

PERBANDINGAN KUAT GESER KOLOM BETON BERTULANG YANG MEMIKUL BEBAN LATERAL SIKLIK

Johanes Januar Sudjati¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta
Email: januar@mail.uajy.ac.id

ABSTRAK

Kegagalan kolom akibat gempa dapat terjadi karena kerusakan geser, kerusakan pada daerah sendi plastis dan kerusakan pada daerah sambungan lewatan tulangan. Kerusakan geser kolom merupakan kerusakan yang paling berbahaya karena dapat mengakibatkan keruntuhan kolom secara tiba-tiba. Kolom akan berperilaku daktail bila kuat geser kolom lebih besar dari gaya geser maksimum yang terjadi berkaitan dengan kuat lentur pada daerah sendi plastis. Menurut peraturan SNI 03-2847-2002 kuat geser kolom terdiri dari kuat geser beton dan kuat geser tulangan geser. Menurut Priestley dkk. (1994) kuat geser kolom dapat dihitung sebagai penjumlahan kuat geser beton, kuat geser tulangan geser dan kuat geser yang disediakan beban aksial. Dalam penelitian ini ditinjau kuat geser dari 3 benda uji kolom yang diberikan beban lateral siklik. Benda uji berupa kolom penampang bujursangkar dengan dimensi 160 mm dan tinggi 500 mm. Dua benda uji diberikan tulangan longitudinal 8P12 dan satu benda uji diberikan tulangan longitudinal 6D22 dan 2P12. Benda uji kolom diberikan beban lateral siklik sampai mengalami kerusakan geser. Kuat geser yang diperoleh dari hasil pengujian dibandingkan dengan kuat geser teoritis menurut SNI 03-2847-2002 dan menurut Priestley dkk. (1994). Kuat geser teoritis berdasarkan SNI 03-2847-2002 pada dua benda uji dengan tulangan longitudinal 8P12 memiliki selisih rerata 26,812 % dibanding hasil pengujian sedangkan kuat geser teoritis menurut Priestley dkk. berbeda 5,011 % dibanding hasil pengujian. Benda uji kolom dengan tulangan longitudinal 6D22 dan 2P12 menunjukkan perbedaan dengan hasil pengujian sebesar 64,922 % untuk kuat geser teoritis menurut SNI 03-2847-2002 dan 12,616 % untuk kuat geser teoritis menurut Priestley dkk (1994). Kuat geser nominal teoritis menurut SNI 03-2847-2002 dibanding dengan Priestley dkk. (1994) menunjukkan nilai yang lebih kecil rerata 45,326 % pada *displacement ductility factor* sampai dengan 2, 27,597 % untuk *displacement ductility factor* 2,5 sampai dengan 3, 9,869 % untuk *displacement ductility factor* 3,5 dan 2,166 % untuk *displacement ductility factor* 4.

Kata kunci: kuat geser kolom, *displacement ductility factor*.

1. PENDAHULUAN

Menurut Seible dkk. (1997) ada 3 tipe kerusakan atau kegagalan yang dapat terjadi pada kolom akibat beban gempa yaitu: kegagalan geser, kegagalan pengekangan pada daerah sendi plastis dan kegagalan pada daerah sambungan lewatan tulangan. Dari ketiga tipe kegagalan ini, kegagalan geser merupakan kerusakan yang paling berbahaya karena dapat mengakibatkan keruntuhan kolom secara tiba-tiba (keruntuhan kolom secara getas). Kerusakan geser ditandai dengan munculnya retak miring pada kolom, terkupasnya selimut beton dan rusaknya tulangan transversal. Perilaku daktail struktur dapat dicapai bila struktur memiliki kuat geser yang lebih besar dari gaya geser maksimum yang dapat terjadi terkait dengan kuat lentur pada daerah sendi plastis, konsep ini dikenal sebagai prinsip desain kapasitas (Priestley dkk., 1994). Menurut peraturan SNI 03-2847-2002 kuat geser kolom terdiri dari kuat geser beton dan kuat geser tulangan geser. Menurut Priestley dkk. (1994) kuat geser kolom dapat dihitung sebagai penjumlahan kuat geser beton, kuat geser tulangan geser dan kuat geser yang disediakan beban aksial. Kuat geser beton akan berkurang nilainya pada tingkat daktilitas yang lebih besar karena retak beton yang semakin melebar sehingga mengurangi ikatan antar agregat. Menurut Kowalsky dan Priestley (2000) semakin kecil rasio tulangan longitudinal akan mengakibatkan penurunan nilai kuat geser beton. Hal ini disebabkan oleh 3 faktor yaitu: berkurangnya aksi pasak dari tulangan longitudinal, jumlah retak beton lebih sedikit tapi memiliki lebar retak yang lebih besar dan berkurangnya luas daerah tekan beton. Kuat geser beton akan cenderung bertambah bila digunakan luas tulangan longitudinal yang lebih besar (Collins dkk., 1996).

