



Perbandingan Kemampuan Menahan Beban Aksial Kolom Pendek Berlubang Dengan Variasi Jarak Senggang

Muhamad Iqbal Dafa Pratama¹, Mohamad Galuh Khomari², I Ketut Hendra Wiryasuta³, M. Shofi'ul Amin⁴,
Mirza Ghulam Rifqi⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

¹muhamadiqbaldafapratama@gmail.com, ²mohamadgaluh@poliwangi.ac.id, ³hendrawiryasuta@poliwangi.ac.id,

⁴shofiul@poliwangi.ac.id, ⁵mirza@poliwangi.ac.id

Abstract

This study investigates the effect of stirrup spacing variation on the axial load capacity of short reinforced concrete columns with openings. The research focuses on square cross-section short columns measuring 12 cm × 12 cm × 45 cm, incorporating a pipe opening that reduces the cross-sectional area by 5.58%. The objective is to determine whether varying the stirrup spacing can enhance the axial compressive strength of perforated columns, which typically experience strength reduction due to the decreased cross-sectional area. The study was conducted experimentally in a laboratory using 20 MPa concrete, with longitudinal reinforcement of $\phi 10$ mm and stirrups of $\phi 6$ mm. Two types of columns were tested: solid columns (with 19 cm stirrup spacing) and perforated columns (with 8 cm stirrup spacing). Test results indicate that reducing stirrup spacing in perforated columns was not sufficiently effective to equal or surpass the axial strength of solid columns. The solid columns had an average axial compressive strength of 296.71 kN, while the perforated columns with 8 cm stirrup spacing showed a slightly lower strength of 288.92 kN, representing a decrease of 2.62%.

Keywords: Hollow Short Column, Stirrup Spacing, Axial Strength, Reinforced Concrete, Structural Strengthening

Abstrak

Penelitian ini membahas pengaruh variasi jarak senggang terhadap kemampuan kolom pendek berlubang dalam menahan beban aksial. Ruang lingkup penelitian difokuskan pada kolom pendek beton bertulang berpenampang persegi berukuran 12 cm × 12 cm × 45 cm dengan lubang pipa 5,58% dari luas penampang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah variasi jarak senggang dapat meningkatkan kekuatan tekan aksial kolom berlubang yang kapasitasnya menurun akibat berkurangnya luas penampang. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium menggunakan beton mutu 20 MPa, dengan tulangan utama $\phi 10$ mm dan senggang $\phi 6$ mm. Dua jenis kolom diuji, yaitu kolom tanpa lubang (jarak senggang 19 cm) dan kolom berlubang (jarak senggang 8 cm). Hasil pengujian menunjukkan bahwa upaya penambahan variasi jarak senggang pada kolom berlubang belum cukup efektif untuk membuat kekuatan aksial kolom berlubang sama atau melebihi kekuatan aksial kolom tanpa lubang dimana, kolom tanpa lubang memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 296,71 kN, sementara kolom berlubang dengan variasi jarak senggang 8 cm lebih kecil 2,62% yaitu sebesar 288,92 kN.

Kata kunci: Kolom Pendek Berlubang, Jarak Senggang, Kuat Tekan Aksial, Beton Bertulang, Perkuatan Struktur

Diterima Redaksi : 2025-06-26 | Selesai Revisi : 2025-07-08 | Diterbitkan Online : 2025-11-12

1. Pendahuluan

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal, dengan bagian tinggi tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Kolom berfungsi sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Kolom merupakan salah satu elemen vertikal dari suatu struktur yang dibebani beban aksial dengan atau tanpa momen untuk diteruskan ke pondasi, baik beban aksial akibat berat sendiri maupun beban aksial akibat beban luar [1]. Kekuatan rencana dari suatu kolom adalah berbanding

lurus antara faktor reduksi kekuatan dan kekuatan nominalnya [2].

Dalam pekerjaan struktur kolom tidak boleh ada cacat karena kolom tidak tercetak sempurna, tidak sesuai dengan ukuran yang direncanakan, maupun berongga akibat satu dan lain hal, dikarenakan apabila hal tersebut terjadi akan sangat berpengaruh terhadap kekuatan itu sendiri [3]. Kolom sering digunakan sebagai saluran untuk pipa drainase atau instalasi mekanikal dan elektrik, hal tersebut biasanya dirancang untuk estetika bangunan. Pemasangan pipa-pipa ini dapat mengurangi luas penampang kolom. Pengurangan luas penampang



tersebut berpotensi menurunkan kapasitas kekuatan kolom [4]

Pengurangan luas penampang pada kolom memiliki dampak pada kekuatan struktur kolom. Berdasarkan penelitian yang dilakukan [5] penambahan pipa PVC pada kolom, yang menyebabkan pengurangan luas penampang kolom, berpengaruh terhadap kapasitas beban aksial. Semakin besar lubang pada kolom, semakin berkurang kapasitas beban aksialnya. Kolom dengan variasi luas lubang 2% terhadap luas penampang mengalami penurunan kapasitas beban aksial sebesar 1,18%. Sementara itu, kolom dengan variasi luas lubang 4% mengalami penurunan sebesar 2,52%, dan kolom dengan variasi luas lubang 6% mengalami penurunan sebesar 4,34%.

