

ANALISIS PENAMPANG KOLOM BETON BERTULANG PERSEGI BERLUBANG MENGGUNAKAN PCA COL

Renaningsih*

ABSTRACT

The use of conduit in column is useful aesthetically as a place for water pipe or electrical pipe. The new code of concrete in Indonesia (SNI 03-2847-2002) gives a limitation that maximum conduit area is 4% towards the column cross-section area. This research aims at analyzing towards a conduit area in column cross-section that over the limit permitted, in its strength. The study was done by analyze the strength of three columns with the dimension of 200 x 200 mm² and the conduit area are 0%, 4%, and 7% of the column cross-section area from the research of Sabariman (2004). The material uses for this research are, concrete compressive strength is 26 MPa and steel yield tension is 327 MPa. Analyzing of column strength use a computer software program name PCA COL ver 2.3. The result of the analyze shows that, 4% conduit area in column cross-section didn't reduce the column strength but the 7% conduit area in column cross-section would be reduce the column moment strength until 10,52% when the column in compression failure condition.

Key words: conduit, kolom berlubang, PCA COL, compression failure

PENDAHULUAN

Pemasangan pipa pada kolom bangunan (*conduit*) banyak ditemukan dalam struktur beton bertulang. Pemasangan pipa ini dianggap menguntungkan karena pipa di dalam kolom dapat dimanfaatkan sebagai saluran listrik, air hujan, air kotor, dan sebagainya sehingga bangunan akan terlihat rapi tanpa pipa yang tampak dari luar.

Peraturan beton yang baru (SNI 03-2847-2002) menyebutkan: Saluran pipa bersama kaitnya, yang ditanam pada kolom tidak boleh menempati lebih dari 4% luas penampang yang diperlukan untuk kekuatan atau untuk perlindungan kebakaran.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan adanya permasalahan untuk memberikan saran-saran mengenai pemakaian *conduit* di dalam penampang kolom mengingat pentingnya elemen kolom dalam menopang beban bangunan. Tujuan pembahasan dalam artikel ini adalah mengetahui sejauh mana pengaruh luas penampang lubang kolom yang melebihi batas 4% terhadap luas penampang kolom pada kemampuannya dalam memikul beban struktur berdasarkan hasil diagram interaksi kolom.

Kekuatan kolom dalam memikul beban didasarkan pada kemampuannya memikul kombinasi beban aksial (P_u) dan Momen (M_u) secara bersamaan. Sehingga perencanaan kolom suatu struktur bangunan didasarkan pada kekuatan dan kekakuan penampang lintangnya terhadap aksi beban aksial dan momen lentur. Untuk mempermudah mengetahui kekuatan penampang kolom biasanya dibuat diagram interaksi, yaitu suatu grafik daerah batas yang menunjukkan ragam kombinasi beban aksial dan

momen yang dapat ditahan oleh kolom secara aman (Wahyudi, 1997).

Pada Diagram Interaksi kolom (lihat Gambar 1), sumbu vertikal menunjukkan beban aksial yang dapat ditahan kolom sedang sumbu horizontal menunjukkan beban momen yang dapat ditahan oleh kolom.

Kolom yang mengalami beban aksial murni (*Axial Load only*) terjadi apabila kolom hanya menahan beban sentris pada penampangnya (tanpa eksentrisitas). Pada kondisi ini gaya luar akan ditahan oleh penampang kolom yang secara matematis dirumuskan dalam persamaan:

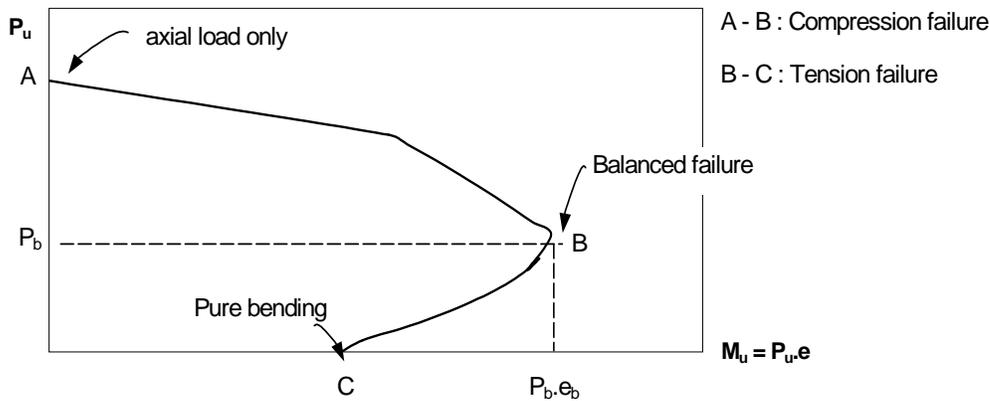
$$P_n = 0,8 \times \{ 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \} \quad (1)$$

dengan

- f_c' = Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa),
- A_g = Luas penampang kolom,
- A_{st} = Luas tulangan,
- f_y = Kuat tarik tulangan baja yang diijinkan (MPa).

Apabila beban P bergeser dari sumbu kolom, maka timbul eksentrisitas beban pada penampang kolom, sehingga kolom harus memikul kombinasi pembebanan aksial dan momen. Pada kolom yang mengalami beban eksentris, apabila besarnya beban aksial dan momen yang ditahan oleh kolom diplotkan dalam gambar diagram interaksi kekuatan penampang kolom, maka akan terdapat 4 jenis kondisi keruntuhan penampang kolom.

* Renaningsih, staf pengajar jurusan Teknik Sipil -Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani No.1 Tromol Pos 1, Pabelan Kartasura, Surakarta 57102.

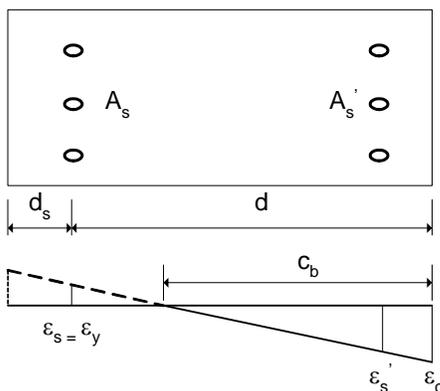


Gambar 1. Tipikal Diagram Interaksi kolom (Park dkk, 1975)

Jenis-jenis kondisi keruntuhan kolom tersebut adalah : kondisi keruntuhan tekan, kondisi keruntuhan balance, kondisi keruntuhan tarik, dan kondisi lentur murni.

Kondisi keruntuhan tekan (*Compression failure*) terjadi apabila beban P bergeser sedikit dari sumbu penampang kolom, sehingga sebagian kecil penampang kolom akan mengalami kondisi tarik, namun sebagian besar penampang kolom akan mengalami kondisi tekan. Kondisi ini mengakibatkan jarak garis netral penampang kolom lebih besar dari nilai $c_{balance}$, yaitu jarak garis netral kolom pada keadaan setimbang.

Kondisi keruntuhan berimbang (*balance failure*) terjadi apabila eksentrisitas beban P bergeser lebih besar dari kondisi keruntuhan tekan, maka akan tercapai regangan tarik tulangan mencapai leleh ($f_s = f_y$) dan bersamaan itu regangan tekan beton mencapai maksimal ($\epsilon_c = 0,003$).



Gambar 2. Diagram regangan kolom pada keadaan setimbang (Asroni, 2001)

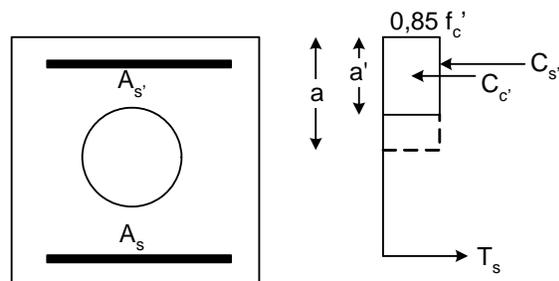
Jarak garis netral penampang kolom dalam kondisi berimbang (*c balance*) dengan anggapan nilai $\epsilon_c = 0,003$ dan $E_s = 200.000 \text{ MPa}$ dapat diperoleh dengan persamaan:

$$c_b = \frac{\epsilon_c' \cdot d}{\epsilon_c' + \epsilon_y} = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} \quad (2)$$

Kondisi keruntuhan tarik (*Tension failure*) di dalam diagram interaksi terjadi apabila eksentrisitas beban P bergeser sedikit lagi dari kondisi setimbang, maka luas penampang kolom yang mengalami kondisi tarik semakin besar dan luas penampang kolom yang mengalami kondisi tekan semakin kecil.

