

PENGARUH JARAK SENGKANG DAN RASIO TULANGAN LONGITUDINAL TERHADAP DAKTILITAS KOLOM BERTULANGAN RINGAN AKIBAT BEBAN SIKLIK

Karina Pearlaura Vadra, Ari Wibowo, Sugeng P. Budio

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: karinapearlauravadra@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kolom merupakan struktur batang tekan vertikal yang memiliki fungsi utama sebagai penyalur beban-beban bangunan dari atas hingga ke pondasi, sehingga kolom memiliki peran yang sangat penting pada sebuah struktur bangunan. Di Indonesia, masih sering dijumpai bangunan tua dan rumah tinggal yang memiliki rasio tulangan longitudinal kurang dari 1% atau biasa dikenal dengan kolom bertulangan ringan. Jarak sengkang merupakan salah satu aspek konstruksi yang penting pada kolom, dimana perencanaan jarak sengkang yang kurang tepat dapat mempengaruhi kegagalan suatu kolom. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku kolom bertulangan ringan akibat gempa, dimana perilaku yang akan diteliti adalah duktilitas perpindahan. Pada penelitian ini digunakan kolom beton bertulangan ringan sebagai benda uji sebanyak 4 buah dengan 2 variasi, yaitu rasio tulangan longitudinal (0.8% dan 1,1%) dan variasi jarak sengkang (15 cm dan 25 cm). Pengujian dilakukan dengan memberikan beban aksial konstan sebesar 0.1 Pu dan beban siklik hingga kolom melewati keruntunan beban lateral dengan metode displacement control. Data berupa beban dan perpindahan setiap siklusnya dicatat untuk analisis duktilitas. Hasil eksperimental dari penelitian ini adalah kolom L15C dengan rasio tulangan 0.8% dan jarak sengkang 15 cm, memiliki nilai duktilitas sebesar 1.6 sampai 2.4. Untuk kolom L25C dengan rasio tulangan 0.8% dan jarak sengkang 25 cm, memiliki nilai duktilitas sebesar 1.5 sampai 2.9. Kemudian untuk kolom M15C dengan rasio tulangan 1.1% dan jarak sengkang 15 cm, memiliki nilai duktilitas 2.2 sampai 2.4. Sedangkan untuk kolom M25C dengan rasio tulangan 1.1% dan jarak sengkang 25 cm, memiliki nilai duktilitas 1.8 sampai 1.9. Hal ini menjelaskan bahwa kolom dengan rasio tulangan longitudinal 0.8% memiliki duktilitas yang lebih besar dari kolom dengan rasio 1.1%, sedangkan kolom dengan jarak sengkang 15 cm memiliki duktilitas lebih besar dari kolom dengan jarak sengkang 25 cm.

Kata Kunci : kolom bertulangan ringan, duktilitas, jarak sengkang, rasio tulangan longitudinal, beban siklik

ABSTRACT

Column is vertical compression beam structure which has the function as the building loads connector from up to foundation, so column plays an important role in building's structure. . In Indonesia, there are so many old buildings and residence buildings which have longitudinal reinforcement ratio under 1% or also called lightly reinforced concrete column. Confinement spacing is one of important construction aspect on column, whereas the unappropriate confinement spacing design may effect column failure. Because of that, this study has aim to know the performance of lightly reinforced concrete column with subjected to earthquake, where the performance is displacement ductility. This study uses 4 specimens of lightly reinforced concrete column with 2 variations, which are longitudinal reinforcement ratio (0.8% and 1.1%) and confinement spacing (15 cm and 25 cm). The experiment is done by giving axial load about 0.1 Pu constantly and cyclic load until the column reach lateral load failure with displacement control method. Data of lateral load and displacement in every cycle used to analyze the displacement ductility. The experimental result of this study explains that column L15C with reinforcement ratio 0.8% and confinement spacing 15 cm has ductility value about 1.6 to 2.4. For column L25C with reinforcement ratio 0.8% and confinement spacing 25 cm has ductility value about 1.5 to 2.9. Then for column M15C with reinforcement ratio 1.1% and confinement spacing 15 cm has ductility value about 2.2 to 2.4. And for column M25C with reinforcement ratio 1.1% and confinement spacing 25 cm has ductility value about 1.6 to 1.8 to 1.9. These things explain that columns with 0.8% longitudinal reinforcement ratio have a higher ductility than columns with 1.1% longitudinal reinforcement ratio, and columns with the 15 cm confinement spacing have a higher ductility than columns with 25 cm confinement spacing.

Keywords : lightly reinforced column, ductility, confinement spacing, longitudinal reinforcement, cyclic load

1. Pendahuluan

Kolom merupakan batang tekan vertikal yang memiliki fungsi utama sebagai penyalur beban-beban bangunan dari atas hingga ke pondasi. Jika kolom mengalami suatu kegagalan, maka kemungkinan gagalnya keseluruhan bangunan juga tinggi. Hilangnya kemampuan menahan beban vertikal daripada menahan beban lateral menjadi penyebab utama kegagalan pada bangunan saat terjadi gempa.

