



Perbandingan Kemampuan Menahan Beban Aksial Kolom Pendek Berlubang Dengan Variasi Diameter Tulangan Utama

Handi Abdul Halim Pangestu¹, Mohamad Galuh Khomari², I Ketut Hendra Wiryasuta⁴, Mirza Ghulam Rifqi⁵

¹Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

¹hndiabdulhalim@gmail.com, ²mohamadgaluh@poliwangi.ac.id, ⁴hendrawiryasuta@poliwangi.ac.id,

⁵mirza@poliwangi.ac.id

Abstract

The aesthetic demands of the architectural side of a building are often used as the main reason for installing drainage pipes or mechanical and electrical installations in the column. The addition of these holes results in a reduction in the cross-sectional area of the column, which will affect the compressive strength of the column. According to Article 6.3.4 of SNI Regulation 2847-2013, the installation of channels or pipes within a column is allowed, provided that their total cross-sectional area does not exceed 4% of the column's cross-sectional area. However, in practice, this limit is often surpassed in the field. This study aims to compare the compressive strength of normal columns and perforated columns under identical quality and dimensional conditions. The method for determining the compressive strength of concrete involves planning, manufacturing, and testing both normal columns and perforated columns. This process includes variations in the diameter of the main reinforcement, using a PVC pipe that constitutes 5.58% of the column's cross-sectional area. Testing is conducted once the concrete has reached an age of 28 days. The research findings indicate that the perforated concrete column, which featured variations in the diameter of the main reinforcement, achieved an average compressive strength of 311.610 kN. This represents a 4.98% increase compared to the normal concrete column, which had an average compressive strength of 296.713 kN. The results of this study recommend the use of perforated columns with variations in the main reinforcement diameter as an alternative to columns that require pipe installation space, without significantly reducing the compressive strength. These findings can help the construction industry enhance space and material efficiency in building structures.

Keywords: Axial Load Capacity, Column, Main Reinforcement, PVC Pipe

Abstrak

Tuntutan estetika dari sisi arsitektural dalam sebuah bangunan sering dijadikan sebagai alasan utama pemasangan pipa-pipa drainase ataupun instalasi mekanikal elektrikal di dalam kolom. Penambahan lubang tersebut mengakibatkan terjadi pengurangan luas penampang kolom yang akan mempengaruhi kekuatan tekan kolom. Dalam peraturan SNI 2847-2013 pasal 6.3.4 sudah di jelaskan penempatan saluran atau pipa di dalam kolom diperbolehkan dengan syarat tidak boleh melebihi 4% dari luas penampang kolom, namun dalam praktik di lapangan sering melebihi batas tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kemampuan kuat tekan kolom normal dengan kolom berlubang dalam memikul beban tekan dengan mutu yang sama dan dimensi yang sama. Metode yang digunakan untuk menentukan kuat tekan beton dilakukan perencanaan, pembuatan, dan pengujian kuat tekan pada kolom normal dan kolom berlubang variasi diameter tulangan utama dengan diameter pipa PVC 5,58% dari luas penampang kolom. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa kolom beton berlubang dengan variasi diameter tulangan utama memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 311,610 kN, lebih besar 4,98% dibandingkan kolom beton normal yang memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 296,713 kN. Hasil penelitian ini merekomendasikan penggunaan kolom berlubang dengan variasi diameter tulangan utama sebagai alternatif pada kolom yang membutuhkan ruang instalasi pipa, tanpa menurunkan kekuatan tekan secara signifikan. Hasil ini dapat dimanfaatkan oleh industri konstruksi untuk meningkatkan efisiensi ruang dan material pada struktur bangunan.

Kata kunci: Kapasitas Beban Aksial, Kolom, Pipa PVC, Tulangan Utama



Lisensi

Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Diterima Redaksi : 2025-06-27 | Selesai Revisi : 2025-07-06 | Diterbitkan Online : 2025-11-12

1. Pendahuluan

Berdasarkan SNI 2847-2019 kolom adalah elemen struktural vertikal yang berperan sebagai penahan beban tekan dalam suatu rangka bangunan, berfungsi mendukung balok dan menyalurkan beban dari atas, termasuk beban atap, balok, dan pelat, ke tanah melalui pondasi. Fungsi utama kolom dalam konstruksi adalah sebagai penyangga beban vertikal, menjaga kestabilan struktur, serta memastikan distribusi beban yang merata ke pondasi, sehingga kegagalan kolom dapat berdampak serius dan membahayakan penghuni bangunan [1]. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menegaskan bahwa keruntuhan kolom dapat menyebabkan keruntuhan total Struktur karena kolom merupakan komponen tekan utama dalam sistem rangka bangunan [2].

