

JURNAL KONSTRUKSI DAN INFRASTRUKTUR

Teknik Sipil dan Perencanaan

PERBANDINGAN KEMAMPUAN KOLOM PENDEK BERLUBANG MENAHAN BEBAN AKSIAL DENGAN VARIASI DIAMETER TULANGAN GESER

Mohammad Aftoni^{1*}, Mohamad Galuh Khomari¹, I Ketut Hendra Wiryasuta¹,
Mirza Ghulam Rifqi¹, M. Shofi'ul Amin¹

^{1*)} Program Studi D3 Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi.

Email Penulis Korespondensi: mohammadaftoni11@gmail.com, mohamadgaluh@poliwangi.ac.id.

Nomor HP Penulis Korespondensi : +62 812 1686 0361

ABSTRACT

The installation of electrical and sanitary installation pipes in reinforced concrete columns forms holes that reduce the effective cross-sectional area and decrease the column capacity. This study compares the strength of perforated columns with varying shear reinforcement diameters to columns without holes. One of the reinforcement efforts was to increase the diameter of shear reinforcement to increase the resistance to axial load. The specimens measured 120 x 120 x 450 mm, consisting of six specimens: three columns without holes and three perforated columns with variations in shear reinforcement. The experimental method was used by testing materials, concrete compressive strength, and short columns at the Banyuwangi State Polytechnic Laboratory from January to June 2025. The test results showed that the columns without holes were able to withstand an axial load of 296.71 kN, 16.79% more than the perforated columns which were only able to withstand 246.89 kN. Theoretically, the column without holes has a compressive strength of 327.501kN, 3.4% greater than the perforated column of 316.531kN. The results show that increasing the diameter of shear reinforcement does not significantly increase the axial capacity of short hollow columns. Consideration of the use of diagonal shear reinforcement as additional reinforcement in addition to increasing the diameter of shear reinforcement against axial load is a crucial aspect in the optimization of hollow column design.

Keyword: Axial, Concrete, Opening, Short Column, Shear Reinforcement

1. PENDAHULUAN

Kolom merupakan elemen struktural yang biasanya dipasang secara vertikal dan berfungsi utama untuk menahan beban tekan aksial. Namun, dalam kondisi tertentu, kolom juga dapat menerima beban tambahan berupa momen lentur, gaya geser, atau bahkan torsi [1]. Dalam sistem rangka penahan beban lateral, kolom harus mampu memikul kombinasi dari beban aksial, momen, dan geser secara bersamaan. Peran kolom dalam struktur bangunan adalah mendukung beban yang berasal dari balok dan pelat, lalu menyalurkannya ke tanah melalui sistem pondasi [2]. Beban yang diterima kolom dari elemen struktur atas tersebut umumnya berupa gaya tekan aksial dan momen lentur. Oleh karena itu, kolom digunakan dalam struktur bangunan khususnya bangunan sederhana.

Bangunan sederhana seperti rumah tinggal dengan kesederhanaan desain dan luas lahan yang terbatas tidak jarang menghadapi masalah tidak adanya shaft sebagai penyaluran instalasi plumbing dan elektrik. Pada dunia arsitektur, estetika memainkan peran penting, termasuk penggunaan pipa air bersih, pipa saluran pembuangan, dan peralatan listrik tersembunyi [3]. Hal ini mengharuskan pemasangan pipa pada struktur kolom, yang menyebabkan adanya lubang pada kolom. Penambahan lubang tersebut mengurangi luas penampang kolom, yang berdampak pada kekuatan tekan kolom. Luas lubang pada penampang kolom dibatasi hingga maksimum 4% [4].

Tulangan geser adalah elemen pembajaan yang berfungsi untuk menahan gaya geser dan torsi pada elemen struktural [5]. Umumnya, tulangan ini terbuat dari baja berdiameter kecil, seperti 6 mm, 8 mm, 10 mm, hingga 12 mm. Selain itu, dalam beberapa aplikasi, tulangan geser juga dapat berupa anyaman kawat baja las yang dipasang secara tegak lurus terhadap sumbu aksial penampang. Proporsi atau rasio tulangan yang digunakan memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan suatu kolom struktur [6]. Semakin tinggi rasio tulangan, maka semakin besar pula kapasitas beban yang dapat ditahan oleh kolom tersebut. Di samping itu, tingkat kekangan kolom turut dipengaruhi oleh jumlah tulangan geser. Dengan kata lain, peningkatan volume tulangan geser secara langsung berkaitan dengan peningkatan kekakuan aksial kolom. Semakin besar rasio tulangan yang digunakan, maka kekuatan sebuah kolom akan semakin kuat. Selain itu, efek kekangan kolom dipengaruhi oleh rasio tulangan geser. Peningkatan rasio volume tulangan geser berbanding lurus dengan peningkatan kekakuan aksial kolom.

Penggunaan variasi diameter tulangan geser sebagai perkuatan dalam struktur kolom berlubang pada bangunan masih terbatas. Topik ini didukung oleh penelitian tentang variasi rasio volume tulangan transversal dengan beton terhadap daktilitas aksial, yang umumnya ditujukan untuk elemen struktur bangunan seperti kolom [7]. Ketika luas penampang mencapai 4,5% dan melebihi batas yang disarankan SNI 2847-2019 perlu diperhatikan secara khusus, karena dapat menurunkan kemampuan kolom dalam menahan beban tekan. Meskipun demikian, kolom tetap memiliki kelemahan dalam menahan gaya tarik [8][9]. Untuk meminimalkan pengaruh negatif dari lubang tersebut, diperlukan modifikasi pada konfigurasi tulangan dalam beton. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah dengan meningkatkan diameter tulangan geser pada kolom [6]. Tulangan geser sendiri memiliki fungsi penting, yaitu mencegah tulangan longitudinal (utama) agar tidak mengalami tekuk ke arah luar, serta menahan tekanan lateral dari beton yang terjadi saat menerima beban aksial [5]. Semakin besar rasio volume tulangan transversal yang diberikan maka nilai kekakuan aksial akan semakin besar [7].

