

Metropilar

Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Unhalu



VOLUME 11 NO. 4 OKTOBER 2013

Model Bangunan Pengendali Banjir di Kelurahan Sodoha Edward Ngir	253 – 259
Analisis Stabilitas Transient Mesin Sinkron Menggunakan Powerworld Simulator (Model IEEE 9 Bus 3 Mesin) Tambir	260 – 270
Analisis Kekuatan Beton Dengan Menggunakan Tes Hammer Pada Jalan Lingkungan (Studi Kasus Jalan Rawasari VIII dan Rawasari III) Dewi Yuniar, Hasmali	271 – 274
Model-Model Histeresis Beton Abdul Kadir	275 – 285
Pengaruh Tekanan Terhadap Kekerasan Pada Pembuatan Metalurgi Serbuk Paduan Al - Si Hyperneutectic (17,89 % Al – 18 % Si) Abd. Kadir	286 – 290
Efek Pengengkangan Terhadap Momen-Kelengkungan Tampang Kolom Beton Bertulang Iman Satyamo, Abdul Kadir	291 – 303
Studi Awal Pengaruh Perlakuan Kimia Serat Kulit Batang Waru (<i>Hebiscus Tiliaceus L.</i>) Sebagai Alternative Bahan Penguat Komposit Yuspiar, Gurawan, Aminur, Herson Taiso	301 – 307
Analisis Kebisingan Pada Ruas Jalan Lasandara Terhadap Kualitas dan Kesehatan Lingkungan Rory Telenipa	308 – 314
Aplikasi Metode PCI Untuk Menganalisis Tingkat Kerusakan Poros Jalan Toronipa Kabupaten Konawe Siti Nurjanah Ahmadi	315 – 325
Implementasi Algoritma Dijkstra Pada Web-GIS Dalam Penelusuran Jalur Transportasi Terpendek di Daerah Rawan Bencana Menggunakan Google Map-API La Ode Muhammad Nurrahman Ansyad	326 – 333
Pemetaan Kawasan Rawan Banjir Kota Kendari Marhadi, Uniadi Mangidi	334 – 344
Evaluasi Fungsi Halte Sebagai Tempat Henti Angkutan Umum (Studi Kasus Halte Kota Kendari, Rute Kampus Baru- Kota Lama) Keriali, La Welendo, Tri Sugianto Soeparyanto	345 – 352
Sistem Penunjang Keputusan Seleksi Penerima Beasiswa Bagi Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Haluoleo Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Statisky, Anita Puspa Dewi	351 – 361
Analisis Tarif Angkutan Kota Kendari Dengan Menggunakan Metode Ability To Pay (ATP) dan Willingness To Pay (WTP) Tri Sugiyarto Soeparyanto	362 – 370
Aplikasi Skema Linierisasi Umpan Balik Variabel Banyak Untuk Stabilitas Sudut Rotor dan Regulasi Tegangan Dari Sistem-Sistem Daya Abdul Johar	371 – 379

Daftar Isi

Model Bangunan Pengendali Banjir Di Kelurahan Sodoha Edward Ngii	253 – 259
Analisis Stabilitas Transient Mesin Sinkron Menggunakan Powerworld Simulator (Model IEEE 9 Bus 3 Mesin) Tambi	260 – 270
Analisis Kekuatan Beton Dengan Menggunakan Tes <i>Hammer</i> Pada Jalan Lingkungan (Studi Kasus Jalan Rawasari VIII dan Rawasari III) Dewi Yuniar, Hasmianti	271 – 274
Model-Model Histerisis Beton Abdul Kadir	275 – 285
Pengaruh Tekanan Terhadap Kekerasan Pada Pembuatan Metalurgi Serbuk Paduan Al - Si <i>Hyperneutectic</i> (17,89 % Al – 18 % Si) Abd. Kadir	286 – 290
Efek Pengekangan Terhadap Momen-Kelengkungan Tampang Kolom Beton Bertulang Iman Satyarno, Abdul Kadir.....	291 – 300
Studi Awal Pengaruh Perlakuan Kimia Serat Kulit Batang Waru (<i>Hebiscus Tiliaceus L</i>) Sebagai Alternative Bahan Penguat Komposit Yuspian Gunawan, Aminur, Harson Taiso	301 – 307
Analisis Kebisingan Pada Ruas Jalan Lasandara Terhadap Kualitas dan Kesehatan Lingkungan Romy Talanipa	308 – 314
Aplikasi Metode PCI Untuk Menganalisis Tingkat Kerusakan Poros Jalan Toronipa Kabupaten Konawe Siti Nurjanah Ahmad.....	315 – 325
Implementasi Algoritma Dijkstra Pada Web-GIS Dalam Penelusuran Jalur Transportasi Terpendek di Daerah Rawan Bencana Menggunakan Google Map-API La Ode Muhamad Nurrakhmad Arsyad	326 – 333
Pemetaan Kawasan Rawan Banjir Kota Kendari Marhadi, Uniadi Mangidi	334 – 344
Evaluasi Fungsi Halte Sebagai Tempat Henti Angkutan Umum (Studi Kasus Halte Kota Kendari, Rute Kampus Baru- Kota Lama) Keniati, La Welendo, Tri Sugiarto Soeparyanto	345 – 350

Sistem Penunjang Keputusan Seleksi Penerima Beasiswa Bagi Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Haluoleo Dengan Menggunakan Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) Statiswaty, Anita Puspita Dewi	351 – 361
Analisis Tarif Angkutan Kota Kendari Dengan Menggunakan Metode Ability To Pay (ATP) dan Willingness To Pay (WTP) Try Sugiyarto Soeparyanto	362 – 370
Aplikasi Skema Linierisasi Umpan Balik Variabel Banyak Untuk Stabilitas Sudut Rotor dan Regulasi Tegangan Dari Sistem-Sistem Daya Abdul Johar	371 – 379

