

PENGARUH PENGEKANGAN PADA ANALISIS MOMEN NOMINAL UNTUK PENGAMANAN KOLOM BETON BERTULANG TERHADAP KEGAGALAN GETAS GESER

THE IMPACT OF CONFINEMENT ON NOMINAL BENDING MOMENT TO AVOID BRITTLE SHEAR FAILURE ON REINFORCED CONCRETE MEMBERS

Tavio dan P. D. S. Pamenia
Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Kampus ITS, Keputih-Sukolilo Surabaya 60111, E-mail: tavio@its.ac.id

ABSTRACT

SNI 03-2847-2002 code defines the nominal shear strength of a structural member from the nominal bending moments at both ends of the corresponding member. This condition is implemented in the design to avoid the shear failure against severe earthquake. Ideally, the flexural failure in a member is expected to occur prior to the brittle shear failure. However, in the practical design, the computed nominal bending moments do not include the effects of confinement. Needless to say, the existence of confinement in a structural member increases the its flexural strength and the strength gain primarily depends on the amount of confinement. Confinement as one of the effective solutions in enhancing the ductility of a member has significant effects on the mode of failure of a member during large earthquake. The increase of flexural strength of a member due to confinement will also increase the shear capacity of the corresponding member. If the increase of the nominal bending moment is not taken into account during the calculation of the shear capacity of a member, the brittle shear failure can take place prior to the preferable flexural failure.

Keywords: brittle shear failure; confinement; earthquake; reinforced concrete members; stress-strain curves.

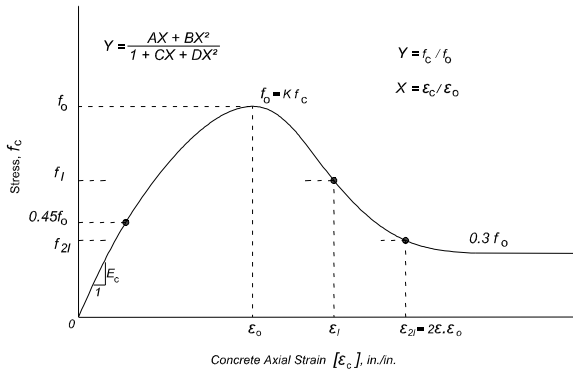
PENDAHULUAN

Ada berbagai cara untuk meningkatkan daktilitas pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Menurut Park dan Paulay (1975), ada enam cara untuk meningkatkan daktilitas pada balok tulangan rangkap *unconfined* (tidak terkekang), antara lain dengan menurunkan rasio tulangan tarik (ρ), meningkatkan rasio tulangan tekan (ρ'), menurunkan mutu baja (f_y), meningkatkan mutu beton (f_c') dan meningkatkan regangan beton (ϵ_c). Pada solusi yang terakhir, yaitu meningkatkan regangan beton (ϵ_c) hanya mungkin dilakukan bila ada *confinement* (pengekangan). *Confinement* merupakan solusi yang paling efektif dalam meningkatkan daktilitas dibandingkan dengan yang lain. Ada kelemahan jika rasio tulangan tarik (ρ) dan mutu baja (f_y) diturunkan karena harus dipertimbangkan antara penurunan kemampuan nominalnya dalam memikul beban dengan peningkatan daktilitas yang ingin dicapai. Berbeda dengan *confinement*, dengan adanya *confinement* pada beton maka akan meningkatkan daktilitas kurvatur (μ_ϕ) dan regangan beton (f_c'). Perhitungan geser pada balok maupun kolom didasarkan pada perhitungan hasil dari momen nominal, sehingga saat beban gempa dikenakan pada struktur maka

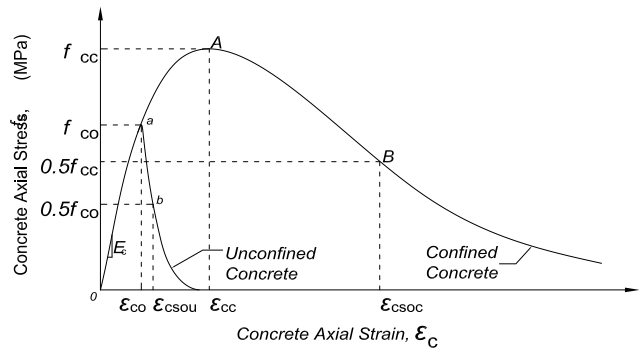
peristiwa kegagalan terhadap lentur idealnya dapat terjadi sebelum kegagalan terhadap geser. Namun pada kenyataannya momen nominal yang dianalisis tidak memperhitungkan adanya pengaruh *confinement*, padahal *confinement* mampu meningkatkan kekuatan yang ditunjukkan dengan usulan hubungan tegangan-regangan beton *confined* (terkekang) dan *unconfined* yang diajukan oleh Mander, dkk. (1998).

