di Aceh, Sumatera Barat, Yogyakarta dan Padang, para peneliti mengidentifikasi beberapa persoalan sehubungan dengan kelalaian pelaksana dalam pendetailan tulangan pengekang pada kolom beton bertulang yang ternyata dapat menyebabkan keruntuhan struktur bangunan (Imran et al., 2005, Imran et al., 2006, Imran et al., 2007). Kelalaian disebabkan salah satunya dalam pemasangan kait 135^o tulangan pengekang yang tidak sesuai dengan standar,

kesalahan pembengkokan kait dan panjang kebutuhan kait yang tidak sesuai mengakibatkan kegagalan tulangan pengekang untuk dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Untuk mengatasi hal tersebut telah dilakukan penelitian yang memperkenalkan penggunaan elemen pengikat (pen-binder) yang dapat digunakan pada kolom persegi beton bertulang baik pada kolom baru maupun eksisting. Penggunaan pen-binder ini memudahkan pemasangan tulangan pengekang sedemikian rupa sehingga tetap memenuhi standar perilaku yang diharapkan pada saat kolom menerima beban aksial dan lateral. (Kristianto, A et al., 2011)

Penelitian mengenai penggunaan pen-binder ini memberikan pemahaman baru mengenai pengaruh pengekangan pada kolom persegi yang diberi elemen pengikat. Makalah ini memberikan gambaran perilaku tegangan akibat efek kekangan yang tidak dapat dilihat dengan baik pada saat eksperimen seperti kontur tegangan aksial dan lateral sehingga memberikan suatu gambaran yang lebih baik mengenai perilaku kekangan pada tulangan pengekang dengan pen-binder.

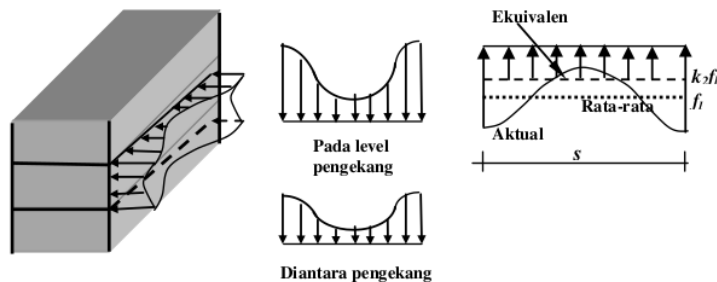
2. TINJAUAN PUSTAKA

Seperti diketahui bahwa pada tulangan pengekang persegi gaya kekangan lateral terbesar terjadi pada daerah sudut dan pada titik dimana terpasang tulangan pengikat silang . Aksi tahanan yang dihasilkan kekangan ini tergantung dari gaya tarik yang mampu dihasilkan oleh tulangan pengekang dimana besarnya tergantung dari luas penampang dan mutu tulangannya. Sementara itu aksi kekangan pada daerah diantara sudut pengekang sangat bergantung kepada kekakuan lentur dari tulangan pengekangnya. Aksi kekangan yang dihasilkan oleh kekakuan lentur diantara sudut pengekang terlalu kecil bila dibandingkan aksi kekangan yang terjadi pada titik sudut. Pada saat beton mengembang secara lateral akibat beban aksial tekan maka tegangan lateral yang dihasilkan pada daerah sudut atau pada pertemuan dengan pengikat silang akan lebih tinggi dibandingkan tegangan lateral yang terjadi diantara kedua titik tersebut seperti diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Distribusi Tegangan Lateral yang Terbentuk Pada Berbagai Konfigurasi Tulangan Pengekang (Saatcioglu dan Razvi, 1992).

Seperti halnya pada level penampang kolom begitu juga pada arah memanjang kolom terjadi aksi kekangan yang tidak seragam. Pada daerah titik sepanjang tulangan longitudinal tegangan lateral relatif seragam karena adanya tekanan dari tulangan longitudinal. Pada daerah yang semakin jauh dari posisi tulangan longitudinal tegangan lateral semakin menurun, penurunan paling besar terjadi pada daerah diantara tulangan pengekang. (Gambar 2)



Gambar 2. Distribusi Tegangan Lateral pada Arah Longitudinal Kolom (Saatcioglu dan Razvi, 1992).

