PENGARUH GAYA AKSIAL TEKAN TERHADAP PERILAKU KOLOM

Nuroji[1]

[1]Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Jl.Prof. Soedharto, SH Semarang

Email: nuroji@lecturer.undip.ac.id

ABSTRAK

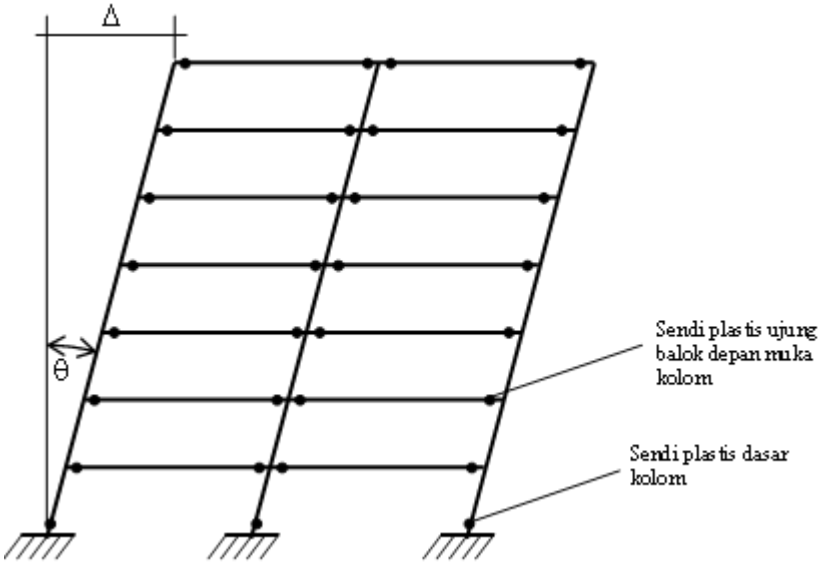
Kolom merupakan elemen struktur yang menerima gaya aksial tekan dan juga momen. Kolom menyalurkan beban dari lantai atas ke lantai dibawahnya hingga ke tanah melalui pondasi. Keruntuhan kolom pada lokasi kritis dapat memicu keruntuhan progresif yang dapat mengakibatkan keruntuhan total struktur secara keseluruhan. Penurunan kapasitas rotasi dan daktilitas akibat gaya aksial tekan menjadi fokus dalam penelitian ini. Penelitian ini menggunakan metoda numerik yang dibuat dalam program komputer untuk mengevaluasi perilaku penampang. Validasi program dilakukan pada dua penampang hasil penelitian terdahulu sebelum program komputer diimplementasikan dalam penelitian ini. Empat jenis penampang K40x70, K50x50, KD60 dan K50x50-45° dievaluasi dalam penelitian ini, beban aksial tekan sebesar 10 %, 20 %, 30 % dan 40 % terhadap Ag fc′ dikenakan pada kolom untuk dievaluasi perilakunya. Dari hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan kapasitas momen dan kekakuan penampang pada gaya aksial tekan rendah selanjutnya peningkatannya menurun seiring dengan meningkatnya gaya aksial tekan. Pengaruh lain dari gaya tekan aksial tekan adalah penurunan kapasitas rotasi dan daktilitas penampang yang sangat signifikan. Pada beban 0.4Ag fc′ kapasitas rotasi mengalami penurunan rata-rata 68.49 % atau tersisa 31.51 % dari kondisi lentur murni. Sedangkan penurunan daktilitas rata-rata penampang pada beban 0.4Ag fc′ sebesar 81.54 % atau hanya tersisa 18.46 % dari lentur murni. Penurunan rotasi dan daktilitas terbesar terjadi pada penampang persegi K40x70 dan K50x50.

Kata kunci: aksial tekan, kurvatur, kapasitas momen, kapasitas rotasi, daktilitas

1. PENDAHULUAN

Kolom merupakan elemen vertikal dari suatu rangka struktural yang ditujukan untuk mendukung balok penahan beban. Kolom menyalurkan beban dari tingkat di atasnya ke tingkat di bawahnya dan selanjutnya ke tanah melalui pondasi. Oleh karenanya, kegagalan sebuah kolom pada lokasi kritis dapat memicu keruntuhan progresif yang dapat mengakibatkan keruntuhan total struktur secara keseluruhan (Nawy, 2010). Keruntuhan kolom tidak hanya mengakibatkan berkurangnya tahanan lateral, tetapi juga berakibat hilangnya daya dukung beban vertikal (Otani, 2004). Untuk menghindari terjdinya keruntuhan kolom, pada perencanaan struktur tahan gempa struktur harus di desain dengan konsep Strong column weak beam. Meskipun demikian terjadinya plastisitas pada kolom lantai dasar tidak dapat dihindari seperti terlihat pada gambar 1. Pembentukan sendi plastis pada kolom lantai dasar menuntut daktilitas yang cukup agar struktur dapat berdeformasi lateral lebih besar pasca leleh. Terbentuknya sendi plastis pada kolom lantai dasar memberi kesempatan terjadinya sendi plastis - sendi plastis di tempat lain terutama pada ujung balok di muka kolom. Pada umumnya kolom pada lantai dasar menerima gaya aksial tekan besar dan berperilaku compression-controlled, dimana saat beton mengalami regangan ultimate, regangan maksimum tulangan terluar hanya terbatas 0.002 . (ACI-318-10.3.3).