Penelitian Sebelumnya

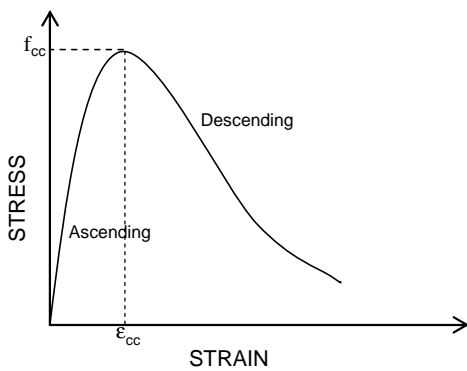
Beberapa penelitian terdahulu mengenai model persamaan tegangan-regangan beton terkekang pada beton berpenampang persegi telah diusulkan oleh Yong, dkk. (1988), Cusson dan Paultre (1993), Diniz dan Frangopol (1997), Legeron dan Paultre (2003), Kappos dan Konstantinidis (1992), dan Hong dan Han (2005). Ke-enam peneliti ini seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1, masing-masing peneliti mengusulkan kurva tegangan-regangan dengan perumusan tegangan-regangan puncak yang berbeda. Analisis untuk mendapatkan kurva tegangan-regangan pun bervariasi bergantung pada parameter-parameter yang ditinjau.



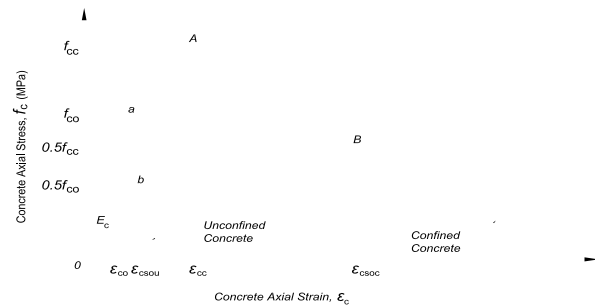
(a) Yong, dkk. (1988)



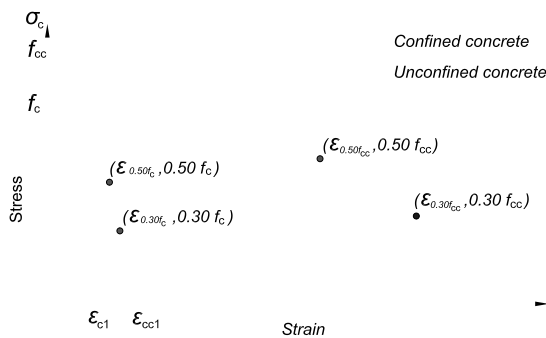
(b) Cusson dan Paultre (1993)



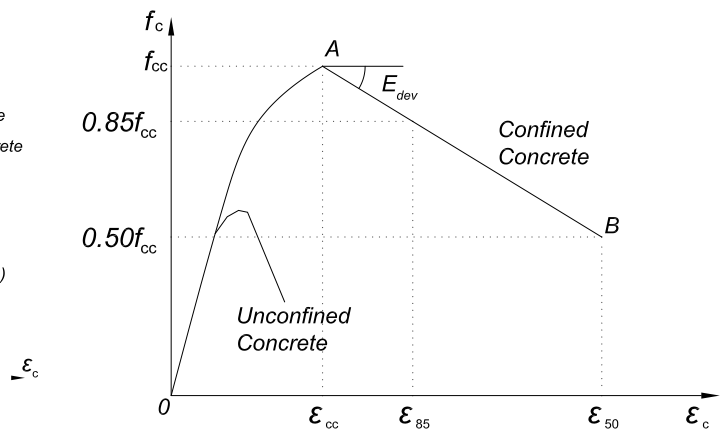
(c) Diniz dan Frangopol (1997)



(d) Legeron dan Paultre (2003)



(e) Kappos dan Konstantinidis (1992)



(f) Hong dan Han (2005)

