

**PENGARUH LETAK *LAP SPLICE* DAN RASIO TULANGAN
LONGITUDINAL TERHADAP POLA RETAK KOLOM
BERTULANGAN RINGAN AKIBAT BEBAN SIKLIK**

**PUBLIKASI ILMIAH
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**CHANIVA ADNIN
NIM. 125060101111005**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

PENGARUH LETAK *LAP SPLICE* DAN RASIO TULANGAN LONGITUDINAL TERHADAP POLA RETAK KOLOM BERTULANGAN RINGAN AKIBAT BEBAN SIKLIK

Chaniva Adnin , Ari Wibowo, Sugeng P. Budio

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145 -Telp (0341)567886
Email : chanivaadnin@gmail.com

ABSTRAK

Kolom berperan penting dalam menahan beban gempa. Kegagalan pada kolom sama dengan keruntuhan total bangunan. Meskipun Indonesia memiliki intensitas gempa tinggi, banyak bangunan tua dan rumah penduduk yang menggunakan kolom dengan rasio tulangan dibawah 1% atau dikenal kolom bertulangan ringan. Selain itu, dengan banyaknya bangunan bertingkat dibutuhkan adanya *lap splice* pada penulangan kolom. Berdasarkan penelitian yang telah ada sebelumnya, letak *lap splice* dapat mempengaruhi perilaku dari kolom. Oleh karena itu, penelitian ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh rasio tulangan longitudinal dan letak *lap splice* terhadap pola retak kolom bertulangan ringan akibat beban siklik. Pada penelitian ini digunakan empat benda uji kolom dengan dimensi 150 mm x 160 mm x 800 mm. Terdapat 2 variasi dalam penelitian ini, yaitu rasio tulangan longitudinal (0,8% dan 1,1%) dan letak *lap splice* (dasar kolom SB dan ½ tinggi kolom SM). Benda dengan mutu beton 25 Mpa dan dilakukan pengujian pada umur lebih dari 28 hari. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban aksial konstan sebesar 0,1 P, serta beban lateral siklik pada ketinggian 640 mm dengan metode *displacement control*. Diperoleh data beban dan perpindahan, serta pola retak tiap siklusnya. Hasil dari pembahasan data secara analisis aktual maupun teoritis menunjukkan benda uji dengan ρ_v lebih tinggi (1,1%) tentunya memiliki momen kapasitas yang lebih besar daripada benda uji dengan ρ_v lebih rendah (0,8%). Berdasarkan letak *lap splice*, retak pertama pada benda uji SM terjadi dengan perpindahan lebih kecil dibandingkan benda uji SB. Sehingga benda uji SM lebih kaku dibandingkan benda uji SB. Selain itu, dengan letak *lap splice* pada dasar kolom (SB), retak utama terjadi pada dasar kolom dengan pola retak dominan lentur. Dan untuk letak *lap splice* pada ½ tinggi kolom (SM), retak utama bergeser pada ketinggian sekitar 7,5 cm dengan pola retak dominan geser.

Kata kunci: Beban gempa, metode *displacement control*, retak geser, retak lentur.

ABSTRACT

Column plays an important role in resisting earthquake loads. Failure of the column same as the total collapse of the building. Although Indonesia is located in areas with high seismic intensity, many old buildings and houses use a column with longitudinal reinforcement ratio under 1% that called as lightly reinforced concrete column. In addition many multi-level buildings, so the reinforcement need lap splice. Based on research that has been before, the location of the lap splice may effect the behavior of the column. Therefore, this present study aim to determine the effect of lap splice location and longitudinal reinforcement ratio on lightly reinforcement concrete crack pattern by cyclic load. This study used four columns specimen with dimensions of 150 mm x 160 mm x 800 mm. There are two variations in this study, the longitudinal reinforcement ratio (0.8% and 1.1%) and lap splice location (base of the column SB and middle of the column SM). The specimen is made with $f'_c = 25$ MPa and testing at the age of more than 28 days. The experiment is done by giving a constant axial load of 0.1 P and lateral cyclic load at 640 mm of height with a displacement control method. The actual and theoretical analysis result of this study shows that specimen with higher ρ_v (1.1%) would have greater moment of capacity than specimens with lower ρ_v (0.8%). Based on the location of the lap splice, first crack in the specimen SM occurs with smaller displacement than the specimen SB. So that the specimen SM stiffer than the specimen SB. In addition, with the lap splice location on the base of the column (SB), the main crack occurs at the base of the column with a dominant bending cracks pattern. And for the lap splice location on a middle high of the column (SM), the main crack shifted at a height of about 7.5 cm with a dominant shear cracks pattern.