Besarnya tegangan lateral (f_l) rata-rata yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$f_l = \frac{\sum A_s f_y h}{s \cdot b \cdot c} \quad (1)$$

Persamaan diatas dibentuk dengan asumsi bahwa tegangan lateral yang terjadi adalah seragam, oleh karena pada kondisi aktualnya terdapat ketidakseragaman tegangan maka terjadi over estimasi tegangan lateral di daerah tengah. Untuk mendapatkan besarnya tegangan efektif yang merepresentasikan kondisi aktual tegangan yang terjadi diperlukan suatu koefisien reduksi k_2 . Saatcioglu dan Razvi mengusulkan nilai k_2 yang merupakan hasil analisis

regresi data pengujian sebagai berikut $k_2 = 0.26 \cdot \sqrt{\frac{b_c}{s} \cdot \frac{b_c}{s_1} \cdot \frac{1}{f_l}}$ (2)

Sehingga besarnya tegangan lateral ekuivalennya adalah :

$$f_{le} = k_2 f_l \quad (3)$$

Dimana s adalah jarak antara dua tulangan longitudinal yang ditahan secara lateral. Berdasarkan persamaan diatas maka hubungan beton terkekang seperti dalam persamaan (II.1) menjadi

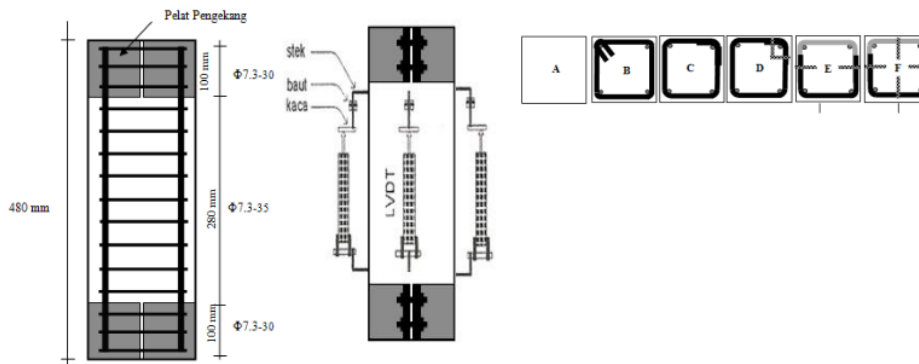
$$f'_{co} = f'_{co} + k_1 \cdot f_{le} \quad (4)$$

Dengan nilai k_1 yang diusulkan besarnya adalah: $k_1 = 6.7(k_2 f_l)^{-0.17}$ (5)

Koefisien k_1 menyatakan hubungan antara tegangan pengekan dan peningkatan kekuatan, koefisien k_2 menyatakan efisiensi tulangan pengekan. Efisiensi maksimum ($k_2=1$) tercapai bila tegangan lateral yang terjadi mendekati seragam seperti pada tulangan spiral pada kolom lingkaran.

3. BENDA UJI DAN MODEL ELEMEN HINGGA

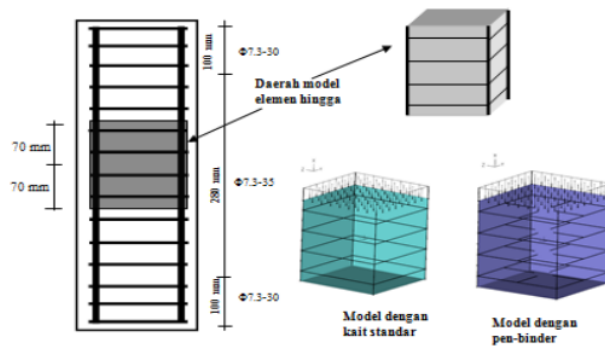
Benda uji berupa kolom pendek beton bertulang dengan dimensi 170 x 170 dan panjang 480 mm serta target mutu beton $f_c' = 30$ MPa. Konfigurasi tulangan dibuat sebanyak 5 macam, jarak spasi dibuat dua macam yaitu 35 mm dan 70 mm. Detail penulangan, penampang benda uji serta setup pengujian terlihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Detail penulangan dan konfigurasi tulangan benda uji.