Gambar 1. Model usulan kurva tegangan-regangan dari enam peneliti

Jadi penelitian yang dilakukan hanya sebatas pada usulan terhadap perubahan kurva tegangan-regangan beton akibat kekangan saja. Dari penelitian yang telah ada peneliti mengusulkan adanya suatu pengaruh peningkatan kekuatan akibat kekangan dalam analisis momen nominal pada pengamanan struktur terhadap kegagalan getas. Penelitian ini penting dilakukan mengingat pengaruh kekangan

sangatlah besar karena jika peningkatan momen nominal yang terjadi tidak disertai dengan peningkatan kemampuan geser, maka akan terjadi kegagalan geser yang tidak didahului oleh kegagalan lentur, sehingga struktur akan mengalami *brittle failure*. Tabel 1 merupakan ringkasan dari usulan berbagai bentuk kurva tegangan-regangan beton yang dikekang.

Tabel 1. Model analitis kurva tegangan-regangan beton terkekang

Peneliti	Model tegangan-regangan beton terkekang	
	Kurva Naik	Kurva Turun
Yong, dkk. (1988)	$Y = \frac{AX + BX^2}{1 + (A-2)X + (B+1)X^2}$	
	Tegangan Puncak	$f_0 = Kf'_c$
	Regangan Puncak	$\epsilon_0 = 0.00265 + \frac{0.0035 \left(1 - \frac{0.734s}{h''}\right) (\rho'' f_y'')^{2/3}}{\sqrt{f'_c}}$
Cusson dan Paultre (1993)	$f_c = f_{cc} \left[\frac{k \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}}\right)}{k-1 + \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}}\right)^k} \right]$	
	Tegangan Puncak	$f_{cc} = f_{co} \cdot \exp\left[k_1(\epsilon_c - \epsilon_{cc})^{k_2}\right]$
	Regangan Puncak	$\frac{f_{cc}}{f_{co}} = 1.0 + 3.0 \left(\frac{f_{te}}{f_{co}}\right)^{0.9}$ $\epsilon_{cc} = \epsilon_{co} + 0.2 \left(\frac{f_{te}}{f_{co}}\right)^{1.7}$
Diniz dan Frangopol (1997)	$f_c = f'_{cc} \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}}\right)^A \right]$	
	Tegangan Puncak	$f_c = f'_{cc} \cdot \exp\left[-K(\epsilon_c - \epsilon_{cc})^{1.15}\right]$
	Regangan Puncak	$f'_{cc} = f'_c + \left(1.15 + \frac{3.048}{f'_c}\right) f_{te}$ $\epsilon_{cc} = 1.027 \times 10^{-7} f'_c + 0.0296 \frac{f_{te}}{f'_c} + 0.00195$
Legeron dan Paultre (2003)	$f_{cc} = f'_{cc} \left[\frac{k(\epsilon_{cc}/\epsilon'_{cc})}{k-1 + (\epsilon_{cc}/\epsilon'_{cc})^k} \right]$	
	Tegangan Puncak	$f_c = f'_{cc} \exp\left[k_1(\epsilon_{cc} - \epsilon'_{cc})^{k_2}\right]$
	Regangan Puncak	$\frac{f'_{cc}}{f'_c} = 1 + 2.4 (I'_e)^{0.7}$ $\frac{\epsilon'_{cc}}{\epsilon'_c} = 1 + 35 (I'_e)^{1.2}$
Kappos dan Konstantinidis (1992)	$\sigma_c = \frac{f_{cc} \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{ccl}} \frac{E_c}{E_c - E_{cl}}}{\frac{E_c}{E_c - E_{cl}} - 1 + \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{ccl}}\right)^{\frac{E_c}{E_c - E_{cl}}}}$	
	Tegangan Puncak	$\sigma_c = f_{cc} \left[1 - 0.5 \frac{\epsilon_c - \epsilon_{ccl}}{\epsilon_{0.50f_{cc}} - \epsilon_{ccl}} \right]$
	Regangan Puncak	$f_{cc} = 0.85 f_c + 10.3 (\alpha \rho_w f_{yw})^{0.4}$ $\frac{\epsilon_{ccl}}{\epsilon_{cl}} = 1 + 32.8 (\alpha \omega_w)^{1.9}$
Hong dan Han (2005)	$f_c = f_{cc} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}}\right)^\alpha \right\}$	
	Tegangan Puncak	$f_c = f_{cc} - E_{des}(\epsilon_c - \epsilon_{cc})$
	Regangan Puncak	$\frac{f_{cc}}{f_{c0}} = 1.0 + 4.1 \left(\frac{p_e}{f_{c0}}\right)^{0.7}$ $\epsilon_{cc} = \epsilon_{c0} + 0.015 \left(\frac{p_e}{f_{c0}}\right)^{0.56}$

