KAJIAN DAKTILITAS TULANGAN PENGEKANG TERPASANG PADA STRUKTUR KOLOM BETON EKSISTING

Arie Taveriyanto
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Kampus Unnes Gd E4, Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229, email: arie.tave@yahoo.com

Abstract: *This article contains of the evaluation of how the columns work in existing buildings which are located in Yogyakarta.The lateral bone frame that is usually called "sengkang" it is attached to column structure and has main function which is controlling the work of column over the lateral load (usually is called earthquake load) so that the column ductility can be kept to maintenance its strength over the earthquake load.*
The ratio of confined concrete bone frame is evaluated by the minimum ratio determination based on SNI 03-2847-2002. The columns ductility that have been observed in this article.
The result of the evaluation is that the confined bone frame of the building have fulfilled all the requirement based on SNI and the column ductility is sufficient enough. Also the configuration of longitudinal bone frame has an impact for column ductility.

Keyword : lateral bone frame, the column ductility, configuration of longitudinal bone frame

Abstrak: Artikel ini menyampaikan sebuah evaluasi dari kerja tulangan pengekang kolom-kolom beton terpasang di daerah Yogyakarta. Tulangan pengekang terpasang yang biasanya disebut "sengkang" diikatkan ke kolom struktur dan berfungsi mengontrol kerja kolom terhadap beban lateral (biasa disebut beban gempa) sehingga daktilitas kolom terpenuhi untuk menahan beban gempa. Rasio tulangan pengekang beton dievaluasi dengan rasio tulangan minimum yang terdapat di SNI 03-2847-2002, sehingga daktilitas kolom dapat diobservasi. Hasil dari evaluasi adalah bahwa tulangan pengekang dari gedung yang ditinjau memenuhi syarat seperti yang tercantum dalam SNI serta konfigurasi tulangan longitudinal yang ada memperkuat daktiltas kolom.

Kata kunci : Tulangan lateral, daktilitas kolom, konfigurasi tulangan longitudinal.

PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia merupakan daerah yang mempunyai intensitas gempa yang cukup tinggi, maka struktur bangunan harus didesain sedemikian rupa agar mampu menyerap energi gempa sehingga mempunyai perilaku daktilitas yang sangat baik. Dalam kenyataannya, komponen struktur yang langsung menerima gempa adalah struktur kolom, sehingga dalam melakukan desain dan pendetailan tulangan memerlukan penanganan khusus agar dicapai daktilitas yang memadai.

Filosofi perencanaan bangunan untuk gedung berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 2002 menentukan bahwa apabila terjadi beban gempa pada struktur kolom, setelah terlepasnya selimut beton, maka kolom harus dapat memelihara kekuatannya atau bahkan meningkat. Untuk menjaga kondisi tersebut maka pada kolom harus dipasang tulangan lateral dalam rasio minimum, yaitu :
Untuk tulangan lateral persegi :

$$\rho_s = 0{,}3\left(\frac{Ag}{Ac} - 1\right)\frac{f'_c}{f_y} \qquad (1.1)$$

Persamaan (1.1) dimaksudkan bahwa apabila terjadi beban gempa bangunan dapat memberi respon secara *inelastic*. Dalam kenyataannya, perencanaan kolom struktur beton pada bangunan selama ini sering mengabaikan ketentuan desain yang disyaratkan oleh SNI tersebut dan konstruksi bangunan tetap dilaksanakan sehingga pemasangan tulangan lateral hanya difungsikan sebagai pengikat tulangan longitudinal. Dengan

demikian apabila terjadi gempa pada struktur banguan yang telah berdiri akan sangat beresiko mengalami kegagalan.

TULANGAN LATERAL

Tulangan lateral yang biasa disebut sengkang yang dipasang pada struktur kolom mempunyai fungsi utama yaitu mengontrol kinerja kolom terhadap beban lateral (biasanya beban gempa) sehingga daktilitas kolom dapat dipertahankan atau dengan kata lain kolom mempunyai cadangan kekuatan yang cukup untuk memelihara kekuatannya terhadap beban gempa.

Secara umum telah disepakati bahwa daktilitas merupakan parameter utama dalam meningkatkan tingkat ketahanan struktur bangunan terhadap beban gempa. Daktilitas pada komponen struktur pada umumnya dicapai melalui tulangan lateral sehingga berfungsi sebagai sebagai pengekang *(confined)* yang dapat berupa tulangan lateral spiral, sehingga tulangan lateral biasa maupun tulangan lateral ikat. Dipasangnya tulangan lateral pada struktur kolom menjadikan struktur dalam keadaan terkekang, sehingga diharapkan gaya lateral dapat diserap melalui tulangan lateral tersebut.