Perkembangan desain arsitektur modern yang menekankan aspek estetika, seperti pada bangunan minimalis, sering kali menghendaki agar instalasi air seperti pipa drainase atau instalasi mekanikal-elektrikal harus ditanam di dalam kolom. Pemasangan pipa di dalam kolom ini dapat menyebabkan berkurangnya luas penampang kolom, yang pada akhirnya menurunkan kapasitas aksial kolom dalam menahan beban. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa semakin besar diameter pipa yang dipasang di dalam kolom, semakin signifikan penurunan kapasitas aksial kolom tersebut [3]. Beberapa temuan serupa juga menyatakan bahwa semakin besar dan banyak lubang pada kolom, maka kekuatan tekan kolom semakin menurun secara signifikan [4][5]. Pipa PVC di dalam kolom beton dapat menyebabkan berkurangnya luas penampang efektif kolom akibat terbentuknya rongga, sehingga berpengaruh signifikan terhadap penurunan kekuatan aksial dan momen nominal, serta penurunan daktilitas jika luas lubang melebihi batas tertentu [6].

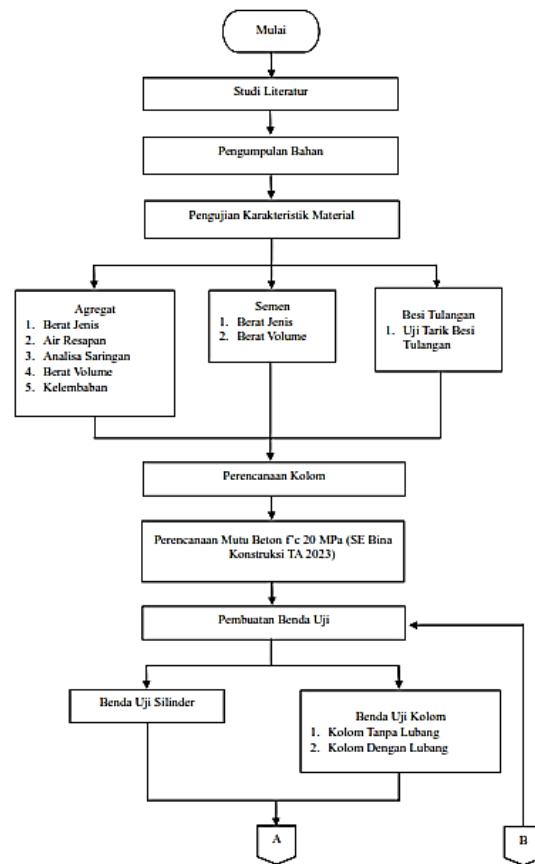
Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa keberadaan serta ukuran lubang pada kolom berdampak signifikan terhadap kinerja Struktur secara keseluruhan jika dibandingkan dengan kolom tanpa lubang. Studi lain juga membuktikan bahwa kolom berlubang mengalami penurunan kekuatan aksial dan momen nominal, serta penurunan daktilitas jika luas lubang melebihi batas tertentu [7].

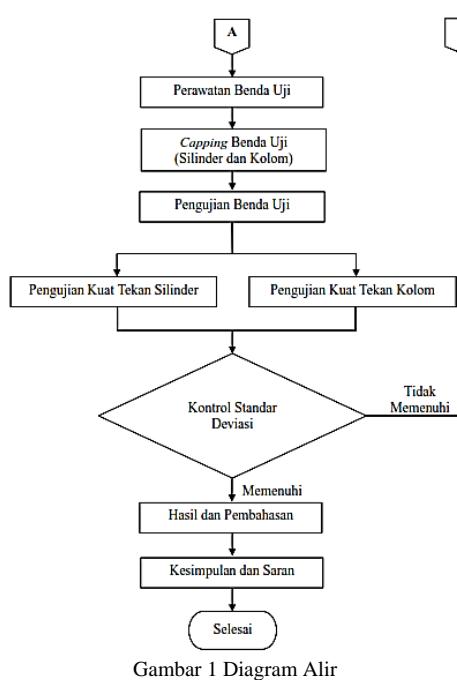
Berdasarkan SNI 2847-2023 pasal 6.3.4 telah mengatur bahwa penempatan saluran atau pipa di dalam kolom diperbolehkan dengan syarat tidak boleh melebihi 4% dari luas penampang kolom yang diperlukan untuk kekuatan atau perlindungan terhadap kebakaran [8]. Namun, dalam praktik di lapangan, sering ditemukan pemasangan pipa yang melebihi batas tersebut, sehingga dapat mengurangi kekuatan konstruksi secara berlebihan dan meningkatkan risiko keruntuhan struktur karena ketidakmungkinan kolom menahan beban. Penelitian terdahulu juga menegaskan pentingnya fungsi luas lubang pada kolom demi menjaga kinerja struktur [9].