EFEK PENGEKANGAN TERHADAP MOMEN-KELENGKUNGAN TAMPANG KOLOM BETON BERTULANG

Iman Satyarno

Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada

Abdul Kadir

Staf Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Haluoleo

ABSTRACT

Confinement of the column can be transverse bar with a variety of conventional configuration. This paper aims to analyze the influence of the rectangular stirrups spacing on moment - curvature column. Moment - curvature analysis is done by using the stress-strain curve Kent and Park (1971), Mander et al. (1988), Saatcioglu and Razvi (1992), Legeron and Paultre (2003), and Response -2000. The results of the analysis show that: 1) transverse bar spacing less effect on increasing the maximum moment on all models. 2) All the models indicate that the smaller spacing of transverse steel will increase the moment after moment of maximum curvature. 3) The level of the load will affect the rate of reduce in the strength and ductility of curvature 4) The level of the flatness of the slope of the curve after the peak is a model Saatcioglu and Razvi, Mander, Legeron and Paultre, Response - 2000 and Kent and Park.

Keywords: *Confinement, stress-strain model, curvature, moment-curvature, column, reinforced concrete.*

ABSTRAK

Kekangan kolom dapat berupa sengkang konvensional dengan berbagai macam konfigurasi maupun kekangan dengan fiber yang dapat bersifat kekangan pasif atau kekangan aktif. Tulisan ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jarak sengkang persegi konvensional terhadap momen-kelengkungan tampang kolom. Analisis momen-kelengkungan dilakukan dengan menggunakan kurva tegangan-regangan Kent dan Park (1971), Mander dkk. (1988), Saatcioglu dan Razvi (1992), Legeron dan Paultre (2003) dan Respon-2000. Hasil-hasil analisis menunjukkan bahwa: 1) jarak sengkang tidak berpengaruh banyak pada peningkatan momen maksimum pada semua model. 2) Semua model menunjukkan bahwa jarak sengkang yang rapat akan meningkatkan momen dan kelengkungan setelah momen maksimum. 3) Tingkat beban akan mempengaruhi laju penurunan kekuatan dan daktilitas kelengkungan 4) Tingkat kelandaian kemiringan kurva setelah puncak berturut-turut adalah model Saatcioglu dan Razvi, Mander, Legeron dan Paultre, Respon-2000 dan Kent dan Park.

Kata kunci: kekangan, model tegangan-regangan, kelengkungan, momen-kelengkungan, kolom, beton bertulang.

PENDAHULUAN

Kolom beton bertulang merupakan elemen utama yang digunakan baik pada bangunan struktur gedung maupun jembatan. Performa dan perilaku struktur penahan momen sangat tergantung dari performa elemen kolom. Detailing kolom yang baik akan memberikan daktilitas yang memadai yang dapat berdeformasi inelastis yang cukup sebelum runtuh. Pada banyak kasus gempa, kegagalan kolom yang diindikasikan sebagai kegagalan geser dan tekuk sering terjadi. Fakta tersebut menunjukkan bahwa kekangan yang diberikan kurang atau tidak cukup efektif untuk mencegah terjadinya kegagalan kolom. Beberapa Code diantaranya ACI 318-08 (2008), CSA A23.3-04

(2004), dan NZS 3101-06 (2006) telah menerapkan kekangan minimum untuk mengantisipasi terjadinya tekuk dini dan menyediakan kapasitas geser kolom yang cukup pada zona gempa sedang dan kuat.

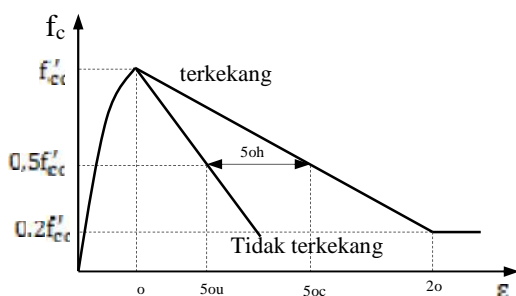
Kemampuan kolom menahan beban, mendisipasi dan berdeformasi inelastis dapat dievaluasi dengan menggunakan hubungan momen dan kelengkungan. Hubungan momen dan kelengkungan sangat dipengaruhi oleh kurva tegangan regangan beton. Dari beberapa riset menunjukkan bahwa konfigurasi dan jarak kekangan memberikan karakter khusus terhadap grafik tegangan regangan beton.

LANDASAN TEORI

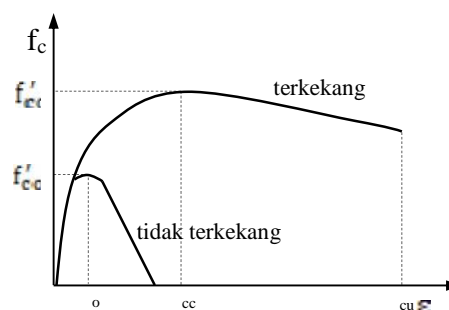
A. Kurva tegangan-regangan beberapa peneliti

Analisis perilaku kekangan terhadap peningkatan kuat tekan diawali oleh Richart (1929) dengan melakukan rangkaian uji pada kolom kecil pada beban tekan hidrostatik lateral konstan. Kini persamaan-persamaan empiris yang merepresentasikan kurva tegangan-regangan beton terkekang berevolusi dengan cepat dan terdapat cukup banyak variasi. Variasi empiris yang kini ada baik beton mutu normal maupun mutu tinggi menurut Lokuge dkk. (2005) merupakan modifikasi salah satu dari tiga usulan yakni 1) Model Sargin