Apabila penampang kolom hanya menerima beban momen saja (*pure bending*) maka perhitungan penampang kolom dilakukan seperti perhitungan balok biasa.

Pada kolom yang berlubang, maka kekuatan menahan beban axial akan menurun disebabkan berkurangnya luas penampang kolom. Sedangkan kekuatan memikul momen akan menurun manakala tinggi blok tekan beton (a) mencapai lubang kolom, disebabkan berkurangnya luas penampang akibat lubang di dalam kolom. Tinggi blok tekan kolom akan mengalami penyesuaian menjadi a' dan gaya tekan beton juga mengalami penurunan menjadi C_c' .



Gambar 3. Diagram tegangan penampang kolom berlubang

Kekuatan penampang kolom berlubang yang terdiri dari kuat menahan beban axial dan momen dapat diperoleh dengan persamaan:

$$P_n = 0,65 [-T_s + C_c + C_s] \quad (3)$$

$$M_n = 0,65 [T_s \cdot Z_s + C_c \cdot Z_c + C_s \cdot Z_s] \quad (4)$$

dengan

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a' \cdot b$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s'$$

Z_s , Z_c , Z_s' masing-masing adalah lengan momen gaya dalam kolom beton berlubang.

Metode Analisis

Untuk mengetahui pengaruh lubang dalam kolom beton bertulang terhadap kekuatannya dalam memikul beban dilakukan analisis terhadap model penampang kolom dari penelitian: Efek Pengekangan Kolom Berlubang Beton Mutu Normal Terhadap Daktilitas Kurvatur (Sabariman, 2004). Pembahasan dilakukan terhadap 3 buah penampang kolom dengan ukuran 200 x 200 mm² yang terdiri dari penampang kolom tak berlubang, penampang kolom berlubang 4% dan penampang kolom berlubang 7%.

Pembahasan kekuatan kolom dalam memikul beban mula-mula dilakukan terhadap diagram interaksi penampang kolom tanpa lubang, untuk mengetahui kekuatan kolom tanpa reduksi lubang. Selanjutnya ditinjau seberapa jauh penurunan kekuatan memikul beban pada kolom dengan lubang 4% dan 7%. Untuk menentukan letak kondisi

keruntuhan kolom didasarkan pada beban axial yang dapat ditahan kolom tidak berlubang.

Analisis kekuatan penampang kolom menggunakan program PCACOL-versi 2.30, suatu paket perangkat lunak yang dikeluarkan *Portland Cement Association*, Skokie, IL-USA, yang berfungsi membuat desain dan pemeriksaan kekuatan penampang kolom beton bertulang. Sehingga dapat diperoleh kesimpulan pengaruh besarnya lubang pada penampang kolom terhadap kekuatan kolom dalam memikul beban.

Model penampang dan *material properties* kolom yang akan dibahas ditunjukkan pada Tabel 1. Dari nilai-nilai yang diperoleh pada Tabel 1, selanjutnya dilakukan input data dalam program PCACOL ver. 2.30 agar diperoleh diagram interaksi masing-masing penampang kolom. Dengan diperolehnya diagram interaksi masing-masing penampang kolom, maka dapat dibandingkan pengaruh besarnya lubang kolom terhadap momen kapasitas berdasarkan beban axial (P_u) yang bekerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil-hasil diagram interaksi dari program PCACOL, untuk tiap-tiap penampang kolom yang ditinjau ditunjukkan dalam Gambar 5 sampai dengan Gambar 7 pada lampiran.