2. LANDASAN TEORI

Displacement ductility factor

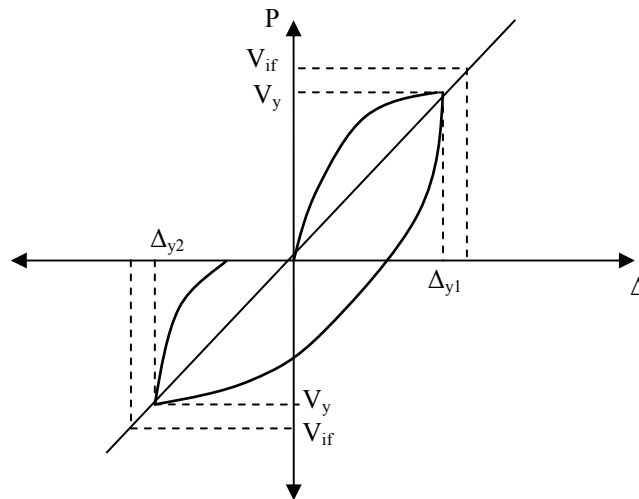
Secara matematis tingkat daktilitas (μ) dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara defleksi akibat beban dan defleksi saat terjadi luluh pertama (Park dan Paulay, 1975) seperti persamaan di bawah ini.

$$\mu = \frac{\Delta}{\Delta_y} \tag{1}$$

Tingkat daktilitas yang diperoleh dengan perbandingan defleksi ini disebut *displacement ductility factor*. Menurut Priestley dkk. (1994) nilai defleksi saat luluh pertama (Δ_y) dalam eksperimen dapat diperoleh dengan mencatat defleksi lateral pada arah positif dan negatif (Δ_{y1} dan Δ_{y2}) ketika tulangan longitudinal terluar mencapai luluh pertama teoritis kemudian diekstrapolasikan nilai rata-ratanya ke nilai kuat lentur nominal teoritis seperti terlihat pada gambar 1. Nilai Δ_y dapat dihitung dengan persamaan sbb.:

$$\Delta_y = \left(\frac{\Delta_{y1} + \Delta_{y2}}{2} \right) \frac{V_{if}}{V_y} \tag{2}$$

dengan: Δ_y = defleksi saat luluh pertama, V_{if} = beban lateral saat kuat lentur nominal tercapai, V_y = beban lateral saat tulangan longitudinal terluar mencapai luluh pertama. Rodriguez dan Park (1994) menyatakan bahwa nilai V_y dapat didekati dengan $0,75 V_{if}$.



Gambar 1 Penentuan nilai Δ_y eksperimen
(Sumber: Priestley dkk., 1994)

Kuat geser menurut SNI 03-2847-2002

Menurut SNI 03-2847-2002 kuat geser kolom dapat dihitung dengan persamaan sbb.:

$$V_n = V_c + V_s \tag{3}$$

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \tag{4}$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \tag{5}$$

dengan: V_n = kuat geser nominal, V_c = kuat geser beton, V_s = kuat geser tulangan geser, N_u = beban aksial, A_g = luas penampang bruto, f'_c = tegangan tekan maksimum beton, b = lebar daerah tekan, d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, A_v = luas tulangan geser, f_y = tegangan leleh baja dan s = spasi tulangan geser.