Seperti diketahui pada tahun 2006 telah terjadi gempa yang cukup besar di DIY yang mengakibatkan banyak bangunan tidak berfungsi secara normal. Bangunan rusak kebanyakan terjadi pada daerah joint dimana tulangan pengekang tidak dipasang dengan cukup.

Keruntuhan bangunan beton yang terjadi akibat adanya gempa pada umumnya terjadi karena struktur beton bertulang yang digunakan tidak mempunyai daktilitas yang cukup untuk menyerap energi gempa yang terjadi. Hal ini sering diakibatkan karena tidak dipasangnya tulang pengekang *(confined)* dalam jumlah yang cukup pada struktur beton. Tulangan lateral yang dipasang pada kolom terkesan terpasang seadanya dengan rasio yang lebih rendah dari yang disyaratkan. Lebih rendahnya rasio tulangan lateral dari yang disyaratkan SNI tersebut menyebabkan tulangan lateral tidak mampu menyerap energi gempa yang timbul dan struktur mengalami keruntuhan yang tiba-tiba. Sambungan tulangan, pemasangan tulangan pada pertemuan balok kolom dan penyaluran tulangan dari kolom ke pondasi bangunan tidak dilakukan sebagaimana mestinya. Kegagalan struiktur pada umumnya terjadi pada bangunan berlantai 2 sampai dengan 3 lantai. Jumlah tulangan lateral yang di pasang pada kolom perlu di evaluasi secara mendalam sehingga dapat diketahui kinerja kolom yaitu kekuatan dan daktilitasnya dalam menahan gempa.

Tujuan utama dilakukan penulisan ini adalah untuk mengetahui jumlah sengkang yang terpasang pada struktur kolom pada bangunan yang telah berdiri berdasarkan data perencanaan. Jumlah tulangan lateral terpasang tersebut kemudian dibandingkan dengan syarat tulangan lateral minimum berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.3.1

Sedangkan maksud dari tujuan tersebut di atas adalah :

1. Data yang didapat yang kemudian dievaluasi dapat dijadikan masukan bagi instansi maupun masyarakat umum adanya informasi kinerja bangunan yang telah berdiri dalam menerima beban gempa.
2. Membuka kemungkinan riset lebih lanjut yang berkaitan dengan perkuatan struktur agar lebih bertahan terhadap beban gempa

Ruang Lingkup pembahasan antara lain:

1. Struktur yang ditinjau adalah struktur kolom beton
2. Penampang kolom yang ditinjau adalah kolom persegi
3. Data struktur bangunan adalah bangunan yang berada di wilayah DIY
4. Rasio tulangan pengekang / lateral dikalkulasi
5. Evaluasi kinerja kolom dilakukan berdasarkan kurva momen-kurvatur

BAHAN DAN DATA

Bangunan beton bertulang yang telah berdiri (*eksisting*) di daerah gempa perlu diketahui kinerja strukturnya terutama kinerja struktur kolomnya. Karena dalam kenyataan struktur kolom merupakan komponen yang menerima langsung getaran lateral akibat gempa. Pemasangan tulangan lateral pada kolom adalah parameter yang ditinjau dalam studi ini.

Data struktur kolom beserta penulangannya diperoleh dari gambar proyek yang tersebar di sekitar Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengumpulan data Rasio tulangan lateral yang terpasang dikalkulasikan berdasarkan data gambar perencanaan.

Di dalam studi ini daerah yang ditinjau adalah Jawa Tengah bagian selatan, khususnya daerah Yogyakarta dan sekitarnya. Hal ini dikaitkan dengan terjadinya gempa di Yogya dan Bantul yang belum lama terjadi yang mengakibatkan korban jiwa yang cukup banyak dan rusaknya begitu banyak bangunan.

