

## ANALISIS PENAMPANG KOLOM BETON BERTULANG PERSEGI PANJANG BERLUBANG

**Marzon<sup>1)</sup>, Mukhlis Islam<sup>2)</sup>, Elhusna<sup>3)</sup>**

<sup>1)2)3)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Jl. W. R. Supratman,  
Kandang Limun, Bengkulu 38371, Telp. (0736)344087  
email: Inersia@unib.ac.id

### Abstrak

Pemasangan pipa pada kolom bangunan (*conduit*) banyak ditemukan dalam struktur beton bertulang. Pemasangan pipa di dalam kolom dimanfaatkan sebagai saluran pipa sanitasi dan mekanikal/elektrikal. Studi kasus dalam penelitian ini ialah menganalisis kolom persegi panjang berlubang dengan jenis penelitian terapan (*applied/practical research*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa pengaruh lubang terhadap kolom persegi panjang berlubang sentris. Perhitungan ini terdiri dari 675 sampel dengan berbeda mutu beton ( $f'c$ ), luas tulangan, luas lubang, dan dimensi kolom. Analisis perhitungan kolom persegi panjang berlubang menggunakan hubungan diagram tegangan-regangan Hognestad. Hasil analisis terhadap kolom persegi panjang berlubang mengakibatkan penurunan kapasitas kolom. Penurunan kapasitas kolom persegi panjang terbesar terjadi pada luas lubang 7%, mutu beton 30 MPa, dan dimensi kolom 450 x 1800 mm adalah 16,97%.

**Kata kunci:** kolom beton bertulang, kolom berlubang, hubungan tegangan regangan hognestad, rasio tulangan, kapasitas kolom

### Abstrak

*Installation of pipes (conduit) in the building columns often found in reinforced concrete structures. The installation of pipes inside the columns is utilized as sanitary and mechanical electrical pipes. The case research in this study is to analyze the rectangular column with the applied research type (applied/practical research). This research aims to analyze the impact of the holes on square rectangular columns. This calculation consists of 675 samples with different concrete compression strength ( $f'c$ ), reinforcement area, holes area, and the dimensions of the column. Analysis of the calculation of hollow rectangular columns using the stress-strain relationship equation developed by Hognestaad. The results of the analysis on hollow rectangular columns resulted in a decrease column capacity. The largest decrease of the rectangular column capacity occurred on holes area of 7%, with concrete compression strength 30 MPa, and dimensions of the column 450 x 1800 mm which is 16.97%.*

**Keyword:** reinforced concrete column, hollow column, stress-strain hognestaads relation, ratio of reinforcement, column capacity.

## PENDAHULUAN

Perencanaan sebuah bangunan bertujuan mendapatkan elemen struktur yang dapat menyokong bentuk arsitekturnya dengan jaminan mutu bangunan yang baik. Struktur yang baik memberikan kenyamanan dan keamanan bagi penghuninya.

Elemen struktur yang baik harus didesain dengan analisis struktur yang memadai. Analisis struktur dilakukan untuk mengetahui besarnya gaya-gaya dalam dari suatu elemen struktur bangunan. Perhitungan gaya dalam tersebut digunakan untuk mendesain dimensi sampai dengan jumlah tulangan dari struktur beton bertulang yang digunakan. Proses ini memerlukan perhitungan yang berulang (*trial error*) untuk mendapatkan hasil dari suatu elemen struktur yang kuat dan ekonomis. Proses ini juga mencakup komponen tekan biasa disebut dengan kolom.

### Kolom

Kolom merupakan komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal ( $P_n$ ) dan momen nominal ( $M_n$ ) pada sebuah bangunan. Kolom menempati peranan penting di dalam sistem struktur bangunan. Kegagalan kolom berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya (Nawy, 2010).

Kolom sering digunakan sebagai tempat penyaluran pipa-pipa drainase ataupun instalasi mekanikal elektrik dan sebagainya. Pemasangan pipa ini dapat menyebabkan berkurangnya luas penampang kolom. Pengurangan tersebut dapat berakibat mengurangi kapasitas kekuatan dari kolom tersebut.

Pasal 6.3.4 SNI-2847-2013 telah membatasi luasan lubang maksimal sebesar 4% dari luas penampang kolom untuk perkuatan dan perlindungan terhadap kebakaran. Penelitian

yang pernah dilakukan Renjani (2011) menunjukkan penurunan kapasitas gaya aksial kolom ( $P_n$ ) sebesar 10,42% terjadi pada luas lubang 7% dari luas penampang kolom yang terletak ditengah titik berat penampang maka besarnya lubang harus diperhitungkan terhadap pengaruh kekuatannya. Artikel ini membahas pengaruh lubang dalam kolom beton bertulang untuk kolom berpenampang persegi panjang terhadap kekuatannya dalam memikul beban.