Penelitian ini akan dilakukan studi mengenai perbandingan kemampuan kolom pendek berlubang menahan beban aksial dengan variasi diameter tulangan geser. Baja tulangan yang digunakan yaitu jenis BjTP dikarenakan BjTP lebih sering atau umum digunakan pada bangunan sederhana. Pada kolom tidak berlubang digunakan diameter geser $\varnothing 6$ mm, sedangkan pada kolom berlubang diperbesar tulangan geser menjadi $\varnothing 8$ mm. Memperbesar tulangan geser sebagai kekuatan tambahan kolom dalam menerima beban aksial. Kolom berlubang dengan memperbesar diameter tulangan geser diharapkan dapat mendekati atau bahkan melampaui kuat tekan kolom tanpa lubang.

Adapun rumusan masalah pada penelitian adalah sebagai berikut: bagaimana perbandingan kemampuan kolom pendek berlubang menahan beban aksial dengan variasi diameter tulangan geser ? Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kemampuan kolom pendek berlubang menahan beban aksial dengan variasi diameter tulangan geser.

1.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah nilai beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton per satuan luas sebelum mengalami keruntuhan akibat gaya tekan yang diberikan oleh mesin uji tekan (SNI 1974:2011). Perhitungan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 1[10].

$$\text{Kuat Tekan Beton} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

1.2 Desain Kolom dengan Beban Aksial

Kuat nominal untuk suatu kolom yang dibebani oleh beban tekan aksial sudah dituliskan dalam Persamaan 2 [6][11].

$$P_0 = 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \quad (2)$$

Dalam praktik konstruksi dilapangan, hampir tidak pernah ditemukan kolom yang benar-benar tegak lurus sempurna. Oleh karena itu, biasanya diasumsikan adanya sedikit eksentrisitas (pergeseran antara garis beban dan sumbu kolom), sehingga nilai beban aksial maksimum teoritis (P_0) perlu dikurangi. Terdapat rumus desain yang berbeda tergantung pada jenis tulangan geser yang digunakan, baik spiral maupun persegi. Khusus untuk kolom dengan tulangan geser berbentuk persegi [4], nilai kuat aksial rencana ditentukan berdasarkan persamaan 3 dan 4 tertentu [12][11]:

$$\phi P_{n \max} = 0,80[0,85 \cdot f'c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}] \quad (3)$$

$$\phi P_{n \max} = 0,80[0,85 \cdot f'c' \cdot (A_g - A_{st} - A_{Pipa}) + f_y \cdot A_{st}] \quad (4)$$

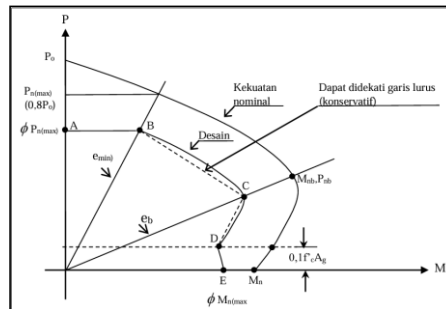
Dengan:

ϕ = 0,80 untuk tulangan geser persegi
0,85 untuk tulangan geser spiral

A_g = Luas Penampang kolom

A_{st} = Luas total tulangan tekan memanjang

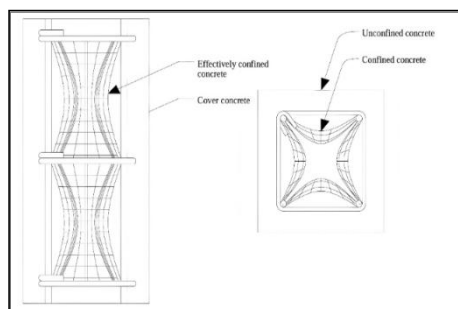
A_{Pipa} = Luas lubang pipa



Gambar 1. Diagram Interaksi Kolom P dan M [13]

1.3 Efek Kekangan Pada Kolom

Efek kekangan pada kolom dipengaruhi oleh besar rasio volume tulangan transversal. Semakin besar rasio volume tulangan transversal yang diberikan maka efek kekangan efektif yang dihasilkan juga akan semakin besar [7]. Ilustrasi daerah kekangan efektif dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi daerah kekangan efektif [7]

1.4 Kuat Geser

kuat geser struktur beton merupakan gabungan kontribusi beton (V_c) dan baja (V_s). Kuat geser nominal beton dan kuat geser tulangan geser [14].

$$V_n = V_c + V_s \quad (5)$$

$$V_c = \left[1 + \frac{N_u}{14A_g} \right] \left[\frac{\sqrt{f'c}}{6} \right] b_w d \quad (6)$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (7)$$

Dengan :