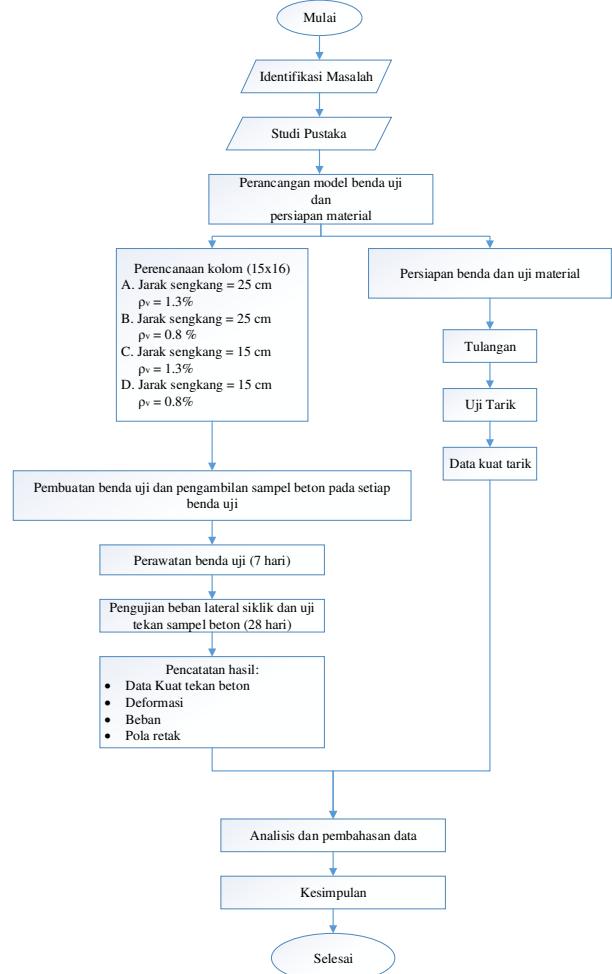
Indonesia memiliki banyak daerah dengan potensi gempa yang tinggi. Oleh karena itu, perencanaan pembangunan di Indonesia harus didesain tahan terhadap gempa, dimana salah satu syaratnya yaitu menggunakan kolom dengan rasio tulangan longitudinal lebih dari 1%. Namun faktanya, di Indonesia masih terdapat bangunan dengan rasio tulangan longitudinal pada kolom kurang dari 1% atau biasa disebut kolom bertulangan ringan. Bangunan tersebut umumnya berupa bangunan-bangunan tua dan rumah-rumah penduduk yang pelaksanaannya dilakukan oleh tukang tanpa didasari pendidikan tentang struktur yang mendalam dan tidak mengacu pada peraturan pembangunan.

Kolom bertulangan ringan dipercaya memiliki kapasitas beban lateral dan kapasitas simpangan yang rendah, namun survey oleh Otani (1999) menunjukkan rata-rata kegagalan bangunan dengan beton bertulangan ringan sangat rendah dan didominasi kerusakan operasional yang berupa rusaknya kolom dan dinding struktural akibat lentur dan retak pada dinding non-struktural.

Kegagalan pada suatu bangunan bisa disebabkan akibat kurang rapatnya jarak antar sengkang yang digunakan. Akan tetapi saat ini banyak bermunculan bangunan tinggal lebih dari satu lantai yang tidak menggunakan sengkang sesuai dengan jarak yang telah ditentukan peraturan akibat penghematan biaya pembangunan.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh jarak sengkang dan rasio tulangan longitudinal terhadap daktilitas kolom bertulangan ringan akibat beban siklik.

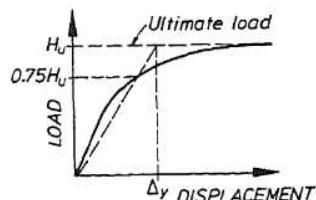
2. Metode



Gambar 1. Digram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai dari studi literatur, analisis perencanaan benda uji kolom, pengujian bahan penyusun kolom yaitu beton dan baja tulangan, serta pengujian beban siklik dengan hasil berupa hubungan beban-perpindahan untuk mendapatkan daktilitas perpindahan.

Daktilitas perpindahan merupakan perbandingan antara perpindahan ultimit dengan perpindahan saat leleh. Pada penelitian ini, diambil 2 titik perpindahan ultimit, yaitu pada saat beban puncak dan pada saat beban puncak mengalami penurunan sebesar 20%, sedangkan perpindahan leleh diambil dari titik potong beban, yang mana beban diambil 75% dari beban ultimate. (Park, 1988)