Pengujian aksial konsentris dilakukan pada benda uji hingga mencapai keruntuhannya, hasil pengujian memperlihatkan bahwa penggunaan pen-binder memberikan hasil yang cukup signifikan untuk meningkatkan daktilitas kolom, penggunaan pen-binder dengan konfigurasi F memberikan hasil yang lebih baik dari tulangan pengekan standar dengan kait 135⁰. (Kristianto, A., et al, 2012). Pada makalah ini dimodelkan tulangan pengekan dengan konfigurasi standar (konfigurasi B) dan konfigurasi F (adanya tambahan pen-binder di keempat sisi).

Pemodelan dengan metode elemen hingga dengan software ADINA® untuk benda uji aksial konsentris hanya ditinjau pada bagian inti kolom sepanjang 140 mm seperti yang terlihat pada Gambar 4. Tinjauan sebatas inti kolom dilakukan karena perilaku tegangan pada daerah inti kolom saja yang akan dianalisis, selimut beton diasumsikan sudah terkelupas. Berdasarkan hasil trial and error, pemodelan kolom dengan mengikatkan selimut beton menyebabkan terjadinya kesulitan software untuk menghasilkan kondisi yang konvergen. Tidak disertakannya selimut beton juga berguna untuk mengisolasi pengaruh selimut terhadap pengekan (Hoshikuma et al., 1997).



Gambar 4. Spesimen kolom dan model elemen hingga.

Elemen beton dimodelkan sebagai elemen solid 3D (3 dimensi) dengan 8 nodal. Lekatan yang sempurna diasumsikan terjadi antara elemen tulangan dan beton serta pen-binder dan beton. Asumsi ini diambil karena berdasarkan hasil pengujian eksperimental untuk spesimen dengan spasi 35 mm tegangan lekatan yang terjadi pada pen-binder masih dibawah nilai prediksi berdasarkan usulan dari Harajili et al.(2004).

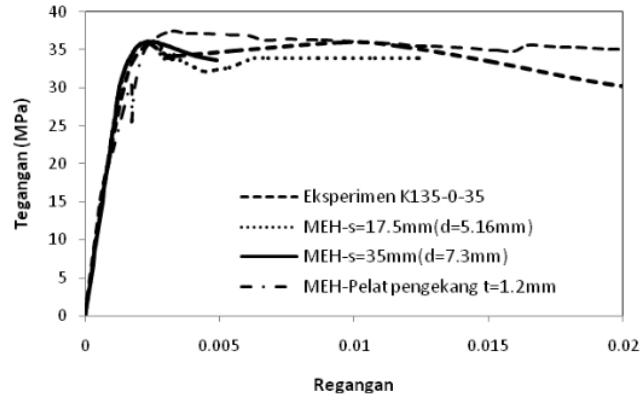
Agar mendapatkan perilaku model dengan baik hingga daerah nonlinier maka untuk spesimen dengan kait standar dibuat 3 buah model tulangan pengegang. Model pertama tulangan pengegang diasumsikan sebagai pelat dengan tebal tertentu yang mengekang keempat sisi kolom, model kedua tulangan pengegang dibuat lebih rapat dengan spasi 17,5 mm (setengah dari spasi spesimen), sedangkan model ketiga spasi dibuat sama dengan spasi spesimen. Untuk mendapatkan perilaku pengeangan yang mendekati spesimen maka ketiga model memiliki nilai Ash/shc yang sama dengan spesimen spasi 35 mm yaitu sebesar 1,9%. Sebagai konsekuensinya maka ketebalan pelat pengegang pada model pertama menjadi 1,2 mm, diameter tulangan pengegang model kedua sebesar 5,162 mm sementara model ketiga karena memiliki spasi yang sama dengan spesimen maka digunakan diameter yang sama dengan spesimen yaitu sebesar 7,3 mm.

4. HASIL ANALISIS

Gambar 5 memperlihatkan perbandingan kurva tegangan-regangan untuk kolom dengan kait standar hasil eksperimen dengan hasil analisis metode elemen hingga menggunakan software ADINA. Tegangan hasil analisis metode elemen hingga diambil pada titik ditepi kolom pada level penampang yang terdapat tulangan pengegang di bagian tengah tinggi kolom.