V_c = kuat geser beton

V_n = kuat geser baja

N_u = beban aksial

A_g = luas total kolom

$f'c$ = kuat tekan beton

b_w = lebar

d = panjang

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

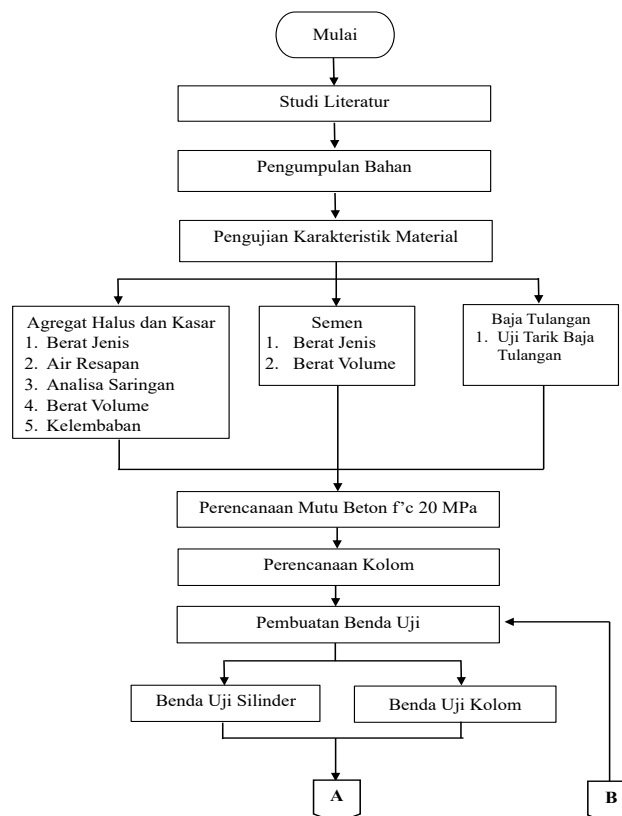
Lokasi penelitian di Laboratorium Uji Bahan Program Studi Diploma III Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi. Lokasi tersebut digunakan mulai dari pengujian karakteristik material, pembuatan benda uji dan pengujian kuat tekan kolom. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Januari 2025 hingga Juni 2025. Adapun lokasinya dapat dilihat pada Gambar 3.



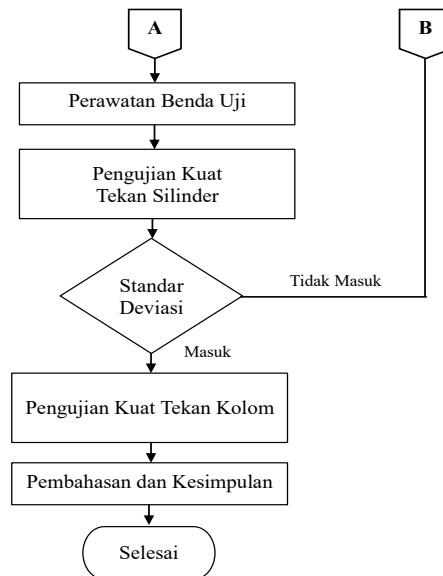
Sumber: Google Earth, 2025.

Gambar 3. Lokasi Pengujian

2.2 Tahapan Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir



Gambar 5. Diagram Alir (Lanjutan)

2.3 Pengujian Karakteristik

Pengujian karakteristik Pengujian material dilakukan untuk memahami sifat dan karakteristik dari material tersebut. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk menilai kelayakan atau ketidaksesuaian material terhadap standar teknis yang berlaku, sehingga dapat dipastikan apakah material tersebut dapat digunakan dalam konstruksi atau tidak [15].

2.4 Perencanaan Kolom

Perencanaan kolom beton bertulang mengambil dari kondisi dilapangan pada umumnya ukuran kolom struktur pada bangunan 2 lantai yaitu 25 x 25 cm. Ukuran minimum eksplisit mengenai ukuran minimum kolom dalam peraturan tertentu, sehingga penggunaan kolom beton bertulang dengan dimensi penampang kecil masih diperbolehkan, khususnya pada struktur bangunan dengan beban ringan seperti rumah tinggal satu lantai atau bangunan kantor sederhana [4]. Perancangan dimensi kolom didasarkan pada pendekatan studi kasus lapangan, dengan mempertimbangkan kapasitas struktural serta kesesuaian dengan peralatan uji laboratorium yang tersedia.

Persyaratan luas lubang pada penampang kolom dibatasi hingga maksimum 4% [4]. Dengan peningkatan luas penampang sebesar 4,5% melebihi batas yang ditetapkan dalam [4], keberadaan lubang tetap perlu diperhatikan karena dapat mengurangi kapasitas menahan gaya tekan dan tidak secara signifikan meningkatkan kemampuan terhadap gaya tarik. Dimana pipa yang digunakan berdiameter 1 inci atau 32 mm [16].

Perencanaan dimensi kolom dilakukan dengan pendekatan studi kasus yang ada dilapangan berdasarkan kekuatan dan alat uji di laboratorium. Rancangan Benda uji kolom 12 /12 cm dengan tinggi 45 cm dengan variasi diameter tulangan geser yang digunakan yaitu: Ø6 dan Ø8. Tata nama benda uji kolom adalah sebagai berikut pada Tabel 1 hingga Tabel 2.

Tabel 1. Penamaan Notasi Benda Uji Kolom

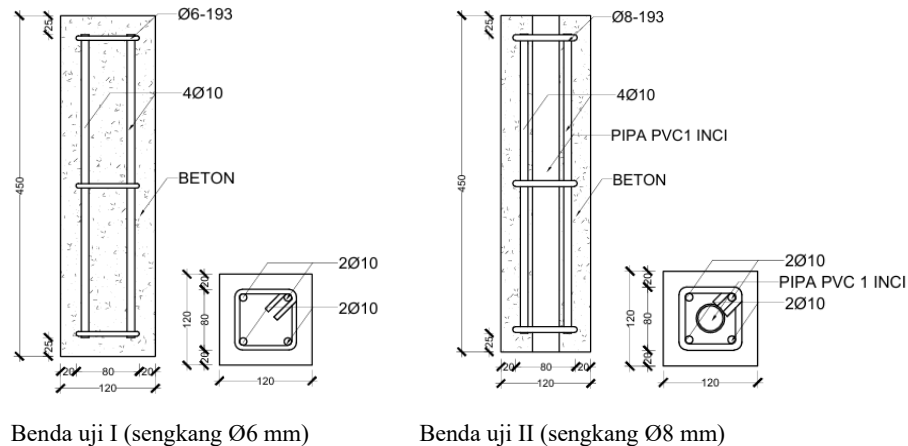
Variasi	Simbol benda uji	Jumlah benda uji
Kolom Tanpa Lubang Tulangan Tulangan geser Ø6	KN	3
Kolom Berlubang Variasi Diameter Tulangan Tulangan geser Ø8	KB	3
Total jumlah benda uji		6

Sumber: Hasil Analisis, 2025.