Ada beberapa hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kapasitas aksial kolom. Pada penelitian [6] penambahan beton jaket dan tulangan sengkang berkontribusi pada peningkatan kapasitas aksial serta daktilitas kolom. Kolom yang diperkuat dengan tambahan tulangan sengkang memiliki deformasi aksial dan kapasitas aksial yang lebih tinggi dibandingkan dengan kolom inti serta kolom yang diperkuat tanpa tambahan sengkang. Selain itu, peningkatan kapasitas aksial juga semakin signifikan seiring dengan bertambahnya kuat tekan beton jaket yang digunakan sebagai elemen perkuatan. Jarak maksimum sengkang dibatasi oleh diameter tulangan longitudinal, diameter sengkang, dan dimensi penampang melintang kolom. Sedangkan jarak minimum sengkang dibatasi oleh ukuran butir maksimum agregat kasar yang digunakan [7].

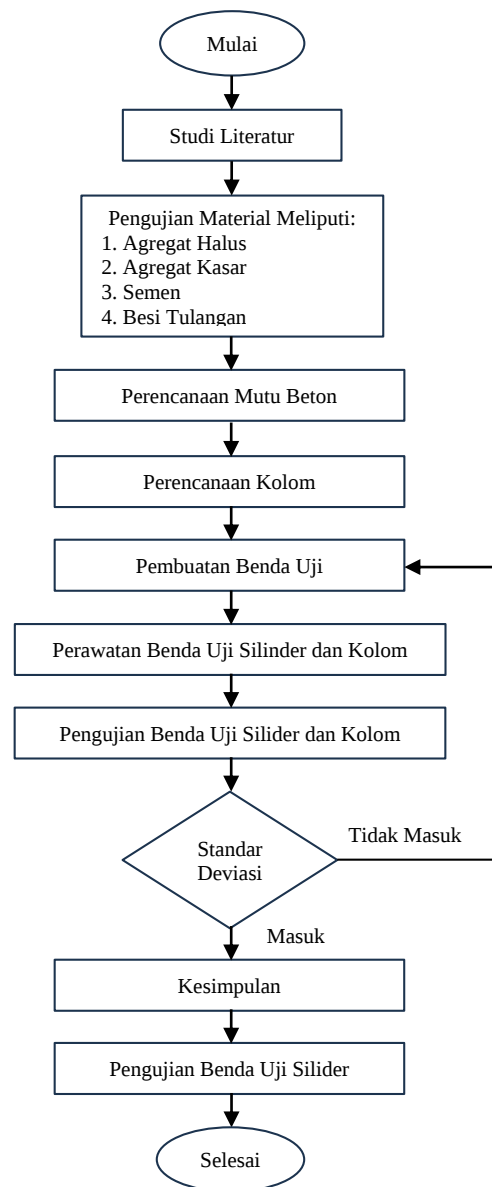
Kolom sebagai elemen struktural utama berperan penting dalam menahan beban aksial. Namun, berdasarkan uraian diatas dampak pengurangan luas penampang kolom akibat pemasangan pipa dapat menurunkan kapasitas beban aksialnya. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa semakin besar pengurangan luas penampang, semakin besar penurunan kapasitas beban aksial. Di sisi lain, upaya perkuatan seperti penambahan tulangan sengkang terbukti efektif meningkatkan kapasitas aksial kolom. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi jarak sengkang terhadap kemampuan menahan beban aksial pada kolom pendek berlubang. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan solusi optimal untuk meningkatkan kinerja kolom, khususnya pada kasus kolom berlubang yang rentan terhadap penurunan kekuatan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan dapat diambil rumusan masalah yaitu, bagaimana perbandingan beban aksial kolom pendek berlubang beton dengan variasi jarak sengkang?

Adapun tujuan artikel ini adalah untuk mengetahui perbandingan beban aksial kolom pendek beton berlubang dengan variasi sengkang.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yang disajikan dalam bentuk *flowchart* atau diagram alir, berikut diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pemdalaman materi meliputi standar pengujian material penyusun beton bertulang, persamaan beban aksial kolom, efek kekangan pada kolom, standar deviasi pengujian beton silinder, kriteria kolom dan penelitian

terdahulu. Hasil studi literatur akan digunakan sebagai gagasan, teori dan metode pada penelitian.

2.2. Pengujian Material

Pengujian material meliputi material penyusun beton silinder dan kolom beton. Material yang diuji antara lain agregat halus, agregat kasar, semen, dan besi tulangan. Berikut uraian rekap hasil pengujian material dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 1. Rekap Hasil Pengujian Pasir

No.	Pengujian	Hasil	
1	Berat jenis	2,509	
2	Berat volume	Dengan rojokan	Tanpa rojokan
		1,605	1,379
3	Kadar air resapan	1,833%	
4	Kelembapan	3,03%	
5	Analisa saringan	Zona 3	

Dari Tabel 1. Menunjukkan hasil berat jenis pasir didapatkan rata-rata 2,509 nilai tersebut memenuhi persyaratan berdasarkan ASTM C 128-78 sebesar 1,66-3,30. Pengujian berat volume pasir rojokan dan tanpa rojokan didapatkan hasil rata-rata 1,605 gram/cm³ dan 1,379 gram/cm³, nilai tersebut memenuhi persyaratan ASTM C 29-78 yaitu 0,4-1,9 gram/lt. Kadar resapan 1,833% memenuhi ASTM C 128 yaitu dibawah 4%. Kelembapan pasir 3,03% memenuhi ASTM C 556-72 yaitu dibawah 4%. Dan untuk Analisa saringan diperoleh angka kehalusan 1,987 dan masuk pada zona 3 atau pasir termasuk dalam kategori agak halus.