Dari diagram interaksi dapat diperoleh hasil, besarnya momen kapasitas kolom berdasarkan beban aksial yang diterima kolom. Besarnya beban aksial untuk menentukan kondisi keruntuhan kolom didasarkan pada prosentase $f_c' \cdot A_g$ yang diterima penampang kolom tanpa lubang. Hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Rincian model penampang kolom yang digunakan (Sabariman, 2004)

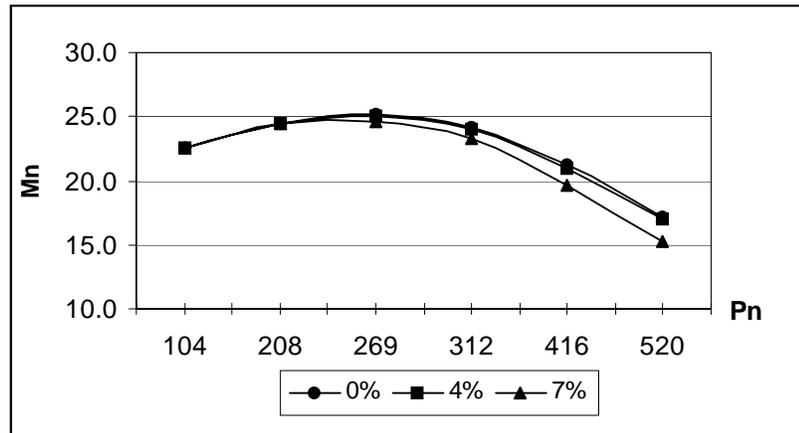
Benda Uji	Rasio lubang (%)	Diameter lubang (mm)	Tulangan memanjang	Keterangan
KST ₁ L ₀	0	0	8 ϕ 13 ($A_s = 1.010 \text{ mm}^2$)	$\phi = 12,68 \text{ mm}$ $f_y = 327 \text{ MPa}$ $f_c' = 26 \text{ MPa}$
KST ₁ L ₁	4,53	48	8 ϕ 13 ($A_s = 1.010 \text{ mm}^2$)	
KST ₁ L ₂	7,07	60	8 ϕ 13 ($A_s = 1.010 \text{ mm}^2$)	

Tabel 2. Hasil analisis penampang kolom dengan PCA COL

No	Beban aksial (Pu) kN		Kolom KST ₁ L ₀		Kolom KST ₁ L ₁		Kolom KST ₁ L ₂	
			M _{kap} (kN-m)	M _{kap} (kN-m)	%	M _{kap} (kN-m)	%	
(a)			(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	0,1.f _c ' .A _g = 104	Tension failure	22,5	22,5	0	22,5	0	
2	0,2.f _c ' .A _g = 208		24,5	24,5	0	24,5	0	
3	P _{balance} = 269		25,2	25,1	0	24,6	2,38	
4	0,3.f _c ' .A _g = 312	Compression failure	24,1	24,0	0	23,3	3,23	
5	0,4.f _c ' .A _g = 416		21,1	20,9	0	19,7	6,64	
6	0,5.f _c ' .A _g = 520		17,1	17,0	0	15,3	10,52	

Keterangan:

- KST₁L₀ = penampang kolom tanpa lubang
- KST₁L₁ = penampang kolom dengan lubang 4%
- KST₁L₂ = penampang kolom dengan lubang 7%
- A_g = Luas penampang kolom tanpa lubang
- % = Prosentase penurunan momen tersedia kolom berlubang



Gambar 4. Grafik Penurunan kekuatan memikul momen pada kolom berlubang

Dari hasil analisis terhadap diagram interaksi masing-masing kolom diperoleh:

- Ketika beban aksial mengakibatkan kolom berada di daerah keruntuhan tarik (*tension failure*) pada diagram interaksi, tidak terjadi penurunan kemampuan memikul momen pada kolom berlubang, baik pada penampang kolom dengan lubang 4% maupun 7%.
- Ketika beban aksial mengakibatkan kolom berada di daerah keruntuhan tekan (*compression failure*) diagram interaksi, maka tidak terjadi penurunan terhadap momen kapasitas penampang kolom berlubang 4%. Namun pada penampang kolom berlubang 7%, semakin besar beban aksial yang bekerja besarnya momen kapasitas semakin menurun. Penurunan terbesar adalah 10,52% pada beban $P_u = 0,5 \cdot f_c' \cdot A_g$.