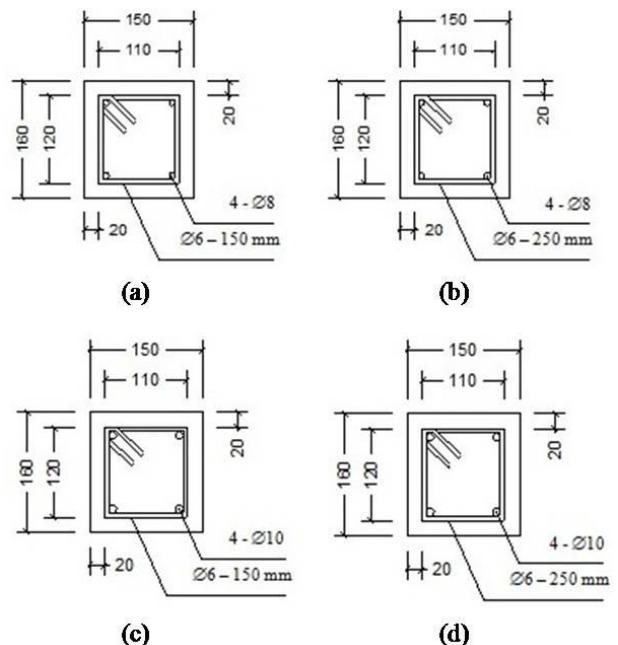
Gambar 2. Pengambilan Titik Leleh

2.1 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini, digunakan 4 buah kolom dengan ukuran penampang kolom 150×160 mm, tinggi kolom 800 mm, dan mutu beton rencana (f'_c) 20 MPa. Variasi rasio tulangan longitudinal yang digunakan 0.8% dan 1.3%, sedangkan jarak sengkang yang digunakan 15 cm dan 25 cm. Nilai mutu beton dan rasio tulangan longitudinal rencana dapat berubah sesuai dengan hasil uji kuat tekan beton di laboratorium dan diameter aktual tulangan.

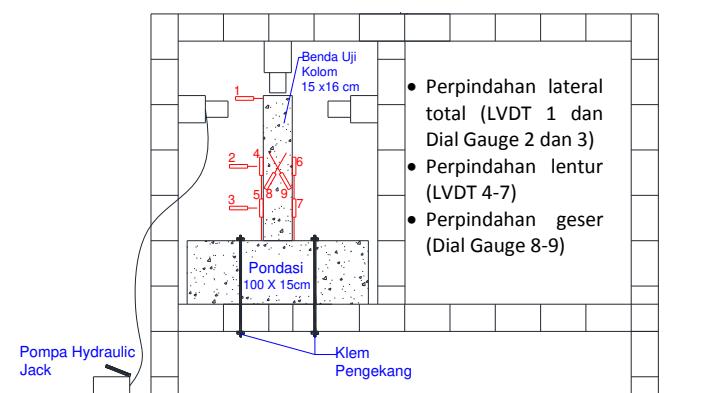
L15C adalah kolom dengan rasio tulangan 0.8% dan jarak sengkang 15 cm, L25C adalah kolom dengan rasio tulangan 0.8% dan jarak sengkang 25 cm, M15C adalah kolom dengan rasio tulangan 1.1% dan jarak sengkang 15 cm, M25C adalah kolom dengan rasio tulangan 1.1% dan jarak sengkang 25 cm. Kolom diuji beban siklik dengan pembacaan perpindahan total pada tinggi 640 mm.

Pengujian kuat tekan beton dan beban siklik dilakukan setelah beton pada kolom berusia lebih dari 28 hari. Pengujian siklik dilakukan dengan memberi beban aksial konstan sebesar 0,1P, displacement control dengan peningkatan drift sebesar 0.25% dari drift 0 sampai 2%, kemudian dilanjutkan dengan peningkatan sebesar 0.5% sampai pengujian tidak dapat dilanjutkan lagi.

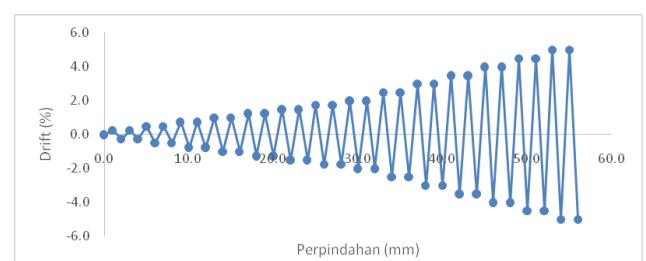


Gambar 3. Detail Penampang Benda Uji :