## METODE PENELITIAN

Analisis kolom persegi panjang berlubang ini dikembangkan menggunakan aplikasi *spreadsheet*. Penjelasan tahapan analisis kolom beton bertulang berpenampang persegi panjang dengan tulangan *longitudinal* dua muka adalah sebagai berikut:

1. Elemen struktur beton bertulang yang hanya mengalami kombinasi momen lentur uniaksial.
2. Rasio tulangan *longitudinal* pada kolom berpenampang persegi panjang dengan menggunakan hubungan antara tegangan-regangan Hognestad.
3. Menggunakan aplikasi *spreadsheet*.
4. Batasan parameter-parameter perhitungan antara lain :
  - a. Mutu beton ( $f_c'$ ) yang diambil adalah mutu beton yang sering dipakai yaitu (25-30) MPa dengan kenaikan (*increment*) 2,5 MPa.
  - b. Luas tulangan (1-5)% dari luas penampang kolom dengan kenaikan (*increment*) 2% (berdasarkan SNI-2847-2013 pasal 10.9.1 dengan luas tulangan (1-8)%).
  - c. Dimensi kolom persegi panjang lebar (25-45) cm dengan kenaikan (*increment*) 5 cm dan panjang (100-300) % kali lebar kolom dengan kenaikan (*increment*) 100%.

- d. Mutu tulangan ( $f_y$ ) adalah 400 MPa.
  - e. Luas lubang (3-7)% dengan kenaikan (*increment*) 1% (berdasarkan SNI-2847-2013 Pasal 6.3.4 dengan luas lubang maksimum 4%).
5. Teori regangan beton yang dipakai ialah teori tegangan-regangan Hognestad dengan nilai  $\epsilon_{cu} = 0,0038$  mm.
  6. Modulus Elastisitas baja ( $E_s$ ) sebesar 200.000 MPa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis grafik interaksi Pn-Mn

Perencanaan kolom yang dilaporkan pada sebuah proyek pembangunan salah satu gedung di Kota Bengkulu dengan mutu beton ( $f'_c$ ) 25 MPa yang berdimensi kolom persegi panjang 250 x 500 mm. Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) pada proyek tersebut sebesar 400 MPa. Salah satu kolom persegi panjang akan dimasukan pipa sanitasi dengan luas lubang sanitasi 3% dari luas penampang kolom dan luas tulangan 1%.

Data analisis ini menggunakan beberapa asumsi-asumsi dasar yang biasa digunakan dalam perhitungan struktur kolom. Penggunaan metode iterasi dilakukan berulang untuk mendapatkan grafik pada titik-titik tertentu. Jarak antara garis netral dengan tepi serat beton tekan C diasumsikan sebanyak 20 buah untuk satu nilai C dibagi menjadi 100 segmen.

Perhitungan akan berhenti ketika telah mencapai 100 segmen dengan satu nilai C menghasilkan satu gaya aksial dan momen nominal. Titik-titik dari masing-masing nilai C digabungkan sehingga menjadi grafik interaksi gaya aksial ( $P_n$ ) dan momen

nominal ( $M_n$ ). Hasil perhitungan untuk setiap asumsi nilai C semuanya dilampirkan.

Asumsi-asumsi nilai C yang digunakan penulis dalam perhitungan untuk data perencanaan kolom persegi panjang berlubang 3% dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Tabel Asumsi Nilai C