Tabel 2. Rekap Hasil Pengujian Krikil

No.	Pengujian	Hasil	
1	Berat jenis	2,486	
2	Berat volume	Dengan rojokan	Tanpa rojokan
		1,462	1,359
3	Kadar air resapan	1,94%	
4	Kelembapan	1,66%	
5	Analisa saringan	Zona 10 mm	

Dari Tabel 2. Menunjukkan hasil berat jenis Krikil didapatkan rata-rata 2,486 nilai tersebut memenuhi ASTM C 128-73 sebesar 1,66-3,30. Pengujian berat volume Krikil rojokan dan tanpa rojokan didapatkan hasil rata-rata 1,462 gr/cm³ dan 1,359 gr/cm³, nilai tersebut memenuhi persyaratan ASTM C 29-78 yaitu 0,4-1,9 kg/lt. Kadar resapan 1,94% memenuhi ASTM C 127-77 yaitu dibawah 4%. Kelembapan krikil 1,66% memenuhi ASTM C 556-72 yaitu dibawah 4%. Dan untuk Analisa saringan masuk pada gradasi maksimum 10 mm.

Tabel 3. Rekap Hasil Pengujian Semen

No.	Pengujian	Hasil	
1	Berat jenis	3,09	
2	Berat volume	Dengan rojokan	Tanpa rojokan
		1,058	1,170

Berdasarkan Tabel 3, berat jenis semen rata-rata dari pengujian sebesar 3,09 dari nilai yang didapatkan telat memenuhi persyaratan ASTM C 188-95 berat jenis semen portland mempunyai besaran antara 3,0-3,2. Dan hasil berat volume semen dengan rojokan yaitu 1,058 gr/cm³ dan tanpa rojokan sebesar 1,17 gr/cm³.

Pengujian kuat tarik tulangan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) yang berada di Lab uji bahan politeknik negeri banyuwangi. Hasil pengujian besi tulangan meliputi tulangan polos BJTP 280 Ø6 dan BJTP 280 Ø10. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Pengujian Tulangan Ø6

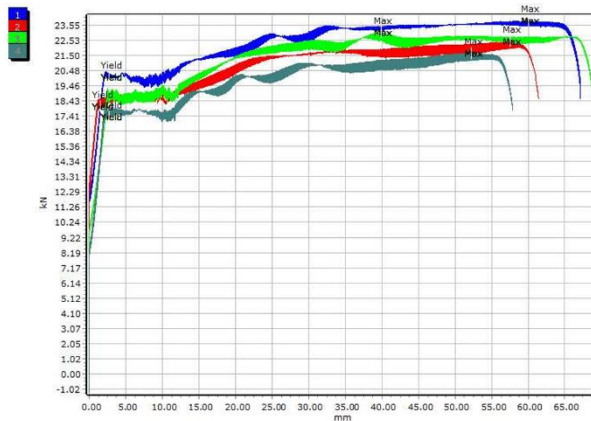
No.	Area (mm ²)	Maximum Force (MPa)	Yield Stress (MPa)
1.	26,51	23,87	753,68
2.	26,51	22,48	697,23
3.	26,51	23,04	695,08
4.	26,51	21,68	653,05
Average	26,51	22,77	699,76

Tabel 5. Hasil Pengujian Tulangan Ø10

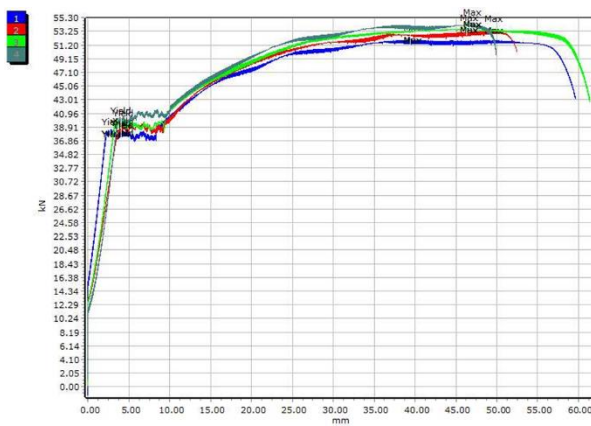
No.	Area (mm ²)	Maximum Force (MPa)	Yield Stress (MPa)
1.	71,63	51,97	527,15
2.	71,63	53,37	529,99
3.	71,63	53,55	551,51
4.	71,63	54,36	545,20
Average	71,63	53,31	538,46

Dari Tabel 4 dan 5 diketahui kuat tarik tulangan Ø6 dan Ø10 yaitu 699,76 MPa dan 538,46 MPa, hasil ini menunjukkan mutu tulangan memenuhi bahkan melebihi mutu yang seharusnya yaitu 280 MPa.

Curva hasil pengujian besi tulangan Ø6 dan besi tulangan Ø10 menunjukkan posisi *yield stress* dan *maximum force*-nya, berikut curva pengujian dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Curva Pengujian Tulangan Ø6



Gambar 3. Curva Pengujian Tulangan Ø10

Curva menunjukkan transisi elastis-plastis yang jelas dan mengalami keruntuhan secara daktail, sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua jenis tulangan tersebut layak digunakan dalam elemen struktur beton bertulang.