- (a) L15C; (b) L25C;
- (c) M15C; dan (d) M25C



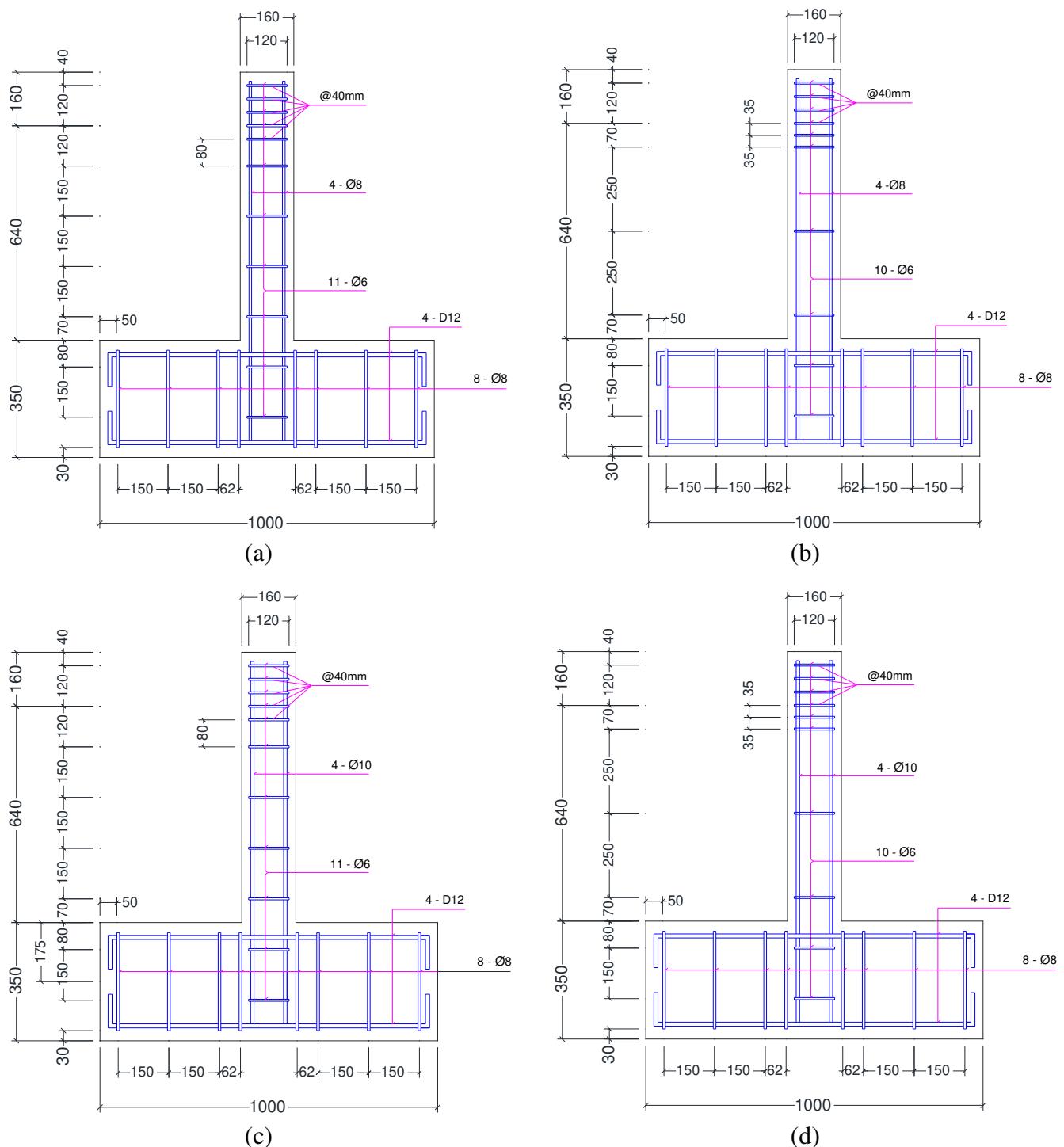
Gambar 4. Setting Up Alat



Gambar 5. Siklus Pembebanan Siklik

Tabel 1. Spesifikasi Benda Uji Kolom

Nama Kolom	Dimensi	Tinggi	Aspek	ϕX	Tulangan	ϕH		Tulangan	n	f_c
	Kolom	Kolom	Rasio	(%)	Longitudinal	Area	Volume	Transversal		
	(mm)	(mm)							(MPa)	
L15C	150 x 160	640	4	0,84	40 - 8	0,12	0,21	60 - 150 mm	0,1	20
L25C	150 x 160	640	4	0,84	40 - 8	0,12	0,21	60 - 250 mm	0,1	20
M15C	150 x 160	640	4	1,1	40 - 10	0,12	0,21	60 - 150 mm	0,1	20
M25C	150 x 160	640	4	1,1	40 - 10	0,12	0,21	60 - 250 mm	0,1	20



Gambar 6. Penulangan Kolom : (a) L15C; (b) L25C;
(c) M15C; (d) M25C

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Material Penyusun Kolom

Material penyusun benda uji kolom yang digunakan adalah beton dan baja tulangan. Sebelum melakukan pengujian beban siklik pada kolom, dilakukan uji tekan pada beton dan uji tarik pada baja tulangan.

Tabel 2. Hasil Uji Tekan Beton

Kolom	Digital Hammer Test (MPa)	Analog Hammer Test (MPa)	Uji Tekan Silinder (MPa)	f_c (MPa)
L15C	21,5	23,60	18,73	21,28
L25C	31,5	25,84	24,45	27,26
M15C	19	23,60	25,35	22,65
M25C	19	23,73	20,09	20,94

Pengujian mutu beton dilakukan dengan menggunakan uji silinder, *analog hammer test*, dan *digital hammer test* pada usia lebih dari 28 hari. Nilai mutu beton yang digunakan adalah hasil pembacaan *analog hammer test* pada masing-masing bend uji, karena sistem pembacaan *analog hammer test* mengambil nilai tengah setiap pembacaan. Hasil pembacaan *digital hammer test* tidak digunakan karena sistem pembacaannya mengambil nilai pembacaan terendah, sedangkan hasil uji tekan silinder tidak digunakan karena hanya menggunakan 1 silinder untuk masing-masing benda uji, sehingga hasilnya kurang meyakinkan.