Pada kolom, daktilitas semakin kecil dengan meningkatnya gaya aksial tekan yang bekerja pada kolom (Blume et.al 1961, Park and Paulay, 1975). Peningkatan daktilitas pada kolom dapat ditingkatkan dengan menambahkan confinement (Blume et.al 1961, Park and Paulay, 1975). Beberapa penelitian tentang daktilitas kolom telah banyak dilakukan di antaranya penelitian yang mengkaji pengaruh tipe, konfigurasi dan rasio volumetrik tulangan sengkang terhadap daktilitas kolom, (Imran, I dan Cornelis, R, 2005; Suhartono, 2005). Djauhari dan Imran, 2008 melakukan studi eksperimental memvariasikan kuat tarik, spasi, rasio volumetrik tulangan sengkang dan eksentrisitas beban untuk mengetahui perilaku lentur kolom beton bertulang.



Gambar 1. Sendi plastis pada struktur dengan konsep *strong column weak beam*

Dari penjelasan di atas menunjukkan adanya upaya penelitian yang telah banyak dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perilaku kolom akibat pemberian kekangan dan peningkatan daktilitas. Penelitian ini merupakan studi numerik yang ditujukan untuk mengetahui pengaruh gaya aksial tekan terhadap perilaku kolom. Pengujian terhadap beberapa penampang kolom yang dianalisis secara numerik dengan menggunakan program komputer yang secara khusus dikembangkan untuk penelitian ini. Akan tetapi untuk mendapatkan hasil yang akurat, sebelum digunakan untuk melakukan evaluasi pada berbagai jenis kolom, program komputer tersebut harus divalidasi terlebih dahulu dengan hasil eksperimental.

Momen Kurvatur

Perilaku kolom direpresentasikan melalui perilaku diagram hubungan momen-kurvatur pada beban aksial tekan tertentu. Program analisis penampang beton bertulang dibuat dengan menggunakan visual basic 6.0 untuk mendapatkan perilaku momen-kurvatur pada berbagai gaya aksial tekan, dimana gaya tekan bekerja pada pusat plastis (*plastic centroid*). Untuk memodelkan penampang dalam berbagai jenis penampang, maka penampang didefinisikan dalam bentuk koordinat dari sejumlah titik yang membentuk poligon tertutup. Sedangkan konfigurasi tulangan longitudinal ditentukan melalui koordinat untuk masing-masing tulangan dan penampang kolom tekan dibagi menjadi beberapa pias kecil dengan tebal Δ. Untuk mendapatkan data Momen dan kurvatur untuk masing-masing inkrementasi, regangan tekan ultimate beton dibagi menjadi beberapa bagian dan setiap inkrementasi regangan tekan beton dianalisis momen dan kurvatur pada kondisi siembang seperti ditunjukkan pada gambar 2. Regangan tekan beton ultimate dalam penelitian ini ditentukan sebesar 0.0038. Resultante gaya tekan beton C_c ditentukan dengan menggunakan persamaan 1.

$$C_c = \sum_i^{nc} \Delta b_{(i)} f_{c\,(i)} \qquad 1.$$

Dimana:

C_c : Lebar pias rata-rata

Δ : Tebal pias

$b_{(i)}$: Lebar rata-rata pias ke-i, i = 1, 2, 3,…,nc; nc adalah jumlah pias

$f_{c\,(i)}$: Tegangan tekan beton rata-rata pias ke-i, i = 1, 2, 3,…,nc

Keseimbangan gaya-gaya penampang dapat diperoleh dengan proses iterasi regangan tulangan tarik terluar dan keseimbangan gaya harus memenuhi persamaan 2 berikut.

$$C_c + \sum_1^{ns} T - P = 0 \qquad 2.$$

Dimana:

C_c : Gaya tekan beton

$T_{(i)}$: Gaya pada tulangan ke-i, i = 1, 2, 3,….,ns; ns adalah jumlah tulangan

$f_{s(i)}$: Tegangan tulangan ke-i ke pusat plastis

Pada kondisi seimbang, momen penampang dapat dihitung dengan meninjau momen terhadap pusat plastis dimana gaya aksial tekan bekerja yang dapat ditentukan berdasarkan persamaan 3.

$$M_n = \sum_i^{nc} \Delta\, b_{(i)} f_{(i)} y_{c(i)} + \sum_i^{ns} A_{s(i)} f_{s(i)}\, y_{s(i)} \qquad 3.$$

Dimana:

M_n : Luas tulangan ke-i

$A_{s(i)}$: Luas tulangan ke-i

$f_{s(i)}$: Tegangan tulangan ke-i ke pusat plastis

$y_{s(i)}$: Jarak tulangan ke pusat plastis

Sedangkan kurvatur dapat ditentukan berdasarkan rasio regangan yang dibentuk oleh beton dan tulangan tarik terluar terhadap jarak antara serat tekan beton terluar dan tulangan tarik terluar seperti dituliskan dalam persamaan 4.

$$\varphi = \frac{(\varepsilon_{st} + \varepsilon_c)}{d} \qquad 4.$$

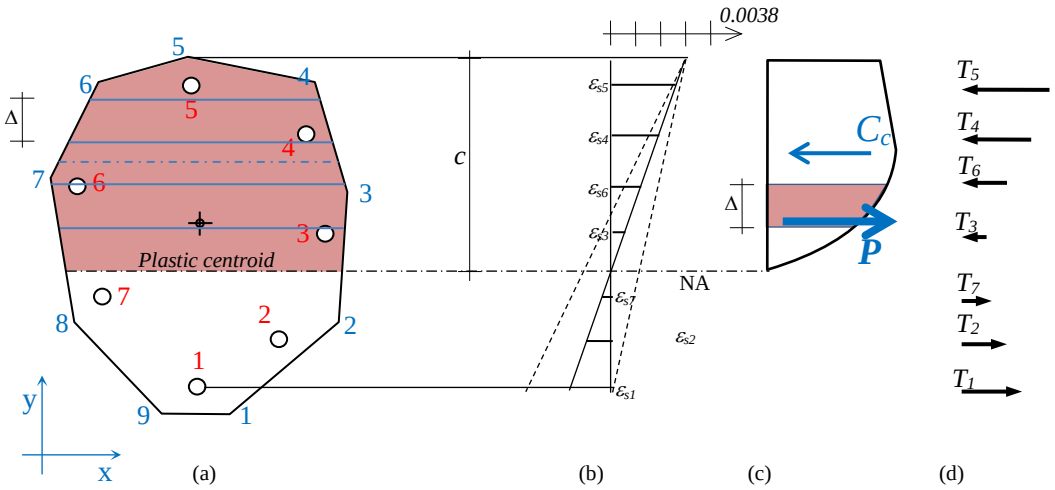
Dimana:

φ : Kurvatur

ε_{st} : Regangan tulangan terluar

ε_c : Regangan serat tekan beton terluar

d : Jarak antara serat tekan terluar dan tulangan tarik terluar



Gambar 2. (a) Penampang, (b) diagram regangan, (c) Stress block, (d) Gaya- gaya tulangan

Ada beberapa asumsi yang digunakan dalam analisis penampang dalam penelitian yaitu:

a. Lekatan antara beton dan tulangan dianggap lekat sempurna (full bonded), sehingga regangan beton dan tulangan pada lokasi yang sama adalah sama.

b. Penampang datar tetap datar sebelum dan setelah mengalami lentur, sehingga distribusi regangan pada penampang linier terhadap jarak garis netral.

c. Tegangan tarik beton diabaikan.

d. Pengaruh tekuk tidak ditinjau.

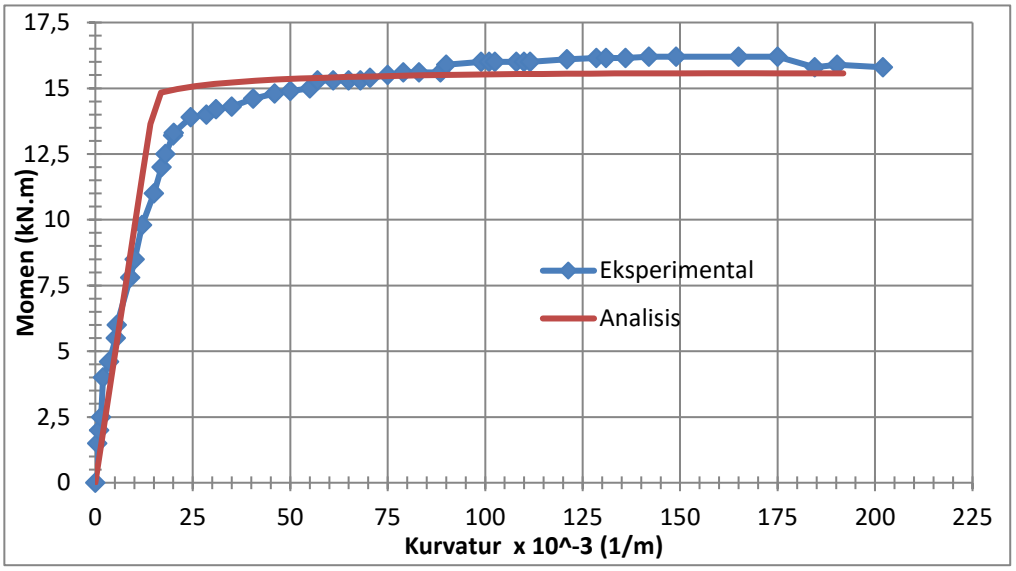
e. Hubungan tegangan regangan beton sesuai model Hognestad.

f. Hubungan tegangan regangan baja tulangan dimodelkan bilinier tanpa strain hardening.