2.3. Perencanaan Mutu Beton

Perencanaan mutu beton pada penelitian ini menggunakan proporsi campuran sesuai dengan [8], yang menggunakan mutu beton $F'c$ 20 MPa. Dengan nilai slump 100 ± 20 mm.

Tabel 6. Sample Beton

Benda Uji Silinder	Simbol	Jumlah
	Benda Uji	Benda Uji
Benda Uji Silinder 15 x 30 cm	BS	3
Total Jumlah Benda Uji		3

2.4. Perencanaan Kolom

Kolom yang direncanakan pada penelitian ini adalah kolom pendek. Bila kolom dianggap sebagai kolom pendek maka kolom tersebut untuk mencapai kekuatan batasnya tidak perlu memperhitungkan atau diaman terhadap bahaya tekuk [9]. Pemisah atas kolom pendek dan kolom langsing didasari atas nilai rasio kelangsingan kolom yaitu :

DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v7i2.1271>

1. Kolom pendek yang tidak diberi bresing

$$\frac{k.Lu}{r} \leq 22 \quad (1)$$

2. Kolom Panjang/langsing yang tidak diberi bresing

$$\frac{k.Lu}{r} \leq 22 \quad (2)$$

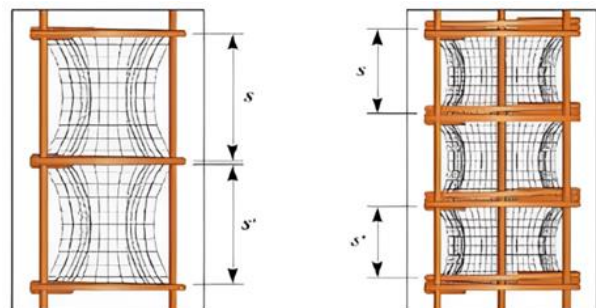
dengan:

Lu = tinggi bagian kolom yang tidak ditumpu secara lateral

k = faktor yang tergantung pada jenis dukungan pada ujung-ujung kolom

r = radius girasi Penampang berdasarkan SNI 2847

untuk upaya perkuatan kolom berlubang yaitu dengan memperpendek jarak antar sengkang. Wibowo (2018), telah melakukan berbagai penelitian terkait kolom pendek beton bertulang dan variasi sengkang, dan hasilnya adalah pada kolom penggunaan tulangan transversal atau sengkang ini sangat berpengaruh pada kekuatan kolom. Semakin pendek jarak antar sengkang pada kolom maka akan semakin kuat struktur kolom tersebut. Hal ini dikarenakan sengkang berfungsi sebagai pengekang akan berfungsi lebih maksimal [10].



Gambar 4. Ilustrasi Kekangan Pada Kolom [10]

Pada Gambar 4, menunjukkan kolom dengan jarak sengkang yang lebih pendek maka efek kekangan akan bekerja lebih maksimal.

Berikut spesifikasi kolom tanpa lubang dan berlubang yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Kolom tanpa lubang (KN)

- Diameter tulangan utama 4Ø8
- Diameter tulangan geser Ø6-195
- Dimensi kolom 12x12 cm dengan tinggi 45 cm
- Selimut beton 20 mm

2. Kolom berlubang (JS)

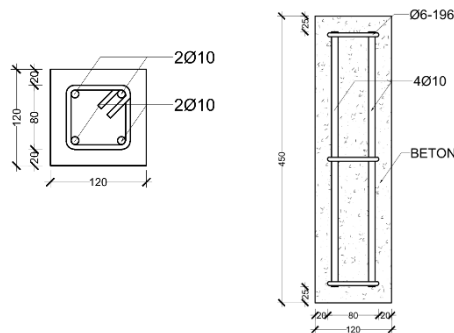
- Diameter tulangan utama 4Ø8
- Diameter tulangan geser Ø6-80
- Dimensi kolom 12x12 cm dengan tinggi 45 cm
- Selimut beton 20 mm
- Pipa PVC 1" (5% dari luas penampang kolom)

Tabel 7. Variasi Benda Uji Kolom

Variasi Kolom		Simbol Benda Uji	Jumlah Benda Uji
Kolom Beton Bertulang Normal		KN	3
Kolom Beton Bertulang Berlubang Jarak Sengkang		JS	3
Total Jumlah Benda Uji			6

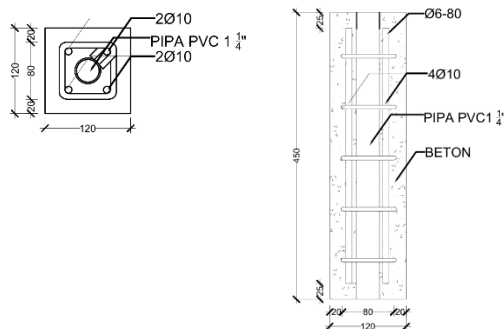
Pada Tabel 7, menunjukkan variasi benda uji kolom pada penelitian ini hanya ada 2 variasi yaitu KN (kolom beton bertulang normal) dan JS (kolom beton bertulang dengan variasi jarak sengkang).

Berikut Gambar 5 tentang rencana benda uji kolom pendek tanpa lubang (KN) dan kolom pendek berlubang (JS).



Gambar 5. Gambar Rencana Kolom Tanpa Lubang (KN)

Gambar 5 adalah rencana kolom pendek tanpa lubang sesuai dengan rencana spesifikasi (KN).