KALKULASI RASIO TULANGAN

Rasio tulangan lateral yang terpasang dihitung dengan definisi volume tulangan lateral dalam satu putaran terhadap volume init beton dalam satu putaran, yang secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut {Mander (1988) ; Saateioglu & Razvi (1992)} :

- Kolom penampang persegi :

$$\rho_{sx} = \frac{A_{sx}}{s.d_c}$$

$$\rho_{sy} = \frac{A_{sy}}{s.b_c}$$

- Rasio tulangan longitudinal terpasang adalah:

$$\rho = \frac{luas\ total\ \ penampang\ \ tulangan\ lateral}{\text{luas total penampang kolom}} \quad (5.1)$$

Rasio tulangan lateral terpasang tersebut kemudian di verifikasi terhadap rasio tulangan lateral minimum SNI, selengkapnya rasio tulangan minimum SNI adalah sebagai berikut :

- Untuk tulangan lateral kolom persegi menggunakan persamaan :

$$\rho_s = 0,3\left(\frac{Ag}{Ac} - 1\right)\frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho_s = 0,09\frac{f'_c}{f_y}$$

Berdasarkan rasio tulangan lateral yang terpasang tersebut, dilakukan pula evaluasi mengenai kinerja kolom melalui program Momen-Kurvatur penampang.

PENGEMBANGAN PROGRAM MOMEN-KURVATUR

Kurva momen - kurvatur (kelengkungan) merupakan kumpulan titik titik dari nilai momen dan kurvatur yang nilainya berubah ubah sesuai

dengan perubahan tegangan dan regangan yang terjadi pada penampang elemen struktur yang mengalami lentur.

ASUMSI YANG DIAMBIL

Model tegangan-regangan beton tanpa kekangan diambil berdasarkan model yang telah dikembangkan oleh Muguruma, dkk. (1993), karena berdasarkan studi yang pernah dilakukan ternyata model ini dapat diaplikasikan untuk beton dengan rentang kuat tekan antara 20 MPa dan 160 MPa. Regangan puncak beton (ε_{co}') diasumsikan sama dengan 0,003. Sedangkan beberapa asumsi yang diambil dalam menentukan momen-kurvatur suatu penampang adalah :

1. Bentuk penampang sebelum dan sesudah lentur sama.
2. Regangan diasumsikan linier sepanjang penampang
3. Regangan inti dan selimut beton yang segaris sama
4. Tegangan tarik beton dianggap nol
5. Garis yang menghubungkan diagram tegangan penampang diasumsikan berbentuk parabola
6. Selimut beton dianggap tidak lagi memikul beban bila *spalling strain* telah tercapai

MOMEN - KURVATUR

Kurva momen-kurvatur merupakan kumpulan titik-titik dari besar momen dan kurvatur yang nilainya berubah-ubah sesuai dengan perubahan tegangan dan regangan yang terjadi pada penampang elemen struktur. Untuk mendapatkan kurva momen-kurvatur suatu penampang dengan tingkat beban aksial tertentu, lebih mudah dengan membagi suatu penampang dalam sejumlah diskrit. Setiasp irisan mengandung inti beton (*confined concrete*), selimut beton (*unconfined concrete*) dan bagian tulangan longitudinal. Hubungan M-ϕ dapat diperoleh dengan meningkatkan regangan di serat paling atas (tertekan) sedemikian rupa hingga dicapainya keseimbangan.

Prosedur perhitungan momen dan kurvatur adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai awal regangan penampang di serat atas (ε_1) lalu diperkirakan besarnya garis netral penampang (k_d).
2. Membagi diagram regangan beton menjadi beberapa bagian lebar dengan lebar (h) yang sama. Penentuan besarnya tegangan beton pada penampang tertekan dilakukan dengan menghitung langsung dari diagram tegangan beton pada penampang tersebut. Penentuan nya tidak memamkai metoda tegangan ekivalen seperti yang terdapat dalam SNI. Penentuan tegangan total beton tersebut dilakukan dengan membagi-bagi diagram regangan-tegangan penampang menjadi beberapa strip dengan lebar yang sama. Agar hasil perhitungan yang diperoleh nantinya lebih akurat, diusahakan agar lebar strip tidak terlalu berubah, hampir sama besar, setiap terjadi perubahan nilai k_d.

   Diagram tersebut dibagi dengan cara sebagai berikut:

   Untuk $k_d \le L$: Untuk $k_d > L$:

$$h = \frac{L}{n} \qquad h = \frac{k_d}{n}$$

Jika: $k_d = L/4 \quad \Rightarrow \quad n = 4$

$$L/2 < k_d \le 3L/4 \quad \Rightarrow \quad n = 4$$

$$k_d > L \quad \Rightarrow \quad n = 4$$

$$L/4 < k_d \le L/2 \quad \Rightarrow \quad n = 4$$

3. Menentukan regangan beton di tiap-tiap segmen dan regangan tulangan longitudinal. Dari perbandingan segitiga pada diagram regangan bisa dilihat bahwa:
   Untuk segmen beton:

$$\varepsilon_{c(1)} = \frac{\varepsilon_t}{kd}(k_d - 0.h), \quad \varepsilon_{c(2)} = \frac{\varepsilon_t}{kd}(k_d - 1.h),$$

$$\varepsilon_{c(3)} = \frac{\varepsilon_t}{kd}(k_d - 3.h)$$

Jadi secara umum persamaan regangan beton dari I=1 sampai n+1

$$\varepsilon_{c(3)} = \frac{\varepsilon_t}{k_d}(k_d - (I-1).h)$$

Untuk tulangan longitudinal

$$\varepsilon_{s(1)} = \frac{\varepsilon_t}{k_d}(k_d - L_{s(1)}), \varepsilon_{s(2)} = \frac{\varepsilon_t}{k_d}(k_d - L_{s(2)}),$$

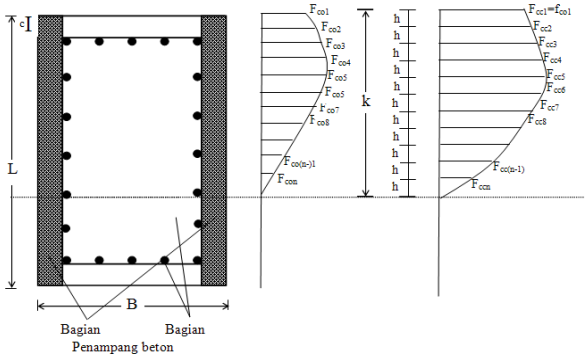
$$\varepsilon_{s(3)} = \frac{\varepsilon_t}{k_d}(k_d - L_{s(3)})$$

Secara umum persamaan regangan tulangan longitudinal dari I=1 sampai n+1:

$$\varepsilon_{s(3)} = \frac{\varepsilon_t}{k_d}(k_d - L_{s(1)})$$

4. Menentukan tegangan beton di tiap-tiap segmen
   Tegangan beton ditentukan dengan membagi penampang beton menjadi dua bagian, seperti gambar 3.3.
5. Menentukan tegangan tulangan longitudinal di tiap-tiap lapisan.
   Tegangan tulangan longitudinal (f_s) ditentukan dari persamaan tegangan-regangan tulangan sebagai berikut:
   - Untuk daerah I, $\varepsilon_{s(1)} < \varepsilon_{ys}$:
     $f_{s(1)} = \varepsilon_{s(1)} * E_{mod\ s}$
   - Untuk daerah II, $\varepsilon_{ys} \le \varepsilon_{s(1)} < \varepsilon_{sh}$:
     $f_{s(1)} = f_y$
     $f_{s(1)} = f_y + (\varepsilon_{s(1)} - \varepsilon_{sh}) * E_{mod\ s}$

6. Mencari tegangan beton yang terhitung pada lubang yang ditempati tulangan (f_{csr}). Karena tegangan tarik dianggap nol, maka yang diperhitungkan hanyalah tegangan beton yang dihitung pada lubang yang ditempati tulangan yang berada di daerah tekan (regangannya negatif).



Gambar 1. Diagram tegangan beton

7. Menentukan luas masing-masing segmen beton dan titik berat masing-masing segmen. Segmen beton dibagi menjadi n/2. Setiap segmen terdiri dari dua segmen sebelumnya. Luas masing-masing strip beton dihitung dengan menggunakan aturan Simpson 1/3. (5.7)
   Mencari luas dan titik berat masing-masing strip beton.

$$A_1 = \frac{h}{3}\left[f_{c(1)} + 4f_{c(2)} + f_{c(3)}\right],$$

$$A_2 = \frac{h}{3}\left[f_{c(3)} + 4f_{c(4)} + f_{c(5)}\right],$$

$$A_3 = \frac{h}{3}\left[f_{c(5)} + 4f_{c(6)} + f_{c(7)}\right]$$

Jadi rumus umum untk menghitung luas masing-masing strip untuk I=1 s/d n/2:

$$A_i = \frac{h}{3}\left[f_{c(2i-1)} + 4f_{c(2i)} + f_{c(2i+1)}\right]$$

Jadi luas daerah I dan II pada diagram tegangan beton dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$A_{cc(1)} = \Sigma \frac{h}{3}\left[f_{cc(21-2)} + f_{cc(21-1)} + f_{cc(21)}\right]$$

$$A_{co(1)} = \Sigma \frac{h}{3}\left[f_{co(21-2)} + f_{co(21-1)} + f_{co(21)}\right]$$

dimana: $A_{cc(1)}$ = luas daerah I dan III ke I, $A_{co(1)}$ = luas daerah II ke I

Penentuan titik berat segmen pada arah X, dilakukan dengan membagi segmen tersebut menjadi dua daerah, yaitu bagian 1 (daerah di bawah parabola) dan bagian 2 (segi empat).