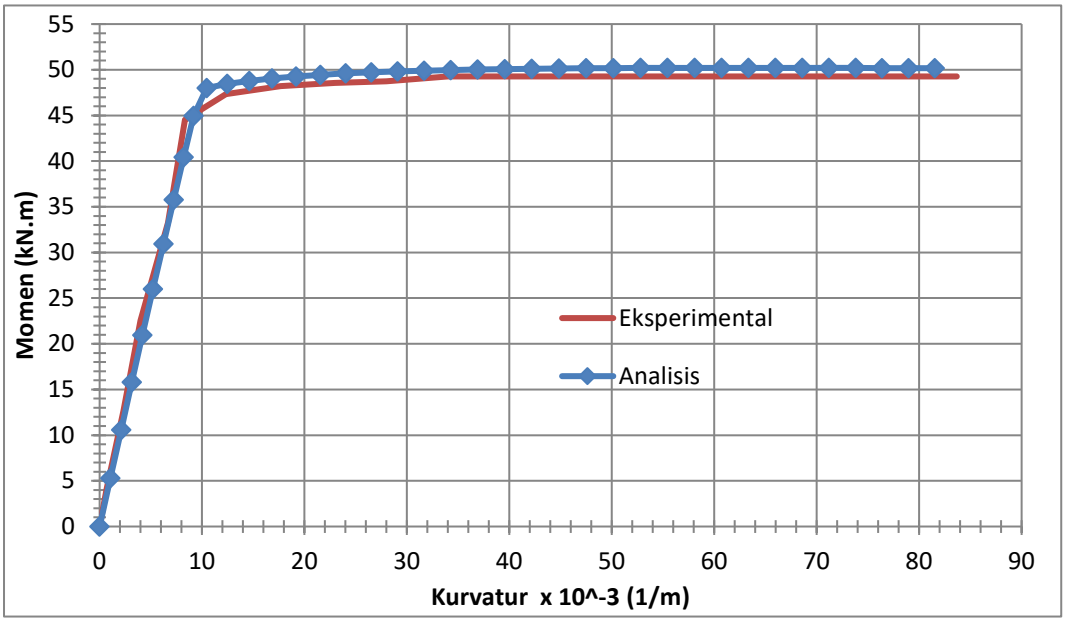
Validasi

Validasi pertama dilakukan terhadap hasil uji eksperimental yang dilakukan oleh Srikanth dkk, 2007 dengan mengambil penampang BEAM U1. Penampang ini berdimensi 150 mm x 200 mm dengan 2D12 sebagai tulangan tarik dan 2 tulangan diameter 4 mm di tempatkan sebagai tulangan tekan. Kuat tekan beton yang digunakan 42.54 MPa dan tegangan leleh besi tulangan 400.85 MPa seperti terlihat pada gambar 3, Srikanth dkk, 2007. Sedangkan validasi kedua dilakukan terhadap penampang balok 150 mm x 300 mm yang ditulangi 3D16 dan 2D10 yang masing-masing merupakan tulangan tarik dan tekan dengan kuat tekan beton 31.5 MPa dan kuat tarik tulangan longitudinal 336 MPa. Tavio (2009). Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.

Dari kedua perilaku kolom beton bertulang tersebut secara keseluruhan menunjukkan cukup akurat dan program momen kurvatur yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat digunakan untuk melakukan evaluasi berbagaai penampang kolom dan berbagai gaya tekan aksial.



Gambar 3. Hubungan Momen-Kurvatur BEAM U1, Srikanth dkk, 2007



Gambar 4. Hubungan Momen-Kurvatur, Tavio dkk, 2009

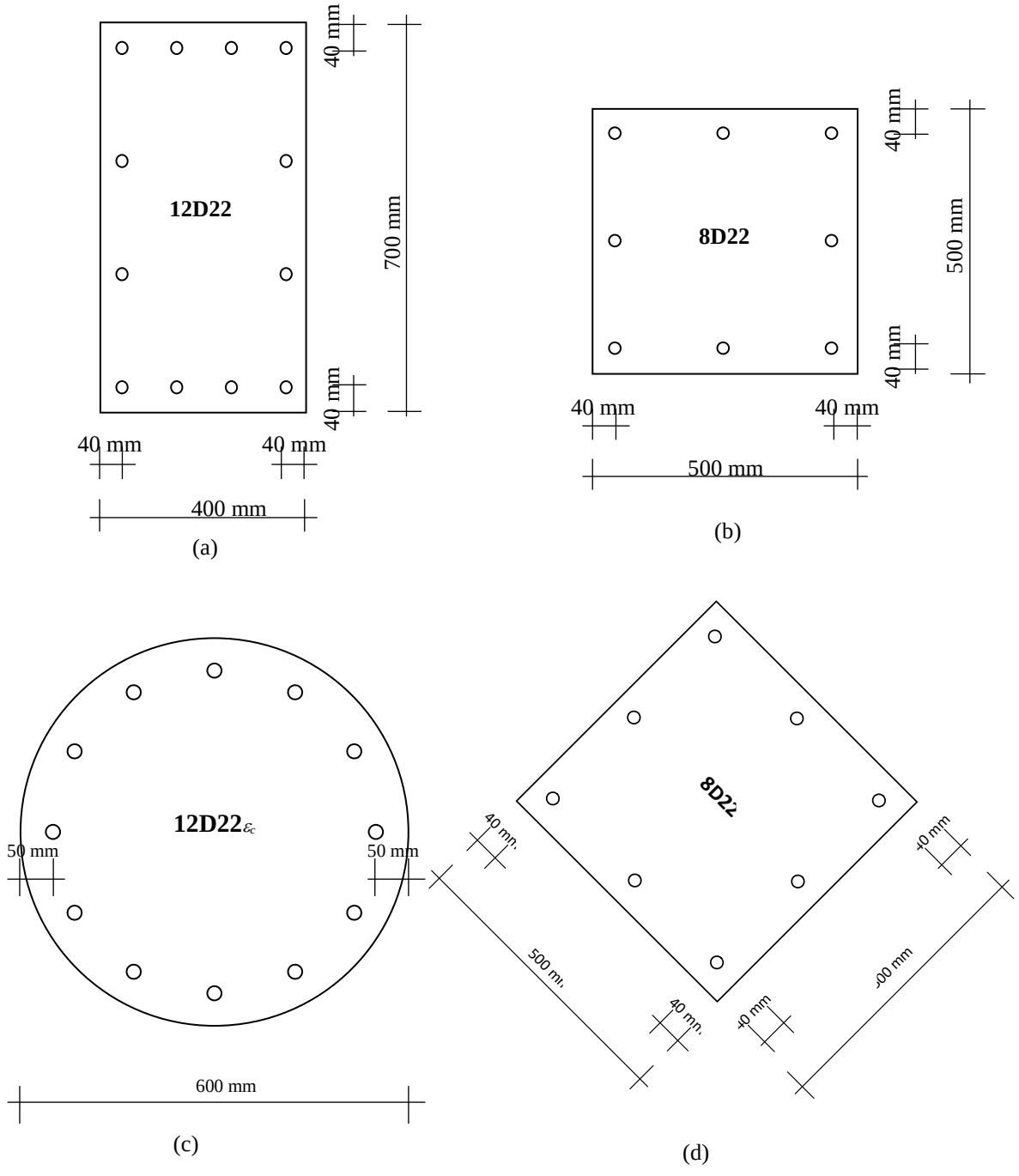
2. ANALISIS PENAMPANG

Masing-masing penampang dikenakan beban aksial tekan pada pusat plastis, selanjutnya momen dan kurvatur pada penampang dihitung. Baban aksial tekan dikenakan sebesar 0 %, 10 %, 20 %, 30 % dan 40 % Ag f_c' pada masing-masing penampang untuk mengetahui pengaruh beban aksil tekan terhadap perilaku kolom. Penelitian ini meninjau

empat jenis penampang yaitu penampang persegi, persegi panjang, lingkaran dan persegi terputar seperti terlihat pada gambar 5a, 5b, 5c dan 5d. Sedangkan data penampang dan material dari keempat penampang kolom tersebut disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Penampang Kolom Beton