Gambar 6. Gambar Rencana Kolom Berlubang (JS)

Gambar 6 adalah rencana kolom pendek tanpa lubang sesuai dengan rencana spesifikasi (JS).

2.5. Kuat Tekan Silinder Beton

Kuat tekan beton merupakan besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur jika dibebani dengan gaya tekan tertentu oleh mesin tekan [11]. Perhitungan kuat tekan benda uji dilakukan dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas Penampang melintang

rata yang ditentukan. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$\text{Kuat Tekan Beton} = P/A \quad (3)$$

Standar deviasi ditetapkan berdasarkan Tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaannya makin kecil nilai standar deviasi. Untuk perhitungan standar deviasi beton normal menggunakan Persamaan 4.

$$S = \frac{\sqrt{(x_l - \bar{x})^2}}{(n-1)} \quad (4)$$

Dengan keterangan:

S = Standar deviasi

X_i = Data kuat tekan masing-masing benda uji

$\bar{x}$ = Data kuat tekan rata-rata dari masing-masing benda uji

n = Jumlah benda uji

Tabel 8. Klasifikasi Standar Deviasi [11]

Standar Deviasi (kg/cm ²)		
Standar Laboratorium	Standar Konstruksi Umumnya	Kualitas Kontrol
<14,1	<28,1	Terbaik
14,1 – 17,6	28,1 – 35,2	Sangat Baik
17,6 – 21,1	35,2 – 42,2	Baik
21,1 – 24,6	42,2 – 49,2	Cukup
>24,6	>49,2	Kurang

2.6. Beban Aksial Kolom

Sebelum dilakukannya pengujian kolom, dihitung terlebih dahulu beban aksial rencana. Hal ini dilakukan karena alat UTM (*Universal Testing Machine*) yang digunakan untuk menguji benda uji kolom mempunyai kapasitas maksimal 500 kN, perhitungan beban aksial dilakukan untuk merencanakan beban aksial pengujian kolom nanti tidak melebihi kapasitas alat UTM.

Berdasarkan SNI Beton 03-2847-2019 [1] kapasitas maksimum beban aksial pada elemen struktur non-prategang dengan jumlah pengikat (sengkang) yang memadai dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\phi P_n = 0,8 (0,85.f_c.(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}) \quad (5)$$

Pada penelitian ini, kolom beton dimodifikasi dengan memberikan lubang pada penampangnya. Lubang tersebut dibuat menggunakan pipa PVC dengan diameter tertentu untuk menciptakan variasi luas lubang. Oleh karena itu, rumus kapasitas beban aksial diperbarui menjadi:

$$\phi P_n = 0,8 (0,85.f_c.(A_g - \text{lubang pipa} - A_{st}) + f_y A_{st}) \quad (6)$$

Dengan :

A_g = Luas Penampang Kolom

A_{st} = Luas Total Tulangan Tekan Memanjang

Secara praktis pada praktek dilapangan dapat digunakan rasio tulangan memanjang, P_g sebesar 1% hingga maksimum 8% terhadap luas Penampang kolom beton. Berikut persamaan A_{st} (Luas total tulangan tekan memanjang):

$$A_{st} = \text{Jumlah Tulangan } (1/4 \cdot \pi \cdot D) \quad (7)$$

Dan berikut persamaan A_g (Luas Penampang kolom)

$$A_g = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \quad (8)$$

$$= 196,54 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan BS3} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{36371,99}{176,625} \end{aligned}$$

$$= 205,93 \text{ Kg/cm}^2$$

Dari Tabel 9 dan Tabel 10 didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton silinder yaitu sebesar 20,07 MPa yang artinya kuat tekan yang didapat lebih besar dari mutu rencana yaitu sebesar f'_c 20 MPa dan dengan standar deviasi 8,24 yang termasuk ke dalam kategori terbaik dalam standar laboratorium karena kurang dari <14,1 kg/cm² pada Tabel 8 kontrol standar deviasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

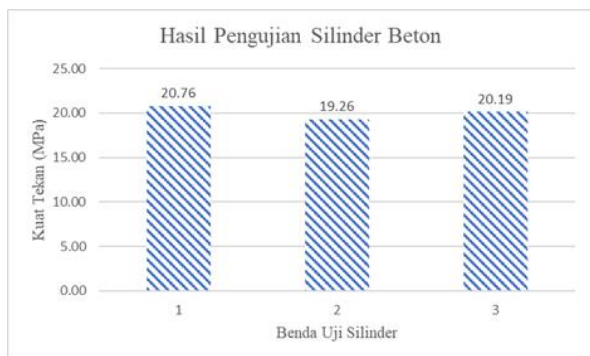
Pengujian kuat tekan benda uji silinder beton menggunakan alat uji CTM (*Compression Testing Machine*) yang ada di laboratorium uji bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi.