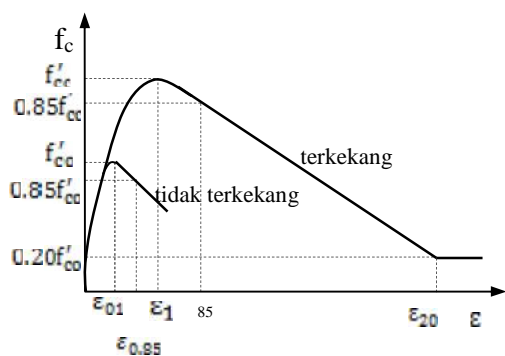
dkk. (1971); 2) Model Kent dan Park (1971); dan 3) Model Popovics (1973). Pada tulisan ini model Park dan Kent (1971), Mander dkk. (1988), Saatcioglu dan Razvi (1992) dan Legeron dan Paultre (2003) dan Respon-2000 (Bentz,2000) digunakan sebagai bahan banding. Karakteristik kurva dan persamaan empiris disajikan dalam Gambar 1 dan Tabel 1. Pada Respon-2000 kurva dasar menggunakan Popovics dengan mengkombinasikan dengan *compression softening* dan *tension stiffening*. Hubungan konstitutif menggunakan Modified Compression Field Theory (Vecchio dan Collins, 1986).



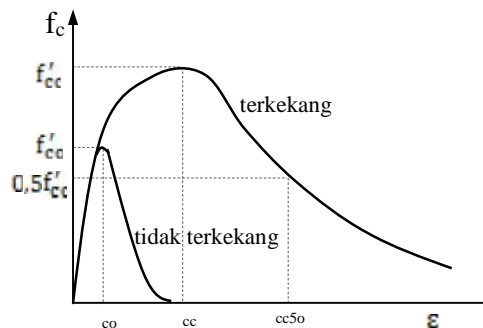
(a) Park dan Kent.(1971)



(b) Mander dkk. (1988)



(c) Saacioglu dan Razvi (1992)



(d) Legeron dan Paultre (2003)

Gambar 1. Model kurva tegangan-regangan

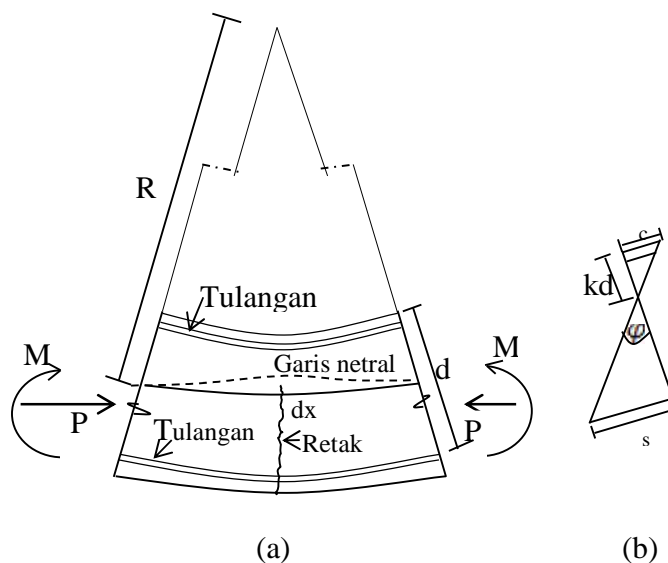
Tabel 1. Persamaan empiris kurva tegangan-regangan usulan peneliti

Peneliti	Kurva naik	Kurva turun
Kent dan Park (1971)	$f_{cc}[2(\epsilon_c/\epsilon_{co})-(\epsilon_c/\epsilon_{co})^2]$	$f_{cc}[1-Z_m(\epsilon_c-\epsilon_{cc})]$ $Z_m = \frac{0.5}{\frac{3 + 0.29f'_c}{145f'_c - 1000} + \frac{3}{4} \rho_s \sqrt{\frac{b_c}{h}} - 0.002}$
Mander dkk. (1988)	$f_{cc} \times r/(r-1-x^r)$	
Saatcioglu dan Razvi (1992)	$f_{cc}[2(\epsilon_c/\epsilon_{co})-(\epsilon_c/\epsilon_{co})^2]^{1/(1+2K)}$	$f_{cc}[1-Z_m(\epsilon_c-\epsilon_{cc})]$ $Z_m = \frac{0.15}{\epsilon_{gs} - \epsilon_{cc}}$
Legeron dan Paultre (2003)	$f_{cc}\{k(\epsilon_c/\epsilon_{cc})/[k-1-(\epsilon_c/\epsilon_{cc})^k]\}$	$f_{cc}e^{-k_1(\epsilon_1-\epsilon_{cc})^{k_2}}$
Respon-2000	$f_{cc}[\ln(\epsilon_c/\epsilon_{co})/\{n-1+(\epsilon_c/\epsilon_{co})^{nk}\}]$	

B. Kelengkungan elemen

Kelengkungan elemen beton yang mengalami aksial lentur, dengan momen-momen dan gaya aksial pada ujung-ujungnya diilustrasikan dalam Gambar 2. Jari-jari kelengkungannya adalah R yang diukur dari garis netral. Akibat adanya retak maka jari-jari kelengkungan R, tinggi garis netral kd, regangan

beton pada bagian serat tertekan ϵ_c , regangan tarik pada tulangan akan bervariasi sepanjang batang. Dengan meninjau elemen kecil pada batang dengan panjang dx dan dengan menggunakan simbol-simbol yang pada Gambar 2 dapat diperoleh rotasi dari dua ujung elemen yakni:



Gambar 2. Deformasi batang lentur; (a) potongan batang lentur (b) distribusi regangan (Park dan Paulay 1975)

$$\frac{dx}{R} = \frac{\epsilon_c dx}{kd} = \frac{\epsilon_s dx}{d(1-k)} \quad (2.1)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{\epsilon_c}{kd} = \frac{\epsilon_s}{d(1-k)} \quad (2.2)$$

1/R adalah kurvatur elemen (rotasi perunit panjang batang) dan disimbolkan dengan φ :

$$\varphi = \frac{\epsilon_c}{kd} = \frac{\epsilon_s}{d(1-k)} = \frac{\epsilon_c + \epsilon_s}{d} \quad (2.3)$$

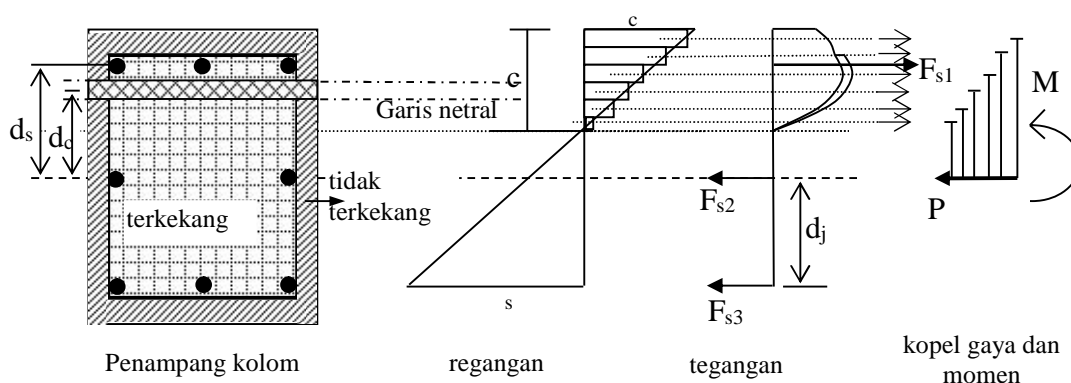
C. Analisis momen-kelengkungan kolom

Untuk menentukan hubungan momen-kelengkungan kolom, beberapa asumsi yang digunakan adalah;

1. Penampang kolom sebelum dan setelah melentur tetap rata.

2. Hubungan tegangan regangan baja tulangan menggunakan usulan Mander (1983).
3. Ketika regangan beton telah melampaui regangan *spalling*, selimut beton dianggap *spalling* dan kekuatannya sama dengan nol.
4. Tegangan tarik beton diabaikan.
5. Pengaruh susut dan rangkai diabaikan.
6. Beton dan tulangan dianggap lekat sempurna dan tidak terjadi slip.
7. Dianggap tidak terjadi tekuk.

Hubungan momen-kelengkungan dihitung berdasarkan kesesuaian (*compatibility*) antara beton dan baja tulangan. Jika regangan pada suatu lapis ditentukan maka regangan dilapis lapis lainnya dapat dihitung dengan mengasumsikan profil regangan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Distribusi tegangan regangan dan kolpel gaya dan momen pada penampang kolom beton bertulang

Untuk distribusi regangan tertentu pada penampang kolom, gaya dalam aksial dan momen dihitung sebagai berikut:

$$P = \sum_{i=1}^{n_c} f_{ci} A_{ci} + \sum_{j=1}^{n_s} f_{sj} A_{sj} \quad (2.4)$$

$$M = \sum_{i=1}^{n_c} f_{ci} A_{ci} d_{ci} + \sum_{j=1}^{n_s} f_{sj} A_{sj} d_{sj} - P \frac{h}{2} \quad (2.5)$$

Dimana;

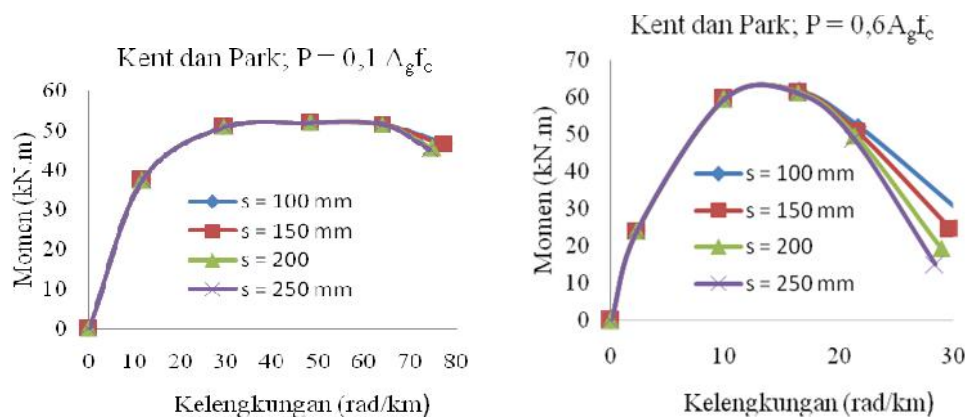
- A_{ci} = luas beton pada lapis i
- A_{sj} = luas baja pada lapis j
- f_{ci} = tegangan beton lapi i
- f_{sj} = tegangan baja lapis j
- d_{ci} = jarak lapis beton terhadap sumbu referensi
- d_{sj} = jarak tulangan terhadap sumbu referensi