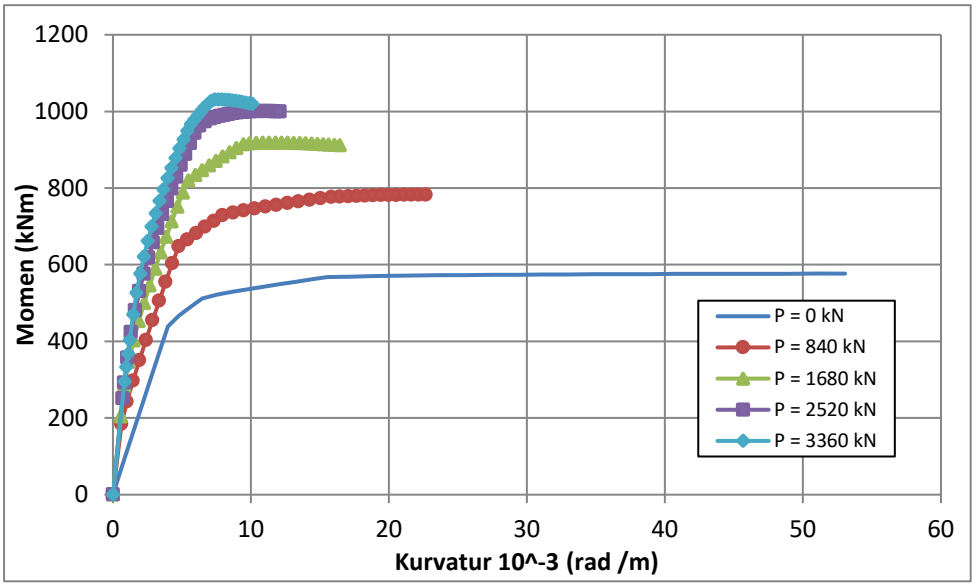
No	Penampang	fc (MPa)	fy (MPa)	Ag (mm^2)	Ast (mm^2)	ρ
1	K40x70	30	400	280000	4561.593	0.016291
2	K50x50	30	400	250000	3041.04	0.012164
3	KD60	30	400	282743.3	4561.593	0.016133
4	K50x50-45°	30	400	250000	3041.04	0.012164



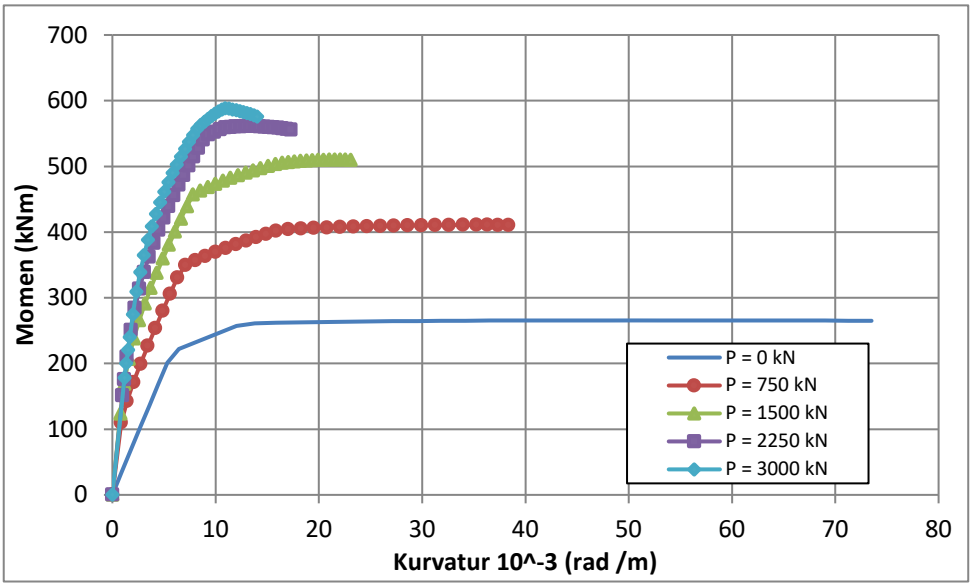
Gambar 5. Jenis – jenis penampang kolom yang ditinjau

(a) Penampang bujur sangkar K40x70, (b) Penampang persegi panjang K50x50, (c) Penampang lingkaran KD60, (d) Penampang bujur sangkar K50x50-45°

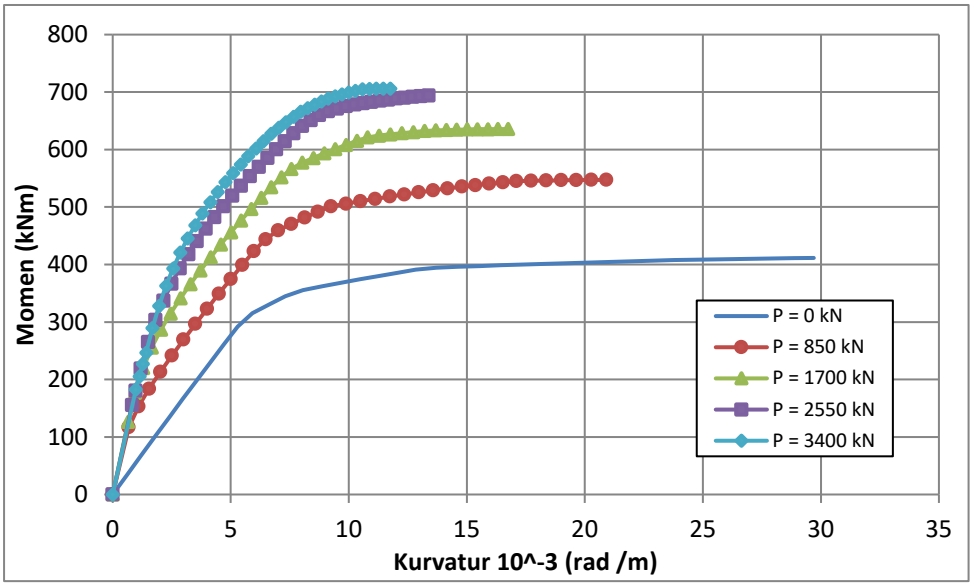
Dari anasisis keempat penampang dapat diketahui nilai momen dan kurvatur pada setiap incretentasi regangann tekan beton yang dapat disusun menjadi kurva hubungan momen kurvatur penampang. Masing-masing penampang dikenakan beban aksial tekan sebesar 0 %, 10 %, 20 %, 30 % dan 40 % Ag f_c', untuk menggambarkan perilaku lentur penampang kolom disusun grafik momen kurvatur yang ditunjukkan pada gambar 6, 7,8 dan 9.