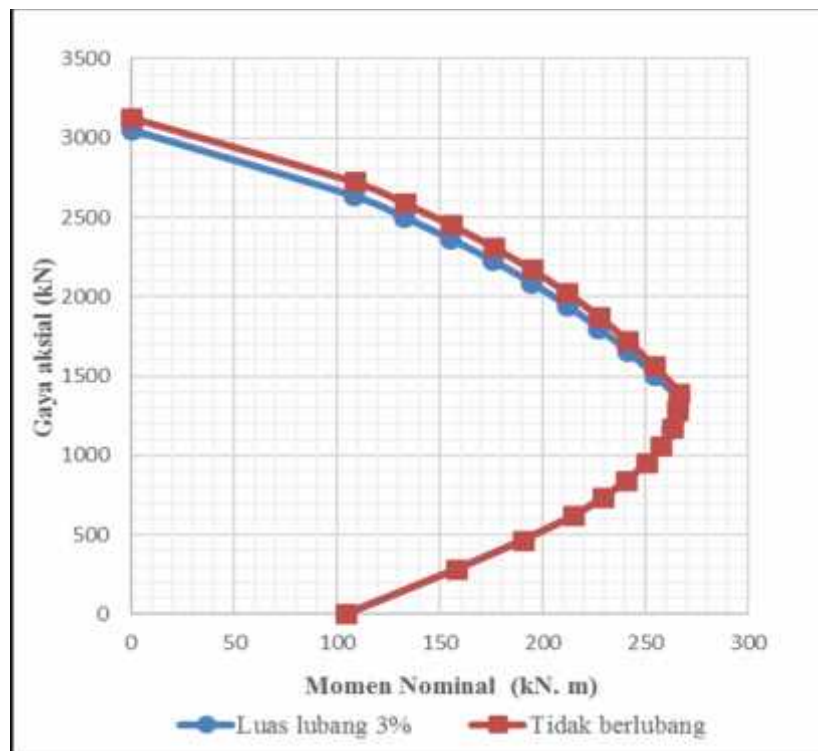
Asumsi C	mm	Asumsi C	Mm
1	500	11	265,45
2	476,48	12	242,62
3	452,95	13	219,79
4	429,43	14	196,97
5	405,90	15	174,14
6	382,38	16	151,31
7	358,85	17	128,48
8	335,33	18	105,66
9	311,80	19	82,83
10	288,28	20	56,95

Nilai C untuk setiap asumsi diatas kemudian dilakukan analisis perhitungan untuk mendapatkan nilai gaya aksial ( $P_n$ ) dan momen nominal ( $M_n$ ). Hasil analisis perhitungan untuk setiap nilai C dapat dilihat pada Tabel 2.

Data tersebut digunakan untuk mendapatkan grafik interaksi gaya aksial ( $P_n$ ) dan momen nominal ( $M_n$ ) pada mutu beton ( $f'_c$ ) 25 MPa, dimensi 250 x 500 mm mutu baja tulangan ( $f_y$ ) 400 MPa dan luas tulangan 1%. Grafik interaksi gaya aksial ( $P_n$ ) dan momen nominal ( $M_n$ ) tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

**Tabel 2.** Tabel Nilai Pn dan Mn untuk Masing-Masing Nilai C

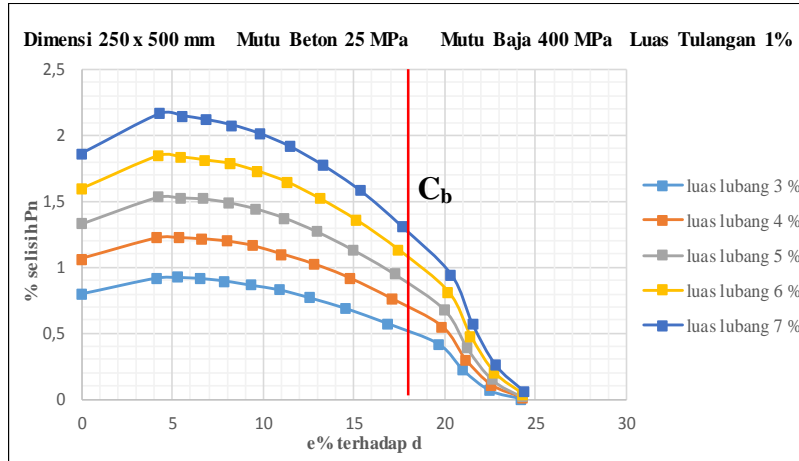
Asumsi C (mm)	Kolom persegi panjang berlubang		Asumsi C (mm)	Kolom persegi panjang tidak berlubang	
	Pn (kN)	Mn (kN.m)		Pn (kN)	Mn (kN.m)
Aksial	3050	0	Aksial	3130	0
500	2632,988	108,284	500	2724,733	108,518
476,48	2498,179	132,705	476,48	2590,341	132,938
452,95	2362,349	155,145	452,95	2453,806	155,407
429,43	2225,209	175,774	429,43	2314,774	175,992
405,90	2086,427	194,554	405,90	2172,813	194,776
382,38	1944,481	211,618	382,38	2027,380	211,862
358,85	1801,195	227,141	358,85	1877,794	227,379
335,33	1654,662	241,216	335,33	1723,181	241,493
311,80	1505,207	254,134	311,80	1562,402	254,421
288,28	1352,356	266,112	288,28	1393,948	266,449
265,45	1261,867	265,460	265,45	1283,566	265,781
242,62	1166,811	262,741	242,62	1173,184	262,894
219,79	1062,693	257,782	219,79	1062,802	257,785
196,97	952,420	250,457	196,97	952,420	250,457
174,14	842,038	240,909	174,14	842,038	240,909
151,31	731,656	229,140	151,31	731,656	229,140
128,48	621,274	215,151	128,48	621,274	215,151
105,66	466,146	190,440	105,66	466,146	190,440
82,83	281,421	157,885	82,83	281,421	157,885
56,95	0	104,613	56,95	0	104,613