HASIL DAN PEMBAHASAN

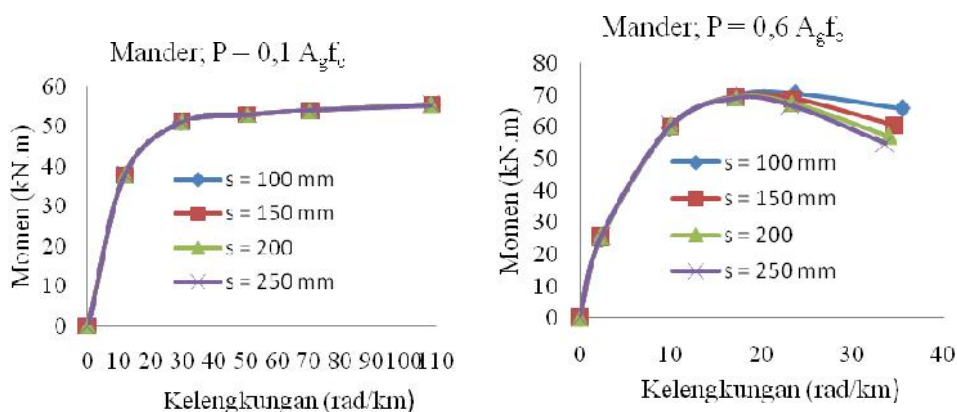
A. Pengaruh kekangan masing-masing model

Pengaruh jarak sengkang 100, 150, 200, dan 250 mm terhadap momen kelengkungan untuk tingkatan beban $P = 0,1$; dan $0,6 A_g f_c$ disajikan dalam bentuk grafik seperti dibawah.

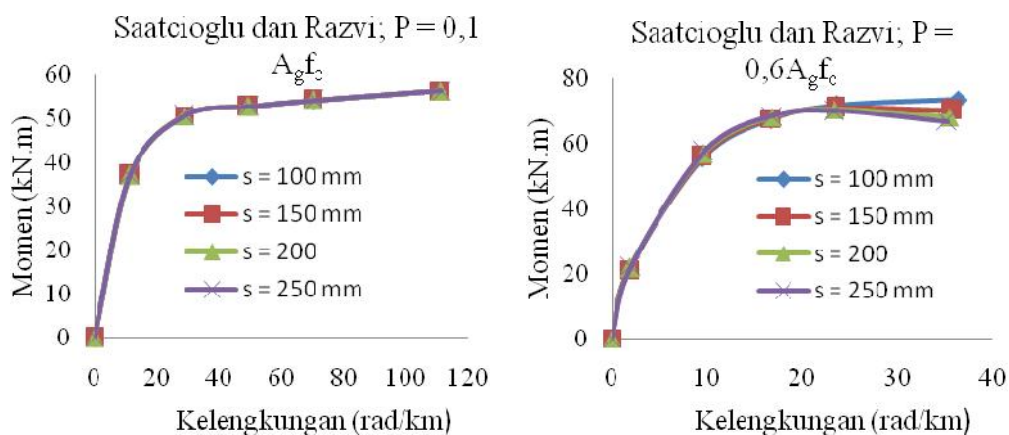
1. Kent dan Park (1971)



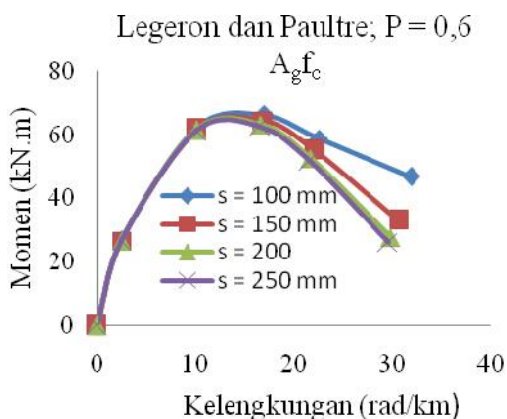
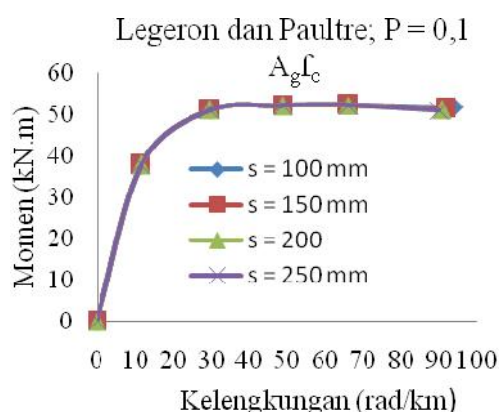
2. Mander dkk. (1988)



3. Saatcioglu dan Razvi (1992)

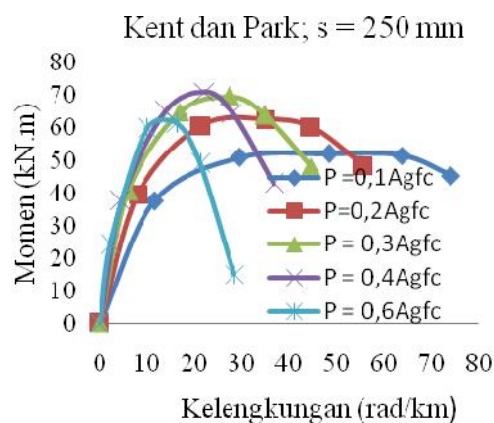
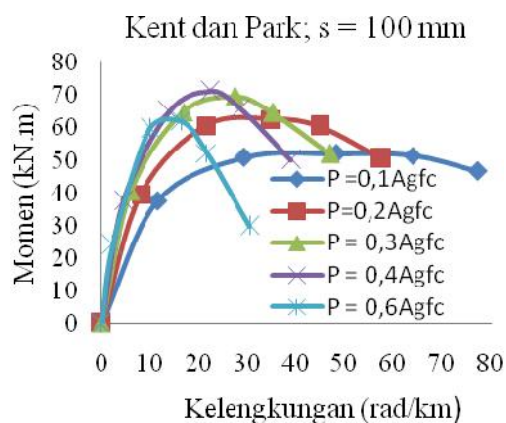