Tabel 2. Spesifikasi Benda Uji

Benda Uji	Dimensi (cm)	Spesifikasi Tulangan Utama	Tulangan geser
KN	12x12	Ø10 mm	Ø6 mm
KB	12x12	Ø10 mm	Ø8 mm

Sumber: Hasil Analisis, 2025.



Benda uji I (sengkang Ø6 mm)

Benda uji II (sengkang Ø8 mm)

Sumber: Hasil Analisa, 2025.

Gambar 6. Sketsa Benda Uji Kolom

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan untuk penelitian ini didapat data sebagai berikut.

3.1 Hasil Uji Karakteristik Material

Berikut merupakan hasil rekapitulasi dari pengujian karakteristik material yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji beton agar beton yang dihasilkan dapat memiliki kekuatan yang diharapkan. Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan di dapat hasil sebagai berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Pengujian Pasir

No	Pengujian	Hasil
1	Berat Jenis	2,509 gr/cm3
2	Berat Volume	Dengan Rojokan Tanpa Rojokan 1,605 1,379
3	Kadar Air Resapan	1,833%
4	Kelembaban	4,822%
5	Analisa Saringan	Zona 3

Sumber: Hasil Pengujian, 2025.

Tabel 4. Rekapitulasi Pengujian kerikil

No	Pengujian	Hasil
1	Berat Jenis	2,486 gr/cm3
2	Berat Volume	Dengan Rojokan Tanpa Rojokan 1,462 1,359
3	Kadar Air Resapan	1,937%
4	Kelembaban	1,660%
5	Analisa Saringan	Zona 1

Sumber: Hasil Pengujian, 2025.

Tabel 5. Rekapitulasi Pengujian Semen

No.	Pengujian	Hasil
1	Berat Jenis	3,09 gr/cm3
2	Berat Volume	Dengan Rojokan Tanpa Rojokan
		1,058 1,17

Sumber: Hasil Pengujian, 2025.

Berdasarkan Tabel 3 hingga Tabel 5 semua hasil pengujian dari pasir, kerikil, dan semen sudah sesuai dan memenuhi ketentuan berdasarkan SNI dan ASTM yang berlaku dan dapat digunakan untuk bahan campuran pembuatan beton.

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada Tabel 6 sampai Tabel 8 semua hasil pengujian tarik baja tulangan yang digunakan telah memenuhi syarat dan ketentuan yang sudah ditetapkan menurut SNI dan ASTM yang ada. Dari pengujian didapatkan bahwa rata-rata kuat tarik baja BjTP Ø6, Ø8, dan Ø10 berurutan yaitu sebesar 699,76 MPa, 595,73 MPa, dan 538,46 MPa. Rekapitan hasil kuat tarik baja tulangan dapat dilihat pada Tabel 6 hingga Tabel 8.

Tabel 6. Rekapitulasi Pengujian Baja Tulangan Ø6

No.	Area	Yield Force (MPa)	Yield Stress (MPa)	Maximum Force (kN)	Tensile Strength (MPa)	Displacement (mm)	Elongation (%)
1	26,51	20,05	753,68	23,87	897,07	67,16	33,58
2	23,92	18,07	697,23	22,48	844,71	61,48	30,74
3	22,47	18,49	695,08	23,04	865,84	68,73	34,37
4	23,75	17,38	653,05	21,68	814,93	57,89	28,94
Average	24,16	18,50	699,76	22,77	855,64	63,82	31,91

Sumber: Hasil Pengujian, 2025.

Tabel 7. Rekapitulasi Pengujian Baja Tulangan Ø8

No.	Area	Yield Force (MPa)	Yield Stress (MPa)	Maximum Force (kN)	Tensile Strength (MPa)	Displacement (mm)	Elongation (%)
1	46,32	28,30	608,66	37,67	810,17	41,82	20,91
2	47,27	26,67	573,60	36,34	781,58	42,74	21,37
3	40,81	28,90	621,71	38,46	827,21	55,03	27,52
4	49,12	26,92	578,96	36,61	787,49	54,80	27,40
Average	45,88	27,70	595,73	37,27	801,61	48,60	24,30

Sumber: Hasil Pengujian, 2025.

Tabel 8. Rekapitulasi Pengujian Baja Tulangan Ø10

No.	Area	Yield Force (MPa)	Yield Stress (MPa)	Maximum Force (kN)	Tensile Strength (MPa)	Displacement (mm)	Elongation (%)
1	71,63	37,90	527,15	51,97	722,98	59,61	29,81
2	65,15	38,10	529,99	53,37	742,35	52,41	26,20
3	70,25	39,65	551,51	53,55	744,92	61,33	30,67
4	65,72	39,19	545,20	54,36	756,11	49,89	24,94
Average	68,19	38,71	538,46	53,31	741,59	55,81	27,91

Sumber: Hasil Pengujian, 2025.