**Gambar 1.** Grafik Interaksi Pn dan Mn Kolom Persegi Panjang Hasil Analisis

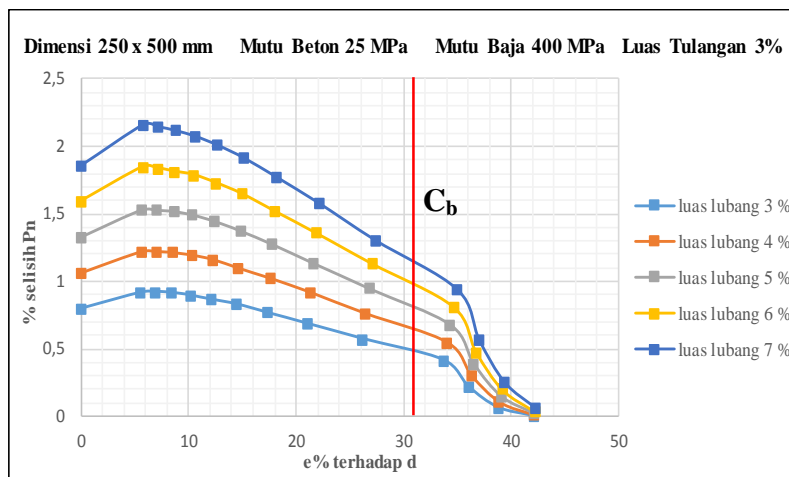
**Analisis grafik persentase selisih gaya aksial (Pn)**

Grafik persentase selisih gaya aksial terhadap besaran eksentrisitas dengan

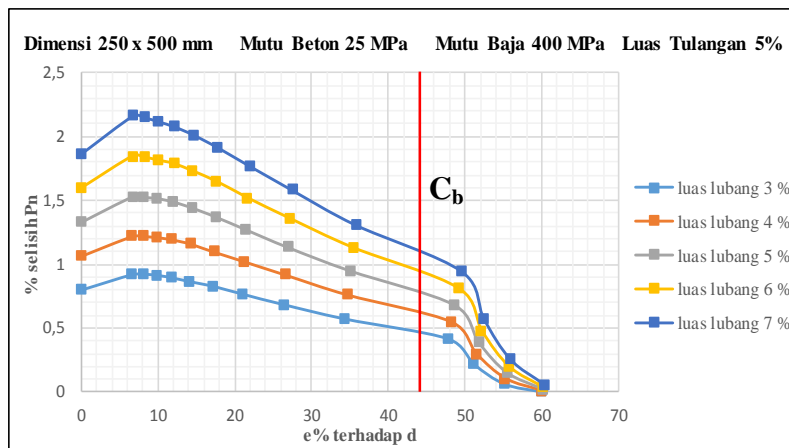
dimensi kolom 250 x 500 mm, mutu beton 25 MPa, mutu baja 400 MPa, luas tulangan 1%, 3%, dan 5% dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