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini adalah analisis numerik yang mengevaluasi analisis momen nominal akibat peningkatan tegangan-regangan beton pada pengamanan struktur terhadap kegagalan geser dengan bantuan program bantu. Elemen struktur yang akan dianalisis adalah kolom, penampang kolom direncanakan dengan dimensi $500 \times 500 \text{ mm}^2$ dan tinggi bentang setinggi 8 m, selain peningkatan momen nominal juga ditinjau peningkatan kekuatan geser yang akan dievaluasi berdasar ketentuan dari Pasal 23.3.4.2 SNI 03-2847-2002. Berikut properti dari benda uji yang akan diteliti pada Tabel 2a dan Tabel 2b.

Gambar 2 menunjukkan konfigurasi dari tulangan transversal yang dipasang beserta kebutuhan tulangan. Setelah kurva tegangan-regangan dengan tegangan puncak dan regangan

puncak terbentuk, maka untuk mengetahui peningkatan kekuatan nominal dari penampang akibat kekangan perlu dihitung luasan dari kurva tersebut. Dalam menghitung luasan kurva tegangan-regangan yang terjadi, kurva perlu disederhanakan ke dalam bentuk persegi dengan integrasi numerik aturan trapesoidal dan menggunakan bantuan program komputer. Kemudian analisis dilanjutkan pada analisis momen nominal dan kemampuan geser penampang berdasarkan ACI 318M-99 atau SNI 03-2847-2002.

Pada Tabel 3 merupakan kontrol A_{sh} sebagaimana yang telah diisyaratkan SNI 03-2847-2002, sedangkan hasil A_{sh} untuk konfigurasi 1 yaitu $A_{v1} = 265.465 \text{ mm}^2$, nilai $A_{v2} = 398.197 \text{ mm}^2$ dan $A_{v3} = 619.86 \text{ mm}^2$.

Tabel 2a. Properti dari benda uji

Benda Uji		Tul. Longitudinal	ϕ Tul. Transversal (mm)	Tul. Transversal (konfigurasi)	Selimit beton (mm)	f'_c (MPa)		f_y (MPa)	
(1)		(2)		(3)	(4)	(5)		(6)	
KOLOM	K1	4 ϕ 28	10	2	50	30	50	320	400
	K2	8 ϕ 28	10	3	50	30	50	320	400
	K3	12 ϕ 28	10	4 2/3	50	30	50	320	400

Keterangan:

5 = Mutu beton (MPa)

6 = Mutu baja (MPa)