Kuat geser menurut Priestley dkk. (1994)

Menurut Priestley dkk. (1994) kuat geser kolom dihitung dengan persamaan sbb.:

$$V_n = V_c + V_s + V_p \quad (6)$$

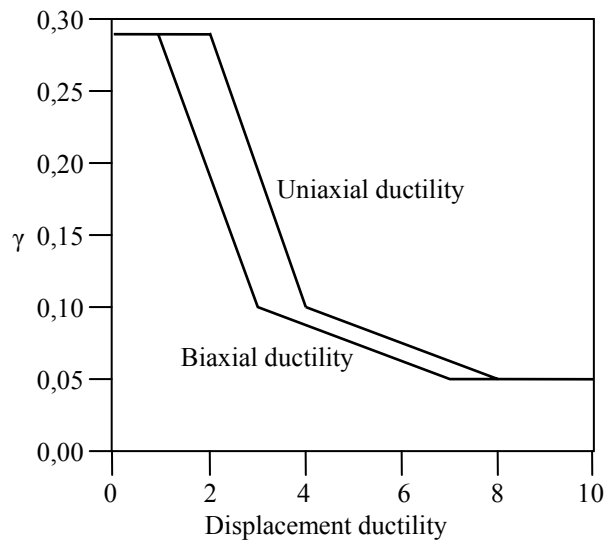
$$V_c = 0,85 \gamma \sqrt{f'_c} 0,8 A_g \quad (7)$$

$$V_s = 0,85 \frac{1,73 A_v f_y D'}{s} \quad (8)$$

$$V_p = 0,85 \frac{N_u (D - a)}{L}, \text{ tumpuan jepit pada kedua ujungnya} \quad (9a)$$

$$V_p = 0,85 \frac{0,5 N_u (D - a)}{L}, \text{ untuk kolom kantilever} \quad (9b)$$

dengan: V_p = kuat geser yang disediakan beban aksial, γ = konstanta, D' = jarak antara pusat tulangan geser pada arah melintang kolom, D = dimensi penampang melintang kolom, a = tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen, L = tinggi kolom. Nilai γ tergantung pada tingkat daktilitas seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Nilai konstanta γ
(Sumber: Kowalsky dan Priestley, 2000)

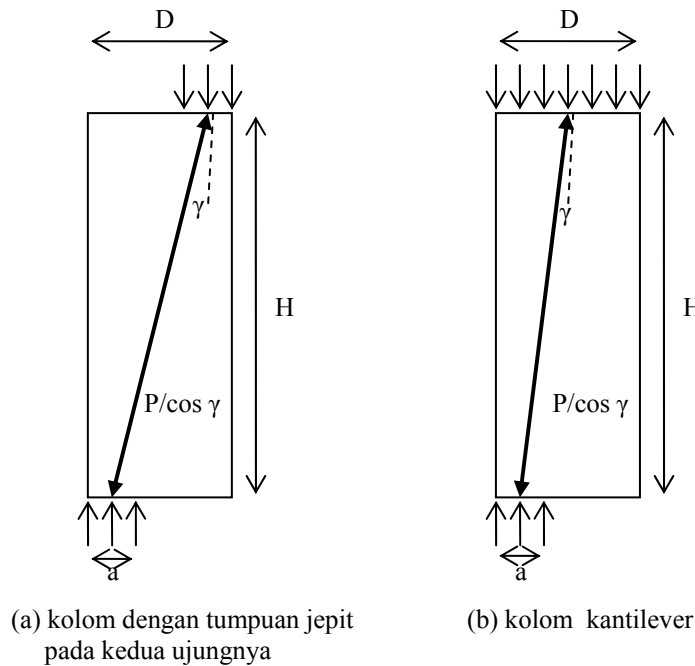
Dalam persamaan kuat geser menurut Priestley dkk. (1994) kontribusi beban aksial terhadap kuat geser kolom dihitung tersendiri dan dipisahkan dari perhitungan kuat geser beton seperti pada pada gambar 3.