Penggunaan model pelat tipis dengan rasio volumetrik yang sama dengan spesimen memberikan perilaku hubungan tegangan regangan yang over estimate dengan hasil eksperimen. Pada regangan yang tinggi model elemen hingga belum memperlihatkan penurunan kapasitas aksialnya sementara hasil eksperimen memperlihatkan terjadinya penurunan kapasitas aksial. Kondisi ini terjadi karena penggunaan pelat tipis mengekang seluruh beton sehingga beton terkekang dengan sempurna sepanjang tinggi kolom. Nilai tegangan maksimum yang terjadi pada model sebesar 37,4 MPa sedikit lebih tinggi dari hasil eksperimen sebesar 35,96 MPa. Regangan pada tegangan maksimum yang terjadi pada model elemen hingga sebesar 0,00378 sementara hasil eksperimen sebesar 0,0024.

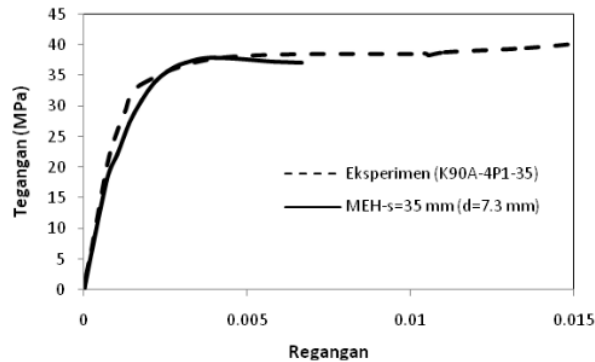
Model tulangan pengegang dengan jarak spasi 17,5 mm memberikan hasil nilai tegangan puncak yang lebih mendekati dengan hasil eksperimen yaitu sebesar 36,17 MPa, sementara regangan yang terjadi pada tegangan puncak yaitu sebesar 0,002547 sehingga terjadi perbedaan sebesar 0,58% dan 6,125% berturut-turut terhadap tegangan dan regangan puncak hasil eksperimen. Penggunaan model sengkang sebagai elemen garis yang tidak menutup seluruh sisi kolom beton memberikan kesulitan bagi software untuk mencapai konvergen sehingga perilaku nonlinier yang dianalisis tidak dapat mencapai sepanjang model dengan pelat tipis. Meskipun demikian model ini sudah dapat memperlihatkan perilaku yang mendekati dengan hasil eksperimen.



Gambar 5. Hubungan tegangan-regangan kolom hasil eksperimen spesimen K135-0-35 (kait standar) dan metode elemen hingga.

Model yang ketiga menggunakan spasi dan diameter tulangan pengekang yang sama dengan spesimen memberikan nilai tegangan puncak yang paling mendekati dengan hasil eksperimen yaitu sebesar 36,07 MPa serta regangan pada kondisi puncak sebesar 0,002332, sehingga terjadi perbedaan sebesar 0,3% dan 2,83% berturut-turut terhadap tegangan dan regangan puncak. Jarak spasi yang dua kali lebih lebar dari model kedua menambah kesulitan bagi software untuk menghasilkan solusi yang konvergen pada regangan yang tinggi. Pada model ketiga ini perilaku hubungan tegangan regangan pada daerah nonlinier tidak dapat diamati sebaik model pertama.

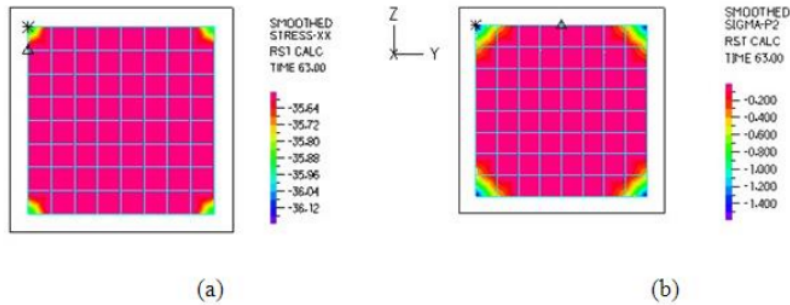
Gambar 6 memperlihatkan perbandingan hubungan tegangan-regangan antara kolom spesimen dengan konfigurasi F (K90A-4P1-35) dengan hasil analisis elemen hingga. Pada hasil eksperimen beban puncak pertama terjadi pada tegangan 37,97 MPa sementara regangan yang terjadi sebesar 0,0042. Hasil analisis elemen hingga memperlihatkan hasil yang tidak berbeda jauh yaitu tegangan maksimum terjadi sebesar 37,641 MPa dengan regangan sebesar 0,003796, sehingga terjadi perbedaan berturut-turut untuk tegangan dan regangannya sebesar 0,87% dan 9,62% dengan hasil eksperimen.



