

**PERILAKU SIKLIK KOLOM BETON BERTULANGAN RINGAN DENGAN  
SAMBUNGAN LEWATAN YANG TIDAK DAKTAIL*****CYCLIC BEHAVIOUR OF LIGHTLY REINFORCED CONCRETE COLUMNS  
WITH NON-DUCTILE LAP SPLICES*****Rizki A. T. Cahyani<sup>1</sup>, A. Wibowo<sup>2</sup>, Wisnumurti<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang<sup>2</sup>Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

Alamat korespondensi :

email: rizkiatcahyani@gmail.com

**Abstract**

*Experimental testing of lightly reinforced concrete column was conducted to investigate the collapse behavior of such column under cyclic lateral loading. Six column specimens, which have low longitudinal reinforcement and lack of confinement, were detailed with no lap splice, and non-ductile lap splice within or outside critical region. Placing the short, unconfined column's lap splice within critical region caused peak moment to fall short under its nominal moment capacity. In contrast, moment capacity of the specimen containing non-ductile lap splice outside critical region was in close agreement with those of specimen without lap splice. However, its inelastic damage region was moving away from the beam-column interface, resulted in degradation of drift capacity and rapid degradation of lateral strength. The presence of non-ductile lap splice outside critical region also potentially shift column's collapse mechanism from flexure to flexure-shear critical. The ability of lightly reinforced concrete columns to maintain its axial load carrying capacity to large drift ratios despite heavy damage and significant loss of lateral load carrying capacity indicates that lap splice failure does not create sudden collapse hazard.*

**Keywords:** *drift capacity, lateral load capacity, lap splice location, low longitudinal reinforcement ratio, poor confinement, reinforced concrete column*

**Abstrak**

Pengujian eksperimental dilakukan pada kolom beton bertulangan ringan untuk mengetahui perilaku keruntuhan kolom tersebut di bawah beban lateral siklik. Enam spesimen kolom divariasikan terhadap rasio tulangan longitudinal dan penempatan sambungan lewatan tulangan longitudinal yang tidak daktil di dalam atau di luar area kritis. Penempatan sambungan lewatan tulangan longitudinal yang pendek dan tidak terkekang di daerah kritis berakibat kapasitas momen kolom jatuh di bawah kapasitas momen teoritis. Kolom dengan sambungan lewatan yang tidak daktil di luar daerah kritis memiliki kekuatan lateral yang hampir sama dengan kolom tanpa sambungan, namun daerah kritis kolom bergeser menjauhi titik momen terbesar di dasar kolom, mereduksi kapasitas *drift* dan degradasi kekuatan lateral turun secara tajam. Penggunaan sambungan lewatan yang tidak daktil di luar daerah kritis juga berpotensi mengubah mekanisme kegagalan kolom dari *flexure* menjadi *flexure-shear critical*. Kemampuan kolom bertulangan ringan untuk mempertahankan kapasitas aksial hingga *drift* yang tinggi meskipun kolom mengalami kerusakan yang parah dan telah kehilangan kapasitas lateralnya menunjukkan bahwa kegagalan sambungan lewatan tidak menimbulkan bahaya keruntuhan kolom secara tiba-tiba.

**Kata kunci:** lokasi sambungan lewatan, kapasitas lateral, kapasitas *drift*, kekangan minim, kolom beton bertulang, rasio tulangan rendah

## PENDAHULUAN

Kolom beton bertulangan ringan adalah kolom dengan karakteristik rasio tulangan longitudinal rendah serta tulangan transversal yang tidak memadai, memberikan efek kekangan yang minim terhadap kolom. Kolom non-daktail tersebut masih banyak dijumpai pada bangunan-bangunan yang didesain dan dikonstruksi tanpa memperhatikan kebutuhan akan kapasitas deformasi inelastis untuk menahan beban gempa, berdampak pada kapasitas *drift* rendah dan performa yang buruk di bawah beban gempa. Namun, hasil penelitian oleh Wibowo et. al. (2014) menunjukkan bahwa kolom bertulangan ringan ternyata mampu mempertahankan kapasitas aksialnya hingga *drift* yang cukup tinggi meskipun telah mengalami kerusakan yang parah dan kehilangan kapasitas penahan beban lateral.

Desain kolom non-daktail yang lebih memfokuskan kepada beban gravitasi berdampak pada digunakannya sambungan lewatan yang pendek, tidak terkekang dan berada di daerah kritis. Detail sambungan lewatan tersebut menjadi salah satu penyebab kegagalan struktur beton bertulang non daktail, dimana kegagalan sambungan lewatan secara signifikan mereduksi daktilitas kolom dan berujung pada degradasi kekuatan lateral yang menurun dengan tajam (Melek dan Wallace, 2004; Eshgi dan Zanjanizadeh, 2008).

Penempatan sambungan lewatan dapat mempengaruhi perilaku beban lateral dan simpangan kolom beton bertulang, terlebih bila panjang sambungan kurang dari yang dibutuhkan untuk tulangan tarik mencapai tegangan lelehnya. Performa daktilitas lentur kolom dengan sambungan lewatan daktail di dalam daerah kritis jauh dibawah kolom beton bertulang tanpa sambungan, sedangkan

penempatan sambungan di luar daerah kritis tidak mengubah perilaku kolom secara signifikan (Pam dan Ho, 2009). Namun, perilaku kolom dapat berubah drastis saat kolom diberikan sambungan lewatan yang tidak memadai (*insufficient*), bahkan saat sambungan ditempatkan di luar daerah kritis akibat tegangan tarik yang tidak tertansfer dengan baik di sepanjang sambungan. Studi ini menyelidiki secara eksperimental efek dari penempatan sambungan lewatan yang tidak memadai atau sambungan lewatan non-daktail terhadap mode keruntuhan dan perilaku beban lateral – perpindahan dari kolom bertulangan ringan yang dikenakan beban lateral siklik.