a. Luas tulangan 1%



b. Luas tulangan 3%



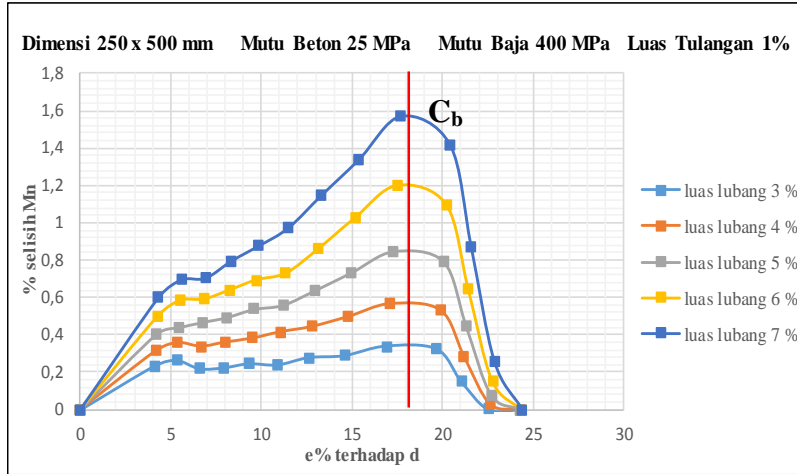
c. Luas tulangan 5%

**Gambar 1.** Grafik Persentase Selisih Pn terhadap Eksentrisitas

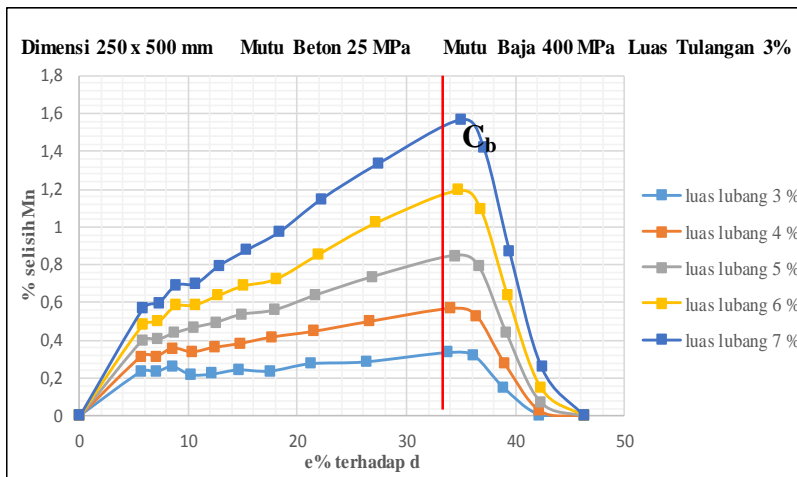
**Analisis grafik persentase selisih momen nominal (Mn)**

Grafik persentase selisih momen nominal terhadap besaran eksentrisitas dengan

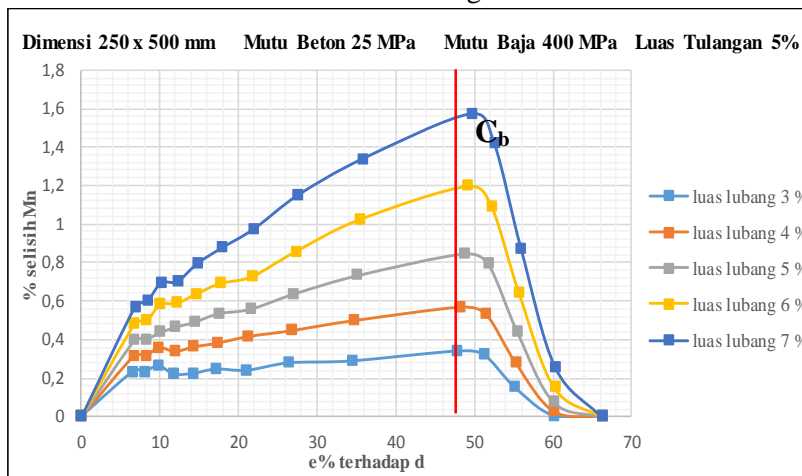
dimensi kolom 250 x 500 mm, mutu beton 25 MPa, mutu baja 400 MPa, luas tulangan 1%, 3%, dan 5% dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut:



a. Luas tulangan 1%



a. Luas tulangan 3%



b. Luas tulangan 5%

**Gambar 2.** Grafik Persentase Selisih Mn terhadap Eksentrisitas

**Perbandingan hasil penelitian dengan hasil penelitian Renjani, 2011**

Hasil penelitian (Tabel 3) tentang analisis kolom beton bertulang pada penampang

persegi panjang berlubang dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Tabel 4) tentang analisis penampang kolom beton bertulang persegi berlubang (Renjani, 2011).