3. CARA PENELITIAN

Benda uji kolom

Benda uji kolom sebanyak 3 buah dengan kode KA-1, KA-2 dan KAP. Semua benda uji kolom memiliki penampang bujursangkar dengan dimensi 160 mm dan tinggi 500 mm. Benda uji KA-1 dan KA-2 diberi tulangan longitudinal 8 P12 dan benda uji KAP diberi tulangan longitudinal 6 D22 dan 2 P12 untuk meninjau pengaruh rasio

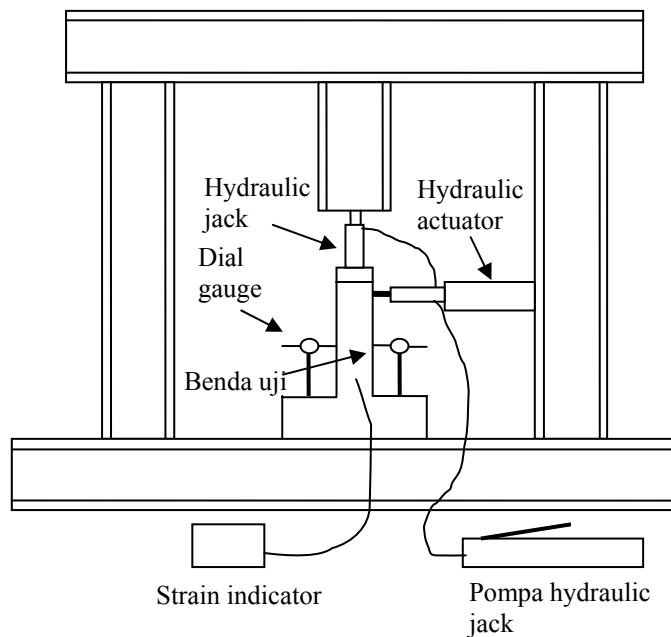
tulangan longitudinal terhadap kuat geser, semuanya memiliki sengkang $\emptyset 4 - 160$. Benda uji didesain untuk mengalami kerusakan geser saat dilakukan pengujian.



Gambar 3 Kontribusi beban aksial terhadap kuat geser kolom (Sumber: Priestley dkk., 1994)

Pengujian kolom

Benda uji KA-1 dan KA-2 diberikan beban lateral siklik dengan *hydraulic actuator* berkapasitas 10 Ton dan beban aksial tekan konstan sebesar 10,5 Ton ($0,15 f_c A_g$) menggunakan *hydraulic jack*. Setup pengujian dapat dilihat pada gambar 4. Pengujian dilakukan dalam 2 tahap yaitu *load controlled* dan *displacement controlled*. Tahap *displacement controlled* dilakukan dengan kelipatan defleksi $0,5 \Delta_y$. Dalam setiap siklus dilakukan 2 kali putaran pembebanan dengan *displacement ductility factor* 1; 1,5; 2; 2,5; 3 dst. Pembebanan dihentikan setelah benda uji mengalami rusak geser dan terjadi penurunan beban lateral. Kuat geser yang diperoleh dari hasil pengujian dibandingkan dengan kuat geser teoritis menurut SNI 03-2847-2002 dan menurut Priestley dkk. (1994)