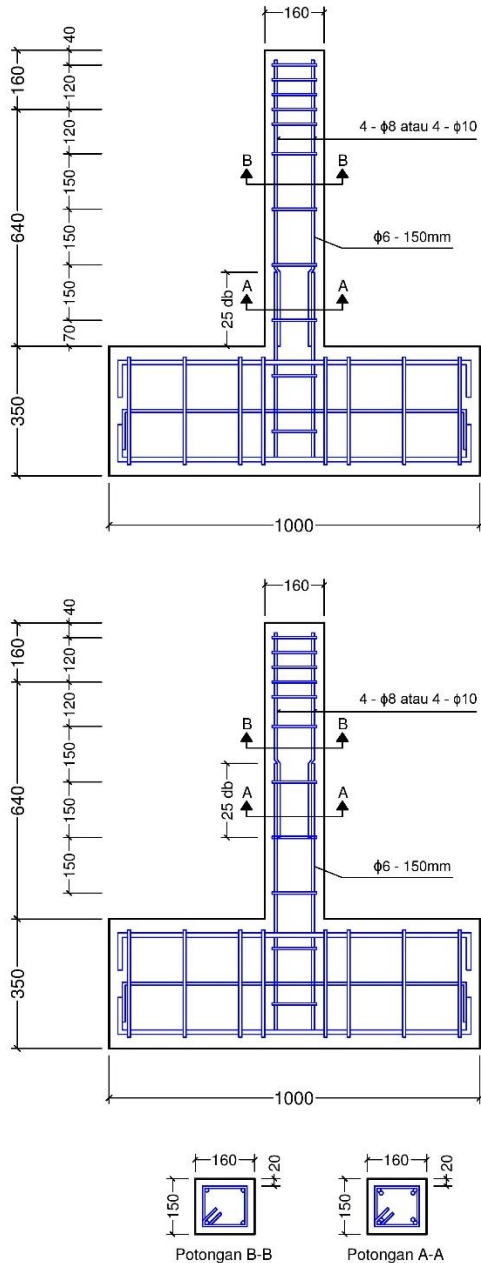
## METODE PENELITIAN

Benda uji berupa enam kolom beton bertulang jepit-bebas yang merepresentasikan bagian dari kolom pada bangunan, yaitu antara pondasi dan titik balik momen (*inflection point*). Dimensi penampang spesimen kolom 150 x 160mm dan tebal selimut beton 20mm. Tinggi keseluruhan spesimen adalah 800 mm dengan bentang geser (jarak antara dasar kolom atau *column-footing interface* dengan titik aplikasi beban) 640 mm. Tinggi kolom dipilih untuk memastikan respon utama adalah terhadap lentur, sehingga kegagalan kolom bukan disebabkan oleh kegagalan geser yang getas melainkan akibat slip sambungan lewatan tulangan longitudinal. Kuat tekan beton bervariasi antara 22MPa hingga 27 MPa.

Spesimen kolom didesain dengan rasio tulangan longitudinal yang rendah, yaitu 0,8% dan 1,1%. Jarak antar tulangan transversal adalah 150 mm dan sambungan lewatan didesain sepanjang 25  $d_b$ . Panjang sambungan ini memenuhi sekitar 65% dari

Tabel 1. Properti Spesimen Kolom

Nama Kolom	Dimensi Kolom (mm)	Tinggi kolom (mm)	$\rho_v$ (%)	Tulangan Longitudinal	$\rho_h$		Tulangan Transversal	n	f <sub>c</sub> (MPa)	Posisi sambungan lewatan	l <sub>i</sub>
					Area	Volume					
L15C	150 x 160	640	0.76	4 $\phi$ - 8	0.35	0.61	$\phi$ 6 - 150 mm	0.1	22.5	-	-
M15C	152 x 160	640	1.10	4 $\phi$ - 10	0.35	0.61	$\phi$ 6 - 150 mm	0.1	26.9	-	-
L15SB	154 x 160	640	0.76	4 $\phi$ - 8	0.35	0.61	$\phi$ 6 - 150 mm	0.1	25.2	Bottom	25d <sub>b</sub>
L15SM	155 x 160	640	0.76	4 $\phi$ - 8	0.21	0.36	$\phi$ 6 - 150 mm	0.1	22.1	Middle	25d <sub>b</sub>
M15SB	156 x 160	640	1.10	4 $\phi$ - 10	0.35	0.61	$\phi$ 6 - 150 mm	0.1	25.4	Bottom	25d <sub>b</sub>
M15SM	157 x 160	640	1.10	4 $\phi$ - 10	0.35	0.36	$\phi$ 6 - 150 mm	0.1	25.2	Middle	25d <sub>b</sub>