Titik berat gambar 3.4 dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\overline{X} = \frac{A_1 \cdot \overline{X}_1 + A_2 \cdot \overline{X}_2}{A_1 + A_2} \quad (5.9)$$

Luas segmen 1 : $A_1 = f_{c(1)}.b$ Titik berat segmen 1 : $\overline{X} = b/2$

Luas segmen 2 : $A_2 = \frac{2}{3} b\left[f_{c(3)} - f_{c(1)}\right]$

Titik berat segmen 2 : $\overline{X}_2 = \frac{5}{6} b$

Nilai-nilai tersebut disubtitusikan ke persamaan (5.11) sehingga diperoleh:

$$\overline{X}(1) = \frac{(f_{c(1)} + 5f_{c(3)}).h}{2(f_{c(1)} + 2f_{c(3)})} \quad (5.11)$$

8. Menentukan gaya total penampang

$$P_{c(1)} = \left\lfloor f_{cc(1)}.2C \right\rfloor + \left\lfloor f_{cc(1)}.(b - 2C) \right\rfloor \quad (5.12)$$

$$P_{s(1)} = f_{s(1)} \cdot A_{s(1)} \quad (5.13)$$

$$P_{tot} = P_{c(1)} + p_{s(1)} \quad (5.14)$$

9. Menentukan tegangan beton di tiap-tiap segmen

Gaya total penampang ini (P_{tot}) diusahakan agar sama dengan gaya luar. Apabila tidak sama, proses iterasi akan dilakukan dengan mengestimasi harga garis netral penampang (k_d) dengan menggunakan metode secan.

Harga k_d diestimasi dengan menggunakan rumus:

$$k_{dn+1} = k_{dn} + \frac{Beban - P_{tot}}{P_{tot} - Beban}(k_{dn} - k_{dn-1}) \quad (5.15)$$

Rumus secan ini membutuhkan harga k_d dan P_{tot} sebelumnya. Berarti untuk perhitungan pertama dilakukan langkah-langkah perhitungan 1 sampai 7 sebanyak dua kali dengan dua harga k_d inisiasi sebagai inputnya di langkah pertama.

Dengan harga k_d yang baru, proses perhitungan dimulai lagi dari langkah yang kedua. Proses tersebut diulangi sampai gaya penampang yang terhitung sama dengan gaya luar atau lebih kecil dari toleransi tertentu. Apabila konvergensi tidak tercapai pada iterasi maksimum, maka proses program akan meloncat ke langkah 10, yaitu meningkat regangan di serat atas.

10. Menentukan momen penampang dan kurvatur

Momen masing-masing segmen dihitung terhadap k_d (garis netral penampang beton).

- Jarak titik berat segmen dari serat atas tarik atas:

  Jarak titik berat segmen 1 = (I-1)h+cgc$_{(1)}$

  Jarak titik berat segmen 2 = (I-1)2h+cgc$_{(2)}$

  Jarak titik berat segmen 3 = (I-1)2h+cgc$_{(3)}$

  Secara umum:(I-1)2h+cgc$_{(1)}$ Jarak titik berat segmen ke I dari garis netral = k_d- (I-1)2h+cgc$_{(1)}$

$$M_c = \sum_{I=1}^{n/2} \left[A_{c(1)} . (B - 2C) . \{k_d - ((I-1)2h + cg_{c(1)})\} \right] \quad (5.2)$$

$$M_s = \sum_{I=1}^{nsI} p_{s(1)} . \{k_d - L_{s(1)})\}$$

$$M_{tot} = M_s + M_c$$

- Kurvatur dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

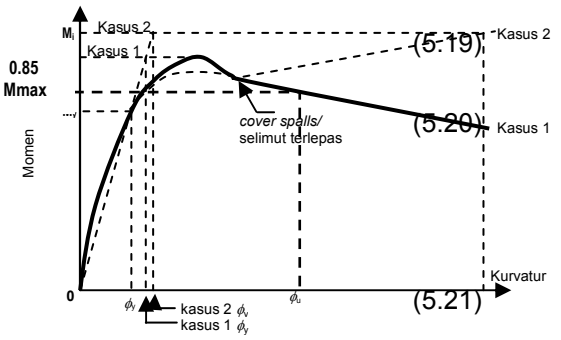
$$\varphi = \frac{\varepsilon_t}{k_d}$$

Dengan meningkatkan regangan di serat atas secara bertahap, momen kurvatur penampang secara keseluruhan bisa diperoleh.