Tabel 9. Data Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder

Nama Benda Uji	Berat Beton Silinder (kg)	Dimensi		Beban Max (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata - rata (MPa)
		t (mm)	d (mm)			
BS 1	12,53	300	150	367,01	20,77	
BS 2	12,45	300	150	340,43	19,26	20,07
BS 3	12,54	300	150	356,69	20,19	

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan BS1} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{37423,6}{176,625} \\ &= 211,88 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan BS2} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{34713,75}{176,625} \end{aligned}$$



Gambar 7. Diagram Kuat Tekan Beton Silinder



Gambar 8. Pengujian Beton Silinder Menggunakan CTM

Tabel 10. Standar Deviasi Hasil Pengujian Benda Uji Beton Silinder

Xi (kg/cm)	rata-rata (Xrt)	(x-xrt) ²	Σ(x-xrt) ²	Standar Deviasi	Standar Deviasi	Klasifikasi
211.88		50.39		3.55		
196.54	204.78	67.96	119.66	4.12	8.24	Terbaik
205.93		1.31		0.57		

3.2. Hasil Beban Aksial Kolom

Berikut perhitungan beban aksial kolom berdasarkan persamaan 6.

1. Kolom Pendek Tanpa Lubang

Diketahui :

$$f'_c = 20,07 \text{ MPa}$$

$$A_g = 14400 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 314 \text{ mm}^2$$

$f_y = 538,46 \text{ MPa}$

Sehingga

$$P_n \max = 0,8 (0,85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y) \\ = 327,501 \text{ kN}$$

2. Kolom Pendek Berlubang

$f_c' = 20,07 \text{ MPa}$

$A_g = 13595 \text{ mm}^2$

$A_{st} = 314 \text{ mm}^2$

$f_y = 538,46 \text{ MPa}$

Sehingga

$$P_n \max = 0,8 (0,85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y) \\ = 315,893 \text{ kN}$$

Pada perhitungan beban aksial kolom tanpa lubang dan kolom berlubang diatas data nilai material seperti beton dan besi tulangan menggunakan nilai sesuai dengan pengujian material yang telah dilakukan, dan untuk A_g telah dikurangi dengan luas pipa 1". Diketahui perhitungan beban aksial kolom tanpa lubang 327,501 kN dan kolom berlubang 315,839 kN. Dari hasil tersebut diketahui beban aksial rencana kolom tidak melebihi kapasitas alat uji UTM.

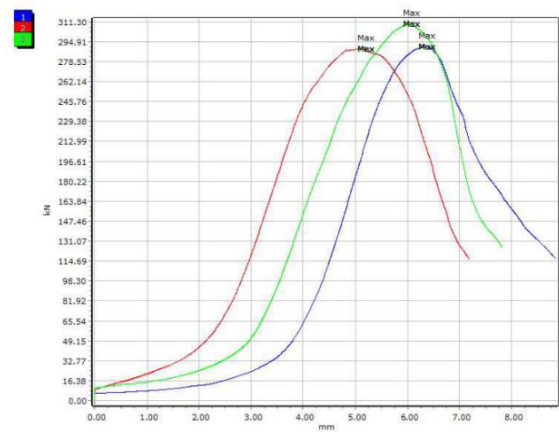
3.3. Pengujian Kuat Tekan Kolom

Pengujian kolom menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Pengujian kuat tekan kolom normal dilakukan untuk dibandingkan hasil kuat tekannya dengan kolom berlubang dengan variasi jarak sengkang, dan untuk mendapatkan kesimpulan seberapa efektif pengaruh penambahan variasi jarak sengkang pada kolom berlubang.

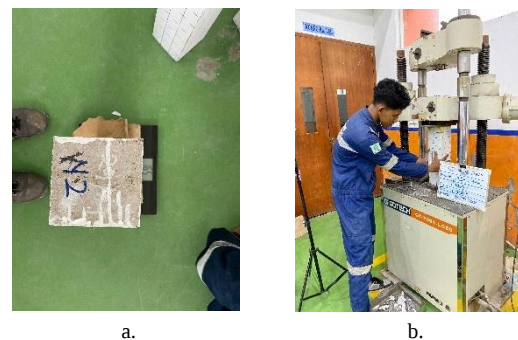
Tabel 11. Hasil Beban Aksial Kolom Normal

Data	Kolom Normal		
	KN1	KN2	KN3
Beban Aksial (KN)	291.20	289.14	309.80
Rata-Rata Beban Aksial (kN)	296.71		

Curva pengujian kuat tekan kolom normal menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) dapat dilihat pada Gambar 9 dan dokumentasi pengujian kolom normal menggunakan UTM dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Curva Pengujian Beban Aksial Kolom Normal

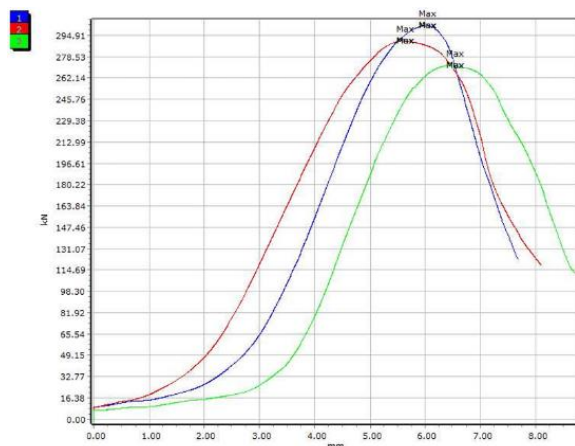


Gambar 10. Pengujian Kolom Normal Menggunakan UTM

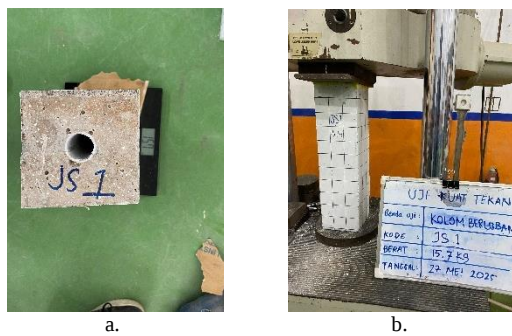
Tabel 12. Hasil Beban Aksial Kolom Normal