Dalam rekayasa struktur beton bertulang, penambahan tulangan utama pada kolom dapat meningkatkan kapasitas beban aksial dan lentur kolom, karena tulangan baja dengan kekuatan tarik yang tinggi dapat memperkuat beton dalam menahan beban. Penelitian lain bahwa peningkatan rasio luas tulangan utama pada kolom berlubang dapat meningkatkan kapasitas aksial dan momen nominal kolom, sehingga dapat mendekati atau bahkan melampaui kuat tekan kolom tanpa lubang [2], sesuai prinsip-prinsip yang diatur dalam SNI 2847-2019. Beberapa penelitian juga menambahkan bahwa penggunaan tulangan spiral pada kolom berongga lebih efektif dalam meningkatkan kekuatan tekan dibandingkan tulangan persegi panjang [10].

2. Metode Penelitian

Adapun dalam penelitian ini dimulai dari studi literatur dimana pada bagian ini dilakukan pengumpulan berbagai materi, jurnal yang nantinya digunakan untuk acuan dalam melakukan penelitian kemudian dilanjut dengan pengujian karakteristik material, perencanaan kolom, perencanaan mutu beton, pembuatan benda uji silinder sebanyak 3 buah dan benda uji kolom sebanyak 6 buah, setelah itu dilanjutkan dengan perawatan benda uji yaitu perendaman selama 28 hari dan yang terakhir yaitu pengujian kuat tekan. Untuk mempermudah pelaksanaan dan meminimalisir kesalahan teknis dibuat diagram alir, berikut diagram alir dapat dilihat pada Gambar 1.





2.1. Pengumpulan Bahan

Pengumpulan bahan penyusun beton dilakukan pada tahap awal dalam pembuatan benda uji seperti semen portland tipe 1, agregat halus (pasir lumajang), agregat kasar (kerikil) yang dipapatkan di PT. King Beton Banyuwangi, air, dan besi tulangan harus dipilih dengan teliti sesuai dengan standar mutu yang berlaku.

2.2. Pengujian Karakteristik Material

Pengujian karakteristik material yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan semen. Dimana pengujian mencangkup pengujian berat jenis, air resapan, analisa saringan, berat volume, dan kadar lumpur

2.3. Perencanaan Kolom

Kolom dibedakan dalam dua tipe yaitu kolom pendek dan kolom panjang/langsing. Ukuran untuk menentukan kolom pendek adalah berdasarkan nilai kelangsungan yang dinyatakan oleh $\frac{k.L_u}{r}$ untuk kolom *braced frame* $k \leq 1$, kolom *unbraced frame* $k \geq 1$, tetapi nilai ini seharusnya berdasarkan nilai dari bantuan *alignment chart* [11]. Secara terinci pengaruh kelangsungan ditentukan oleh :

- Untuk mementukan struktur tekan yang tidak di *breising* terhadap goyangan penyamping, pengaruh dari kelangsungan boleh diabaikan jika :

$$\frac{k.L_u}{r} < 22 \quad (1)$$

- Untuk komponen struktur tekan yang *braising* terhadap goyangan menyamping, pengaruh dari kelangsungan boleh diabaikan jika :

$$\frac{k.L_u}{r} < 34 - 12. (M_1/M_2) \leq 40 \quad (2)$$

Keterangan :

- L_u = tinggi bagian kolom yang tidak ditumpu secara leteral
 k = faktor yang tergantung pada jenis dukungan pada ujung-ujung kolom
 r = radius girasi penampang bedasarkan SNI 2847-2019 pasal 6.2.5.1
 M_1 = momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada kolom
 M_2 = momen ujung terfaktor yang lebih besar pada kolom

2.4. Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dilakukan sesuai dengan perencanaan campuran beton Bina Konstruksi TA 2023 [12]. Campuran beton dibuat benda uji silinder 3 buah dan benda uji kolom 6 buah sesuai pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi Campuran Beton 20 Mpa

No.	Material	Koef	
1	Semen Portland	348	Kg
2	Pasir Pasang	790	Kg
3	Kerikil	1009	Kg
4	Air	202	Kg

2.5. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan ketika semua tahapan awal telah selesai dilakukan, dimana pada tahap ini dilakukan pencampuran material penyusun beton sesuai dengan proporsi yang telah direncanakan sesuai pada Tabel 2.