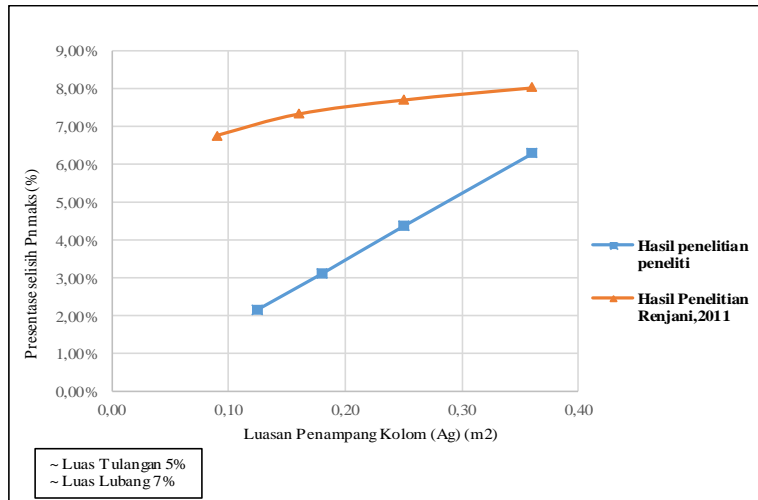
**Tabel 3.** Hasil Penelitian

No	Dimensi (mm)		$A_g$ (m <sup>2</sup> )	f'c (MPa)	Selisih Pn Max	e Terhadap d	Selisih Mn Max	e Terhadap d
	b	h						
1.	250	500	0,13	25	2,16 %	4,30 %	1,57 %	17,68 %
				27,5	2,38 %	4,22 %	1,73 %	17,20 %
				30	2,59 %	4,14 %	1,88 %	16,80 %
2.	300	600	0,18	25	3,11 %	5,37 %	2,67 %	21,30 %
				27,5	3,42 %	5,25 %	2,91 %	20,69 %
				30	3,74 %	5,15 %	3,17 %	20,18 %
3.	350	700	0,25	25	4,24 %	6,44 %	4,14 %	28,62 %
				27,5	4,66 %	6,28 %	4,56 %	27,64 %
				30	5,08 %	6,15 %	4,97 %	26,81 %
4.	300	1200	0,36	25	6,29 %	11,86 %	6,25 %	49,26 %
				27,5	6,92 %	11,52 %	6,87 %	47,47 %
				30	7,54 %	11,24 %	7,49 %	45,98 %

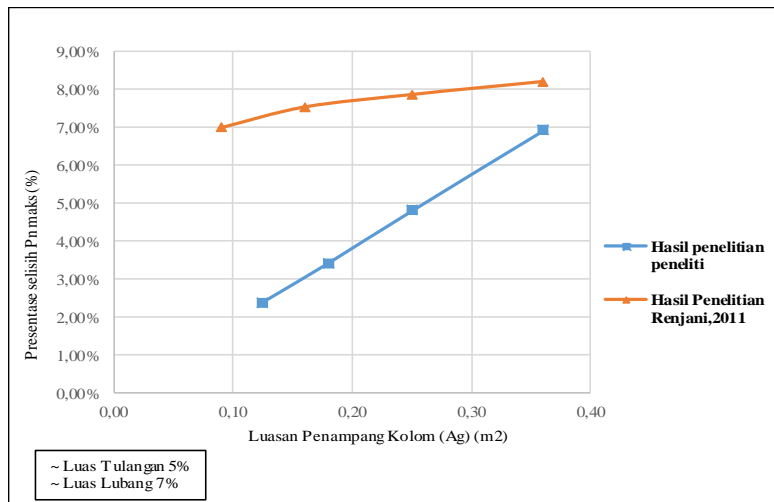
**Tabel 4.** Hasil Penelitian Renjani (2011)

No	Dimensi (mm)		$A_g$ (m <sup>2</sup> )	f'c (MPa)	Selisih Pn Max	e Terhadap d	Selisih Mn Max	e Terhadap d
	b	h						
1.	300	300	0,09	25	6,74%	33,95%	0,59%	73,29%
				27,5	6,99%	33,41%	0,63%	46,68%
				30	7,22%	32,92%	0,66%	45,65%
2.	400	400	0,16	25	7,32%	52,00%	0,52%	24,46%
				27,5	7,53%	50,35%	0,55%	68,34%
				30	7,72%	48,89%	0,59%	65,70%
3.	500	500	0,25	25	7,70%	70,11%	0,47%	95,13%
				27,5	7,86%	67,01%	0,50%	89,66%
				30	8,04%	50,80%	0,54%	85,03%
4.	600	600	0,36	25	8,03%	69,20%	0,45%	28,19%
				27,5	8,20%	66,06%	0,48%	83,29%
				30	9,82%	98,99%	0,50%	26,73%