Data	Variasi Jarak Sengkang		
	JS1	JS2	JS3
Beban Aksial (KN)	303.14	291.08	272.54
Rata-Rata Beban Aksial (kN)	288.92		

Curva pengujian kuat tekan kolom normal menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) dapat dilihat pada Gambar 11 dan dokumentasi pengujian kolom normal menggunakan UTM dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 11. Curva Pengujian Beban Aksial Kolom Berlubang



Gambar 12. Pengujian Kolom Berlubang Menggunakan UTM

Dari curva pada Gambar 9 dan Gambar 11, hasil uji kuat tekan aksial pada kolom pendek beton bertulang menunjukkan bahwa semua spesimen mengalami kenaikan beban secara linier hingga mencapai beban maksimum, kemudian diikuti dengan penurunan bertahap hingga kolom mengalami keruntuhan. Penurunan setelah titik puncak menunjukkan bahwa keruntuhan terjadi secara bertahap (daktil), meskipun beberapa spesimen menunjukkan kecenderungan keruntuhan lebih tajam (getas).

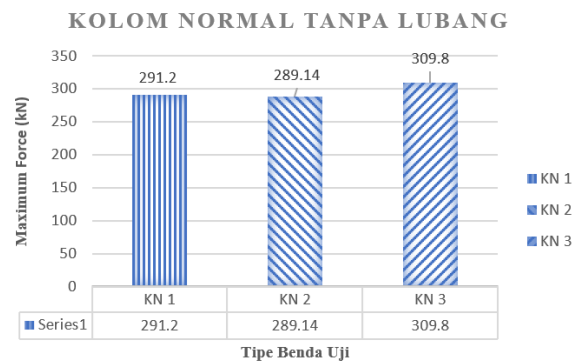
Diketahui untuk rata-rata beban aksial yang dapat ditahan kolom normal sebesar 296,71 Kn dan untuk kolom berlubang variasi jarak sengkang sebesar 288,92 Kn dan dapat dikatakan bahwa penambahan perkuatan variasi jarak sengkang bekerja cukup efektif pada kolom berlubang, dimana nilai kuat tekan maksimum kolom berlubang dengan variasi jarak sengkang mendekati nilai kolom normal. Adapun faktor yang menyebabkan beban aksial dari kolom berlubang dapat mendekati atau menyamai beban aksial dari kolom tanpa lubang meskipun luas penampang kolom berlubang lebih kecil karna adanya lubang antara lain:

1. Distribusi Beban yang Efektif

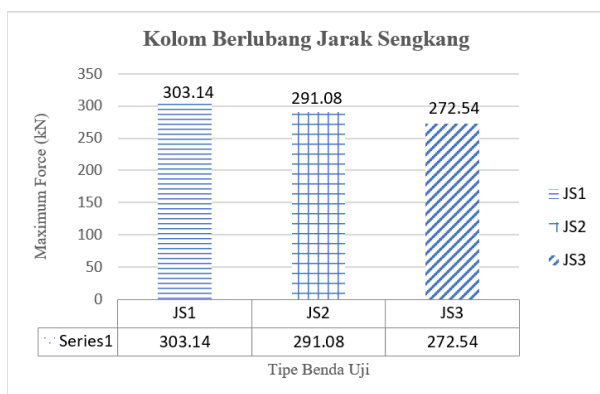
Meskipun ada lubang, posisi lubang (pipa PVC) berada di tengah penampang dan tidak terlalu besar yaitu 5,58% dari luas penampang kolom. Ini membuat distribusi tegangan masih dapat tersebar merata melalui beton di sekitarnya yang cukup tebal, terutama karena ada dukungan dari tulangan dan sengkang.

2. Efek Kekangan

Semakin rapat jarak sengkang, semakin tinggi efek kekangan terhadap inti kolom, sehingga terjadi peningkatan kekuatan beton tekan akibat tekanan lateral dari tulangan geser. Hal ini memperkuat beton di sekitar area lubang.



Gambar 13. Grafik Beban Aksial Kolom Tanpa Lubang



Gambar 14. Grafik Beban Aksial Kolom Berlubang

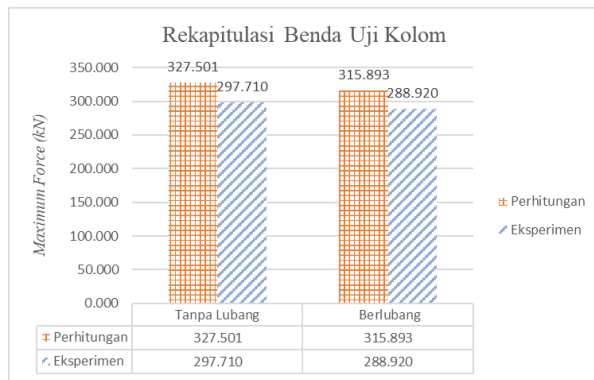
Dari diagram kuat tekan Gambar 13 dan 14 menunjukkan perbedaan beban aksial yang tidak begitu jauh berbeda antar setiap tipe benda ujinya.