Tabel 3. Hasil Uji Tarik Baja Tulangan

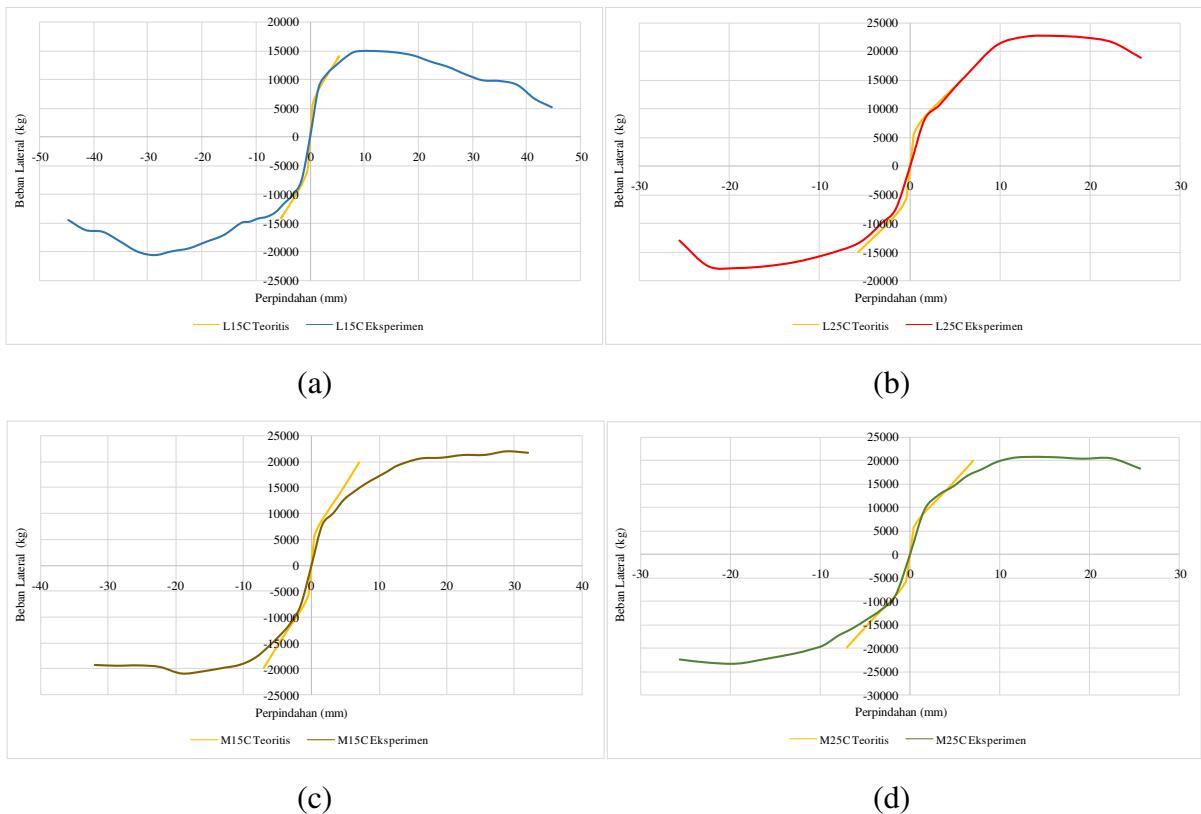
No. Tulangan	Diameter	Diameter Aktual (mm ²)	A (mm ²)	P (N)	f_y (Mpa)
4	Ø6	5,92	27,53	10359,6	376,36
		f_y			376,36
3	Ø8	7,61	45,48	20000,1	439,72
2	Ø8	7,61	45,48	20523,5	451,22
1	Ø8	7,61	45,48	20000,1	439,72
		f_y			443,55
3	Ø10	9,15	65,76	35803,5	544,49
2	Ø10	9,15	65,76	35476,6	539,52
1	Ø10	9,15	65,76	36034,7	548,01
		f_y			544,01

Berdasarkan hasil uji tarik tulangan baja, digunakan tegangan leleh (f_y) untuk diameter Ø6, Ø8, dan Ø10 berturut-turut sebesar 376.36 MPa, 443.55 MPa, dan 544.01 MPa.

3.2 Hasil Pengujian Beban Siklik

Analisis hubungan beban-perpindahan untuk kurva positif dan negatif dilakukan dengan merata-rata hasil setiap siklus yang sama, sehingga kurva positif dan negatif memiliki bentuk yang tidak selalu sama. Hasil dari kurva positif akan dibandingkan dengan hasil kurva positif lainnya, begitu juga dengan kurva negatif.

Hal tersebut dilakukan karena hasil dari pengujian beban lateral siklik antara kurva positif dan negatif tidak dapat dibandingkan secara langsung, karena pada saat pengujian siklus negatif pada spesimen sudah terjadi penurunan kekuatan akibat pengujian siklus positif yang dilakukan sebelumnya.



Gambar 7. Envelope P- Δ : (a) L15C; (b) L25C; (c) M15C; (d) M25C

• Analisis Beban Lateral Maksimum

Tabel 4. Perbandingan Beban Lateral Eksperimen dan Teoritis

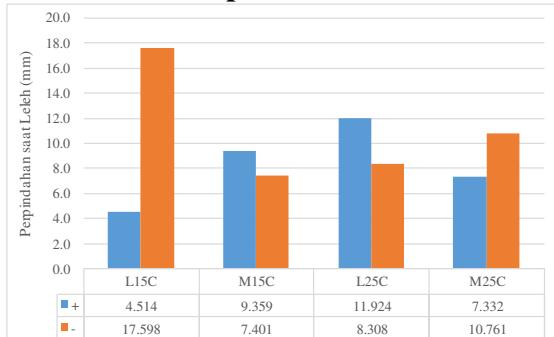
Kolom	H _{max} (kg)		Selisih (%)	
	Eksperimen	Teoritis		
L15C	+	1508.500	1366.210	10.415
	-	2061.250	1366.210	50.874
L25C	+	2270.500	1418.603	60.052
	-	1778.500	1418.603	25.370
M15C	+	2202.500	1981.833	11.134
	-	1930.000	1981.833	2.615
M25C	+	2080.000	1984.980	4.787
	-	2322.500	1984.980	17.004

Beban lateral maksimum adalah salah satu hal yang sangat penting dalam perhitungan duktilitas perpindahan, karena komponen duktilitas perpindahan seperti perpindahan saat leleh dan perpindahan saat ultimit sangat berkaitan dengan beban lateral maksimum. Oleh karena itu, perlu adanya kontrol terhadap nilai beban lateral maksimum yang terjadi saat pengujian.