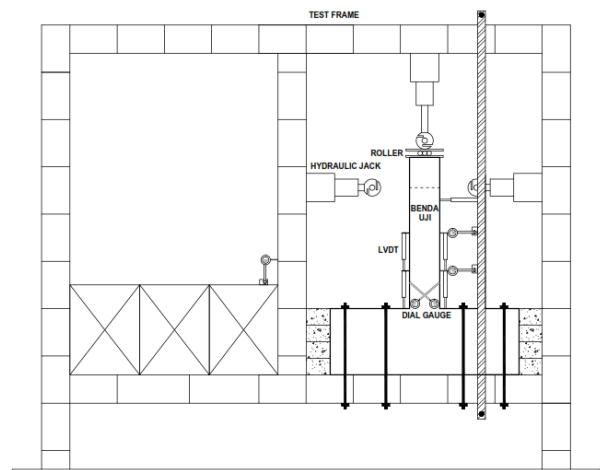
\*) Ukuran dalam mm

Gambar 1. Detail spesimen kolom

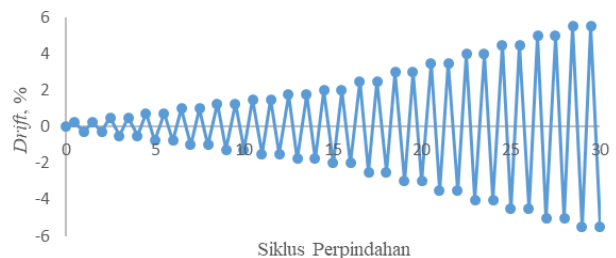
panjang sambungan lewatan perlu menurut SNI 03-2847-2002. Menggunakan rasio perbandingan antara panjang sambungan lewatan pakai dengan panjang sambungan lewatan perlu tersebut, kegagalan sambungan (penurunan kapasitas lateral) diestimasi terjadi saat momen di kolom mencapai sekitar 60% hingga 70% kapasitas momen nominal (Melek dan Wallace, 2004). Dua spesimen kolom memiliki tulangan longitudinal menerus dan digunakan sebagai kolom referensi. Empat sisanya adalah spesimen kolom dengan sambungan lewatan yang diletakkan di dalam dan di luar daerah

kritis (tabel 1 dan gambar 1). Secara keseluruhan, desain benda uji kolom adalah untuk merepresentasikan detail yang tidak daktail pada kolom beton bertulangan ringan.

Pengujian diawali dengan memberikan beban aksial hingga mencapai beban aksial desain ( $0,1 A_g f'_c$ ) menggunakan *hydraulic jack* yang dipasang vertikal, beban aksial dijaga agar tetap bernilai konstan. Kemudian beban lateral diberikan secara siklik dengan dua *hydraulic jack* yang dipasang horizontal (tarik dan dorong) sesuai dengan *quasi-static lateral loading history* pada gambar 3. *Drift* dinaikkan sebesar 0,25% tiap siklus hingga *drift* mencapai 2%. Kemudian, nilai *drift* dinaikkan sebesar 0,5% tiap siklus hingga spesimen kolom mengalami kegagalan lateral (beban lateral turun hingga 80% beban lateral puncak). Dengan demikian, didapat data yang halus pada kondisi pra-puncak, atau tepat sebelum kolom kehilangan kapasitas lateralnya.



Gambar 2. Detail *set up* pengujian



Gambar 3. *Quasi-static lateral loading history*

Perlu diperhatikan bahwa karena keterbatasan alat, *hydraulic jack* sebagai beban aksial tidak bisa selalu berada tepat di

tengah kolom sehingga menimbulkan adanya eksentrisitas. Namun dalam studi ini, momen tambahan akibat eksentrisitas beban aksial diabaikan. *Roller* berfungsi untuk menjaga *hydraulic jack* tetap berada di tempatnya dan tidak tergeser dari *frame* seiring peningkatan siklus simpangan kolom (gambar 2).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Deskripsi Perilaku Kolom

Selama pengujian, perambatan retak yang merupakan tanda perlemahan kolom beton bertulang direkam dan dicatat. Perilaku dan pola keretakan berbeda di tiap spesimen.

- Spesimen L15C

Retak lentur horizontal mulai terlihat di dasar kolom pada *drift* 0,5%. Retak lentur-geser sebenarnya sudah mulai terjadi di *drift* 1,0% (di grid kelima) namun tidak berkembang lebih lanjut. Di *drift* 3,0%, retak lentur horizontal di grid kedua berkembang menjadi retak geser. Perilaku lentur sangat dominan, hingga kolom mengalami kegagalan lateral di *drift* 4,0%, retak lentur horizontal di dasar kolom tetap menjadi retak utama. Bukaan retak horizontal ini semakin melebar seiring penambahan siklus *drift*, disusul dengan *spalling* beton di *drift* 5,5%. *Spalling* beton semakin meluas pada daerah sendi plastis hingga observasi dihentikan pada *drift* 7,0% ketika beban lateral telah turun hingga tersisa 35% beban lateral puncak.

- Spesimen L15SB

Retak lentur pertama kali muncul di *drift* 0,5%, berada tepat di dasar kolom. Retak lentur di grid kelima mulai berkembang menjadi retak geser di *drift* 1,5% namun tidak berkembang lebih lanjut. Retak lentur horizontal di dasar kolom menjadi retak utama dengan bukaan yang semakin melebar seiring peningkatan siklus *drift*. Tidak terlihat adanya perkembangan retak lain, baik lentur maupun geser, hingga terjadi kegagalan lateral di *drift* 3,5%. *Spalling* beton terjadi di *drift* 5,0%. Pada spesimen ini, rotasi inelastis didominasi slip tulangan longitudinal di dasar kolom akibat adanya sambungan lewatan yang tidak memadai (*insufficient*). Terlihat dari retak lentur yang tidak berkembang, menunjukkan respon lentur bukan menjadi respon yang utama. Pengujian diakhiri di *drift* 6,5% dengan bukaan yang sangat lebar

di dasar kolom dan kapasitas lateral yang telah turun hingga 35% kapasitas lateral puncak.