3.2 Hasil Mix Design

Berdasarkan kuat tekan yang direncanakan dan perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan kebutuhan material yang digunakan unruk bembuatan benda uji beton yang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Kebutuhan Material

No.	Material	Koef	Total material
1	Semen Portland	348 Kg	18,684 Kg
2	Pasir Pasang	790 Kg	42,416 Kg
3	Kerikil	1009 Kg	54,174 Kg
4	Air	202 Kg	10,846 Kg

Sumber: Hasil Analisis, 2025.



Gambar 7 Persiapan material

3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian Kuat tekan beton dilakukan menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Hasil Pengujian kuat tekan beton silinder disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Kuat Tekan Silinder

Tipe Benda Uji	Kapasitas Tekan (kN)	Rata-rata Kuat Tekan (kN)
BS 1	20,77	20,07
BS 2	19,26	
BS 3	20,19	

Sumber: Hasil Analisis, 2025.



Gambar 8. Uji Kuat Tekan Silinder

Tabel 10 menunjukkan bahwa pada umur beton 28 hari nilai kuat tekan rata-rata mencapai 20,07 Mpa Dengan standar deviasi pengujian yaitu 8,24 kg/cm² dan termasuk dalam kategori terbaik. Adapun dokumentasi uji kuat tekan silinder dapat dilihat pada Gambar 8.

3.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Kolom

Hasil pengujian kuat tekan kolom tanpa lubang dan kolom berlubang dengan variasi diameter tulangan geser dapat dilihat pada Tabel hingga Tabel 11 dan Tabel 12.

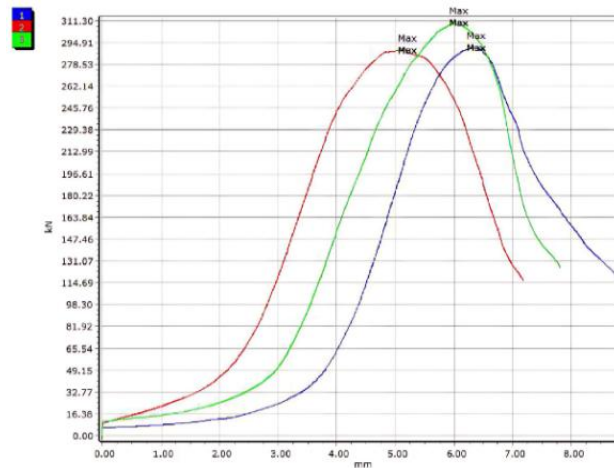
3.4.1 Kolom Tanpa Lubang

Pengujian Kuat tekan kolom tanpa lubang dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine*. Hasil Pengujian kuat tekan benda uji kolom tanpa lubang disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Kuat Tekan Kolom Tanpa Lubang

Tipe Benda Uji	Kapasitas Tekan (kN)	Rata-rata Kuat Tekan (kN)
KN 1	291,2	296,71
KN 2	289,14	
KN 3	309,8	

Sumber: Hasil Pengujian, 2025.



Sumber: Hasil Pengujian, 2025.

Gambar 9. Grafik Kuat Tekan Kolom Normal Tanpa Lubang

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan kolom tanpa lubang pada Tabel 11 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata sebesar 296,71 kN. Adapun hasil grafik kuat tekan kolom tanpa lubang dapat dilihat pada Gambar 9.

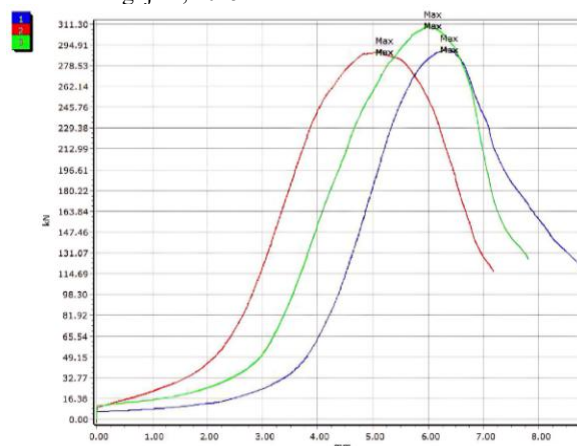
3.4.2 Kolom Berlubang

Pengujian Kuat tekan kolom tanpa lubang dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine*. Hasil Pengujian kuat tekan benda uji kolom disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Kuat Tekan Kolom Berlubang

Tipe Benda Uji	Kapasitas Tekan (kN)	Rata-rata Kuat Tekan (kN)
KB 1	220,86	246,89
KB 2	250,47	
KB 3	269,34	

Sumber: Hasil Pengujian, 2025.



Sumber: Hasil Pengujian, 2025.

Gambar 10. Grafik Kuat Tekan Kolom Berlubang

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan kolom tanpa lubang pada Tabel 12 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata sebesar 296,71 kN. Adapun hasil grafik kuat tekan kolom berlubang dapat dilihat pada Gambar 10.