Dari tabel 4.4, tampak bahwa beban lateral maksimum hasil eksperimen yang mendekati hasil teoritis yaitu pada spesimen L15C di bagian kurva positif, M15C serta M25C pada bagian kurva positif dengan selisih antara 0-12%. Sedangkan untuk spesimen L15C di bagian kurva negatif, L25C, dan M25C di bagian kurva negatif, selisih antara hasil eksperimen dengan teoritis cukup jauh, dan selisih beban lateral maksimum terjauh terdapat pada spesimen L25C di bagian kurva positif, yaitu sebesar 60.052%.

Hasil analisis beban lateral maksimum ini akan sangat berimbas kepada analisis duktilitas perpindahan tiap spesimen. Kekurangakuratan hasil dari spesimen L15C di bagian kurva negatif, L25C, dan M25C di bagian kurva negatif pada analisis selanjutnya kemungkinan besar dikarenakan beban lateral maksimum yang berlebih dan kesalahan pada saat pengujian.

- **Analisis Perpindahan Saat Leleh**



Gambar 8. Perbandingan Perpindahan Leleh Tiap Spesimen

Pada gambar 8, tidak dapat terlihat jelas pengaruh jarak sengkang terhadap perpindahan saat leleh karena terdapat variasi tren yang ditimbulkan oleh satu spesimen dengan spesimen lainnya. Pada kolom dengan rasio tulangan 0.8%, spesimen dengan jarak sengkang 15 cm memiliki perpindahan leleh lebih kecil daripada jarak sengkang 25 cm, yaitu 4.514 mm dengan 11.924 mm untuk kurva positif, sedangkan untuk kurva negatif memiliki perpindahan leleh lebih besar, yaitu 17.598 mm dan 8.308 mm.

Pada kolom dengan rasio tulangan 1.1%, spesimen dengan jarak sengkang 15 cm memiliki perpindahan leleh lebih besar daripada jarak sengkang 25 cm, yaitu 9.359 mm dengan 7.332 mm untuk kurva positif, sedangkan untuk kurva negatif memiliki perpindahan leleh lebih kecil, yaitu 7.401 mm dan 10.761 mm.

Pada kasus ini, rasio tulangan lebih berpengaruh terhadap perpindahan saat leleh. Peningkatan rasio tulangan dapat memperbesar perpindahan saat leleh, dimana hal ini dapat dilihat pada kurva positif jarak sengkang 15 cm dan kurva negatif jarak sengkang 25 cm. Untuk kurva negatif jarak sengkang 15 cm dan kurva positif jarak sengkang 25 cm pada rasio tulangan yang lebih besar malah terjadi perpindahan leleh yang lebih kecil. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh nilai beban maksimum yang rendah seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

- **Analisis Perpindahan Ultimit**

Perpindahan ultimit didapatkan dengan dua cara, yaitu perpindahan pada saat beban puncak dan pada saat beban puncaak mengalami penurunan sebesar 20%, yaitu perpindahan ketika terjadi keruntuhan lateral.

Tabel 5. Perpindahan Ultimit Tiap Spesimen Saat Beban 0.8 Pmax

Kolom		H _u (kg)	Δ _u (mm)
L15C	+	1208.609	25.875
	-	1647.050	39.394
L25C*	+	1886.287	25.629
	-	1445.750	24.658
M15C*	+	2169.558	31.780
	-	1907.889	31.539
M25C*	+	1819.811	25.456
	-	2247.935	25.457

Pengambilan nilai beban ketika terjadi keruntuhan lateral dilakukan untuk spesimen L15C. Untuk spesimen L25C, M15C, dan M25C, nilai beban ketika terjadi keruntuhan lateral diambil pada saat terjadi pemberhentian pengujian.

Pada tabel 5, nilai perpindahan ultimit L15C lebih besar dari perpindahan ultimit L25C, baik di kurva positif dan di kurva negatif. Sedangkan perpindahan ultimit M15C lebih besar dari perpindahan ultimit M25C, baik di kurva positif dan di kurva negatif.

Tabel 6. Perpindahan Ultimit Tiap Spesimen Saat Beban Pmax

Kolom		H _u (kg)	Δ _u (mm)
L15C	+	1508.500	10.665
	-	2061.250	28.881
L25C	+	2270.500	14.520
	-	1778.500	21.169
M15C	+	2202.500	28.939
	-	2079.500	18.606
M25C	+	2080.000	13.757
	-	2322.500	20.008

Pada tabel 6, nilai perpindahan ultimit L15C lebih besar dari perpindahan ultimit L25C, tetapi hanya pada kurva negatif. Sedangkan perpindahan ultimit M15C lebih besar dari perpindahan ultimit M25C, baik di kurva positif dan di kurva negatif.