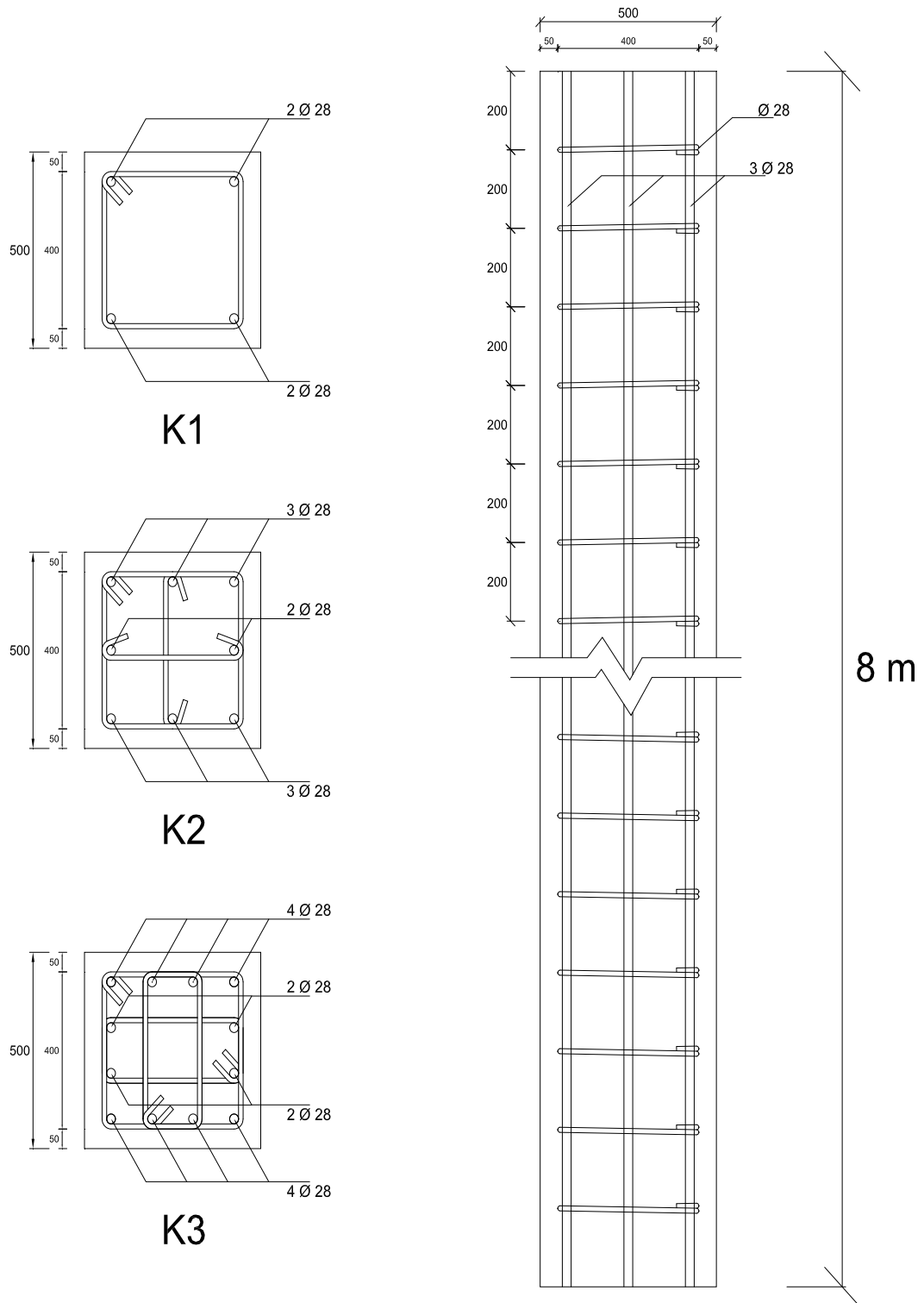
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis yang ditunjukkan pada makalah ini hanyalah hasil dari analisis kolom pada kurva tegangan-regangan dari Cusson dan Paultre (1993), mengingat keterbatasan halaman yang disyaratkan. Akan tetapi kurva yang diajukan oleh peneliti tersebut telah mewakili perilaku dari peneliti lainnya.

Perilaku Umum dan Model Kegagalan

Secara umum, ternyata persentase peningkatan gaya aksial, momen dan juga gaya geser akibat pengaruh kekangan cukup signifikan. Bahkan untuk konfigurasi K3 (kekangan 4 kaki) menunjukkan

peningkatan sebesar sekitar 25 persen pada mutu beton 50 MPa dan mutu tulangan transversal 320 MPa. Hal ini berarti kemampuan geser yang direncanakan selama ini (beton tidak terkekang) cukup berbahaya mengingat dengan pemasangan kekangan pada kolom mengakibatkan kenaikan kemampuan geser, sehingga kegagalan geser dapat terjadi. Hal ini tentu saja dapat diantisipasi dengan pemasangan spasi dan konfigurasi tulangan transversal yang cukup rapat. SNI 03-2847-2002 sendiri telah mengantisipasi terjadinya kegagalan geser ini dengan memberikan syarat dari spasi dan luas tulangan transversal yang terdapat di Pasal 23.4.4.



Gambar 2. Detail potongan benda uji kolom

Tabel 2b. Properti dari benda uji

Kode Benda Uji	s (mm)	Ag (mm ²)	Ach (mm ²)	Ash (mm ²)	ρ _s	ρ _g	ρ _{cc}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
K1	200	250,000	152,100	157.080	0.0040	0.0099	0.0162
	100	250,000	152,100	157.080	0.0081	0.0099	0.0162
	75	250,000	152,100	157.080	0.0107	0.0099	0.0162
	50	250,000	152,100	157.080	0.0161	0.0099	0.0162
K2	200	250,000	152,100	235.619	0.0060	0.0197	0.0324
	100	250,000	152,100	235.619	0.0121	0.0197	0.0324
	75	250,000	152,100	235.619	0.0161	0.0197	0.0324
	50	250,000	152,100	235.619	0.0242	0.0197	0.0324
K3	200	250,000	152,100	366.781	0.0094	0.0296	0.0486
	100	250,000	152,100	366.781	0.0188	0.0296	0.0486
	75	250,000	152,100	366.781	0.0251	0.0296	0.0486
	50	250,000	152,100	366.781	0.0376	0.0296	0.0486