- Spesimen L15SM

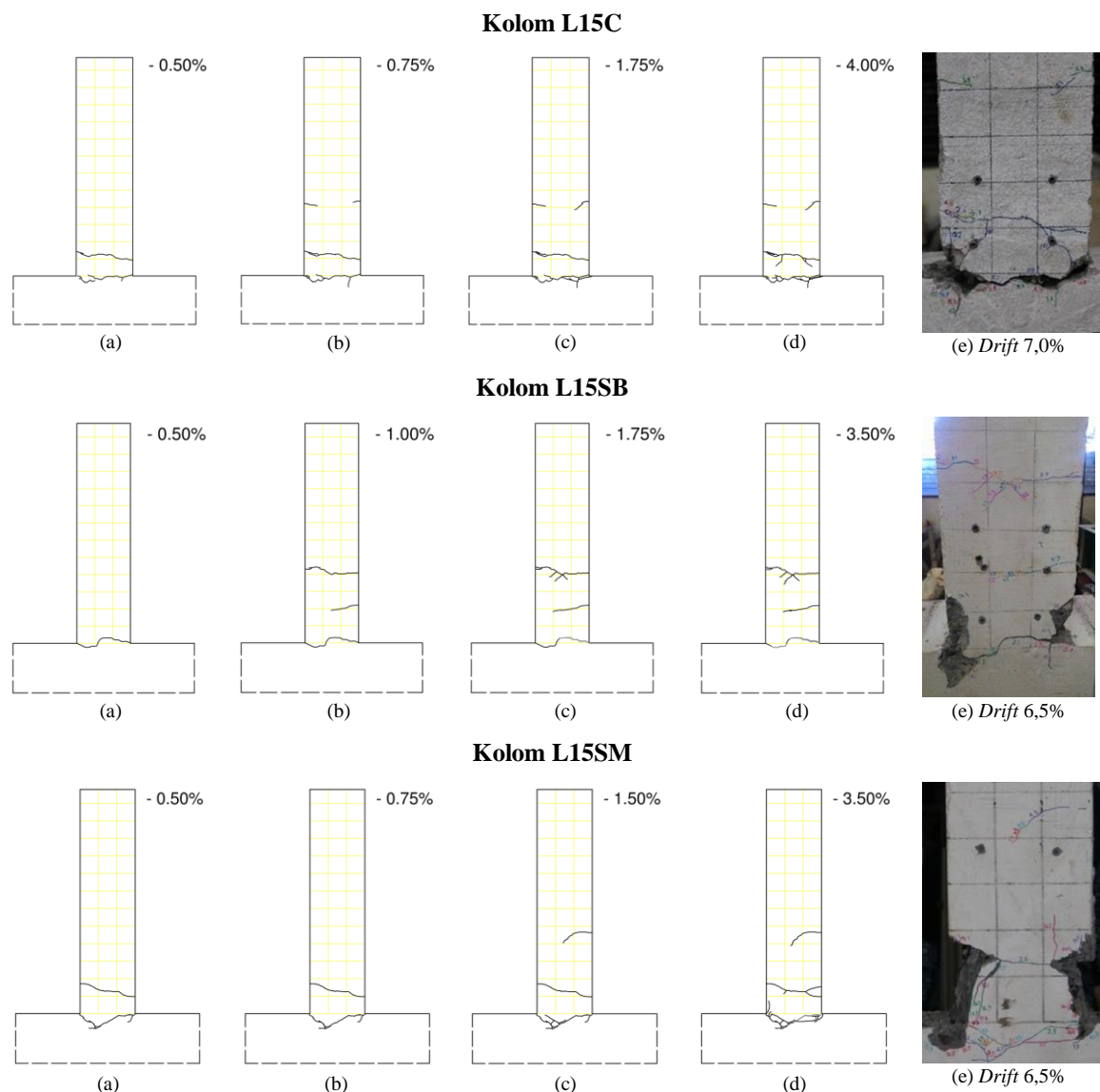
Retak awal berupa retak lentur horizontal terjadi pada *drift* 5,0% dan timbul di dua tempat, yaitu di dasar kolom dan grid kedua dari dasar kolom. Retak lentur-geser mulai nampak di grid kelima pada tingkat *drift* 1,0% namun tidak berkembang lebih lanjut. Saat kolom mencapai kegagalan lateral di *drift* 3,50%, bukaan retak horizontal di grid kedua semakin melebar, sedangkan bukaan retak horizontal di dasar kolom semakin menutup. Di *drift* 4,5%, selimut beton mulai mengelupas (*spalling*). Retak vertikal di zona tekan kolom perlahan memanjang dan menyatu dengan retak horizontal di grid kedua, berujung pada runtuhnya selimut beton di sepanjang area tersebut di *drift* 6,0% hingga tulangan longitudinal terlihat. Retak utama adalah retak horizontal di grid kedua, menandakan bergesernya area kritis menjauhi titik momen terbesar di dasar kolom. Pengujian dihentikan di *drift* 6,5% dengan kapasitas lateral residu sebesar 34%.

- Spesimen M15C

Retak lentur horizontal mulai tampak di *drift* 0,5%, sedangkan retak lentur-geser yang dapat terlihat di grid kedua dan kelima terjadi pada tingkat *drift* 1,75%. Retak lentur-geser di grid kelima tidak berkembang lebih lanjut, sedangkan retak lentur-geser di grid kedua menyatu dengan retak lentur dari sisi yang lain. Retak terus meluas di daerah sendi plastis kolom hingga akhirnya pengujian dihentikan di *drift* 4,0%, tepat saat beban lateral telah turun hingga 80% beban lateral puncak. Hingga akhir pengujian belum terjadi *spalling* selimut beton dan retak utama adalah retak lentur di dasar kolom, menandakan respon utama berupa respon lentur.