Tabel 5 dan 6 menunjukkan bahwa, pada rasio tulangan yang lebih kecil, terjadi nilai perpindahan ultimit yang lebih besar dan beban lateral lebih kecil jika dibandingkan dengan rasio tulangan yang lebih besar dengan jarak sengkang yang sama.

Sedangkan pada jarak sengkang yang lebih rapat, terjadi nilai perpindahan ultimit yang lebih besar dan beban lateral lebih kecil jika dibandingkan dengan jarak sengkang yang lebih renggang dengan rasio tulangan yang sama.

• Analisis Daktilitas Perpindahan

Tabel 7. Daktilitas Perpindahan Tiap Spesimen dengan Δu Saat 0.8 Pmax

Kolom	ρv (%)	Δy (mm)	Δu (mm)	$\mu \Delta$
L15C	+	4.514	25.875	5.733
	-	17.598	39.394	2.239
L25C*	+	9.359	25.629	2.739
	-	7.401	24.658	3.332
M15C*	+	11.924	31.780	2.665
	-	8.308	31.539	3.796
M25C*	+	7.332	25.456	3.472
	-	10.761	25.457	2.366

Tabel 8. Daktilitas Perpindahan Tiap Spesimen dengan Δu Saat Pmax

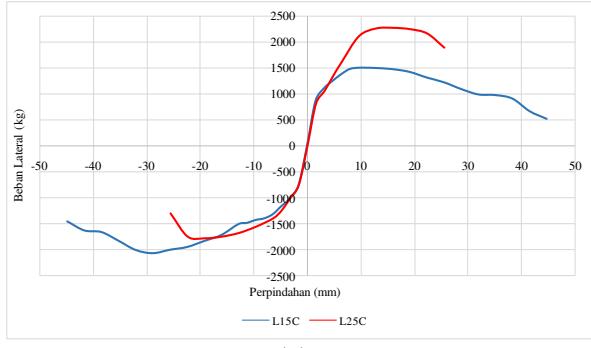
Kolom	ρv (%)	Δy (mm)	Δu (mm)	$\mu \Delta$
L15C	+	4.514	10.665	2.363
	-	17.598	28.881	1.641
L25C	+	9.359	14.520	1.551
	-	7.401	21.169	2.860
M15C	+	11.924	28.939	2.427
	-	8.308	18.606	2.240
M25C	+	7.332	13.757	1.876
	-	10.761	20.008	1.859

Berdasarkan perhitungan daktilitas perpindahan pada tabel 7, nilai daktilitas tiap spesimen antara kurva positif dan negatif berbeda-beda, sedangkan pada tabel 8 nilai daktilitas pada tiap spesimen antara kurva positif dan negatif hampir mirip dan tidak jauh berbeda, sehingga digunakan nilai daktilitas pada tabel 8 untuk analisa selanjutnya karena mulai terlihat tren akibat jarak sengkang dan rasio tulangan pada masing-masing spesimen.

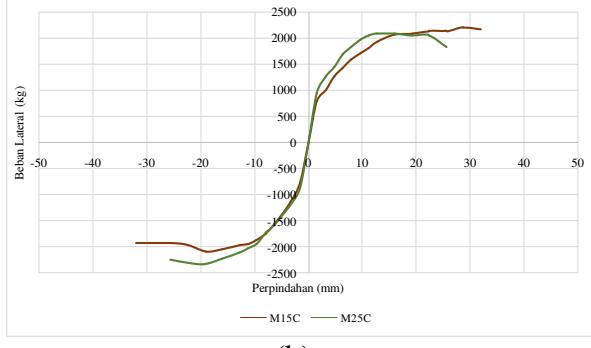
Pada tiap spesimen, terjadi kesalahan serta kekurangtepatan pada saat pengujian, yang menyebabkan kurang akuratnya perhitungan daktilitas. Oleh karena itu, dilakukan perbandingan dengan hubungan beban lateral-perpindahan secara teoritis yang terjadi sebelum beban maksimum tercapai. Perpindahan yang terjadi merupakan perpindahan lentur yang dianalisis dengan rumus pendekatan elastis sesuai gambar 7.

Dari gambar 7 terlihat bahwa perilaku yang ditimbulkan spesimen L15C, M15C, dan M25C pada saat mencapai beban puncak antara teoritis dengan eksperimen hampir berimpit, baik pada kurva positif dan negatif. Akan tetapi, untuk spesimen L15C kurva negatif dan spesimen L25C, terjadi perbedaan nilai beban maksimum yang cukup jauh. Hal ini dimungkinkan karena tidak adanya kontrol beban aksial. Oleh karena itu, kurva negatif L15C dan L25C tidak dijadikan acuan untuk perbandingan.

a. Variasi Jarak Sengkang



(a)



(b)

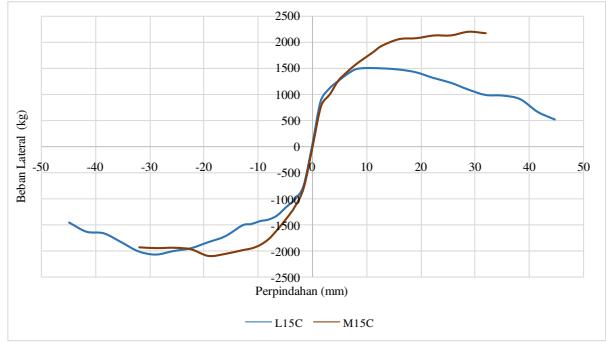
Gambar 9. *Envelope P-Δ* Akibat Variasi Jarak Sengkang