Keterangan :

1 = Kode benda uji

2 = Spasi tulangan transversal (mm)

3 = Luas penampang (mm²) $A_g = b \times h$

4 = Luas inti beton terkekang (mm²) $A_{ch} = b_c \times h_c$

5 = Luas total tulangan transversal (mm²) $A_{sh} = n \times A_{stt}$

6 = Rasio volume tulangan transversal terhadap volume inti beton terkekang $\rho_s = \frac{A_{sh}}{s.b_c} + \frac{A_{sh}}{s.h_c}$

7 = Rasio volume tulangan longitudinal terhadap volume penampang $\rho_g = \frac{A_{slongtot}}{A_g}$

8 = Rasio volume tulangan longitudinal terhadap volume inti beton $\rho_{cc} = \frac{A_{slongtot}}{A_{ch}}$

Tabel 3. Kontrol A_{sh} pada SNI 03-2847-2002

	$f_c' = 30 \text{ MPa}$				$f_c' = 50 \text{ MPa}$			
	$A_{sh_1} \text{ (mm}^2\text{)}$	$A_{sh_1} \text{ (mm}^2\text{)}$	$A_{sh_2} \text{ (mm}^2\text{)}$	$A_{sh_2} \text{ (mm}^2\text{)}$	$A_{sh_1} \text{ (mm}^2\text{)}$	$A_{sh_1} \text{ (mm}^2\text{)}$	$A_{sh_2} \text{ (mm}^2\text{)}$	$A_{sh_2} \text{ (mm}^2\text{)}$
	($f_y = 320 \text{ MPa}$)	($f_y = 400 \text{ MPa}$)	($f_y = 320 \text{ MPa}$)	($f_y = 400 \text{ MPa}$)	($f_y = 320 \text{ MPa}$)	($f_y = 400 \text{ MPa}$)	($f_y = 320 \text{ MPa}$)	($f_y = 400 \text{ MPa}$)
s = 200 mm	1,224.492	979.594	653.063	522.450	2,040.820	1,632.656	1,088.438	870.750
s = 100 mm	612.246	489.797	326.531	261.225	1,020.410	816.328	544.219	435.375
s = 75 mm	459.185	367.348	244.898	195.919	765.308	612.246	408.164	326.531
s = 50 mm	306.123	244.898	163.266	130.613	510.205	408.164	272.109	217.688

Pengaruh Tegangan Beton

Tabel 4a dan Tabel 4b menunjukkan kuat tekan beton yang diuji adalah mutu 30 MPa dan 50 MPa. Setelah dianalisa terjadi peningkatan momen yang setara dengan peningkatan gaya geser untuk masing-

masing konfigurasi. Sehingga semakin meningkat tegangan beton maka spasi tulangan

semakin rapat. Hal ini sangat terkait dengan sifat beton yang getas, yang mengakibatkan kegagalan geser cepat terjadi.

Pengaruh Tegangan Baja Tulangan Transversal

Tabel 4a dan Tabel 4b dibedakan oleh satu perbedaan yakni nilai mutu tulangan transversal

antara 320 dan 400 MPa, terlihat perbedaan yang cukup signifikan pada nilai spasi yang semakin merenggang.

Tabel 4a. Nilai spasi hasil pengekanan hasil analisis untuk $f_y = 320$ MPa dan nilai $s = 100$ mm