- Spesimen M15SB

Retak awal berupa retak lentur horizontal telah tampak jelas di *drift* 0,5%. Sementara itu, retak lentur di grid keempat baru berkembang menjadi retak geser di *drift* 2,5%. Daerah kerusakan inelastis terkonsentrasi tepat di dasar kolom, dimana retak-retak rambut timbul di sekitar retak



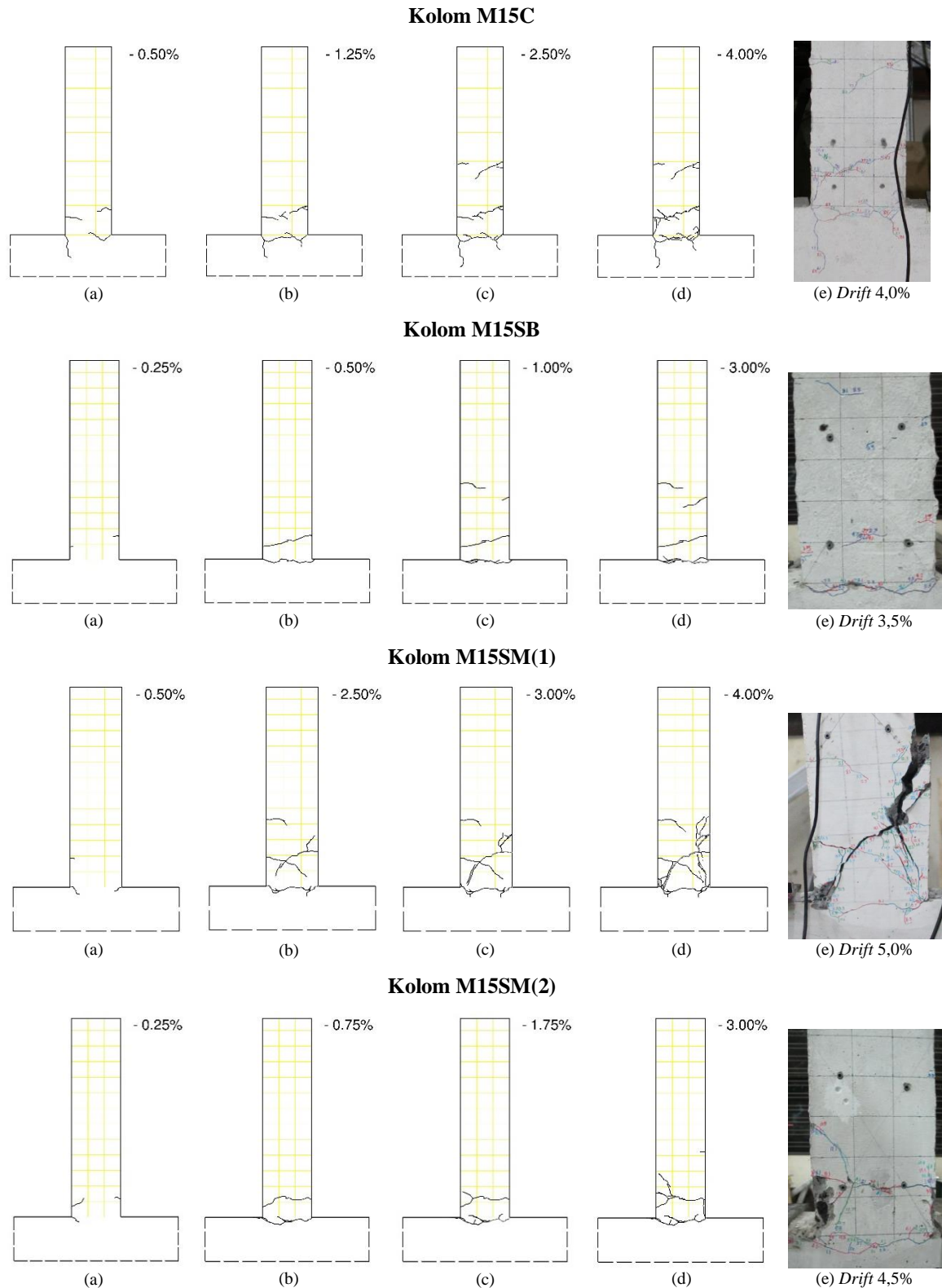
Gambar 4. Distribusi retak untuk spesimen dengan  $\rho_v = 0,8\%$  saat: (a) fase retak, (b) fase leleh, (c) fase beban puncak, (d) fase kegagalan lateral; dan (e) di akhir pengujian

lentur horizontal utama yang semakin membuka akibat *drift* yang meningkat. Bukaan retak lentur yang lebar pada titik kegagalan lateral di *drift* 3,0% menunjukkan adanya rotasi akibat slip tulangan longitudinal dengan porsi yang cukup signifikan. Kekuatan lateral telah turun hingga 76% saat pengujian dihentikan di *drift* 3,5%.