Gambar 6. Hubungan tegangan-regangan kolom hasil eksperimen spesimen K90A-4P1-35 (konf.F) dan metode elemen hingga

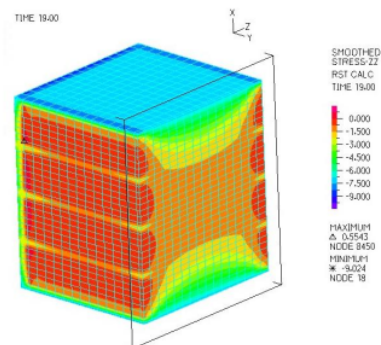
Meskipun analisis elemen hingga dengan menggunakan software ADINA dengan model spesimen ini tidak dapat memperlihatkan perilaku nonlinier pada regangan yang besar namun hasil yang didapatkan cukup akurat untuk menghitung besarnya parameter penting dalam perilaku beton terkekang yaitu tegangan puncak dan regangan yang terjadi pada saat tegangan puncak tersebut.

Gambar 7 memperlihatkan distribusi tegangan aksial dan lateral pada penampang di level tulangan pengekok pada kait standar. Sesuai dengan hasil penelitian didapatkan bahwa tegangan kekangan lateral tertinggi terdapat pada titik-titik sudut yang merupakan pertemuan antara tulangan pengekok dan tulangan longitudinal. Pada distribusi tegangan lateral analisis elemen hingga terlihat dengan jelas adanya peningkatan tegangan lateral pada bagian sudut dan menjadi berkurang pada bagian tengah pada masing-masing sisi kolom



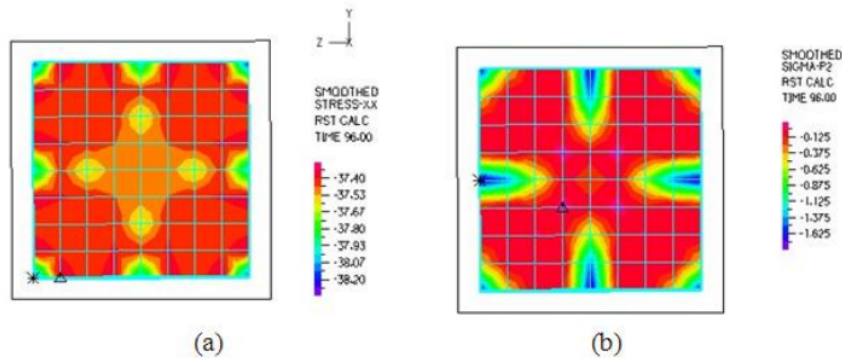
Gambar 7. Distribusi tegangan: (a) aksial, (b) lateral pada model dengan kait standar.

Gambar 8 memperlihatkan distribusi tegangan lateral arah z sepanjang arah longitudinal kolom. Distribusi tegangan lateral memperlihatkan efek aksi lengkung (arching action) dimana gaya lateral tertinggi berada pada level tulangan pengekok dan paling rendah berada diantara level tulangan sengkang.



Gambar 8. Distribusi tegangan lateral pada arah longitudinal pada model dengan kait standar.

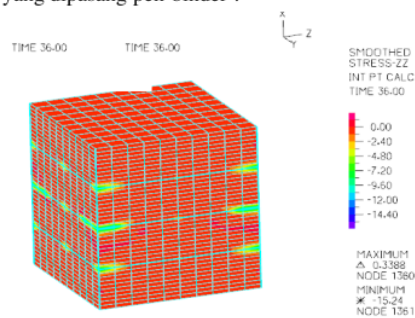
Gambar 9 memperlihatkan distribusi tegangan aksial dan lateral pada penampang di level tulangan pengekok pada model dengan tambahan pen-binder di keempat sisinya. Penambahan pen-binder pada bagian tengah memberikan efek peningkatan tegangan pengekok lateral, hal ini dapat dilihat pada nilai tegangan lateral yang meningkat pada daerah yang diberi pen-binder dan juga pada daerah sudut.