Kode Benda Uji	Beton Tidak Terkekang								Beton Terkekang								Peningkatan Beton Terkekang terhadap Beton Tidak Terkekang (%)					
	$f_c' = 30$ MPa				$f_c' = 50$ MPa				$f_c' = 30$ MPa				$f_c' = 50$ MPa				$f_c' = 30$ MPa			$f_c' = 50$ MPa		
	P (KN)	M (KNm)	V (KN)	s (mm)	P (KN)	M (KNm)	V (KN)	s (mm)	P (KN)	M (KNm)	V (KN)	s (mm)	P (KN)	M (KNm)	V (KN)	s (mm)	P	M	V	P	M	V
K1	2,921.772	534.216	133.554	169.366	4,586.616	767.189	191.797	117.934	3,537.077	606.744	151.686	149.120	5,177.791	873.184	218.296	103.618	17.396	11.954	11.954	11.418	12.139	12.139
K2	2,989.913	603.489	150.872	224.887	4,179.986	833.863	208.466	162.757	4,436.913	737.231	184.31	184.090	6,161.565	1,013.069	253.267	133.966	32.613	18.141	18.141	32.160	17.689	17.689
K3	3,057.981	691.198	172.799	305.653	4,264.496	920.384	230.096	229.541	4,523.712	922.419	230.605	229.034	7,029.425	1,190.486	297.621	177.462	32.401	25.067	25.067	39.334	22.688	22.688

Tabel 4b. Nilai spasi hasil pengekanan hasil analisis untuk $f_y = 400$ MPa dan nilai $s = 100$ mm

Kode Benda Uji	Beton Tidak Terkekang								Beton Terkekang								Peningkatan Beton Terkekang terhadap Beton Tidak Terkekang (%)					
	$f_c' = 30$ MPa				$f_c' = 50$ MPa				$f_c' = 30$ MPa				$f_c' = 50$ MPa				$f_c' = 30$ MPa			$f_c' = 50$ MPa		
	P (KN)	M (KNm)	V (KN)	s (mm)	P (KN)	M (KNm)	V (KN)	s (mm)	P (KN)	M (KNm)	V (KN)	s (mm)	P (KN)	M (KNm)	V (KN)	s (mm)	P	M	V	P	M	V
K1	2,711.405	562.733	140.683	200.979	4,632.525	784.522	196.130	144.161	3,240.493	635.555	158.889	177.950	5,015.827	891.986	222.997	126.792	16.327	11.458	11.458	7.642	12.048	12.048
K2	2,727.574	649.325	162.331	261.266	3,742.178	864.616	216.154	196.210	4,448.335	789.183	197.296	214.964	5,955.373	1,055.216	263.804	160.769	38.683	17.722	17.722	37.163	18.063	18.063
K3	2,743.674	755.779	188.945	349.417	3,758.254	971.066	242.767	271.950	4,368.353	1,000.295	250.074	264.004	7,391.837	1,264.317	316.079	208.874	37.192	24.444	24.444	49.157	23.194	23.194

Pengaruh Konfigurasi dan Jumlah Tulangan Longitudinal

K1, K2 dan K3 membuat nilai spasi semakin membesar. Hal ini mungkin terjadi karena adanya peningkatan luas tulangan transversal. Dimana K1 merupakan sengkang 2 kaki, K2 sengkang 3 kaki dan K3 sengkang 4 kaki.

KESIMPULAN

Gambar 3 menunjukkan kesimpulan secara umum, dimana semakin rapatnya tulangan dipasang maka gaya geser yang terjadi juga semakin besar. Dari masing-masing parameter dapat disimpulkan bahwa peningkatan gaya geser yang terjadi akibat adanya pemasangan kekangan sebenarnya cukup memungkinkan untuk terjadinya kegagalan geser. Akan tetapi hal ini mampu diantisipasi dengan persyaratan pemasangan tulangan transversal oleh Pasal 23.4.4 SNI 03-2847-2002, sehingga terjadinya kegagalan geser sulit terjadi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan dan Program Pascasarjana, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya yang telah memberikan fasilitas ruang dan pemakaian komputer beserta program untuk pengembangan software yang selanjutnya digunakan untuk penyelesaian analisis yang ekstensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Cusson, D.; dan Paultre, P. 1993. "Confinement Model for High-Strength Concrete Tied Columns," *Report No. SMS-9302*, Department of Civil Engineering, University of Sherbrooke, Quebec, Canada.
- Diniz, S. M. C.; dan Frangopol, D. M. 1997. "Strength and Ductility Simulation of High-Strength Concrete Columns," *Journal of Structural Engineering*, ASCE, V. 123, No. 10, Okt., hal. 1365-1374.
- Fafitis, A.; dan Shah, P. S. 1985. "Lateral Reinforcement for High-Strength Concrete Columns," *ACI SP-87*, Detroit, hal. 213-232.
- Hong, K. N.; dan Han, S. H. 2005. "Stress-Strain Model of High-Strength Concrete Confined by Rectangular Ties," *Journal of Structural Engineering*, KSCE, V. 9, No. 3, hal. 225-232.
- Ibrahim, H. H. H.; dan MacGregor, J. G. 1996. "Flexural Behaviour of Laterally Reinforced High-Strength Concrete Structures," *ACI Structural Journal*, V. 93, No. 6, Nop-Des., hal. 674-684.
- Kappos, A. J.; dan Konstantinidis, D. 1992. "Statistical Analysis of Confined High-Strength Concrete Columns," *Material and Structures*, Des., V. 32, hal. 734-748.
- Legeron, F.; dan Paultre, P. 2003. "Uniaxial Confinement Model for Normal- and High-Strength Concrete Columns," *Journal of Structural Engineering*, ASCE, V. 129, No. 2, Feb., hal. 241-251.
- Li, B. 1994. "Strength and Ductility of Reinforced Concrete Members and Frames Constructed Using High-Strength Concrete," *Research*