- Spesimen M15SM

Penempatan sambungan lewatan non-daktail di luar daerah kritis menyebabkan spesimen kolom cenderung rentan terhadap kegagalan geser. Dua spesimen M15SM diuji dibawah kondisi pembebanan yang sama dan

memiliki perilaku yang berbeda. Namun, kedua spesimen menunjukkan adanya perilaku geser yang paling menonjol dibandingkan spesimen yang lain. Pada kedua kolom, perambatan retak diawali oleh munculnya retak lentur horisontal di awal pengujian, yaitu *drift* 0,25% dan 0,50%. Perilaku geser terlihat paling menonjol pada spesimen M15SM(1), ditunjukkan oleh retak geser yang terlihat saling menyilang di *drift* 1,75%. Saat kolom mencapai beban puncak di *drift* 3,0%, retak geser telah memanjang hingga grid keempat dan terjadi bukaan yang cukup lebar pada retak diagonal utama tersebut. Kapasitas lateral turun secara drastis



Gambar 5. Distribusi retak untuk spesimen dengan  $\rho_v = 1,1\%$  saat: (a) fase retak, (b) fase leleh, (c) fase beban puncak, (d) fase kegagalan lateral; dan (e) di akhir pengujian

dan kegagalan lateral terjadi dua siklus berikutnya di *drift* 4,0%. Pada *drift* ini, selimut beton mulai mengelupas dan bukaan retak geser semakin melebar. Retak vertikal dan diagonal mencapai grid kelima, dan merupakan zona retak terbesar dibandingkan spesimen yang lain. Pada *drift* 5,0%, retak geser utama membuka dan kehancuran beton kompresi hingga grid kelima terjadi di sisi sebelah kanan kolom.

Sementara itu, perilaku spesimen M15SM masih didominasi oleh lentur hingga titik beban puncak di *drift* 1,75%, ditandai oleh adanya bukaan retak horisontal di dasar kolom. Namun pada titik kegagalan lateral di *drift* 3,0%, bukaan retak berpindah ke retak horisontal di grid kedua, diiringi dengan munculnya retak diagonal yang memanjang hingga grid ketiga. Kapasitas lateral menurun dengan drastis, menunjukkan adanya deformasi geser yang meningkat. Pada akhir pengujian di *drift* 4,5%, retak diagonal memanjang dan menyatu dengan retak vertikal di zona tekan kolom, disusul kemudian dengan mengelupasnya selimut beton di sepanjang area tersebut (gambar 5). Kapasitas lateral spesimen M15SM(1) turun drastis dan hanya tersisa 66% di *drift* 4,5%, begitu pula dengan spesimen M15SM(2) dengan kapasitas lateral residu 44% di *drift* 4,5%.

### Kapasitas Lateral dan Kapasitas *Drift*

Hubungan beban lateral dengan perpindahan lateral total untuk semua spesimen diplot pada gambar 6. Meskipun didesain dengan kekangan minim dan sambungan lewatan yang tidak memadai, spesimen kolom memiliki respon yang daktail, dimana kolom mampu untuk

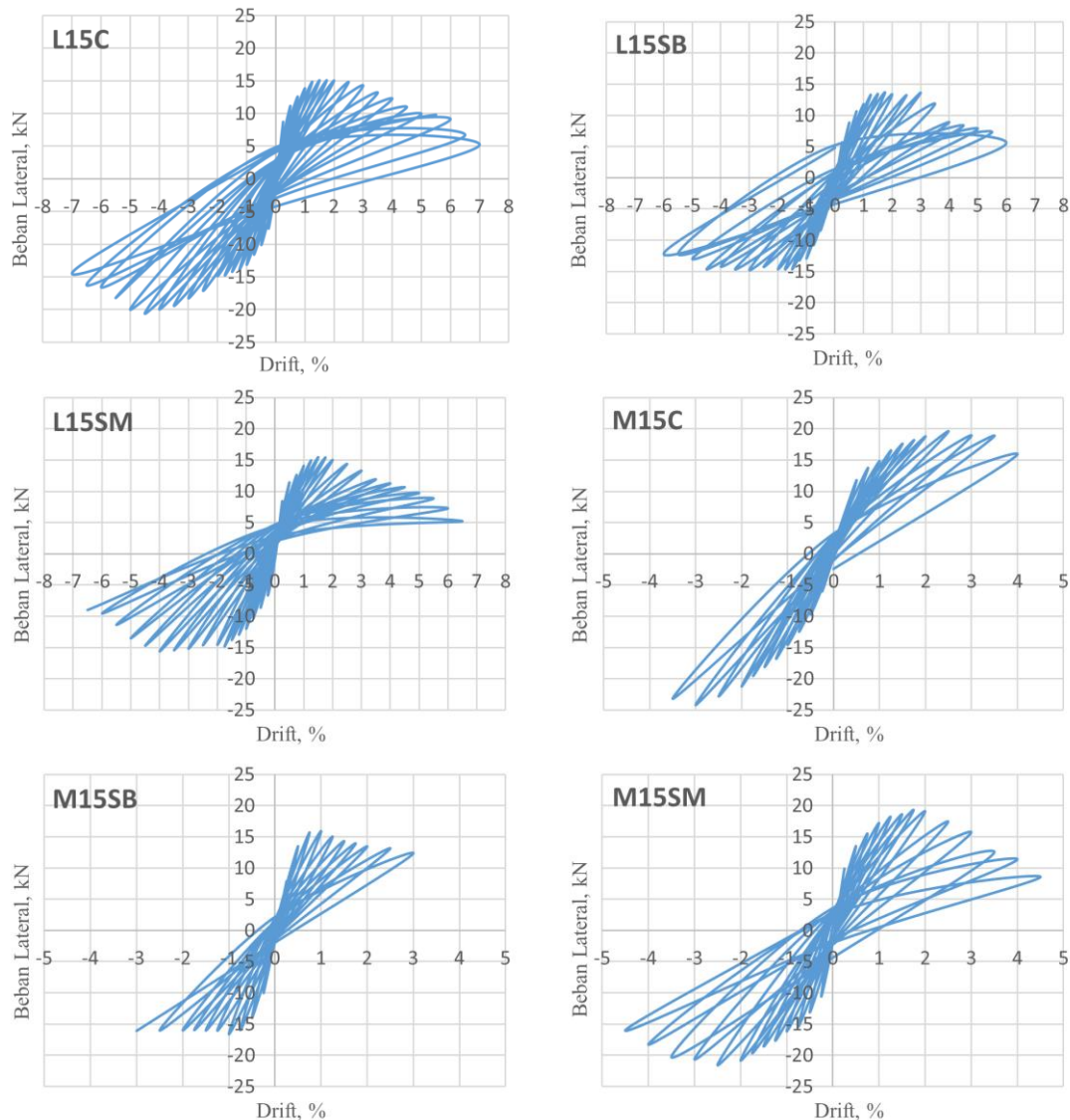
melewati beberapa siklus perpindahan inelastis sebelum akhirnya terjadi kegagalan lateral (beban lateral turun hingga 80% beban lateral puncak).