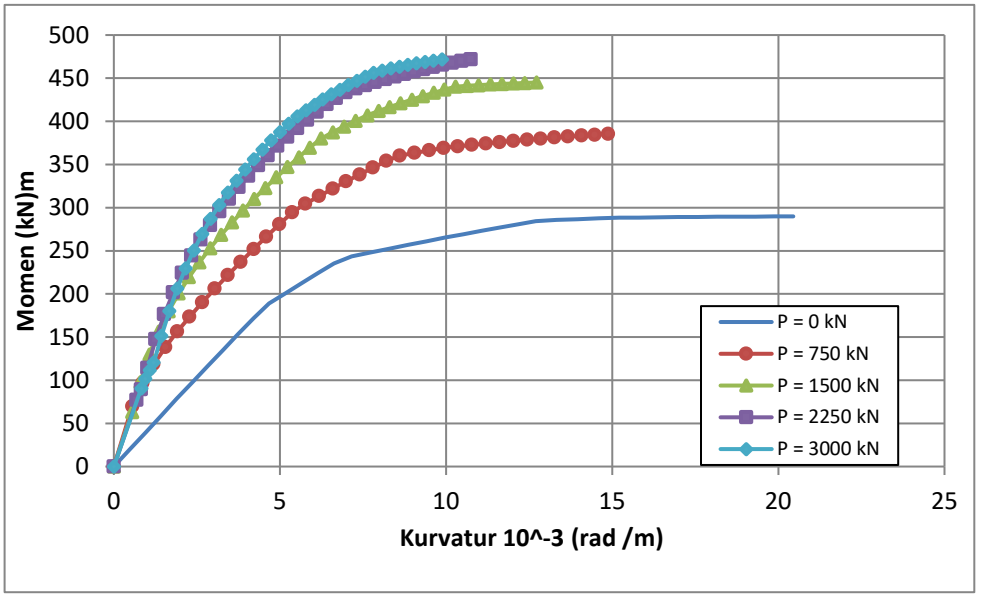
Gambar 6. Hubungan momen kurvatur K40x70



Gambar 7. Hubungan momen kurvatur K50x50



Gambar 8. Hubungan momen kurvatur KD60



Gambar 9. Hubungan momen kurvatur K50x50-45°

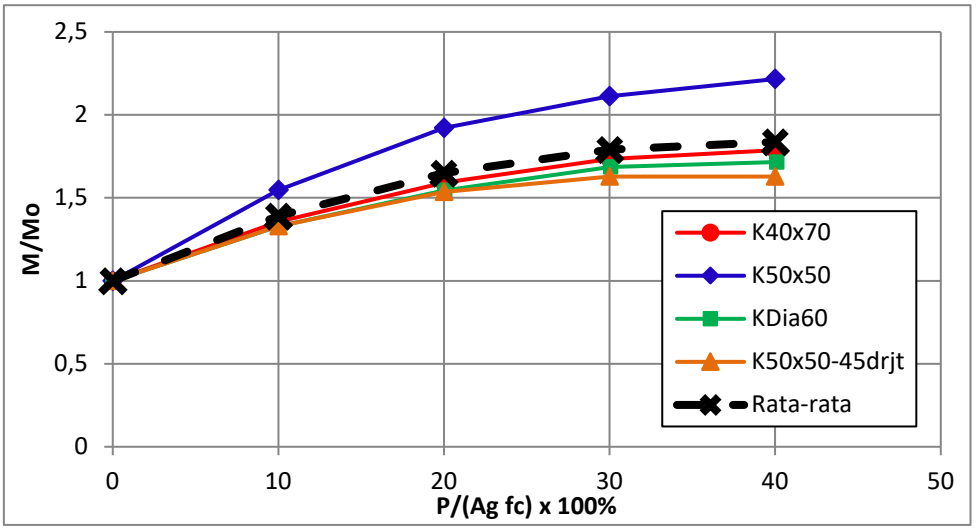
Dari grafik 6, 7, 8 dan 9 menunjukkan bahwa gaya aksial tekan sangat mempengaruhi perilaku lentur penampang kolom. Secara umum penampang kolom mengalami peningkatan kapasitas momen dan kekakuan dengan adanya gaya aksial tekan, dimana semakin besar gaya aksial tekan pada kolom semakin tinggi kapasitas dan kekakuannya, peningkatan kapasitas tersebut mulai berkurang secara signifikan pada gaya aksial tekan 40 % Ag fc′. Sayangnya pengingkatan kapasitas momen dan kekakuan penampang kolom diikuti dengan penurunan kapasitas rotasi ultimatenya yang mengakibatkan penurunan daktilitas. Pengaruh gaya aksial tekan pada masing-masing penampang terhadap kapasitas ditunjukkan pada gambar 10.