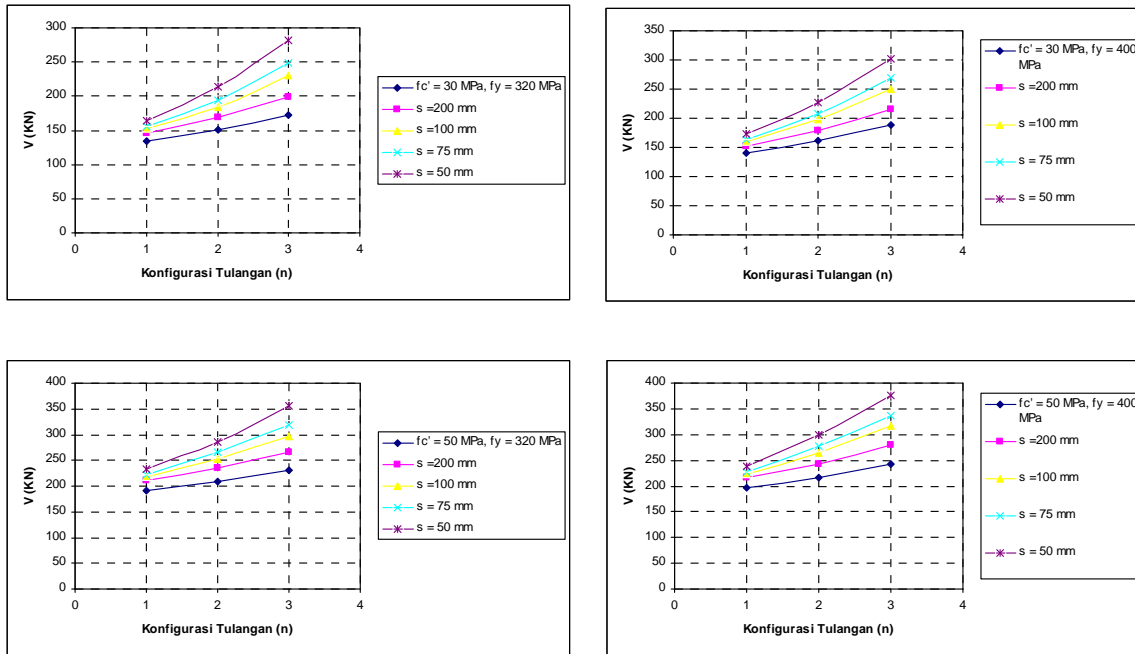
Report, No. 94-5, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.

Mander, J. B.; Priestley, M. J.; dan Park, R. 1988. "Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete," *Journal of Structural Engineering*, ASCE, V. 114, No. 8, Aug., hal.1804-1826.

Park, R.; dan Paulay, T. "Reinforced Concrete Structures," *John Wiley and Sons*, 1975, 761 hal.

Purwono, R.; Tavo, Imran, I.; dan Raka I G. P. 2002. "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penjelasan (S-2002)," *ITS Press*, Surabaya, Indonesia, Mar., 408 hal.

Yong, Y. K.; Nour, M. G.; dan Nawy, E. G. 1988. "Behaviour of Laterally Confined High-Strength Concrete under Axial Loads," *Journal of Structural Engineering*, ASCE, V. 114, No. 2, Feb., hal. 332-351.



Gambar 3. Variasi konfigurasi tulangan terhadap gaya geser