3.4. Perbandingan Hasil Perhitungan dan Pengujian

Sebelum Pengujian dilakukan perhitungan beban aksial, kemampuan kolom menahan beban aksial dengan mutu beton, dimensi, dan tulangan yang direncanakan. Hasil perhitungan perencanaan kemampuan menahan beban aksial kolom tanpa lubang sebesar 327,501 kN dan untuk kolom berlubang sebesar 315,893 kN. Sedangkan hasil kemampuan menahan beban aksial pada eksperimen yang telah dilakukan memiliki nilai sedikit lebih kecil dari rencana, dimana untuk kolom tanpa lubang memiliki nilai sebesar 297,710 kN dan untuk kolom berlubang 288,92 kN.

Tabel 13. Beban Aksial Perhitungan dan Eksperimen

No.	Keterangan	Beban Aksial (kN)
1	Perhitungan Kolom Tanpa Lubang	327,501
2	Perhitungan Kolom Berlubang	315,893
3	Eksperimen Kolom Tanpa Lubang	297,710
4	Eksperimen Kolom Berlubang	288,920



Gambar 15. Grafik Beban Aksial Perhitungan dan Eksperimen

Dari Tabel 13 dan Gambar 15 menunjukkan bahwa hasil pengujian dan perhitungan tidak sesuai, atau hasil beban aksial pengujian jauh lebih kecil dari hasil perhitungan. Hal ini bisa terjadi karena kurang cermatnya pelaksanaan pemcampuran beton atau faktor lain.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan teoretis menggunakan rumus desain SNI 2847:2019, kapasitas aksial kolom tanpa lubang adalah sebesar 327,501 kN, sedangkan kolom berlubang mencapai 315,893 kN. Penurunan kapasitas secara teoretis sebesar 11,608 kN atau sekitar 3,54% menunjukkan pengaruh pengurangan luas penampang akibat lubang pada kolom.

Sementara itu, hasil pengujian eksperimen menunjukkan bahwa kolom tanpa lubang mampu menahan beban aksial rata-rata sebesar 296,71 kN, sedangkan kolom berlubang dengan jarak sengkang 8 cm hanya mampu menahan 288,92 kN. Selisih beban aksial tersebut sebesar 7,79 kN, yang menunjukkan penurunan sebesar 2,62% secara eksperimental. Penurunan ini lebih kecil dibanding hasil teoretis, yang mengindikasikan bahwa upaya perkuatan menggunakan sengkang yang lebih rapat belum cukup berhasil menjaga kekuatan kolom untuk menyamai atau melebihi kekuatan kolom tanpa lubang.

Penelitian ini bisa dijadikan acuan untuk menambah variasi benda uji kolom seperti luas lubang, dan menambahkan variasi jarak sengkang yang lebih bervariasi, untuk mendapatkan hasil yang lebih detail.

Daftar Rujukan

- [1] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung," *SNI 2847-2019*, no. 8, p. 720, 2019.
- [2] A. Hernadi, R. Sahara, and S. U. Dewi, "Perbandingan Kekuatan Kolom Berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019," *Borneo Eng. J. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 3, pp. 237–247, 2021.
- [3] Suhaimi, "Jurnal Rekayasa Teknik dan Teknologi Pengaruh Penggunaan Pipa Pada Kolom Terhadap Kuat The Effect of Using Pipes in Columns on the Compressive," vol. 6, no. 1, pp. 52–56, 2022.
- [4] M. Marzon, M. Islam, and E. Elhusna, "Analisis Penampang Kolom Beton Bertulang Persegi Panjang Berlubang," *Inersia, J. Tek. Sipil*, vol. 10, no. 2, pp. 1–12, 2019.
- [5] S. Laris Parningotan, H. . Manalip, and H. Banu Dwi, "Pengaruh Variasi Luas Pipa Pada Elemen Kolom Beton Bertulang Terhadap Kuat Tekan," *TEKNO Vol.15/No.67/April 2017*, vol. 15, no. 67, 2017.
- [6] I. B. Dharma Giri, "Pengaruh Variasi Mutu Jacket Beton Dan Penambahan Tulangan Lateral Terhadap Kapasitas Aksial Kolom Bujur Sangkar," *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 25, no. 1, p. 65, 2021.
- [7] F. Kumaseh, S. Wallah, and R. Pandaleke, "Pengaruh jarak sengkang terhadap kapasitas beban aksial maksimum kolom beton berpenampang lingkaran dan segi empat," *J. Sipil Statik*, vol. 3, no. 9, pp. 644–650, 2015.
- [8] S. E. D. J. B. K. N. 73/SE/Dk/2023, "Tabel Acuan dan Tata Cara Penyusunan Biaya," pp. 1–12, 2023.
- [9] A. Antonius, *PERILAKU DASAR DAN DESAIN BETON BERTULANG BERDASARKAN SNI-2847-2019*, 1st ed. Semarang: UNISSULA Press, Universitas Islam Sultan Agung, 2021.
- [10] N. Rachman, A. Wibowo, and I. Wijatmoko, "Pengaruh Kekangan Jarak Sengkang pada Perilaku Aksial Kolom Beton Bertulang yang Diperkuat Menggunakan Metode Jacket Beton Bertulang Bambu," pp. 1–9, 2018.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, "Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder," *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta*, 1974.