3.5 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Eksperimen

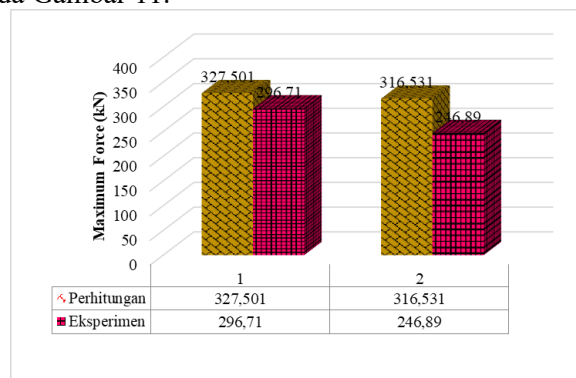
Sebelum dilakukan eksperimen pengujian kuat tekan kolom tanpa lubang dan kolom berlubang dengan variasi diameter tulangan geser dilakukan perhitungan perencanaan kemampuan kolom dalam menahan beban aksial yang juga digunakan sebagai kontrol kapasitas alat uji kuat tekan UTM (*universal testing machine*). Hasil Pengujian kuat tekan benda uji kolom disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Rekapitulasi Perbandingan Beban Aksial

No	Kolom Tipe	Hasil Kuat Tekan
1	Perhitungan Kolom Normal Tanpa Lubang (KN)	327,501 kN
2	Perhitungan Kolom Berlubang Variasi Diameter Tulangan Geser (KB)	316,531 kN
3	Ekperimen Kolom Normal Tanpa Lubang (KN)	296,71 kN
4	Ekperimen Kolom Berlubang Variasi Diameter Tulangan Geser (KB)	246,89 kN

Sumber: Hasil Analisis, 2025.

Berdasarkan Tabel 13, kolom normal tanpa lubang secara teoritis mampu menahan beban 327,501 kN, sementara kolom berlubang dengan variasi diameter tulangan geser menahan 316,531 kN. Hasil eksperimen menunjukkan kapasitas aktual kolom normal sebesar 296,71 kN dan kolom berlubang sebesar 246,89 kN. Data pada Tabel 13 menunjukkan bahwa hasil perhitungan kolom memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil eksperimen. Perbedaan nilai kuat tekan antar hasil perhitungan dan eksperimen disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah metode pelaksanaan pengecoran. Rendahnya kuat tekan pada sebagian sampel kemungkinan dipengaruhi oleh kurang optimalnya proses pemadatan atau rojokan selama pengecoran akhirnya terjadi segregasi, bleeding, atau tidak merata saat pengecoran menyebabkan distribusi material tidak homogen. Data-data tersebut juga disajikan dalam bentuk diagram beban rekapitulasi kuat tekan benda uji kolom yang visualnya dapat dilihat pada Gambar 11.



Sumber: Hasil Analisis, 2025.

Gambar 11. Diagram Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Eksperimen

3.6 Pola Retak

Terdapat tiga jenis kegagalan utama yang umum terjadi pada elemen struktur seperti kolom dan balok yang menerima beban lateral, yaitu [17]:

a. Retak lentur (*flexure critical*)

Retak lentur ditandai oleh munculnya retakan vertikal pada bagian sisi tarik balok, yang kemudian menjalar ke arah atas menuju zona netral. Retakan ini terjadi karena momen lentur melebihi kapasitas lentur elemen struktur.

b. Retak geser (*shear critical*)

Retak geser muncul ketika balok atau kolom tidak mampu lagi menahan gaya geser yang bekerja padanya. Jenis retakan ini umumnya terjadi di dekat tumpuan, karena pada area tersebut gaya geser atau gaya lintang yang bekerja mencapai nilai tertinggi.

c. Retak lentur-geser (*flexure-shear critical*)

Retak lentur-geser merupakan kombinasi antara dua mode keruntuhan, di mana elemen struktur terlebih dahulu mengalami kerusakan akibat lentur, kemudian diikuti oleh kegagalan akibat gaya geser.



a. Pola Retak Kolom KN-3



b. Pola Retak Kolom KN-3



c. Pola Retak Kolom KN-3

Gambar 12. Pola Retak Kolom KN

Adapun keruntuhan yang terjadi pada benda uji KN-1, KN-2, dan KN-3 adalah sebagai berikut:

a. Keruntuhan KN-1

Pada Gambar 12a menunjukkan bahwa kolom tanpa lubang sampel ke-1 mengalami dua jenis retakan: retak diagonal dan retak membelah (*splitting crack*), yang termasuk dalam kategori retak geser. Retakan awal berupa retak miring atau tanpa lubang, diikuti dengan kerusakan akibat tegangan. Retak terakhir terjadi di bagian tengah kolom sebagai retak membelah. Kolom normal tanpa lubang sampel 1 ini mencapai beban ultimit sebesar 291,2 kN.

b. Keruntuhan KN-2

Pada Gambar 12b menunjukkan bahwa kolom tanpa lubang sampel ke-2 mengalami dua jenis retakan: retak horizontal dan retak membelah (*splitting crack*), yang termasuk dalam kategori retak geser. Retakan awal berupa retak miring atau horizontal, diikuti dengan kerusakan akibat tegangan. Retak terakhir terjadi di bagian bawah kolom sebagai retak membelah. Kolom normal tanpa lubang sampel 2 ini mencapai beban ultimit sebesar 289,14 kN.

c. Keruntuhan KN-

Pada Gambar 12c menunjukkan bahwa kolom tanpa lubang sampel ke-3, dimana retak pertama yaitu retak diagonal kemudian kolom mengalami kerusakan akibat tegangan. Maka, jenis retakan yang ditemukan pada kolom tanpa lubang sampel ke-3 yaitu retak diagonal (*diagonal crack*). termasuk dalam kategori retak geser. Kolom normal tanpa lubang sampel 3 ini mencapai beban ultimit sebesar 309,8 kN.