Dari grafik tersebut terlihat adanya peningkatan kapasitas yang signifikan pada gaya aksial 10 % Ag fc′ dengan rata-rata peningkatan sebesar 39.07 % terhadap kapasitas momen pada kondisi lentur murni (Mo) ketika penampang tidak menerima gaya aksial tekan. Peningkatan kapasitas momen tersebut tidak linier terhadap gaya aksial dan berangsur-angsur berkurang dengan semakin meningkatnya gaya aksial, pada gaya aksial 40 % Ag fc′ peningkatannya menjadi 83.68 % terhadap Mo. Penampang bujur sangkar terputar yang merepresentasikan kondisi biaksial menunjukkan perilaku yang relatif lebih stabil dibanding dengan ketiga lainnya.

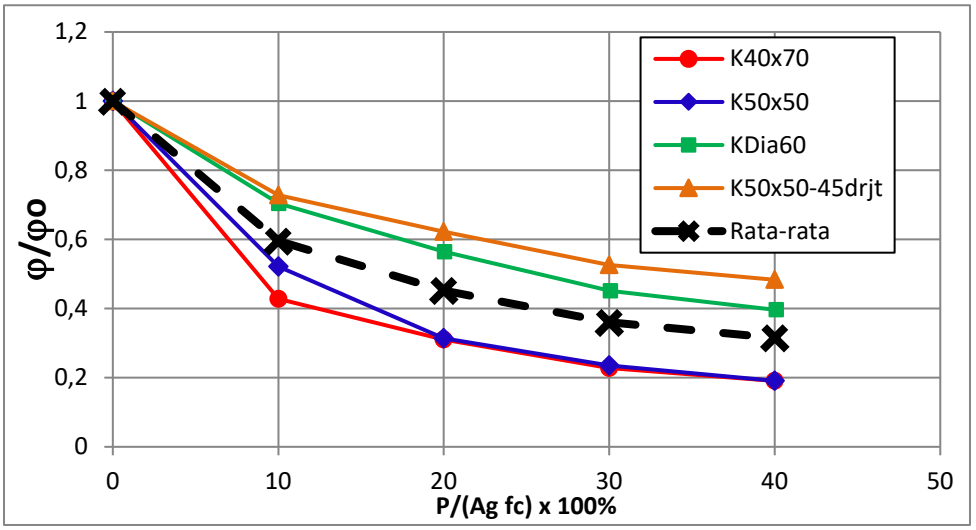
Pengaruh gaya aksial tekan terhadap kapasitas rotasi pada keempat jenis penampang dapat tunjukkan pada gambar 11. Dari grafik tersebut menunjukkan adanya penurunan kapasitas rotasi pada penampang akibat gaya aksial tekan. Semua penampang menunjukkan perilaku yang sensitif pada penurunan kapasitas rotasi akibat gaya aksial tekan, dimana pada

gaya aksial 10 % Ag fc′ penurunan rata-rata mencapai 40.48 % terhadap dari kapasitas rotasi pada kondisi lentur murni (φo). Berkurangnya kapasitas rotasi ini tidak linier terhadap gaya aksial tekan, dimana pada gaya aksial 40 % Ag fc′ penurunan kapasitas rotasi sebesar 68.49 % dari φo. Penurunan kapasitas rotasi terbesar pada penampang persegi K40x70 dan K50x50 yaitu sebesar lebih dari 80.91 % dari φo atau hanya tersisa 19.09 % dari φo.

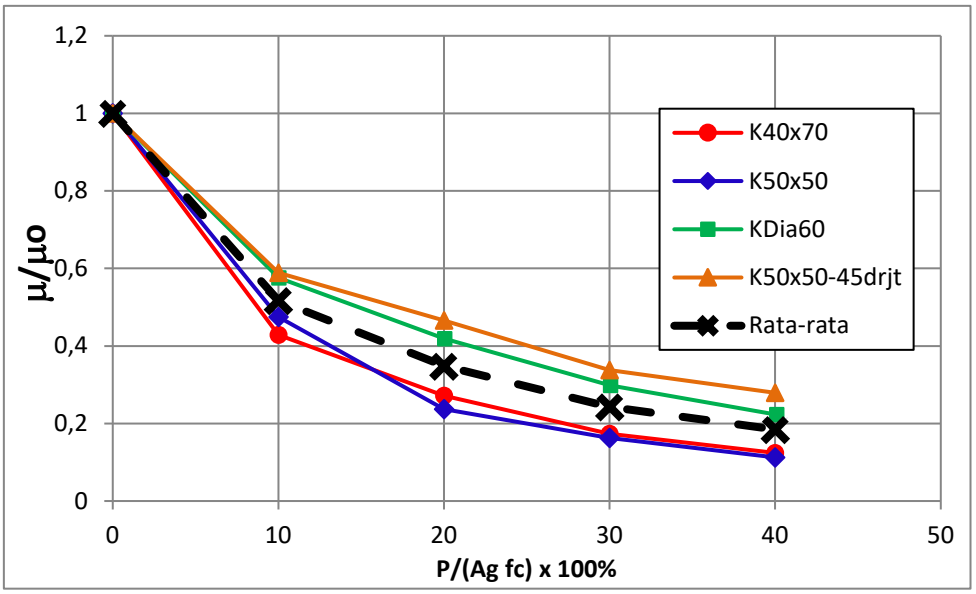
Pengaruh gaya aksial tekan terhadap daktilitas kurvatur pada keempat jenis penampang ditunjukkan pada gambar 12. Dari grafik tersebut menunjukkan adanya penurunan daktilias pada penampang akibat gaya aksial tekan. Sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 11, pada gambar 12 juga menunjukkan bahwa penurunan daktilitas pada semua penampang cukup sensitif terhadap gaya aksial tekan, dimana pada gaya aksial 10 % Ag fc′ penurunan daktilitas rata-rata mencapai 48.30 % terhadap dari daktilitas pada kondisi lentur murni (μo). penurunan daktilitas ini juga bersifat nonlinier terhadap gaya aksial tekan, dimana pada gaya aksial 40 % Ag fc′ penurunan daktilitas rata-rata mencapai 81.54 % dari μo atau daktilitasnya hanya tersisa 18.46 % terhadap μo. Penampang yang mengalami penurunan daktilitas terbesar adalah penampang persegi K40x70 dan K50x50 yaitu masing-masing sebesar lebih dari 12.41 % dan 11.25 % dari μo.