Keywords : earthquake load, displacement control method, shear cracks, bending cracks.

PENDAHULUAN

Kolom berperan dalam meneruskan beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi.

Sebagai batang tekan vertikal, kolom berperan penting dalam menahan beban gempa.

Keruntuhan pada kolom sama halnya dengan kegagalan secara tiba-tiba pada kolom harus dihindari.

Indonesia termasuk dalam negara dengan intensitas gempa yang tinggi, oleh karena itu struktur bangunan di Indonesia harus dirancang tahan gempa. Salah satunya disyaratkan untuk menggunakan kolom dengan rasio tulangan longitudinal lebih dari 1%. Namun, persyaratan ini sering tidak terpenuhi terutama pada bangunan tua dan rumah penduduk. Sedangkan kolom dengan rasio tulangan longitudinal kurang dari 1% atau disebut kolom bertulangan ringan dipercaya memiliki kapasitas beban lateral dan *drift* yang rendah. Namun sebuah survey oleh Otani (1999) menunjukkan kegagalan bangunan bertulangan ringan didominasi kerusakan operasional yang berupa rusaknya kolom dan dinding struktural akibat lentur dan retak pada dinding non-struktural.

Selain itu, keterbatasan lahan menyebabkan semakin banyaknya bangunan bertingkat. Dengan demikian, diperlukan adanya sambungan lewatan atau *lap splice* pada tulangan longitudinal kolom. Berdasarkan penelitian sebelumnya, letak dari *lap splice* ini dapat mempengaruhi perilaku kolom. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kolom bertulangan ringan dengan adanya *lap splice*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh letak *lap splice* dan rasio tulangan longitudinal terhadap pola retak kolom bertulangan ringan akibat beban siklik.

METODE

Penelitian ini dimulai dari identifikasi masalah, studi pustaka, perencanaan benda uji, hingga pengujian bahan penyusun kolom yang berupa beton serta baja tulangan dan pengujian siklik. Dari pengujian tersebut akan diperoleh mutu beton kolom, mutu baja, dan data beban – perpindahan dimana data-data tersebut digunakan untuk analisis momen kapasitas kolom. Untuk

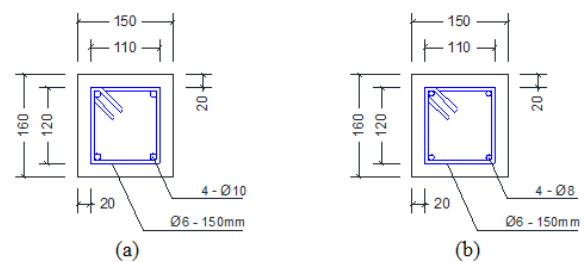
keruntuhan total bangunan, oleh karena itu analisis pola retak, dibuat grid pada benda uji kolom dengan ukuran 50 mm x 50 mm. Kemudian data perilaku retak diperoleh dengan dokumentasi benda uji kolom setiap siklusnya.