Gambar 9. Distribusi tegangan: (a) aksial, (b) lateral pada model dengan pen-binder pada keempat sisinya.

Distribusi tegangan lateral hasil analisis elemen hingga ini memperlihatkan bahwa penggunaan pen-binder memberikan pengaruh terhadap distribusi tegangan pengekan lateral yang akan mempengaruhi efektivitas pengekan dimana hal ini sesuai yang dihasilkan dari hasil eksperimen.

Gambar 10 memperlihatkan distribusi tegangan lateral pada arah longitudinal kolom, efek aksi lengkung juga terlihat meskipun tidak sejelas pada model dengan kait standar. Tegangan lateral tertinggi berada pada level pengekan dan pada daerah yang dipasang pen-binder.



Gambar 10. Distribusi tegangan lateral pada arah longitudinal pada model dengan pen-binder pada keempat sisinya.

5. KESIMPULAN

1. Analisis dengan model elemen hingga memberikan hasil yang cukup akurat untuk memperlihatkan perilaku tegangan dan regangan beton terkekang.
2. Analisis elemen hingga memperlihatkan bahwa penggunaan pen-binder mempengaruhi besarnya tegangan lateral inti beton, hal tersebut dapat dilihat dari perbedaan kontur dan besarnya tegangan lateral yang terjadi pada penampang antara model dengan kait standar dan model dengan pen-binder pada keempat sisi.
3. Model dengan jarak tulangan pengekan sesuai dengan benda uji eksperimen sebesar 35 mm memberikan hasil yang paling mendekati dengan hasil eksperimen meskipun begitu kurang memberikan informasi untuk daerah regangan nonlinier.

DAFTAR PUSTAKA

- ADINA R&D Inc.(2009) "ADINA : Theory and Modelling Guide Volume 1", Watertown, MA,USA
- Harajili, M.H; Hamad, B.S, and Rteil, A.A.(2004). " Effect of Confinement on Bond Strength between Steel Bar and Concrete ", ACI Structural Journal, V. 101, No. 5, Sept-Oct. 2004, pp. 596-603
- Hoshikusuma, J. et al. (1997), "Stress-Strain Model for Confined Reinforced Concrete in Bridge Piers", ASCE Journal of Structural Engineering, Vol 123. No.5 may, pp 624-633.
- Imran, I., Suarjana, M., Hoedajanto, D., Soemardi, B., Abduh, M., (2006). "Beberapa Pelajaran dari Gempa Yogyakarta; Tinjauan Kinerja Struktur Bangunan Gedung, Jurnal HAKI, Vol. 7, No. 1, hal. 1-13 (ISSN No. 0216/5457)
- Imran, I., (2007). "The 6 March 2007 West Sumatera Earthquake-Lesson Learned and Recommendations", Prosiding The International Symposium on Disaster in Indonesia (ISDI): Problem and Solution, 26-28 Juli, Padang.
- Imran, I., Hoedajanto, D., Suhawanto, (2005). "Beberapa Pelajaran dari Gempa Aceh; Tinjauan Kinerja Dua Bangunan Perkantoran di Banda Aceh", Seminar Gempa HAKI 2005, Jakarta, 25 Mei, (ISBN 979-98441-2-6)
- Kristianto, A., Imran, I., Suarjana, M., (2011). "Studi Eksperimental Penggunaan Tulangan Pengekang Tidak Standaryang Dimodifikasi pada Kolom Persegi Beton Bertulang", Jurnal Teknik Sipil ITB, Vol 18, No.3, hal 193-206 (ISSN 0853-2982)
- Kristianto, A., Imran, I., Suarjana, M., Pane I, (2012). "Confinement of Reinforced Concrete Columns with Non Compliance Confining Reinforcement plus Supplemental Pen-Binder", ITB J. Eng. Sci., Vol. 44, No. 3, 220-237 (ISSN: 1978-3051)
- Saatcioglu M and Razvi S.R(1992). "Strength and Ductility of Confined Concrete",Journal of Structural Engineering, ASCE, V. 118, No. 6, June 1992, pp. 1590-1607.

Konteks8 Paper

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Syiah Kuala University

Student Paper

4%

2

www.neliti.com

Internet Source

4%

Exclude quotes On

Exclude matches < 3%

Exclude bibliography On