4. Legeron dan Paultre (2003)

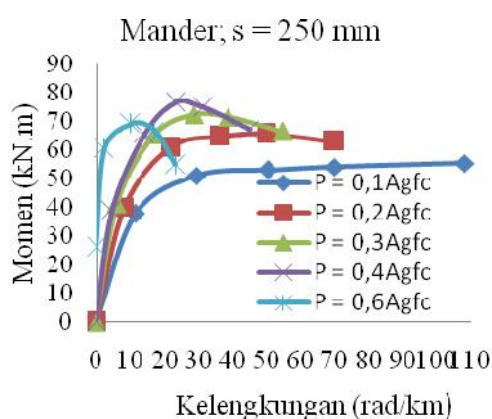
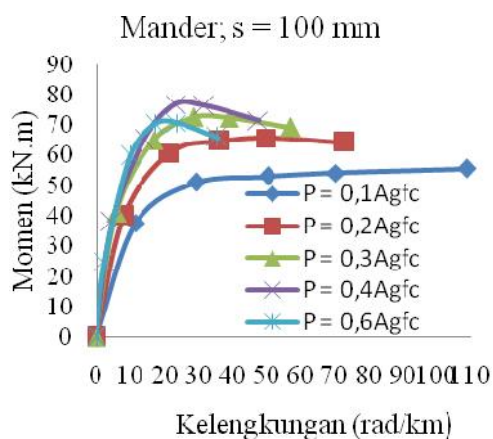


B. Momen-kelengkungan untuk sengkang 100 dan 250 mm dengan tingkat beban 0.1 – 0.6 $A_g f_c$ masing-masing Metode

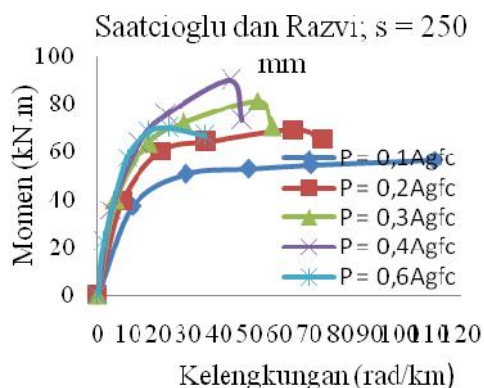
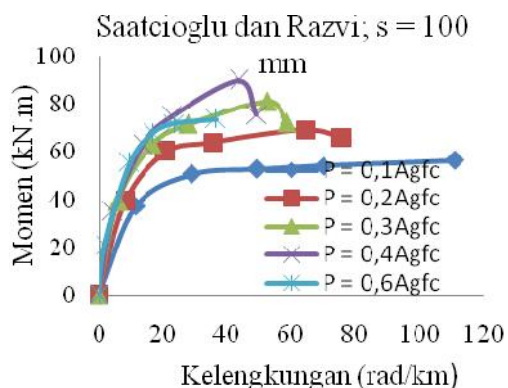
1. Kent dan Park (1971)



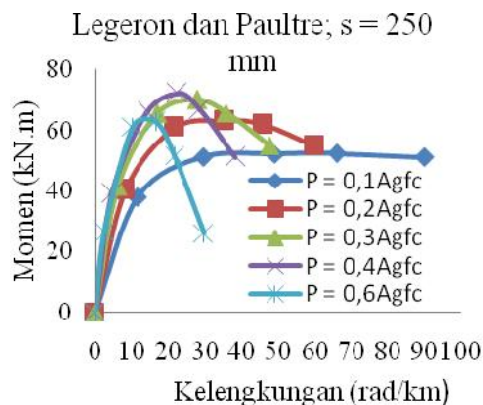
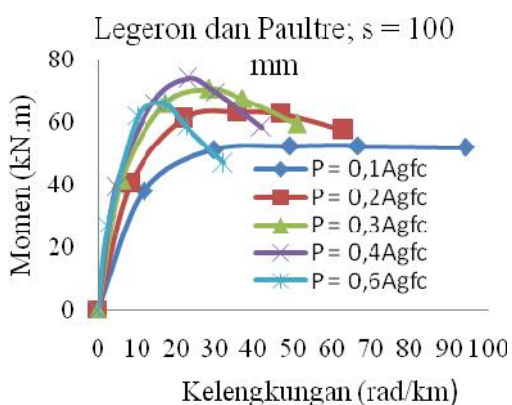
2. Mander dkk. (1988)



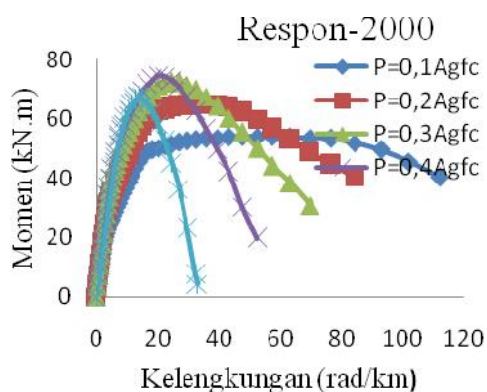
3. Saatcioglu dan Razvi. (1992)