11. Mengetahui daktilitas kolom berdasarkan momen-kurvatur

Perilaku daktilitas kolom dapat diketahui berdasarkan pada grafik momen-kurvatur yang didapat dari hasil olah program momen-kurvatur (*Antonius,* 2005 *)* input data kolom.

Secara umum grafik yang dimunculkan adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik Moment Kurvatur

Daktilitas kolom (μ) dapat diketahui dengan memperbandingkan sebagai berikut :

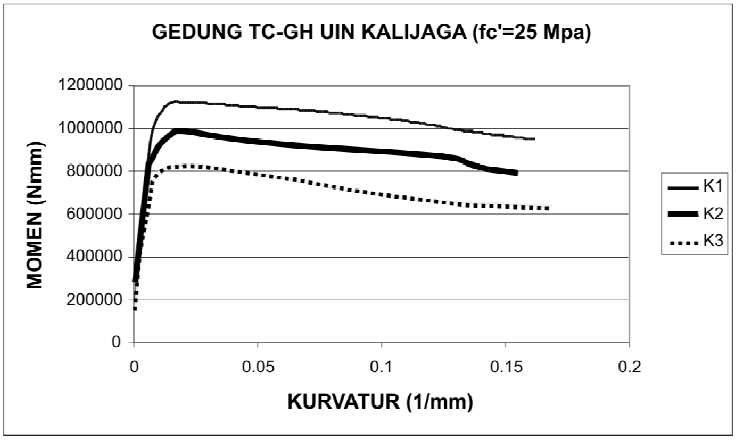
$$\mu = (\phi_u / \phi_y)$$

OUTPUT PROGRAM MOMEN-KURVATUR

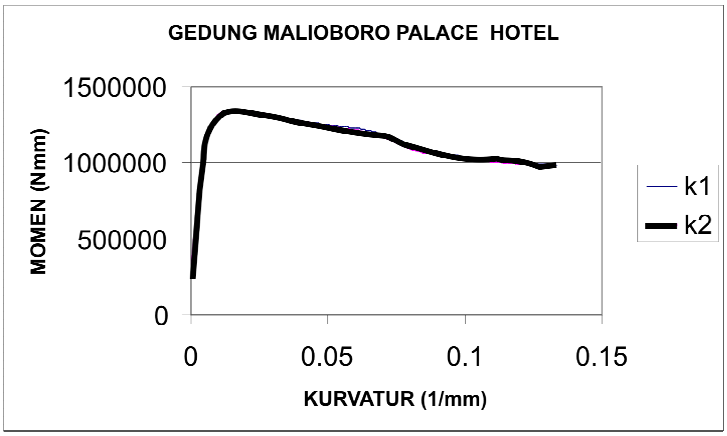
Hasil perhitungan dan output program momen-kurvatur dimunculkan dalam bentuk grafik dan tabel berikut:

Tabel 1. Nilai daktilitas kolom yang ditinjau

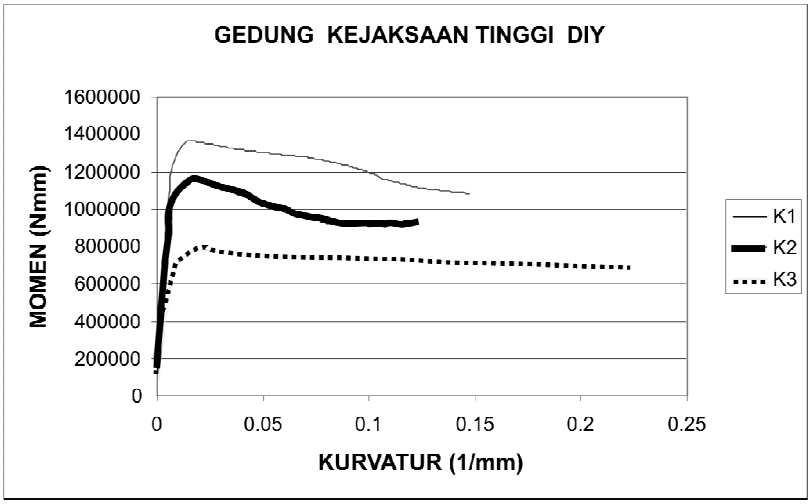
Nama Gedung	Kode kolom	Uk. Kolom (cm)	f_c' (MPa)	ρ (%)	Tulangan sengkang						
					$q - s$ (mm)	f_y (MPa)	$\rho_{s\,min}$ (%)SNI pers.124	ρ_s	ϕ_y	ϕ_u	μ
Training Center – Guest House UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA	K1	60 X 60	25	2,72	10-150	240	0,93	0,41	0,0074	0,1625	**18,67**
	K2	60 X 60	25	2,19	10-150	240	0,93	0,41	0,011	0,1551	**11,98**
	K3	60 X 60	25	1,63	10-150	240	0,93	0,41	0,0147	0,1692	**9,78**
Malioboro Palace Hotel, Yogyakarta	k1	40 X 60	35	2,72	10-150	240	0,93	0,41	0,0045	0,0169	**25,29**
	k2	40 X40	35	2,19	10-150	240	0,93	0,41	0,0045	0,0161	**25,13**
Kejaksaan Tinggi, DIY	K1	60 X 60	25	2,72	10-150	240	0,93	0,41	0,0078	0,171	**18,67**
	K2	60 X 60	25	2,19	10-150	240	0,93	0,41	0,007	0,147	**12,49**
	K3	60 X 60	25	1,63	10-150	240	0,93	0,41	0,014	0,241	**13,23**
Fak. Syariah-Tarbiyah UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA	1K1	60 X 60	25	2,72	10-150	240	0,93	0,41	0,008	0,138	**17,25**
	2K1	60 X 60	25	2,19	10-150	240	0,93	0,41	0,007	0,158	**21,71**
	3K1	60 X 60	25	1,63	10-150	240	0,93	0,41	0,0065	0,168	**25,85**
ADIMINISTRASI UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA	K2	60 X 60	25	1,89	10-150	240	0,93	0,41	0,0114	0,163	**14,3**
	K4	60 X 60	25	1,57	10-150	240	0,93	0,41	0,0123	0,156	**12,7**
	K5	60 X 60	25	1,26	10-150	240	0,93	0,41	0,014	0,14	**10**
	K6	60 X 60	25	1,26	10-100	240	0,93	0,41	0,0132	0,139	**10,5**



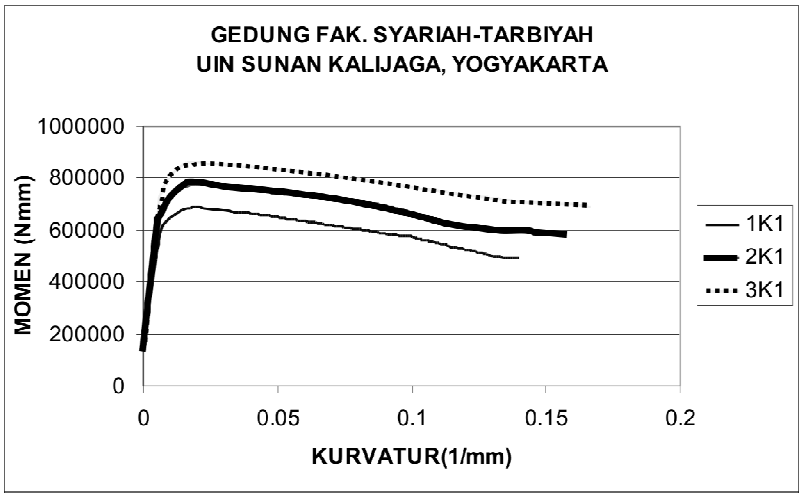
Gambar 3. Grafik Momen-Kurvatur Kolom Gedung UIN Sunan Kalijaga