a. Pola Retak Kolom KB-1



b. Pola Retak Kolom KB-2



c. Pola Retak Kolom KB-3

Gambar 13. Pola Retak Kolom KB

Adapun keruntuhan yang terjadi pada benda uji KB-1, KB-2, dan KB-3 adalah sebagai berikut:

a. Keruntuhan KB-1

Pada Gambar 13a menunjukkan bahwa kolom berlubang sampel ke-1, mengalami dua jenis retakan: retak diagonal dan retak membelah (*splitting crack*) yang terjadi pada bagian atas kolom. Maka, jenis retakan yang ditemukan pada kolom berlubang sampel ke-1 yaitu retak diagonal (*Diagonal crack*). termasuk dalam kategori retak geser. Kolom berlubang variasi diameter tulangan geser sampel 1 ini mencapai beban ultimit sebesar 220,86 kN.

b. Keruntuhan KB-2

Pada Gambar 13b menunjukkan bahwa kolom berlubang sampel ke-2 mengalami jenis retakan retak membelah (*splitting crack*), yang termasuk dalam kategori retak geser. Retakan ini vertikal paralel pendek dengan lebar yang bertulang adalah retakan vertikal paralel pendek dengan lebar yang tidak seragam. Retakan awal berupa retak miring atau horizontal, diikuti dengan kerusakan akibat tegangan. Retak terakhir terjadi di bagian atas kolom sebagai retak membelah. Kolom berlubang variasi diameter tulangan geser sampel 2 ini mencapai beban ultimit sebesar 250,47 kN.

c. Keruntuhan KB-3

Pada Gambar 13c menunjukkan bahwa kolom berlubang sampel ke-3 Kolom berlubang sampel ke-3, mengalami dua jenis retakan: retak diagonal dan retak membelah (*splitting crack*) yang terjadi pada bagian atas kolom. Maka, jenis retakan yang ditemukan pada kolom berlubang sampel ke-1 yaitu retak diagonal (*Diagonal crack*). termasuk dalam kategori retak geser. Kolom berlubang variasi diameter tulangan geser sampel 3 ini mencapai beban ultimit sebesar 269,34 kN.

3.7 Kuat Geser Pada Kolom

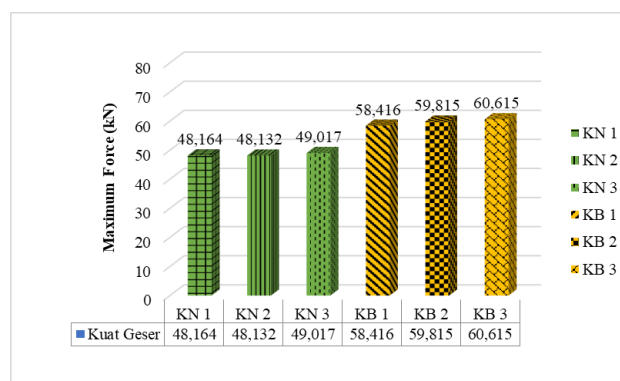
Berikut adalah Tabel hasil kuat geser benda uji kolom tanpa lubang dan kolom berlubang dengan variasi tulangan geser dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Geser Kolom

Tipe Benda Uji	Kapasitas Geser (kN)	Rata-rata Kuat Geser (kN)
KN 1	48,164	48,438
KN 2	48,132	
KN 3	49,017	
KB 1	58,415	59,615
KB 2	59,815	
KB 3	60,615	

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Pada tabel 14 menunjukkan bahwa rekapitulasi hasil perhitungan kuat geser pada kolom normal tanpa lubang sebesar 48,438 kN, sedangkan pada kolom berlubang dengan variasi diameter tulangan geser sebesar 59,615 kN. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa berlubang dengan variasi diameter tulangan geser memiliki kemampuan menahan beban aksial yang lebih tinggi 18,75% dibandingkan kolom tanpa lubang. Data-data tersebut juga disajikan dalam bentuk diagram rekapitulasi hasil kuat geser benda uji kolom yang visualnya dapat dilihat pada Gambar 14.



Sumber: Hasil Analisis, 2025.

Gambar 14. Diagram Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kuat Geser

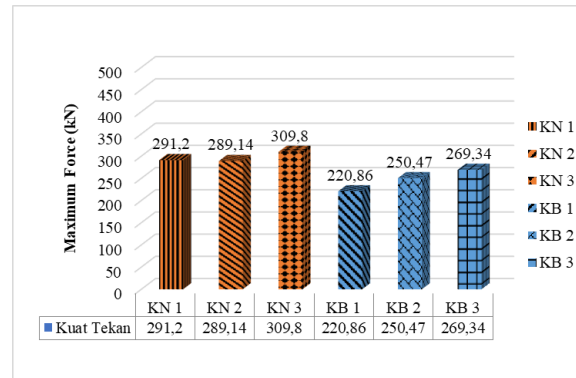
3.8 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Kolom

Berikut adalah hasil rekapan kuat tekan aksial berdasarkan perhitungan dan eksperimen yang dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Kolom

Tipe Benda Uji	Kapasitas Tekan (kN)	Rata-rata Kuat Tekan (kN)
KN 1	291,20	296,71
KN 2	289,14	
KN 3	309,80	
KB 1	220,86	246,89
KB 2	250,47	
KB 3	269,34	

Sumber: Hasil Analisis, 2025.



Sumber: Hasil Analisis, 2025.

Gambar 15. Diagram Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan

Pada tabel 15 menunjukkan bahwa hasil uji menunjukkan bahwa kolom pendek tanpa lubang mampu menahan beban aksial lebih besar dibandingkan kolom berlubang dengan berbagai diameter tulangan geser. Selisih beban maksimum sebesar 16,79% mengindikasikan bahwa lubang memiliki pengaruh besar dalam menurunkan kekuatan tekan kolom. Nilai rata-rata kuat tekan kolom tanpa lubang tercatat 296,71 kN, sedangkan kolom berlubang hanya mencapai 246,89 kN.