4. Legeron dan Paultre (2003)

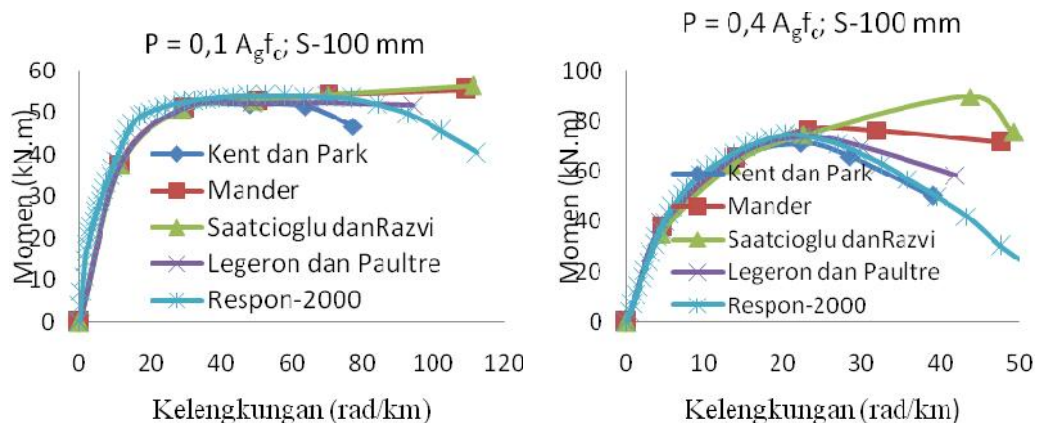


5. Respon-2000

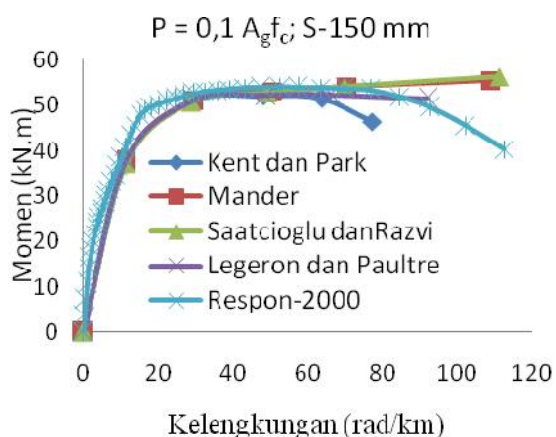


C. Momen kelengkungan untuk beban $P = 0,1; 0,4$ dan $0,6 A_g f_c$ dan jarak sengkang; 100; 150; 200 dan 250 mm

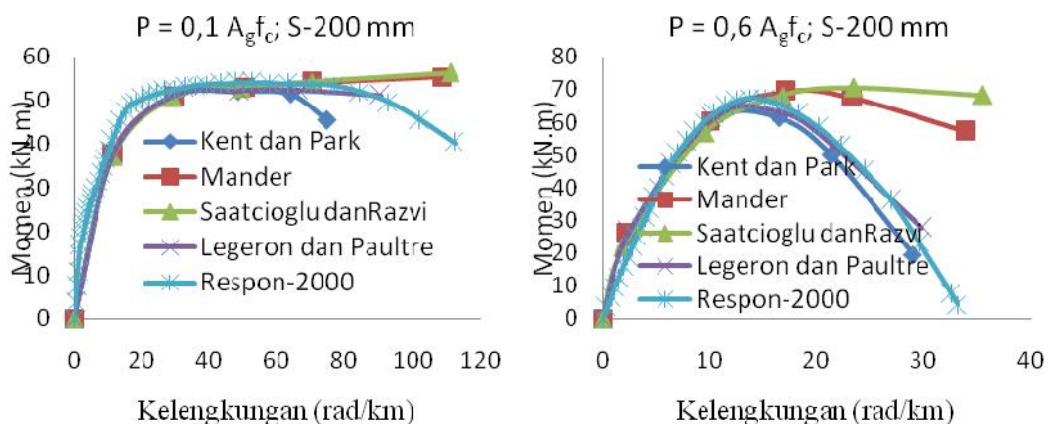
1. Model momen-kelengkungan dengan tingkat beban jarak sengkang = 100 mm



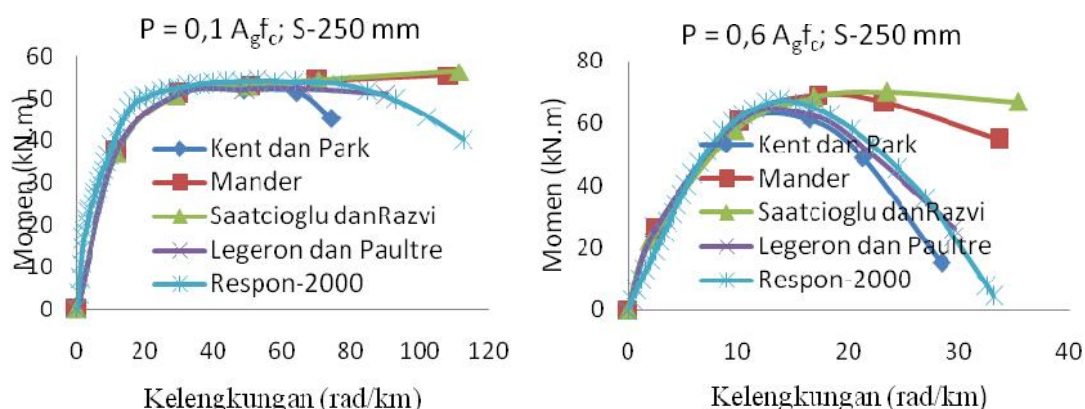
2. Model momen-kelengkungan dengan tingkat beban jarak sengkang = 150 mm