Tabel 9. Rekapitulasi Daktilitas Akibat Variasi Jarak Sengkang

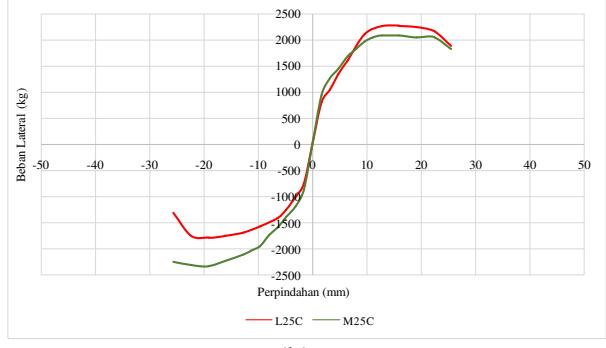
Kolom	r_v (%)	Δy (mm)	Δu (mm)	$\mu\Delta$
L15C	+	0.8	4.514	10.665
L25C	+	0.8	9.359	14.520
M15C	+	1.1	11.924	28.939
M25C	+	1.1	7.332	13.757

Jika dilihat perbandingan antara kolom dengan jarak sengkang 15 cm dan 25 cm pada gambar 9, terlihat bahwa kurva kolom dengan jarak sengkang 15 cm selalu berada di bawah kolom dengan jarak sengkang 25 cm. Hal tersebut menunjukkan bahwa kolom dengan jarak sengkang 15 cm memiliki perpindahan yang lebih rendah untuk menahan beban yang sama. Dengan kata lain, kolom dengan jarak 15 cm lebih daktilit jika dibandingkan dengan kolom dengan jarak sengkang 25 cm.

b. Variasi Rasio Tulangan Longitudinal



(a)



(b)

Gambar 10. *Envelope P-Δ* Akibat Variasi Rasio Tulangan Longitudinal

Tabel 10. Rekapitulasi Daktilitas Akibat Rasio Tulangan Longitudinal

Kolom	r_v (%)	Δy (mm)	Δu (mm)	$\mu\Delta$
L15C	+	0.8	4.514	10.665
M15C	+	1.1	11.924	28.939
L25C	+	0.8	9.359	14.520
M25C	+	1.1	7.332	13.757

Dari gambar 10.a, kolom dengan rasio tulangan 0.8% memiliki kurva yang lebih panjang daripada kolom dengan rasio tulangan 1.1%, sedangkan pada gambar 10.b, kolom dengan rasio tulangan 1.1% berada di atas kurva kolom dengan rasio tulangan longitudinal 0.8% pada awal pembebanan, namun hanya sampai beberapa siklus sebelum beban lateral maksimum tercapai.

Dengan menganggap beban puncak tidak jauh berbeda atau relatif sama, hal tersebut menunjukkan bahwa kolom dengan rasio tulangan 0.8% memiliki daktilitas yang lebih besar daripada kolom dengan rasio tulangan 1.1%, meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian berupa analisis dan pembahasan data yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa kolom dengan jarak sengkang 15 cm memiliki daktilitas yang lebih besar daripada kolom dengan jarak sengkang 25 cm, dan kolom dengan rasio tulangan 0.8% memiliki daktilitas yang lebih besar daripada kolom dengan rasio tulangan longitudinal 1.1%.

Beberapa saran yang direkomendasikan untuk penelitian serupa yang akan datang :

1. Jumlah benda uji untuk masing-masing variasi ditambah.
2. Pada saat pengecoran dilakukan penakaran yang tepat sesuai dengan mix design yang telah direncanakan.
3. Sampel untuk uji tekan silinder minimal 3 buah agar data lebih valid, pengujian hammer test baik secara analog dan digital sebaiknya tidak hanya dilakukan 1 x 10 pukulan saja agar data mutu beton bisa lebih akurat.
4. Memperhatikan komponen-komponen yang mendukung jalannya pengujian.

Daftar Pustaka

- ACI 318. 2002. *Building Code Requirements for Reinforced Concrete*. Michigan: American Concrete Institute.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung. SNI-03-1726-2002*. Jakarta.
- Ghannoum, W.M., Moehle, J.P., and Bozorgnia, Y. 2008. *Analytical Collapse Study of Lightly Confined Reinforced Concrete Frames Subjected to NorthridgeEarthquake Ground Motions*. Journal of Earthquake Engineering, Vol 12, pp 1105–1119.
- Nawy, Edward G. 2010. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT Refika Aditama
- Park. 1988. *Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing*. Japan: Ninth World Conference on Earthquake Engineering
- Park dan Paulay. 1975. *Reinforced Concrete Structures*. New York: John Wiley & Sons
- Paulay dan Priestley. 1992. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry buildings*. New York: Wiley Interscience
- Wibowo, Ari. 2012. *Seismic Performance of Insitu and Precast Soft Storey Building*. Victoria: Swinburne University of Technology