Kapasitas lentur puncak yang dicapai oleh tiap spesimen dengan sambungan lewatan beserta rasio terhadap kapasitas lentur puncak kolom referensi (kolom tanpa sambungan lewatan) tercantum di tabel 2. Perbandingan kurva *envelope* masing-masing spesimen kolom dapat dilihat di gambar 7. Dari tabel 2, terlihat bahwa kapasitas lateral spesimen dengan sambungan lewatan di luar daerah kritis, L15SM dan M15SM, sangat mirip dengan kapasitas lateral kolom L15C dan M15C, dengan rasio mendekati satu. Hal ini mengindikasikan bahwa spesimen dengan sambungan lewatan non-daktail di luar daerah kritis memiliki perilaku lentur yang menyerupai spesimen serupa tanpa sambungan lewatan. Namun, spesimen kolom mengalami degradasi kekuatan lateral yang lebih signifikan.

Terlihat pada tabel 3, spesimen referensi, L15C dan M15C, masih dapat mempertahankan 80% kapasitas lateral puncak pada *drift* 4%. Namun, spesimen dengan sambungan lewatan di luar daerah kritis mengalami degradasi kekuatan lateral yang tajam. Spesimen dengan sambungan lewatan di daerah kritis, L15SM ( $\rho_v=0,8\%$ ), hanya mampu mempertahankan 73% kekuatan lateral puncak di *drift* 4%, sedangkan kekuatan lateral spesimen M15SM ( $\rho_v=1,1\%$ ) menurun lebih tajam dan hanya tersisa 60% dari kekuatan lateral puncak di *drift* 4%. Pada spesimen L15SM respon utama berupa respon lentur, namun pergeseran daerah kerusakan inelastis kolom menjauhi dasar kolom (sambungan balok-

Tabel 2. Kapasitas lateral teoritis dan eksperimen spesimen kolom

Spesimen	$f_c'$ (MPa)	Kapasitas lateral teoritis (kN)	Kapasitas lateral eksperimen				Rasio terhadap spesimen kolom tanpa sambungan
			Maksimum (kN)	<i>Drift</i>	Kegagalan lateral (kN)	<i>Drift</i>	
L15C	22.5	12.98	15.20	1.75%	12.29	4.00%	-
M15C	26.9	18.48	19.62	2.50%	15.97	4.00%	-
L15SB	25.2	13.18	13.69	1.75%	10.95	3.67%	0.89
L15SM	22.1	12.80	15.47	1.50%	13.31	3.34%	1.08
M15SB	25.4	18.28	15.89	1.00%	12.71	2.81%	0.80
M15SM	25.2	18.28	19.30	1.75%	15.74	3.00%	0.99



Gambar 6. Plot beban lateral dan perpindahan lateral total spesimen kolom

kolom) secara signifikan mereduksi kapasitas *drift* kolom. Sementara itu, kontribusi perpindahan geser meningkat secara signifikan pada spesimen M15SM, menyebabkan kekuatan geser jatuh drastis, dengan degradasi kekuatan lateral mencapai 23% hanya dalam dua siklus.

Spesimen dengan sambungan lewatan di daerah kritis tidak dapat mencapai kekuatan lateral kolom referensi tanpa sambungan akibat terjadinya kegagalan sambungan yang menyebabkan kapasitas lateral turun secara tiba-tiba. Spesimen L15SB hanya dapat mencapai 90% dari kapasitas lateral puncak kolom referensi, L15C. Kapasitas lateral spesimen M15SB jatuh lebih jauh dan hanya dapat mempertahankan 80% kapasitas lateral puncak kolom referensi, M15C. Penggunaan

rasio tulangan longitudinal yang lebih tinggi meningkatkan tegangan lekatan (*bond stress*) di sepanjang sambungan, menyebabkan kegagalan sambungan terjadi lebih awal di *drift* yang relatif rendah.

Spesimen dengan sambungan lewatan di daerah kritis juga mengalami degradasi kekuatan lateral yang lebih parah. Kekuatan lateral spesimen L15SB hanya tersisa 65% dari kekuatan lateral puncak di *drift* 4%. Di *drift* 3%, spesimen referensi M15C masih memiliki 97% kekuatan lateral puncak, sedangkan spesimen M15SB sudah mengalami kegagalan lateral dengan residu kekuatan lateral tidak lebih dari 77% (tabel 3).