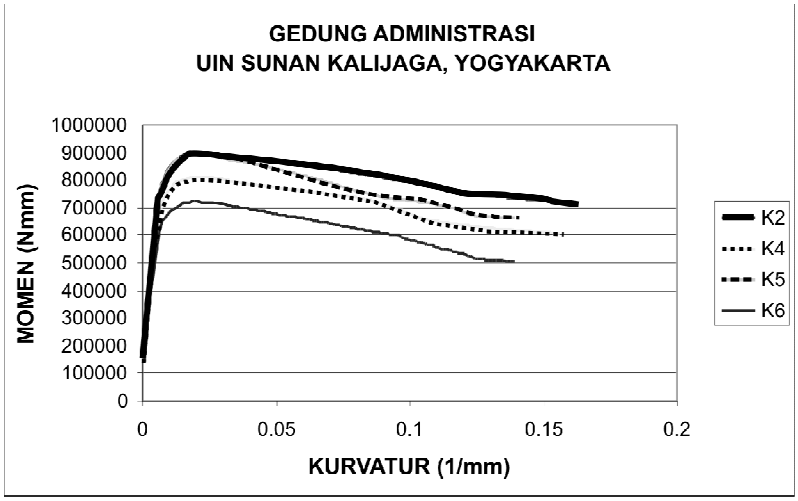
Gambar 4. Grafik Momen-Kurvatur Kolom Gedung Malioboro Palace Hotel



Gambar 5. Grafik Momen-Kurvatur Kolom Gedung Kejaksaan Tinggi DIY



Gambar 6. Grafik Momen-Kurvatur Kolom Gedung Fak Syariah-Tarbiyah UIN Sunan Kalijaga



Gambar 7. Grafik Momen-Kurvatur Kolom Gedung Administrasi UIN Sunan Kalijaga

Berdasarkan hasil analisis, dapat tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Studi mengenai kinerja struktur bangunan eksisting yang berada di wilayah gempa sangat penting dilakukan sebagai peringatan/*warning* baik kepada Pemerintah maupun masyarakat agar lebih waspada apabila terjadi beban gempa.
2. Hampir semua tulangan longitudinal yang digunakan dalam desain kolom telah memenuhi persyaratan rasio minimum SNI, yaitu 1%. Hal tersebut menunjukkan bahwa desain kolom berdasarkan kekuatan (*strength*) sudah cukup baik.
3. Rasio tulangan pengekang terpasang pada bangunan eksisting telah memenuhi ketentuan SNI 03-2847-2002.
4. Nilai daktilitas (μ) dari kolom eksisting yang ditinjau berdasarkan grafik momen kurvatur mempunyai nilai yang diharapkan dapat

menyumbangkan daktilitas yang signifikan bagi struktur gedung secara menyeluruh.

5. Tingginya nilai daktilitas kolom dipengaruhi pula oleh konfigurasi tulangan longitudinal yang terpasang.

DAFTAR PUSTAKA

Antonius, *et.al.*, 2005. *Efek Konfigurasi Tulangan Lateral terhadap Perilaku Kekuatan & Daktilitas Kolom Beton Mutu Normal dan Mutu Tinggi*. Yogyakarta: Proposal Seminar Nasional Eksp. Lab. Komputasi dan Aplikasi, 28 Mei 2005.

Antonius, 2004. *Pengaruh Tulangan Lateral Terhadap Mekanisme Cover Spalling pada Struktur Kolom Beton Mutu Tinggi.* Yogyakarta: Prosiding Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan II UGM, 20 Januari 2004. hal 168-176.

Antonius, *et.al.*, 2004. *Pengaruh Keka ngan Tulangan Lateral terhadap Perilaku Kekuatan dan Deformasi pada Struktur Kolom Beton Penampang Persegi;* Lap. Penelitian Hibah Bersaing XII / I Perguruan Tinggi TA 2004 , Kontrak No.047/P4T/DPPM/PHB XII/III/ 2004, 1 Maret 2004, Oktober 2002, Depdiknas

Azizinamini, A, et.al., 1992. *Effects of Transverse Reinforcement on Seismic Performance of Coloumns,* AC1 Structural Journal, V.89. No.4 July-Agustus, 442-450.

Badan Standardisasi Nasional, 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk & Bangunan Gedung,* SNI 103-1726-2002.

Badan Standardisasi Nasional, 2002. *Tata Cara Penghitungan Struktur Beton Bangunan Gedung,* SNI 03-2847-2002.

Imran, I, *et.al.*, 2005. *Beberapa Pelajaran dari Gempa Aceh, Tinjauan Kinerja 2 Bangunan Perkantoran di Banda Aceh.* Seminar Sehari, Pelajaran dari Gempa dan Tsunami; Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia, 25 Mei 2005.

HAKI, 2006. C*atatan Terhadap Tulangan Sengkang di Kolom,* Newsletter HAKI, vol 8, Januari 2006.

Mander, J.B., *et.al.*, 1988. *Theoritical Stress- Strain Model of Confined Concrete,* Journal of Structural Eng, V.114. No 8, August 1988, 1804-1824.