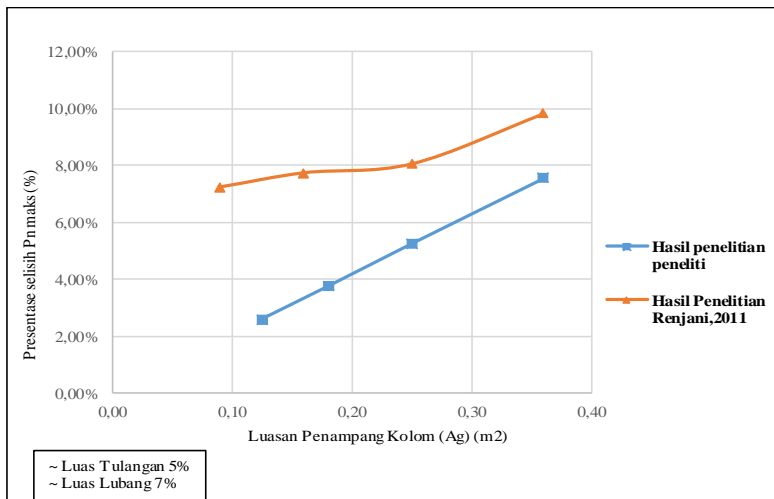
Sumber : Renjani, 2011



a. Mutu beton 25 MPa



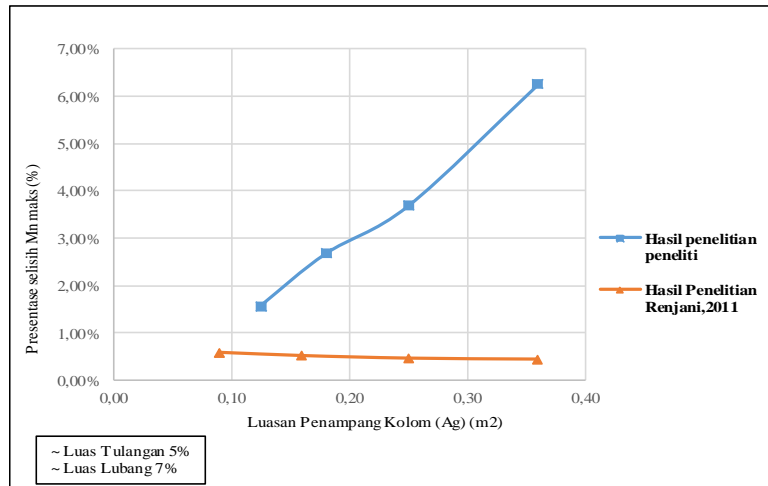
b. Mutu beton 27,5 MPa



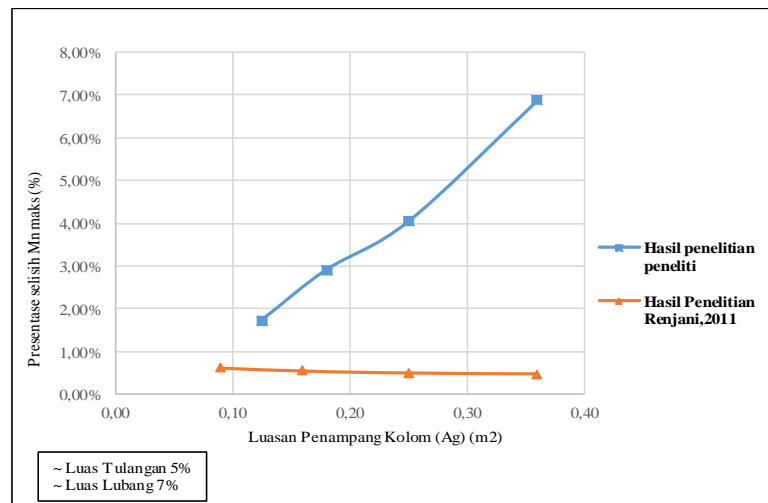
c. Mutu beton 30 MPa

**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Presentase Selisih  $P_n$  Maksimum dengan Luas Tulangan 5%, Luas Lubang 7% dan Luas Penampang Kolom ( $A_g$ )

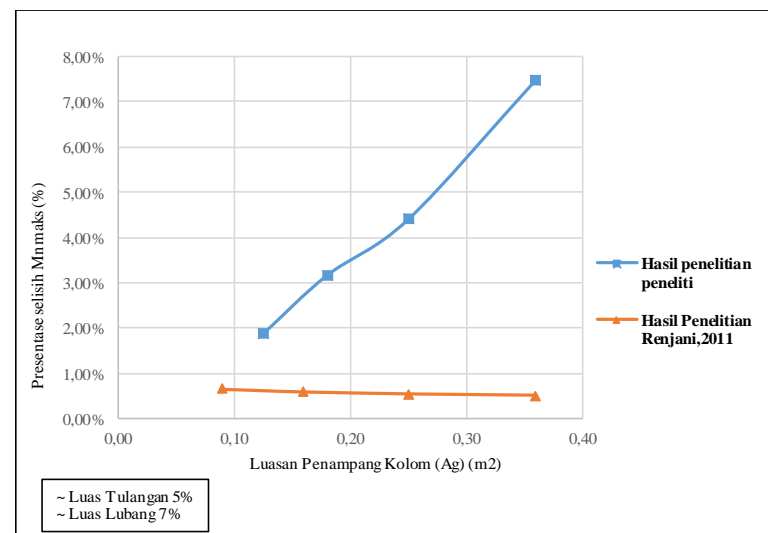




a. Mutu beton 25 MPa



b. Mutu beton 27,5 MPa



c. Mutu beton 30 MPa

**Gambar 3 .** Grafik Perbandingan Presentase Selisih Pn Maksimum dengan Luas Tulangan 5%, Luas Lubang 7% dan Luas Penampang Kolom ( $A_g$ )