Gambar 2 Pembuatan Benda Uji Kolom

Tabel 2 Jumlah Benda Uji

Kode	Jumlah Benda Uji	Umur (hari)
BS	3	28
KN	3	28
TU	3	28

2.6. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan merendam didalam bak yang berisi air. Dimana umur perencanaan benda uji 28 hari.

2.7. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan alat *compression Testing machine* untuk pengujian benda uji silinder dan alat *Universal Testing Machine* digital untuk pengujian benda uji kolom. Kuat tekan akan terlihat otomatis menjadi satuan Mega Pascal karena mesin yang digunakan adalah mesin digital sehingga langsung terkonversi.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal. 10.3.6.2 rumus untuk kapasitas beban aksial maksimum pada kolom struktur non-prategang dengan jumlah pengikat (sengkang) [8] adalah :

$$P_{n \max} = 0,8 (0,85f'c (A_g - A_{st})f_y A_{st}) \quad (3)$$

Penelitian ini menggunakan luas lubang terhadap luas penampang kolom. Untuk mendapatkan luas lubang tersebut digunakan pipa PVC dengan diameter pipa yang dibutuhkan. Maka kapasitas beban aksial menjadi :

$$P_{n \max} = 0,8 (0,85f'c (A_g - A_{st} - A_{pipa})f_y A_{st}) \quad (4)$$

Keterangan:

- A_g = Luas Penampang kolom
- A_{st} = Luas total tulangan tekan memanjang
- f'_c = Kuat Tekan Beton (MPa)
- A_{pipa} = Luas penampang pipa PVC



Gambar 3 Alat Uji *Universal Testing Machine*

Universal Testing Machine (UTM) pada Gambar 3 dipergunakan untuk menguji kuat tekan kolom bertulang. Alat ini terintegrasi dengan komputer dengan tampilan grafik dan dapat merekam hasil secara *real-time*. Penggunaan alat *universal testing machine* dalam penelitian ini sangat penting untuk memperoleh data kuat tekan aksial maksimum (P_n) dari setiap spesimen kolom, baik kolom normal maupun kolom berlubang dengan variasi diameter tulangan utama. Data yang dihasilkan dari *universal testing machine* bersifat akurat dan dapat diandalkan sebagai dasar analisis perbandingan kapasitas aksial maksimum antar variasi kolom yang diuji. Berikut dokumentasi pengujian benda uji kolom bertulang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Pengujian Kuat Tekan Kolom

2.8. Standar Deviasi

Pengukuran standar deviasi pada kuat tekan beton dilakukan melalui beberapa langkah, setelah melakukan pengujian kuat tekan beton, selanjutnya hasil nilai rata-rata kuat tekan beton dihitung dengan menjumlahkan seluruh hasil uji kemudian dibagi dengan jumlah benda uji yang diuji. Setelah memperoleh nilai rata-rata, langkah berikutnya adalah menghitung variansi, yaitu rata-rata kuadrat selisih antara setiap nilai kuat tekan dengan nilai rata-rata seperti pada Tabel 3. Variansi ini kemudian digunakan untuk menghitung standar deviasi dengan mengambil akar kuadrat dari nilai variansi tersebut. Berdasarkan SNI 2847-2013, standar deviasi dapat dinyatakan sebagai berikut [8]:

$$S = \frac{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}{(n-1)} \quad (5)$$

Keterangan:

- x_i = nilai kuat tekan pada benda uji ke- i
- \bar{x}_r = nilai rata-rata kuat tekan
- n = jumlah benda uji

Tabel 3 Kontrol Standar Deviasi [8]

Standar Laboratorium	Standar Deviasi (kg/cm ²)	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	

2.9. Pembahasan dan Kesimpulan

Dari data kuat tekan yang telah diolah pada standar deviasi dari masing-masing benda uji, kemudian selanjutnya data tersebut diplot kedalam grafik sehingga dapat terlihat secara jelas perubahan dan pengaruh kolom berlubang terhadap variasi diameter tulangan utama. Dari analisa yang telah dilakukan kemudian dapat disimpulkan tentang perbandingan kemampuan menahan beban aksial kolom pendek normal dengan kolom pendek berlubang dan dapat diberikan saran yang membangun pada penelitian yang telah dikerjakan.

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 kolom agar beton yang dihasilkan dapat memiliki kekautan yang diharapkan. Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan di dapat hasil sebagai berikut.