3. Model momen-kelengkungan dengan tingkat beban jarak sengkang = 200 mm



4. Model momen-kelengkungan dengan tingkat beban jarak sengkang = 250 mm



DISKUSI

Pengaruh jarak sengkang masing-masing metode

Momen-kelengkungan menurut Mander, Saatcioglu dan Razvi, Legeron dan Paultre menunjukkan bahwa jarak sengkang yang makin rapat selain dapat meningkatkan nilai momen maksimum juga dapat meningkatkan momen-momen setelah momen maksimum dan juga kelengkungan ultimit. Pada model Kent dan Park dan Respon-2000 jarak sengkang tidak berpengaruh pada peningkatan nilai momen maksimum. Jarak sengkang hanya berpengaruh pada kondisi setelah momen maksimum tercapai. Kondisi demikian kemungkinan terjadi karena pada model Kent dan Park dan Respon-2000 kekangan tidak meningkatkan kuat tekan

Pengaruh tingkat beban pada momen-kelengkungan

Peningkatan beban akan mempercepat laju degradasi atau softening kolom, ditandai dengan kemiringan kurva momen kelengkungan setelah puncak yang semakin tajam. Dengan demikian daktilitas kelengkungan semakin kecil. Dari Grafik juga menunjukkan momen maksimum dicapai pada level beban $0,4 A_g f_c'$ setelahnya laju degradasi semakin cepat.

Perbandingan hasil momen-kelengkungan masing-masing model

Momen kelengkungan pada model-model yang dihitung menunjukkan perbedaan dalam capaian momen-momen maksimum dan momen setelah momen-momen maksimum.

Nilai momen maksimum terbesar diperoleh dari hitungan Saatcioglu dan Razvi dan diikuti hasil hitung menurut Mander, Legeron dan Paultre, Respon-2000, Kent dan Park. Momen maksimum Respon-2000 dan Kent dan Park lebih kecil dari

lainnya karena pada model kurva tegangan-regangan Respon-2000 dan usulan Kent dan Park tidak menaikan kuat tekan. Capaian momen maksimum Respon-2000 lebih besar dari capaian momen maksimum Kent dan Park karena kuat tekan maksimum pada kurva dasar yang digunakan dalam Respon-2000 lebih besar dari kuat tekan maksimum pada kurva dasar yang digunakan Kent dan Park.

Punggung kurva turun momen-kelengkungan pada model-model Legeron dan Paultre, Respon-2000 dan Kent dan Park memiliki tingkat kemiringan yang identik. Punggung kurva momen-kelengkungan hitungan Saatcioglu dan Razvi mulai turun pada kelengkungan yang lebih besar dari kelengkungan 4 model lainnya. Kurva turun hitungan Mander lebih landai dari kurva Kent dan Park, Respon-2000 dan kurva Legeron dan Paultre. Kurva turun Respon-2000 lebih tajam atau daktilitas kelengkungan kecil karena pada Respon-2000 tidak memperhitungkan efek kekangan. Pada kurva Kent dan Park walaupun memperhitungkan efek kekang akan tetapi kelengkungan yang dihasilkan lebih kecil dari Respon-2000, hal ini disebabkan karena kurva dasar Kent dan Park kurva turunya lebih tajam dari kurva dasar Respon-2000.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318:2008, *Building Code Requirements for Structural Concrete*, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 2008, p. 437
- Benz, E. C., 2000, *Sectional Analysis of Reinforced Concrete Members*, Dissertasi Doctor of Philosophi, University of Toronto.
- Benz, E,C, 2000, Response-2000, <http://www.ecf.utoronto.ca/~bentz/home.shtml>.

- CSA A23.3-04, Design of Concrete Structures, Canadian Standards Association, Mississauga, ON, Canada, 2004, 258 pp.
- Legeron, F. dan Paultre, P., 2003, Uniaxial Confinement Model for Normal-and High-Strength Concrete Columns, Journal Structural Engineering © ASCE/Februari 241-252pp.
- Lokuge, W.P., Sanjayan, J.G., and Satunge, S., 2005, "Stress-Strain Model for Laterally Confined Concrete," Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE, November-December, pp.607-616.
- Mander, J.B., 1983, Seismic Design of Bridges Piers, Dissertasi Doctor of Filosofi, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Mander, J.B., Priestley, M.J.N, dan Park, P., 1988, Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, Journal Structural Engineering, © ASCE/August 1804-1826pp.
- NZS 3101:2006, Concrete Structures Standard, Part 1- The Design of Concrete Structures and Part 2 Commentary on the Design of Concrete Structures, Standards Association of New Zealand, Wellington, New Zealand, 2006, pp. 646.
- Park, R., dan Paulay, T., 1975, Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons, New York.
- Paultre, P. dan Legeron, F., 2008, Confinement Reinforcement Design for Reinforced Concrete Columns, Journal Structural Engineering © ASCE/May 738-749pp.
- Saatcioglu, M. dan Razvi, S., 1992, Strength and Ductility of Confined Concrete, Journal Structural Engineering, © ASCE Journal/June 1590-1607.
- Vecchio, F., dan Collins, M.P., 1986, The Modified Compression-Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear, ACI Journal/ March April, 219-231pp.