Gambar 10. Hubungan antara rasio kapasitas momen terhadap kapasitas momen murni dan Gaya aksial tekan



Gambar 11. Hubungan antara rasio kapasitas rotasi terhadap kapasitas rotasi lentur murni dan Gaya aksial tekan



Gambar 12. Hubungan antara rasio daktilitas terhadap daktilitas lentur murni dan Gaya aksial tekan

3. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian analisis terhadap empat penampang kolom dengan pemberian beban aksial tekan yang bervariasi serta berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Pengaruh gaya aksial tekan pada elemen struktur beton bertulang sensitif terhadap perubahan kapasitas momen. Dimana kapasitas momen penampang cenderung meningkat pada beban aksial tekan 10% Ag fc′ selanjutnya peningkatan kapasitas momen cenderung berkurang sampai pada beban aksial tekan 40% Ag fc′ dan bahkan untuk beban di atasnya mempunyai kecenderungan menurunkan kapasitas momen pada penampang.
- Pengaruh gaya aksial tekan pada elemen struktur beton bertulang juga cukup sensitif terhadap penurunan kapasitas rotasi pada penampang, dimana pada beban 10% Ag fc′ penurunan kapasitas rotasi rata-rata untuk semua penampang mencapai 40.48 % dan terus turun hingga pada beban aksial tekan 40% Ag fc′ kapasitas rotasi dari penampang hanya tinggal 31.51% dari kapasitas awal dimana penampang tidak menerima beban aksial.
- Jika gaya aksial tekan pada elemen struktur beton bertulang sensitif terhadap rotasi, maka gaya aksial tekan juga mempengaqruhi daktilitas penampang. Penurunan daktilitas penampang terlihat sangat besar pada beban aksial tekan 10% Ag fc′ hingga mencapai 48.30 %. Penurunan daktilitas terus berkurang seiring dengan bertambahnya beban aksial tekan hingga pada beban aksial tekan 40% Ag fc′ daktilitasnya hanya tinggal 18.46 % dari daktilitas mula-mula ketika penampang tidak menerima beban aksial tekan.
- Penampang yang sensitif terhadap pengaruh gaya aksial tekan adalah penampang persegi K40x70 dan K50x50, dimana penurunan kapasitas rotasi pada beban aksial tekan 40% Ag fc′ masing-masing hanya tersisa 19.09 % dari kondisi lentur murni, sedangkan penurunan daktilitas pada beban aksial tekan 40% Ag fc′ masing-masing hanya menyisakan 12.41 % dan 11.25 % dari lentur murni

Kesimpulan di atas jelas bahwa perilaku kolom sangat dipengaruhi oleh gaya aksial tekan, dimana rotas ultimate dan daktilitasnya terduksi sangat tinggi yang dapat mengakibatkan kolom dapat berperilaku getas. Oleh karena itu pada kolom lantai dasar dimana kolom mengalami sendi plastis dan gaya gaya aksial tekan terbesar, maka perlu ada penanganan khusus pada daerah sendi plastis di kolom lantai dasar.

DAFTAR PUSTAKA

Blume J. A., Newmark N. M., and Corning L. H. Design of Multistory Reinforced Concrete Buildings for Earthquake Motions. Prtland Cement Association, Chicago, 1961, 318 pp.

Hognestad E. Hanson N. W., and McHenry D.: Concrete Stress Distribution in Ultimate Strength Design. Journal of the American Concrete Institute, December 1955, Proceedings Vol. 52, p.455. (1955).

Iswandi Imran dan Remigildus Cornelis, 2005, Pengaruh Pemodelan Zona Terkekang Terhadap Prediksi Hubungan Momen-Kurvatur Kolom Persegi Beton Mutu Tinggi, Jurnal Teknik Sipil-ITB, Vol. 12 No. 2

April 2005.
M. Srikanth, G. Rajesh Kumar∗ and S. Giri, 2007, Moment Curvature of Reinforced Concrete Beams Using Various Confinement Models and Eksperimental Validation, Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing) Vol. 8, No. 3, page 247-265.
Nawy, Edward G, Tavio, Benny Kusuma, 2010, Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, ITS Press, Surabaya.
Otani. Earthquake Resistant Design of Reinforced Concrete Buildings Past and Future. Journal of Advanced Concrete Technology Vol. 2, No. 1, 3-24, February 2004
Park, R. and Paulay, T.: Reinforced Concrete Structures, Jhon Wiley & Sons, Canada (1975).
Soehartono , 2004, Studi Eksperimental Mengenai Efektifitas Kekangan Tulangan Lateral pada Beton Penampang Persegi. Tesis Magister, Program Magister Teknik Sipil, Universitas Diponegoro.
Tavio, Purwono, R., dan Rosyidah, A. Peningkatan Daya Dukung dan Daktilitas Balok Beton Bertulang Dengan Menggunakan Perkuatan CFRP (Carbon Fibre Reinforced Cocrete Polymer). Dinamika Teknik Sipil, 2009.