Gambar 4 Setup pengujian

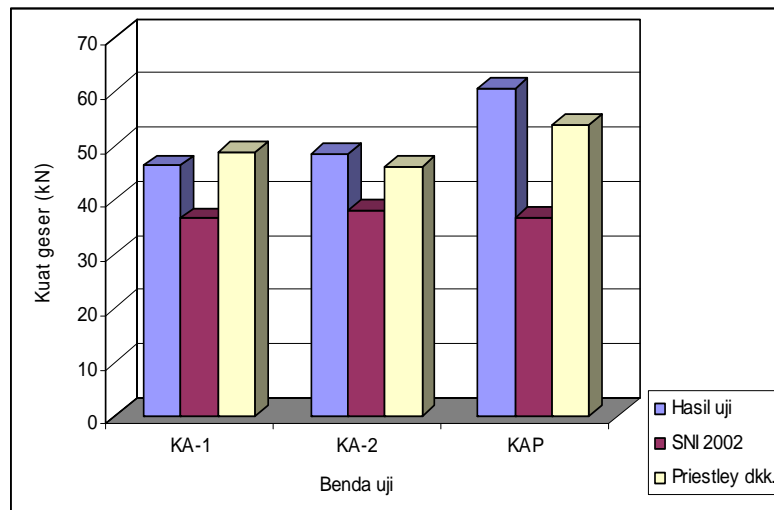
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan kuat geser aktual dan teoritis

Nilai kuat geser kolom dari hasil pengujian dibandingkan dengan nilai kuat geser teoritis dapat dilihat di tabel 1 dan gambar 5 berikut ini.

Tabel 1 Nilai kuat geser

Kode	Kuat geser hasil pengujian (kN)	Kuat geser menurut SNI 2002 (kN)	Selisih (%)	Kuat geser menurut Priestley dkk. (1994) (kN)	Selisih (%)
KA-1	46,235	36,495	26,689	48,667	5,260
KA-2	48,360	38,098	26,936	46,162	4,761
KAP	60,505	36,687	64,922	53,727	12,616



Gambar 5 Perbandingan kuat geser

Kuat geser teoritis pada tabel 1 dihitung dengan menggunakan nilai nominal tanpa memasukkan nilai faktor reduksi kekuatan. Pada benda uji KA-1 dan KA-2 kuat geser teoritis rerata menurut Priestley dkk. (1994) hanya berselisih 5,011 % dibanding hasil pengujian sedangkan kuat geser teoritis rerata menurut SNI 03-2847-2002 lebih kecil 26,812 % dibanding hasil pengujian. Dari hasil di atas terlihat nilai kuat geser teoritis menurut Priestley dkk. (1994) lebih mendekati kuat geser aktual hasil pengujian dibanding nilai kuat geser teoritis menurut SNI 03-2847-2002. Benda uji KAP yang memiliki rasio tulangan longitudinal yang lebih besar menunjukkan kuat geser aktual yang lebih besar dibanding nilai teoritisnya. Kuat geser teoritis menurut Priestley dkk. (1994) lebih kecil 12,616 % dibanding kuat geser aktual sedangkan kuat geser teoritis berdasarkan SNI 03-2847-2002 lebih kecil 64,922 % dibanding kuat geser aktual. Berdasarkan hasil ini dapat dilihat bahwa kuat geser teoritis menurut Priestley dkk. (1994) memiliki selisih yang lebih kecil dengan hasil pengujian dibandingkan kuat geser teoritis SNI 03-2847-2002. Besarnya kuat geser aktual benda uji KAP yang melebihi nilai teoritisnya dapat disebabkan oleh pengaruh rasio tulangan longitudinal yang besar. Hasil kuat geser dari ketiga benda uji memperlihatkan nilai kuat geser menurut SNI 03-2847-2002 cenderung bersifat konservatif.