Rancangan Penelitian

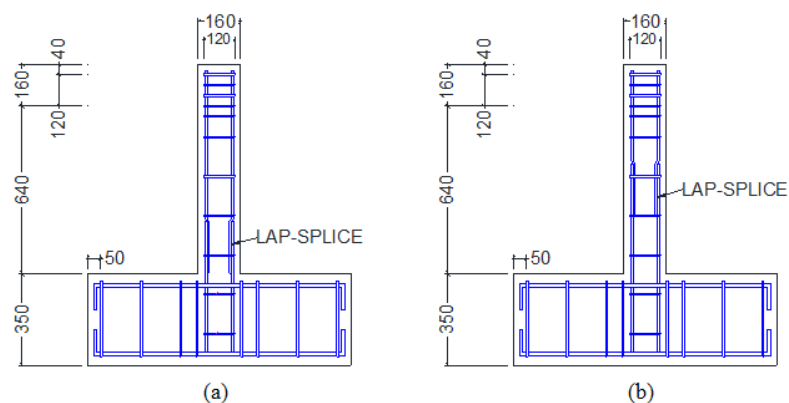
Dalam penelitian ini digunakan 4 benda uji yaitu L15SB, L15SM, M15SB, M15SM. Keempat benda uji berukuran 150 mm x 160 mm x 800 mm dengan variasi rasio tulangan longitudinal 0,8% dan 1,3%, serta variasi letak *lap splice* pada dasar kolom dan ½ tinggi kolom.

Seluruh benda uji direncanakan memiliki mutu beton sebesar 20 Mpa, dimana mutu beton ini dapat berubah untuk disesuaikan dengan hasil uji kuat tekan beton. Hal ini juga berlaku untuk rasio tulangan longitudinal, besarnya rasio tulangan longitudinal akan kembali disesuaikan dengan diameter aktual tulangan. Spesifikasi lebih rinci untuk setiap benda uji ditunjukkan pada gambar 1 dan 2 serta pada tabel 1.

Pengujian siklik pada benda uji kolom dilakukan setelah beton berusia lebih dari 28 hari. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban aksial konstan sebesar 0,1 P serta beban lateral siklik pada ketinggian 640 mm. Pengujian dilakukan berdasarkan *displacement control* dengan peningkatan drift sebesar 0,25% dari drift 0 sampai 2%, dilanjutkan dengan peningkatan sebesar 0,5% sampai pengujian tidak dapat dilanjutkan lagi. Skema pengujian siklik serta siklus pembebanan benda uji ditunjukkan pada gambar 3.



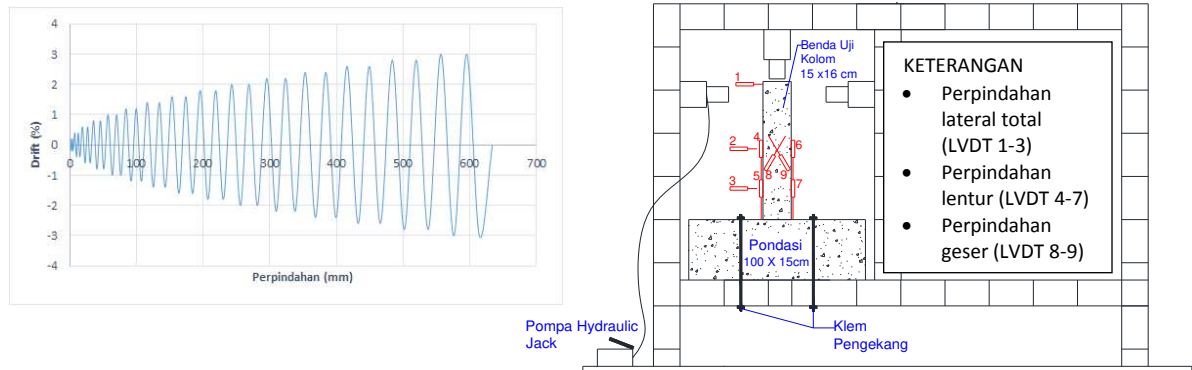
Gambar 1 Penampang Kolom (a) Benda uji M15SM dan M15SB; (b) Benda Uji L15SM dan L15SB



Gambar 2 Letak *lap splice* (a) Benda uji M15SB dan L15SB; (b) Benda Uji M15SM dan L15SM