Gambar 5 a, b dan c mengalami *trend* yang sama yaitu semakin besar bertambahnya luas penampang kolom ( $A_g$ ) semakin besar juga nilai persentase selisih Pn. *Trend* tersebut terjadi pada kedua hasil penelitian meskipun nilai persentase selisih Pn berbeda dimana hasil penelitian peneliti lebih kecil dibandingkan hasil penelitian Renjani (2011). Penambahan mutu beton ( $f'c$ ) pada kedua hasil penelitian menyebabkan kenaikan persentase selisih Pn pada setiap luasan penampang kolom ( $A_g$ ). Gambar 6 a, b dan c mengalami *trend* yang berbeda diantara kedua penelitian. *Trend* tersebut terjadi karena penelitian peneliti mengalami kenaikan nilai persentase selisih Mn sedangkan penelitian Renjani (2011) mengalami penurunan seiring bertambahnya luasan penampang kolom ( $A_g$ ). Penambahan mutu beton ( $f'c$ ) pada penelitian peneliti menyebabkan kenaikan persentase selisih Mn berbanding terbalik dengan penelitian Renjani (2011) yang mengalami penurunan pada setiap luasan penampang kolom ( $A_g$ ).

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat disampaikan penulis dari penelitian ini adalah:

1. Semakin besar luas lubang maka persentase selisih Pn dan Mn kolom persegi panjang berlubang terhadap kolom tidak berlubang semakin besar.
2. Semakin besar rasio tulangan maka persentase selisih Pn dan Mn kolom persegi panjang untuk setiap luasan lubang semakin kecil.
3. Semakin besar mutu beton ( $f'c$ ) maka semakin besar persentase selisih Pn dan Mn kolom persegi panjang untuk setiap luas lubang.
4. Semakin besar selisih antara lebar dan panjang kolom persegi panjang maka semakin besar pula persentase selisih Pn dan Mn pada setiap luasan lubang hal ini mengakibatkan penurunan kekuatan dari kolom tersebut.

5. Persentase selisih Pn maksimal sebesar 16,97% dengan eksentrisitas terhadap d sebesar 17,37% terjadi pada luas lubang 7%, luas tulangan 3%, mutu beton 30 MPa, dan dimensi kolom 450 x 1800 mm.
6. Persentase selisih Mn maksimal sebesar 24,60% dengan eksentrisitas terhadap d sebesar 68,71% terjadi pada luas lubang 7%, luas tulangan 3%, mutu beton 30 MPa, dan dimensi kolom 450 x 1800 mm.
7. Luas lubang pada penampang kolom persegi panjang sebesar 7% masih dapat digunakan dengan ketentuan untuk lebar kolom diatas 400 mm tidak dianjurkan merencanakan panjang kolom 200%-300% kali lebar kolomnya.
8. Ketentuan lainya dalam merencanakan kolom persegi panjang dengan luas lubang diatas 7% adalah dengan memperhatikan letak lubang harus benar-benar sentris di tengah penampang kolom.
9. Perbandingan hasil penelitian peneliti dengan penelitian sebelumnya tidak begitu berbeda jauh meskipun dibandingkan berdasarkan luasan penampang kolom ( $A_g$ ) antara kolom persegi panjang dengan kolom persegi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A., 2010, **Kolom, Fondasi & Balok T Beton Bertulang**, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2013, **Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI-2847-2013)**.
- Inasari, Edy., 2014, **Penelitian Dan Metode Ilmiah**, <https://inasari894.wordpress.com/2014/04/06/penelitian-dan-metode-ilmiah/>, 12 November 2017, 20.16 WIB.
- Karsidi, R., 2007, **Sosiologi Pendidikan**, Surakarta: UNS Pres

- Nawy, E. G., 1998, **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**, Bandung: Refika Aditama.
- Park, R. And Pauly, T., 1974, **Reinforced Concrete Structures**, Departement Of Civil Engineering, University Of Canterbury, Cristchurch, New Zealand.
- Renaningsih, 2006, **Analisis Penampang Kolom Beton Bertulang Persegi Berlubang Menggunakan PCA-COL**, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil.
- Renjani, M. S., 2011, **Analisis Penampang Kolom Beton Bertulang Persegi Berlubang**, Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- Sudarsana, 2010, **Analisis Pengaruh Konfigurasi Tulangan terhadap Kekuatan dan Daktailitas Kolom Beton Bertulang**, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil.
- Wahyudi, L. dan Rahim, Syahril A., 1997. **Struktur Beton Bertulang**, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