Tabel 4 Rekapitulasi Pengujian Agregat Halus (pasir)

No	Pengujian	Hasil	
1	Berat Jenis	2,509	
2	Berat Volume	Dengan Rojokan	Dengan Rokokan
		1,605 gr/cm ³	1,379 gr/cm ³
3	Kadar Air Resapan	1.01%	
4	Kelembapan	3,03%	
5	Analisa Saringan	Zona 3	

Berdasarkan Tabel 4 hasil pengujian menunjukkan berat jenis pasir sebesar 2,509, dengan berat volume masing-masing 1,605 gr/cm³ (dengan rojokan) dan 1,379 gr/cm³ (tanpa rojokan). Kadar air resapan sebesar 1,01% dan kadar kelembapan menunjukkan pasir dalam kondisi cukup stabil 3,03%. Berdasarkan analisa saringan, pasir tergolong Zona 3 dengan gradasi halus yang sesuai untuk campuran beton.

Tabel 5 Rekapitulasi Pengujian Agregat Kasar (kerikil)

No	Pengujian	Hasil	
1	Berat Jenis	2,486	
2	Berat Volume	Dengan Rojokan	Dengan Rokokan
		1,462 gr/cm ³	1,359 gr/cm ³
3	Kadar Air Resapan	1.379%	
4	Kelembapan	1,660 %	
5	Analisa Saringan	Zona 3	

Berdasarkan Tabel 5 hasil pengujian menunjukkan berat jenis pasir sebesar 2,486, dengan berat volume masing-masing 1,462 gr/cm³ (dengan rojokan) dan 1,359 gr/cm³ (tanpa rojokan). Kadar air resapan sebesar 1,379% dan kadar kelembapan menunjukkan pasir dalam kondisi cukup stabil 1,660%. Berdasarkan analisa saringan, pasir tergolong Zona 3 sesuai untuk campuran beton.

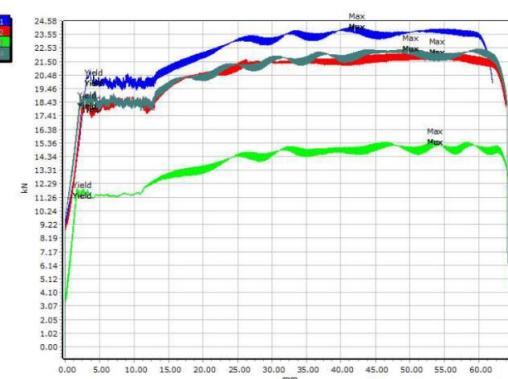
Tabel 6 Rekapitulasi Pengujian Semen

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

Berdasarkan Tabel 6 hasil pengujian menunjukkan berat jenis semen sebesar 3,09. Berat volume semen masing-masing sebesar 1,058 gr/cm³ (dengan rojokan) dan 1,17 gr/cm³ (tanpa rojokan), yang mencerminkan kerapatan semen dalam kondisi tertentu.

Tabel 7 Rekapitulasi Pengujian Besi Tulangan ø6

No.	Area	Maximum Force (kN)	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
<i>Average</i>	26,51	22,77	699,76

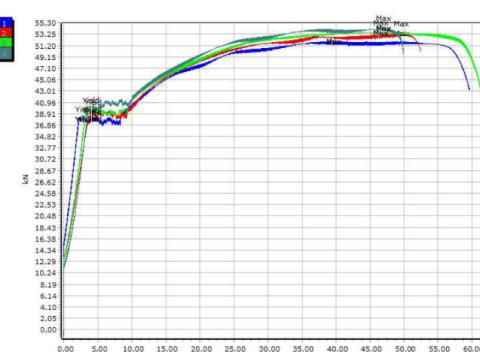


Gambar 5 Grafik Uji Tarik Besi Tulangan ø6

Berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 5, hasil pengujian nilai gaya tarik maksimum berkisar antara 21,68 kN hingga 23,87 kN, dengan rata-rata sebesar 22,77 kN. Sementara pada nilai pada Yield Stress menunjukkan nilai berkisar 653,05 MPa hingga 753,68 MPa. Data ini digunakan untuk perencanaan perhitungan desain kolom dengan beban aksial pada kolom pendek bertulang.

Tabel 8 Rekapitulasi Pengujian Besi Tulangan ø10

No.	Area	Maximum Force (kN)	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	545,2
<i>Average</i>	71,63	53,31	538,46