Tabel 1 Spesifikasi Benda Uji Kolom

Nama Kolom	Dimensi Kolom (mm)	Tinggi kolom (mm)	Aspek Rasio	ρ_V (%)	Tulangan Longitudinal	ρ_H		Tulangan Transversal	n	f_c (MPa)	Letak sambungan lewatan	l_d (mm)
						Area	Volume					
L15SB	150 x 160	640	4	0,8	4Ø - 8	0,12	0,21	Ø6 - 150 mm	0,1	20	Di Bawah	200
L15SM	150 x 160	640	4	0,8	4Ø - 8	0,12	0,21	Ø6 - 150 mm	0,1	20	Di Tengah	200
M15SB	150 x 160	640	4	1,3	4Ø - 10	0,12	0,21	Ø6 - 150 mm	0,1	20	Di Bawah	250
M15SM	150 x 160	640	4	1,3	4Ø - 10	0,12	0,21	Ø6 - 150 mm	0,1	20	Di Tengah	250



Gambar 3 Skema Pengujian Siklik serta Siklus Pembebanan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Bahan Penyusun Kolom

Tabel 2 Hasil Uji Tekan Beton

Kolom	Digital Hammer Test	Analog Hammer Test	Uji Tekan Silinder	Standar Deviasi
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
L15SB	27,5	26,51	23,88	1,503333
L15SM	21	23,47	20,65	1,536667
M15SB	25,5	25,04	21,67	0,033333
M15SM	18	19,04	24,45	
Rata-rata		25,006667		

Nilai mutu beton diperoleh dengan melakukan uji kuat tekan beton pada usia lebih dari 28 hari. Uji kuat tekan beton yang dilakukan yaitu: uji kuat tekan silinder, *analog hammer test*, dan *digital hammer test*. Dari ketiga pengujian ini, diambil nilai mutu beton berdasarkan hasil *analog hammer test* yang mengambil nilai tengah di setiap pembacaan bukan nilai pembacaan terendah seperti *digital hammer test*. Sedangkan hasil uji tekan silinder kurang meyakinkan karena masing-masing benda uji kolom hanya memiliki 1 buah silinder.

Tabel 3 Hasil Uji Tarik Baja Tulangan

No. Tulangan	Diameter	Diameter		P (N)	f_y (Mpa)
		Aktual (mm ²)	A (mm ²)		
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, maka digunakan nilai mutu baja (f_y) untuk Ø6, Ø8, dan Ø10 berturut-turut sebesar 376,36 MPa, 443,55 MPa, dan 544,01 MPa.