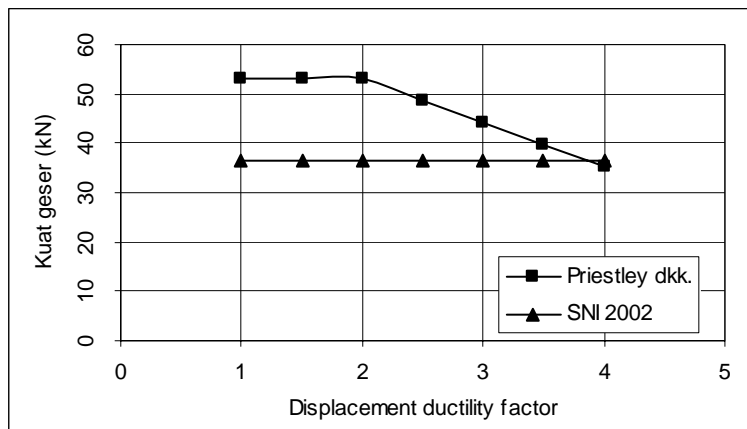
Perbandingan kuat geser nominal

Nilai kuat geser nominal benda uji pada setiap tingkat daktilitas menurut Priestley dkk. (1994) dan SNI 03-2847-2002 dapat dilihat pada tabel 2, gambar 6, gambar 7 dan gambar 8.

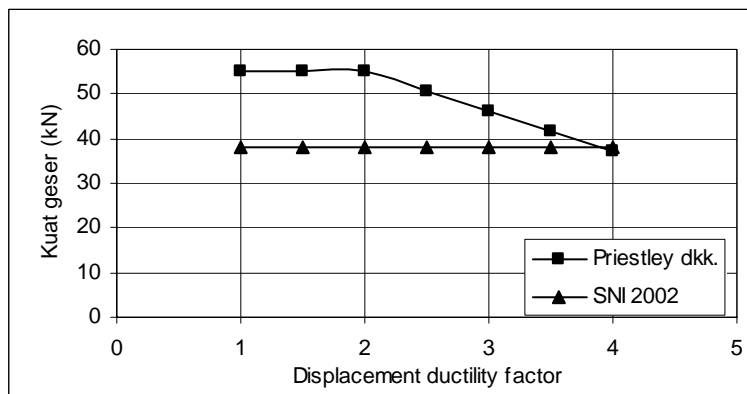
Tabel 2 Kuat geser nominal

Duct. factor	Benda uji KA-1			Benda uji KA-2			Benda uji KAP		
	Prestley dkk.	SNI 2002	Selisih (%)	Prestley dkk.	SNI 2002	Selisih (%)	Prestley dkk.	SNI 2002	Selisih (%)
1	53.019	36.495	45.277	54.958	38.098	44.255	53.727	36.687	46.446
1.5	53.019	36.495	45.277	54.958	38.098	44.255	53.727	36.687	46.446
2	53.019	36.495	45.277	54.958	38.098	44.255	53.727	36.687	46.446
2.5	48.667	36.495	33.353	50.606	38.098	32.832	49.375	36.687	34.585
3	44.223	36.495	21.176	46.162	38.098	21.167	44.931	36.687	22.471
3.5	39.872	36.495	9.252	41.811	38.098	9.745	40.579	36.687	10.610
4	35.427	36.495	3.014	37.367	38.098	1.957	36.135	36.687	1.527