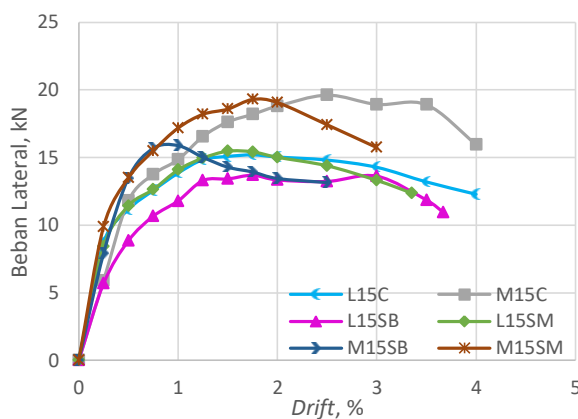
Meskipun panjang sambungan lewatan di spesimen L15SB dan M15SB tidak



memadai (*insufficient*), namun slip tulangan di sepanjang sambungan memungkinkan rotasi sendi plastis yang lebih besar. Inilah yang menyebabkan spesimen mampu mencapai *drift* kegagalan lateral yang tidak jauh berbeda dengan spesimen referensi.

Tabel 3. Degradasi kekuatan lateral spesimen kolom

Drift	Lateral strength degradation (%)					
	L15C	M15C	L15SB	L15SM	M15SB	M15SM
3,0%	93.95	96.52	99.53	86.04	77.99	81.56
3,5%	86.84	96.39	86.60	77.14	76.60	65.11
4,0%	80.84	81.42	65.04	72.84	-	59.09



Gambar 7. Kurva *envelope* beban lateral-perpindahan

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kegagalan pada kolom bertulangan ringan dengan detail kekangan dan sambungan lewatan yang non-daktail didominasi oleh kegagalan lentur dengan retak utama berupa retak horizontal di titik momen terbesar yaitu di dasar kolom. Namun, respon rotasi pada spesimen dengan sambungan lewatan di daerah kritis lebih didominasi oleh slip tulangan longitudinal. Hal ini ditunjukkan oleh adanya bukaan retak yang lebar di dasar kolom dan juga kapasitas momen yang tidak dapat mencapai kapasitas kolom referensi tanpa sambungan akibat adanya kegagalan *slip* di sepanjang sambungan.

Penempatan sambungan lewatan yang tidak memadai di luar daerah kritis mempengaruhi mekanisme kegagalan kolom secara signifikan. Pada kolom dengan rasio tulangan longitudinal 0,8%, area kerusakan

kolom bergeser menjauhi titik momen terbesar di dasar kolom, menyebabkan reduksi kapasitas *drift* kolom. Namun, kegagalan masih didominasi oleh mekanisme lentur. Sementara itu, peningkatan rasio tulangan longitudinal menjadi 1,1% berpotensi mengubah mekanisme kerusakan kolom menjadi mekanisme geser. Kapasitas lateral kolom turun drastis dengan tiba-tiba akibat meningkatnya kontribusi deformasi geser yang signifikan. Kegagalan akibat mekanisme geser ini sangat tidak diinginkan, karena mereduksi kemampuan deformasi inelastis kolom di bawah beban lateral yang besar.

Penempatan detail sambungan lewatan yang tidak daktail di luar daerah kritis tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan lentur puncak kolom, namun terjadi reduksi kapasitas *drift* kolom. Sedangkan penempatan sambungan lewatan di daerah kritis menyebabkan kolom tidak mampu mencapai kapasitas lateralnya secara penuh dan mengalami degradasi kekuatan lateral secara prematur akibat kegagalan sambungan lewatan. Adanya detail sambungan lewatan yang tidak daktail, baik di luar maupun di dalam daerah kritis, juga berujung pada degradasi kekuatan lateral yang menurun dengan tajam. Degradasi kekuatan lateral menurun lebih cepat dengan peningkatan rasio tulangan longitudinal dari 0,8% menjadi 1,1%. Namun, meskipun kapasitas lateral telah turun drastis dan kolom telah rusak parah, hasil pengujian menunjukkan bahwa kolom tetap dapat mempertahankan kapasitas aksialnya hingga *drift* yang tinggi.

### Saran

Studi ini menguji spesimen kolom di bawah beban aksial yang rendah, sebesar 10%. Pada pengujian selanjutnya disarankan untuk menggunakan beban aksial yang lebih mendekati titik seimbang di kisaran angka 40%, untuk lebih memahami perilaku beton bertulangan ringan dengan sambungan lewatan yang tidak daktail. Penggunaan sambungan lewatan di daerah kritis disarankan untuk diikuti dengan pemberian kekangan yang daktail di sepanjang sambungan menggunakan tulangan transversal atau dengan perkuatan yang lain untuk mencegah terjadinya kegagalan sambungan yang prematur. Sementara itu,

penggunaan sambungan lewatan yang tidak daktil di luar daerah kritis, dengan tujuan penghematan biaya maupun tujuan lain, tidak disarankan oleh penulis, karena daerah kerusakan inelastis justru berpindah. Perancang konstruksi akan kesusahan untuk menentukan panjang daerah kritis yang harus diperkuat. Selain itu, mekanisme kegagalan lebih condong ke mekanisme kegagalan geser yang getas, menambah potensi keruntuhan kolom secara tiba-tiba.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2002, *SNI-03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Eshgi, S. dan Zanzanizadeh, V., 2008, *Cyclic behavior of slender R/C columns with insufficient lap splice length*, The 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, hh. 12-17, Beijing, China.
- Melek, M., dan Wallace, John W., 2004, *Performance of Columns with Short Lap Splices*, 13<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, No. 1034, Vancouver, B.C., Canada.
- Pam, H. J., dan Ho, J. C. M., 2009, *Effects of Steel Lap Splice Locations on Strength and Ductility of Reinforced Concrete Columns*, Advances in Structural Engineering, Vol. 13, No. 1, hh. 199-214.
- Wibowo, A., Wilson J. L., Lam N.T.K. & Gad E. F., 2014, *Drift Performance of Lightly Reinforced Concrete Column*, Engineering Structures 59, hh. 522-535.