Sebagai pembandingan hasil-hasil penelitian di atas, berikut dibandingkan beban P_u dan M_u yang diterima kolom berdasarkan hasil perencanaan beberapa penulis, sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 3.

Melihat hasil-hasil perencanaan kolom sebagai pembandingan di atas terhadap pembahasan mengenai pengaruh lubang penampang kolom terhadap kekuatan penampang kolom menunjukkan:

- Perencanaan kolom pada kenyataannya dapat mencapai daerah keruntuhan tekan (*compression failure*), sehingga pemakain

conduit lebih dari 4% perlu analisa yang lebih mendalam, mengenai besarnya momen perlu yang harus di pikul kolom.

Tabel 3. Hasil perencanaan kolom beberapa penulis

Data rencana	Sumber: Vis (1993)	Sumber: Purwono (2005)
Ukuran penampang	350 x 350 mm ²	600 x 600 mm ²
Mutu beton (MPa)	25	30
Mutu baja (MPa)	400	400
Tulangan	4 ϕ 20	16 ϕ 19
Beban P_u (kN)	1.690,00 (0,552 $f_c' \cdot A_g$)	3.196,45 (0,296 $f_c' \cdot A_g$)
Beban M_u	25 kNm	338,82 kNm
Analisis dengan PCA COL		
- M_{kap} berdasar P_u	61 kNm	668 kNm
=		
- P_u balance	752 kN	2.891 kN
=		
- Jenis keruntuhan	<i>Compression failure</i>	<i>Compression failure</i>
% M perlu terhadap M_{kap}	41%	51%

- Apabila momen perlu mendekati momen kapasitas penampang kolom tidak berlubang pemakaian conduit yang diperbolehkan sebaiknya tidak lebih dari 4%.

3. Apabila melihat momen perlu yang dipikul penampang kolom pada tabel 3, momen perlu tersebut tidak pernah melampaui 60% dari momen kapasitas kolom. Sehingga pemakaian conduit sebesar 7% yang menghasilkan penurunan kekuatan momen kapasitas maksimum 10,52 % tetap aman digunakan asalkan letak lubang benar-benar sentris di tengah penampang kolom.
4. Persyaratan luas conduit pada penampang kolom sebesar 4% dalam SNI 03-2847-2002 dimaksudkan memberikan keamanan terhadap pemasangan conduit apabila tidak sentris pada tengah lubang.

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat disampaikan dari penelitian analisis penampang kolom beton bertulang persegi menggunakan PCA COL adalah:

1. Luas conduit yang melebihi persyaratan SNI 03-2847-2002, yaitu 7%, apabila penampang kolom berada di daerah keruntuhan tarik (*tension failure*) tidak menyebabkan penurunan kekuatannya dalam memikul beban.
2. Luas conduit yang melebihi persyaratan SNI 03-2847-2002, yaitu 7%, apabila penampang kolom berada di daerah keruntuhan tekan (*compression failure*) akan menyebabkan penurunan momen kapasitas kolom sampai dengan 10,52%.
3. Luas conduit pada penampang kolom sebesar 7% masih dapat digunakan, dengan persyaratan letak conduit benar-benar sentris di tengah penampang kolom.
4. Batasan luas conduit dalam SNI 03-2847-2002 dimaksudkan memberikan perlindungan terhadap

kesalahan pemasangan conduit yang tidak sentris pada tengah penampang kolom.