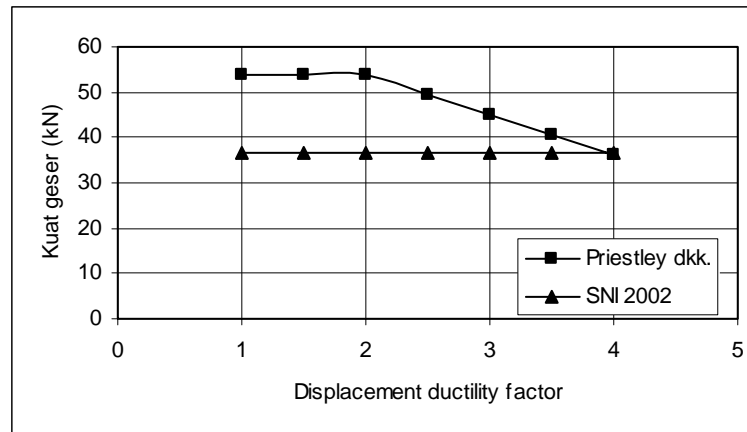
Cat.: Kuat geser dalam satuan kN



Gambar 6 Kuat geser nominal KA-1



Gambar 7 Kuat geser nominal KA-2



Gambar 8 Kuat geser nominal KAP

SNI 03-2847-2002 tidak memasukkan pengaruh tingkat daktilitas pada persamaan kuat geser sehingga kuat geser nominal memiliki nilai yang sama untuk semua tingkat daktilitas. Sementara Priestley dkk. (1994) memasukkan konstanta γ dalam persamaan kuat geser beton sehingga nilai kuat geser beton akan berkurang pada *displacement ductility factor* di atas 2 akibat dari retak yang sudah terjadi pada beton. Dari ketiga benda uji KA-1, KA-2 dan KAP terlihat kuat geser nominal menurut SNI 03-2847-2002 memiliki nilai yang lebih kecil rerata 45,326 % dibanding kuat geser nominal menurut Priestley dkk. pada tingkat daktilitas sampai dengan 2. Untuk tingkat daktilitas 2,5 dan 3 kuat geser nominal berdasarkan SNI 03-2847-2002 memiliki nilai yang lebih kecil rerata 27,597 % dibanding Priestley dkk. Saat tingkat daktilitas 3,5 selisih kuat geser nominal antara SNI 03-2847-2002 dan Priestley dkk. semakin mengecil yaitu 9,869 %. Kuat geser nominal SNI 03-2847-2002 baru mendekati nilai kuat geser nominal Priestley dkk. pada tingkat daktilitas 4 yaitu berselisih hanya 2,166 %. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa kuat geser nominal menurut SNI 03-2847-2002 terlihat konservatif pada tingkat daktilitas yang rendah (*displacement ductility factor* sampai dengan 3).

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian ini dapat diambil kesimpulan seperti di bawah ini.

1. Kuat geser nominal yang dihitung dengan persamaan SNI 03-2847-2002 terlihat lebih konservatif karena memiliki nilai yang lebih kecil dari kuat geser aktual hasil pengujian sedangkan kuat geser nominal menurut Priestley dkk. lebih mendekati nilai kuat geser aktual.
2. Kuat geser nominal menurut SNI 03-2847-2002 memperlihatkan nilai yang konservatif pada tingkat daktilitas yang rendah (*displacement ductility factor* sampai dengan 3) dan baru mendekati nilai kuat geser nominal menurut Priestley dkk. pada *displacement ductility factor* 4.

DAFTAR PUSTAKA

- Collins, M.P.; Mitchell, D.; Adebar, P; and Vecchio, F.J. (1996). "A General Shear Design Method". *ACI Structural Journal*, January-February, 36-45.
- Kowalsky, M.J and Priestley, M.J.N (2000). "Improved Analytical Model for Shear Strength of Circular Reinforced Concrete Columns in Seismic Regions". *ACI Structural Journal*, May-June, 388-396.
- Park, R and Paulay, T. (1975). *Reinforced Concrete Structures*. John Wiley & Sons Inc, Canada.
- Priestley, M.J.N.; Seible, F.; Xiao, Y. and Verma, R. (1994) "Steel Jacket Retrofitting of Reinforced Concrete Bridge Columns for Enhanced Shear Strength (part I)". *ACI Structural Journal*, July-August, 394-405.
- Rodriguez, M. And Park, R. (1994). "Seismic Load Test on Reinforced Concrete Columns Strengthened by Jacketing". *ACI Structural Journal*, March-April, 150-159.
- Seible, F.; Priestley, M.J.N.; Hegemier, G.A. and Innamorato, D. (1997). "Seismic Retrofit of Reinforced Concrete Columns with Continuous Carbon Fiber Jackets". *Journal of Composites for Construction*, May, 52-62.
- Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*, Bandung.

*KoNTeKS 3, UPH – UAJY
Jakarta, 6 – 7 Mei 2009*