Data-data tersebut juga disajikan dalam bentuk diagram rekapitulasi hasil kuat tekan benda uji kolom yang visualnya dapat dilihat pada Gambar 15.

Penurunan ini tidak semata-mata disebabkan oleh bentuk atau geometri kolom yang berubah, tetapi juga dipengaruhi oleh aspek pelaksanaan di lapangan, seperti pemadatan (rojukan) yang kurang maksimal, serta kemungkinan terjadinya segregasi dan bleeding saat pengecoran, yang menyebabkan material tidak tersebar merata. Artinya, walaupun variasi diameter tulangan geser memberikan kontribusi terhadap kekuatan kolom berlubang, keberadaan lubang itu sendiri tetap menjadi penyebab utama berkurangnya daya dukung aksial kolom.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa perbandingan kemampuan kolom pendek berlubang menahan beban aksial dengan variasi diameter tulangan geser yaitu kolom beton bertulang tanpa lubang lebih kuat daripada kolom beton berlubang dengan variasi diameter tulangan geser. Kolom beton bertulang tanpa lubang mampu menahan beban aksial sebesar 296,71 kN yang lebih besar 16,79% dari kolom beton bertulang berlubang dengan variasi diameter tulangan geser yang hanya mampu menahan beban aksial sebesar 246,89 kN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua dosen yang sudah membimbing serta memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan dan pengerjaan jurnal ini. Terima kasih juga kepada Politeknik Negeri Banyuwangi yang sudah memberikan fasilitas untuk menunjang pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] R. S. Silaban, D. Tjitradi, and S. Taufik, "Permodelan Pengekangan Kolom Pada Beton Mutu Normal Dengan Metode Elemen Hingga 3-D," *Media Ilm. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 2, pp. 104–115, 2020, doi: 10.33084/mits.v8i2.1408.
- [2] Fachri, Deded Eka Sahputra, Asri Yuda Trinanda, and Rafki Imani, "Analisis Perbandingan Perilaku Struktur Dengan Variasi Bentuk Penampang Kolom Beton Bertulang," *Civ. Eng. Collab.*, vol. 8, pp. 1–6, 2023, doi: 10.35134/jciv.v8i2.61.
- [3] A. R. Tuga, Y. L. Suku, and M. Y. Nisanson, "Analisis Perilaku Struktur Gedung Berkolom Masif Dan Berlubang," *Teknosiar*, vol. 14, no. 1, pp. 1–9, 2020, doi: 10.37478/teknosiar.v14i1.1130.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung," *Sni 2847-2019*, no. 8, p. 720, 2019.
- [5] A. A. Mulyadi and E. Walujodjati, "Pengaruh Korosi Tulangan Secara Alami pada Balok Beton Bertulang Terhadap Kuat Lentur dan Geser," *J. Konstr.*, vol. 20, no. 2, pp. 299–310, 2022, doi: 10.33364/konstruksi/v.20-2.1213.
- [6] M. M. Alim and M. Ujianto, "Pengaruh Luas Baja Tulangan pada Kondisi Axial Forces terhadap Kapasitas Penampang Struktur Kolom Gedung Bertingkat Tinggi," *Pros. Semin. Nas. Tek.*, 2023, [Online]. Available: <https://proceedings.ums.ac.id/index.php/sipil/article/view/2697%0Ahttps://proceedings.ums.ac.id/index.php/sipil/article/download/2697/2660>
- [7] A. Wibowo, M. T. Hidayat, A. Rochim, J. T. Sipil, F. Teknik, and U. B. Malang, "Variasi Rasio Volume Tulangan Transversal Dengan Inti Beton Variasi Rasio Volume Tulangan Transversal Dengan Kolom Beton Bertulang," vol. 3, no. April, pp. 181–191, 2016.
- [8] S. Zuraidah and K. Budi hastono, "Pengaruh Rongga Dalam Beton Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Tek. Sipil KERN*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2013.
- [9] T. B. M. K-, K.-D. K-, S. K-, K.-Q. Concrete, and H. Mahsul, "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.
- [10] S. Nasrul, G. Yanti, and S. W. Megasari, "Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur pada Beton Berpori," vol. 04, 2021.
- [11] 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, doi: 10.35334/be.v5i3.1661.
- [12] Z. Nursyifa and E. Walujodjati, "Analisis Kolom Beton Bertulang Baja Ringan," *J. Konstr.*, vol. 19, no. 2, pp. 318–329, 2022, doi: 10.33364/konstruksi/v.19-2.922.
- [13] T. Hartono Bagio and Tavio, *Dasar-Dasar Beton Bertulang*. 2019.
- [14] I. Ariani, M. R. Aditya, and M. Jamal, "Analisis Elemen Struktur Balok Dan Kolom Beton Bertulang (Studi Kasus Gedung Dealer Honda Astra Kota Samarinda)," *Teknol. Sipil J. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 7, no. 1, p. 29, 2023, doi: 10.30872/ts.v7i1.11229.
- [15] F. Kamil, "Pengujian Awal Agregat Kasar, Agregat Halus, Semen, Dan Air: Fondasi Penelitian Beton Berkualitas," *J. Konstr. dan Infrastruktur*, vol. 11, no. 2, pp. 77–88, 2023, doi: 10.33603/jki.v11i2.8700.
- [16] 2000 SNI 03-1745, "Tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Pipa Tegak dan Slang untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung," *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–83, 2000.
- [17] K. N. Cahyani, A. Soehardjono, and A. Wibowo, "Kajian Eksperimental Pola Retak Pada Sambungan Balok-Kolom Beton Pracetak Dengan Menggunakan Sambungan Kering," *PROKONS Jur. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 1, p. 31, 2019, doi: 10.33795/prokons.v13i1.171.