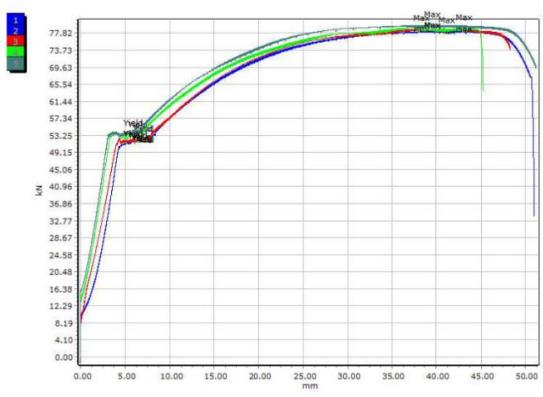


Gambar 6 Grafik Uji Tarik Besi Tulangan ø10

Berdasarkan Tabel 8 dan Gambar 6, hasil pengujian nilai gaya tarik maksimum berkisar antara 51,97 kN hingga 54,36 kN, dengan rata-rata sebesar 53,31 kN. Sementara pada nilai pada *Yield Stress* menunjukkan nilai berkisar 527,15 MPa hingga 551,51 MPa, dengan rata-rata 538,46 MPa. Data ini digunakan untuk perencanaan perhitungan desain kolom dengan beban aksial pada kolom pendek bertulang.

Tabel 9 Rekapitulasi Pengujian Besi Tulangan ø12

No.	Area	Maximum Force (kN)	Yield Stress (MPa)
1	109,73	78,42	474,72
2	109,73	78,96	474,62
3	109,73	79,13	483,96
4	109,73	79,82	488,05
<i>Average</i>	109,73	79,08	480,34



Gambar 7 Grafik Uji Tarik Besi Tulangan ø12

Berdasarkan Tabel 9 dan Gambar 7, hasil pengujian nilai gaya tarik maksimum berkisar antara 78,49 kN hingga 79,82 kN, dengan rata-rata sebesar 79,08 kN. Sementara pada nilai pada *Yield Stress* menunjukkan nilai berkisar 474,62 MPa hingga 488,05 MPa, dengan rata-rata 480,34 MPa. Data ini digunakan untuk perencanaan perhitungan desain kolom dengan beban aksial pada kolom pendek bertulang.

3.2. Hasil *Mix Design*

Berdasarkan kuat tekan yang direncanakan dan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan kebutuhan material yang digunakan untuk membuat benda uji kolom yang disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10 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

3.3. Hasil Pengujian Kuat Silinder

Pengujian Kuat Tekan Silinder dilakukan menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Hasil pengujian kuat tekan silinder disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11 Hasil Kuat Tekan Silinder

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

Pada umur mortar 28 hari nilai kuat tekan mencapai 20,07 Mpa Dengan standar deviasi pengujian yaitu 8,24 dan termasuk dalam kategori sangat baik.

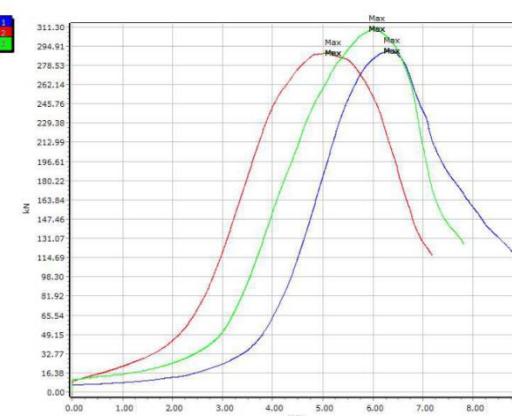
3.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Kolom Beton Normal

Pengujian Kuat Tekan Kolom Beton Normal dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine*. Hasil Pengujian kuat tekan benda uji kolom disajikan pada Tabel 12

Pengujian benda uji kolom pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Hasil Kuat Tekan Kolom Benton Normal

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



Gambar 8 Grafik Uji Kuat Tekan Kolom Beton Normal

Sesuai Gambar 8, hasil pengujian menunjukkan bahwa KN 3 memiliki nilai maksimum force tertinggi yaitu sebesar 309,8 kN, diikuti oleh KN 1 sebesar 291,2 kN, dan KN 2 sebesar 289,14 kN. Nilai gaya maksimum tersebut menggambarkan kapasitas aktual kolom beton dalam menahan beban tekan. Data pada grafik ini juga berfungsi sebagai nilai pembanding (kontrol) dalam analisis struktur terhadap kolom dengan kondisi modifikasi tertentu, sehingga dapat dinilai seberapa

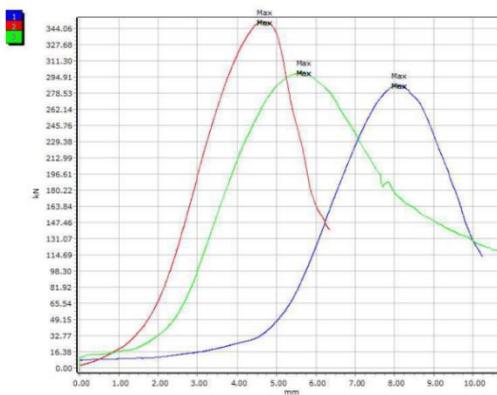
besar pengaruh variasi geometri terhadap kapasitas tekan kolom.