Hasil Pengujian Beban Siklik

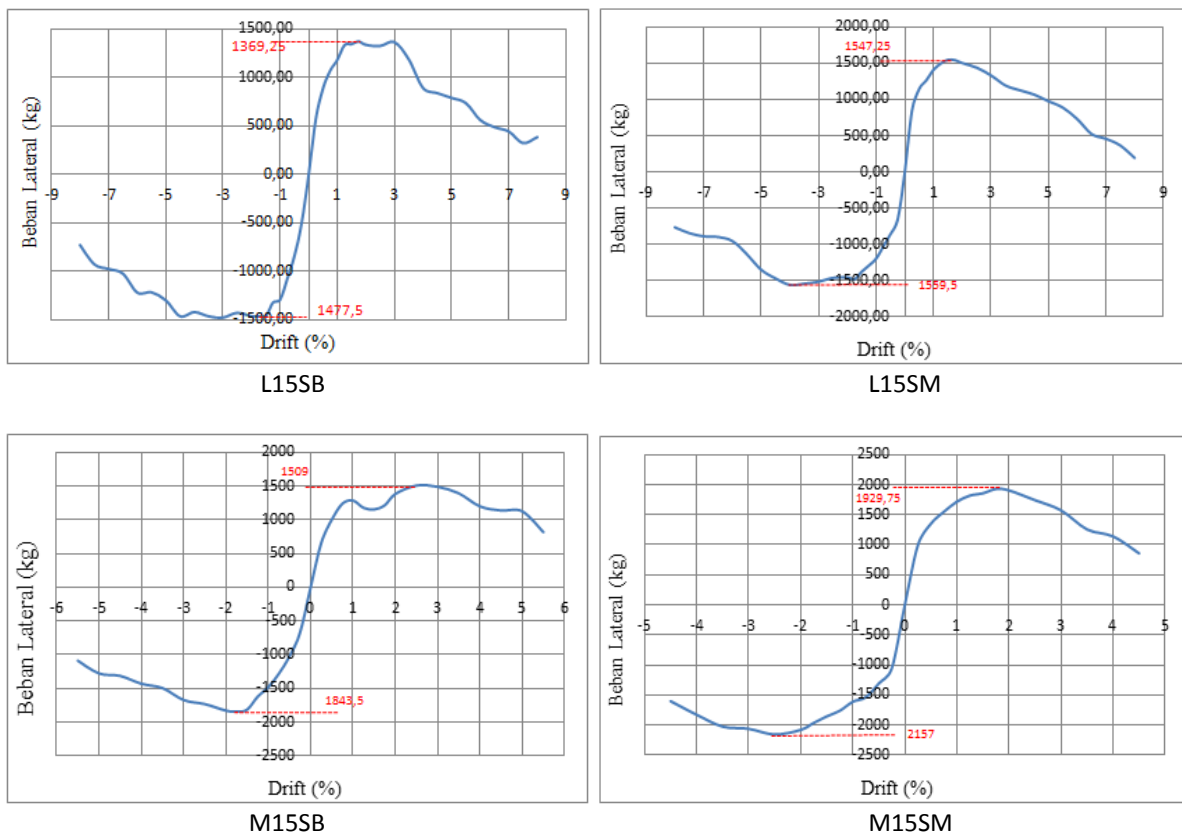
Dari uji beban siklik yang dilakukan, diperoleh data beban – perpindahan setiap benda uji kolom untuk diketahui momen kapasitas. Selain itu juga dilakukan analisis mekanisme retak dan pola retak pada benda uji kolom.

Analisis Momen Kapasitas

Analisis momen kapasitas dilakukan berdasarkan hasil pengujian siklik, kemudian dibandingkan dengan perhitungan teoritis dan numerik.

Dalam perhitungan teoritis dan numerik, letak *lap splice* tidak berpengaruh terhadap besarnya momen kapasitas kolom, baik untuk momen retak maupun momen ultimit. Sedangkan besarnya ratio tulangan longitudinal berpengaruh terhadap momen kapasitas kolom. Semakin besar ratio tulangan longitudinal, maka semakin besar pula momen kapasitasnya.

Hasil dari pengujian siklik berupa data beban-perpindahan disajikan dalam bentuk grafik *envelop P-Drift* (gambar 4). Momen retak benda uji diperoleh dari besarnya beban saat terjadi retak pertama (P_{cr}), sedangkan besarnya momen ultimit diperoleh dari beban lateral puncak (P_u) pada grafik *envelop P-Drift*.



Gambar 4 Grafik Envelop P-Drift

Tabel 4 Perbandingan Hasil Analisis Momen Kapasitas

DATA	Arah	Pcr (kg)	Mcr			Pu (kg)	Mu			Selisih	
			Aktual (kg.cm)	Teoritis (kg.cm)	Numerik (kg.cm)		Aktual (kg.cm)	Teoritis (kg.cm)	Numerik (kg.cm)	Teoritis (%)	Numerik (%)
L15SB	(+)	885	56640	36304	39197	1369,25	87632	89548	91683	2,140064	4,417964
	(-)	842,3	53904	36304	39197	1477,5	94560	89548	91683	5,596535	3,138549
L15SM	(+)	844	54016	36304	39197	1547	99024	89548	91683	10,58155	8,007526
	(-)	663	42432	36304	39197	1560	99808	89548	91683	11,45705	8,862651
M15SB	(+)	1001	64064	38482	41330	1509	96576	129014	131393	25,14314	26,49854
	(-)	1024	65536	38482	41330	1844	117984	129014	131393	8,549627	10,20547
M15SM	(+)	990	63344	38482	41330	1930	123504	129014	131393	4,271029	6,00434
	(-)	1058	67680	38482	41330	2157	138048	129014	131393	7,002146	5,064718