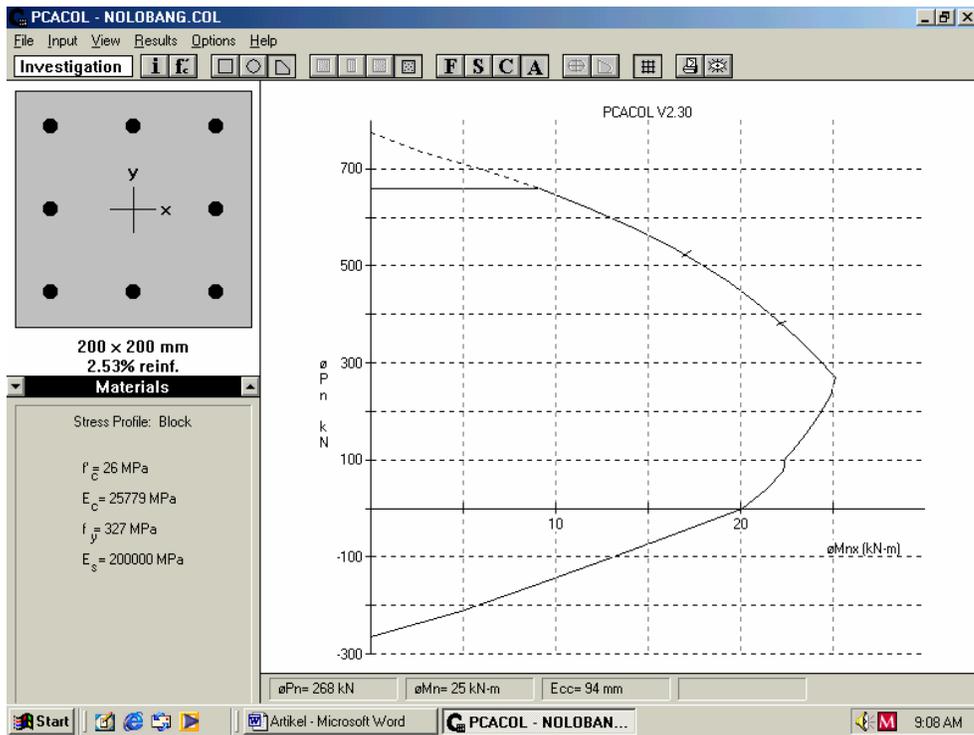
SARAN

Saran-saran yang dapat disampaikan untuk penelitian ini adalah perlunya mengikuti persyaratan luas conduit yang diijinkan pada penampang kolom sesuai SNI dan perlunya tinjauan pengaruh mutu beton terhadap luas conduit pada penampang kolom.

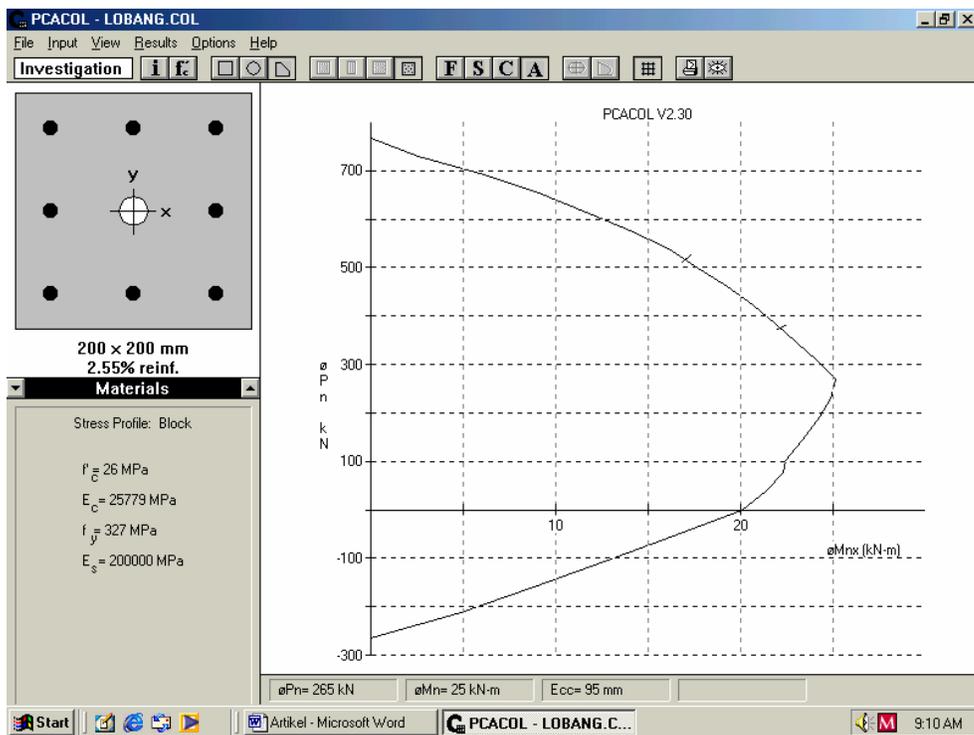
DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali, 2001. *Struktur Beton II*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Park, R. and Pauley, T., 1974. *Reinforced Concrete Structure*, Department of Civil Engineering University of Canterbury New Zealand, John Wiley & Sons, New York.
- PCA, 1993. *PCA COL Portland Cement Association*, Skokie, IL-USA.
- Purwono, Rahmat, dkk., 2005. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*, ITS Press, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sabariman, B., Purwono R., dan Priyosulistyo, *Efek Pengekangan Kolom Berlubang Beton Mutu Normal Terhadap daktilitas kurvatur*, Dimensi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, Vol 6, No.1, maret 2004: halaman 7 – 14.
- Vis, W.C. dan Kusuma, G.H., 1993, *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Wahyudi, L. dan Rahim, Syahril A., 1997. *Struktur Beton Bertulang*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