3.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Kolom Beton Berlubang

Pengujian kuat tekan kolom beton berlubang dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine*. Hasil pengujian kuat tekan benda uji disajikan pada Tabel 13. Pengujian benda uji kolom beton berlubang pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 Hasil Kuat Tekan Kolom Beton Berlubang

Tipe Benda Uji	Kapasitas Tekan (kN)	Rata-rata Kuat Tekan (kN)
TU 1	285,74	
TU 2	349,96	311,610
TU 3	299,13	



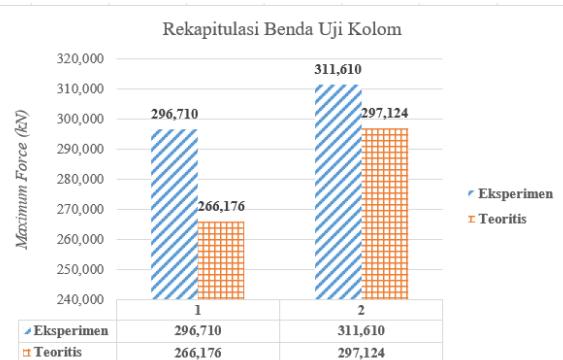
Gambar 9 Grafik Uji Kuat Tekan Kolom Beton Berlubang

Berdasarkan Gambar 9, hasil pengujian menunjukkan bahwa TU2 memiliki kapasitas tekan tertinggi sebesar 349,96 kN, disusul oleh TU3 sebesar 299,13 kN, dan TU1 dengan nilai terendah yaitu 285,74 kN. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa peningkatan diameter tulangan utama pada kolom berlubang memberikan pengaruh terhadap peningkatan kapasitas tekan kolom.

3.6 Perbandingan Hasil Pengujian Teoritis dengan Eksperimen

Tabel 14 Perbandingan Nilai Pengujian Teoritis dengan Eksperimen

Tipe Benda Uji	Kapasitas Tekan (kN)	Rata-rata Kuat Tekan (kN)
KN 1	291,20	
KN 2	289,14	296,713
KN 3	309,80	
TU 1	285,74	
TU 2	349,96	311,610
TU 3	299,13	

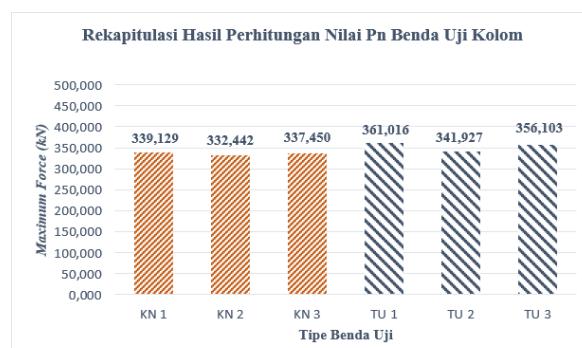


Gambar 10 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Teoritis dengan Eksperimen

Berdasarkan Gambar 10, rata-rata kuat tekan eksperimen kolom normal yaitu sebesar 296,130 kN sedangkan pada eksperimen kolom beton berlubang yaitu sebesar 311.610 kN. Sehingga dapat disimpulkan juga bahwa kolom beton berlubang lebih kuat terhadap kemampuan menahan beban aksial.

3.7 Rekapitulasi

Berdasarkan hasil rekapitulasi pengujian yang ditampilkan pada grafik. Hasil perhitungan nilai Pn Benda Uji Kolom, dapat diamati bahwa terdapat perbedaan nilai kapasitas aksial maksimum (Pn) antara kolom normal (KN) dan kolom berlubang dengan Variasi diamater tulangan utama (TU). Nilai Pn pada kolom normal (KN 1, KN 2, KN 3) berkisar antara 332,442 kN hingga 337,450 kN. Sementara itu, kolom berlubang dengan variasi diameter tulangan utama (TU 1, TU 2, TU 3) menunjukkan nilai Pn yang lebih tinggi, yaitu antara 341,927 kN hingga 361,016 kN. Berikut adalah diagram hasil perhitungan nilai Pn pada benda uji kolom dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Diagram Hasil Perhitungan Nilai Pn

Berdasarkan Gambar 11, peningkatan nilai Pn pada kolom berlubang dibandingkan kolom normal menunjukkan bahwa modifikasi geometri berupa lubang pada kolom tidak menurunkan kapasitas aksial, bahkan cenderung meningkatkan kapasitas tersebut. Hal ini dapat disebabkan oleh redistribusi tegangan dan kemungkinan efek penguatan lokal di sekitar area lubang, meskipun secara teoritis penambahan lubang

sering diasosiasikan dengan penurunan kapasitas. Hasil ini menunjukkan bahwa desain kolom berlubang yang diuji masih mampu menahan beban aksial lebih besar dibandingkan kolom normal dalam kondisi laboratorium.

Berdasarkan hasil rekapitulasi pengujian, kolom berlubang dengan variasi diameter tulangan utama menunjukkan kapasitas aksial maksimum yang lebih tinggi dibandingkan kolom normal. Hasil ini memberikan rekomendasi penting bagi berbagai pihak terkait. Pertama, bagi industri konstruksi, desain kolom berlubang dapat dijadikan alternatif struktural yang efisien, khususnya pada bangunan yang memerlukan ruang tambahan untuk instalasi pipa atau sistem mekanikal elektrikal tanpa mengurangi kapasitas beban aksial kolom. Hal ini memungkinkan peningkatan fleksibilitas desain serta efisiensi penggunaan ruang dan material dalam konstruksi gedung. Kedua, bagi perancang dan konsultan struktur, hasil penelitian ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk mempertimbangkan modifikasi geometri kolom berlubang dalam perencanaan struktur. Dengan demikian, inovasi desain yang adaptif terhadap kebutuhan arsitektural dan mekanikal dapat dikembangkan tanpa mengorbankan aspek kekuatan struktur. Ketiga, bagi masyarakat dan pengguna bangunan, penerapan kolom berlubang memungkinkan integrasi instalasi teknis secara lebih rapi dan estetis, serta berpotensi mengurangi biaya konstruksi dan pemeliharaan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa perbandingan kemampuan menahan beban aksial kolom pendek berlubang dengan variasi diameter tulangan utama yaitu kolom pendek berlubang variasi diameter tulangan utama memiliki rata-rata kuat tekan sebesar 311,610 kN yang lebih besar 4,897% dari kolom pendek normal yang memiliki rata-rata 296,713 kN. Hal tersebut dikarenakan kolom pendek berlubang memiliki luas penampang tulangan utama yang lebih besar dibandingkan dengan tulangan utama pada kolom pendek normal.

Ucapan Terimakasih

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.

Daftar Rujukan

- [1] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung," *SNI 2847-2019*, no. 8, p. 720, 2019.
- [2] A. Nasution and M. Islam, "Analisis Kolom Beton Bertulang Pada Penampang Persegi Berlubang," *Inersia, J. Tek. Sipil*, vol. 11, no. 1, pp. 19–26, 2019, doi: 10.33369/ijts.11.1.19-26.
- [3] Lara Fiana, "Modeling The Effect Of Hole Diameter On Axial And Moment Capacity Columns By Using ANSYS Software," pp. 1–20, 2023.
- [4] S. Batubara and D. Manik, "Pengaruh Lubang Pada Kolom Akibat Gaya Aksial Tekan," *J. Rekayasa Konstr. Mek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2018, doi: 10.54367/jrkms.v1i1.202.
- [5] B. D. H. Laris Parnigotan Situmorang, H. Manalip, "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] S. Suhaimi and H. Mahsul, "Pengaruh Penggunaan Pipa Pada Kolom Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K-250, K-225 Dan K-200," *J. Rekayasa Tek. dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, 2022, doi: 10.51179/rkt.v6i1.1347.
- [7] A. R. Tuga, Y. L. Suku, and M. Y. Nisanson, "Analisis Perilaku Struktur Gedung Berkolom Masif Dan Berlubang," *Teknosiari*, vol. 14, no. 1, pp. 1–9, 2020, doi: 10.37478/teknosiari.v14i1.1130.
- [8] S. 2837-2913, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013," *Standar Nas. Indones.*, p. 265, 2013.
- [9] Y. L. Suku and K. Je, "Modeling and Analysis of the Effect of Holes in Reinforced Concrete Column Structures," *J. Civ. Eng. Forum*, vol. 6, no. 1, p. 27, 2020, doi: 10.22146/jcef.48722.
- [10] S. Zuraidah, K. Budihastono, and ..., "Peningkatan Kekuatan Kolom Berongga Untuk Memikul Beban Maksimum," *J. Tek. Sipil* ..., pp. 1–12, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.unitomo.ac.id/index.php/sipil/article/view/266>
- [11] A. Antonius, *No Title*, Cetakan Pe. Semarang: UNISSULA Press, Universitas Islam Sultan Agung ISBN 978-623-7097-94-5, 2021.
- [12] S. E. D. J. B. K. N. 73/SE/Dk/2023, "SE Bina Kontruksi TA/2023," pp. 1–12, 2023.