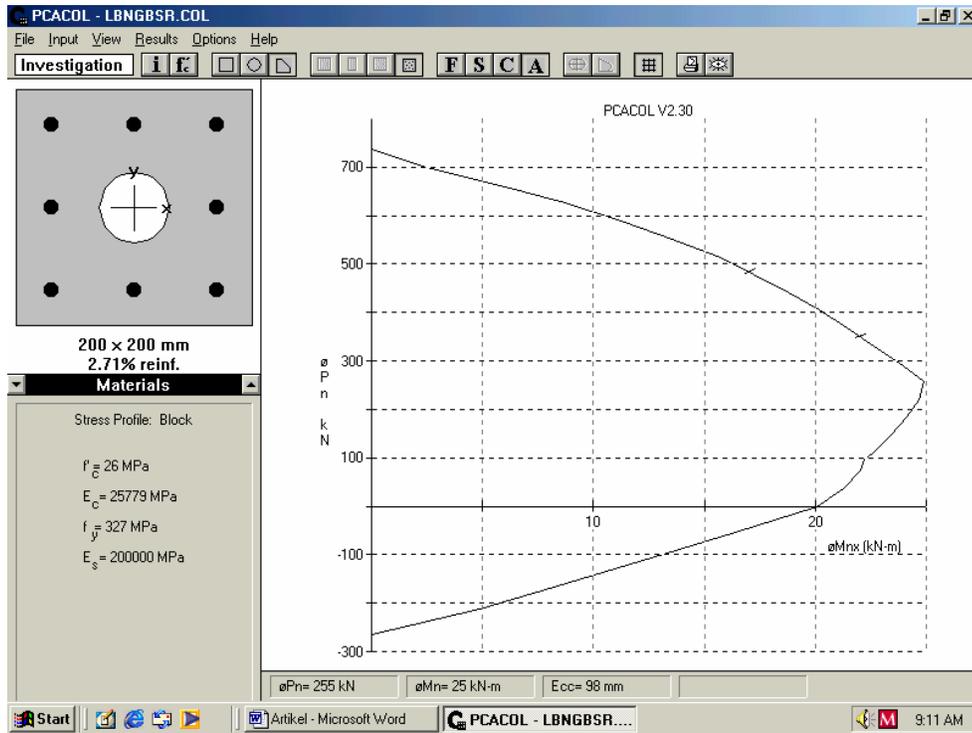
LAMPIRAN



Gambar 5. Diagram interaksi penampang kolom tanpa lubang



Gambar 6. Diagram interaksi penampang kolom dengan lubang 4%



Gambar 7. Diagram interaksi penampang kolom dengan lubang 7%