Besarnya momen retak aktual memiliki perbedaan yang jauh dengan perhitungan teoritis maupun numerik. Hal ini dikarenakan beban retak (Pcr) yang tercatat merupakan besarnya beban yang terjadi pada suatu drift, dimana pada drift tersebut retak pertama terjadi. Pada benda uji L15SB dan M15SB, retak pertama terjadi pada drift 0,5%. Sedangkan pada benda uji L15SM dan M15SM, retak pertama terjadi pada drift 0,25%.

Meskipun memiliki perbedaan yang jauh dengan hasil perhitungan teoritis maupun numerik, besarnya momen retak untuk arah (+) dan arah (-) tidak berbeda jauh kecuali pada benda uji L15SM. Hal ini disebabkan karena pada pengujian kolom L15SM ini, beban aksial yang diberikan kurang dari 0,1 P sehingga beban lateral yang terjadi menurun.

Besarnya momen ultimit pada saat pengujian diperoleh dari beban puncak grafik *envelop P-Drift*. Pada perhitungan teoritis dan numerik, letak *lap splice* tidaklah berpengaruh terhadap besarnya momen kapasitas, namun berdasarkan hasil analisis aktual benda uji dengan *lap splice* pada ½ tinggi kolom memiliki momen ultimit sedikit lebih besar dibandingkan benda uji dengan *lap splice* pada dasar kolom. Hal ini dikarenakan pada dasar kolom terjadi momen terbesar sehingga daerah tersebut merupakan daerah kritis, dan dengan adanya *lap splice* pada dasar kolom, *lap splice* tersebut menurunkan performa dari kolom.

Seluruh momen kapasitas aktual benda uji kolom memiliki perbedaan kurang dari 12% dibandingkan perhitungan teoritis maupun numerik. Namun pada benda uji M15SB, selisih dari momen ultimit ini cukup besar yaitu 25,143%

dan 26,499%. Perbedaan yang cukup jauh ini dikarenakan terjadinya penurunan beban aksial saat benda uji mencapai beban puncak, sehingga beban lateral yang terjadi juga mengalami penurunan.

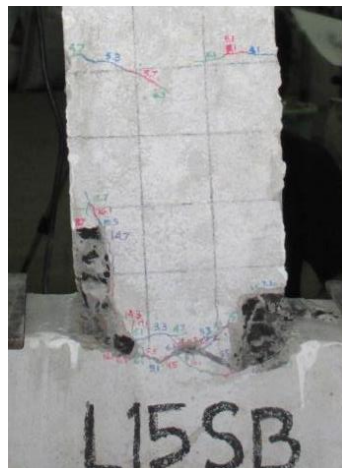
ANALISIS MEKANISME RETAK DAN POLA RETAK

Benda uji dengan rasio tulangan longitudinal mengalami retak pertama dengan beban lateral lebih kecil dibandingkan benda uji dengan rasio tulangan longitudinal lebih tinggi. Berdasarkan variasi letak lap splice, tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap besarnya beban. Namun, pada benda uji L15SB dan M15SB, retak pertama terjadi pada *drift* 0,5%. Sedangkan pada benda uji L15SM dan M15SM, retak pertama terjadi pada *drift* 0,25%. Hal ini menunjukkan, retak pertama pada benda uji SM terjadi dengan perpindahan lebih kecil dibandingkan dengan benda uji SB. Dengan kata lain, benda uji SM lebih kaku dibandingkan benda uji SM.

Seluruh benda uji kolom mengalami retak pertama pada dasar kolom dengan pola retak geser, kemudian disusul dengan retak lentur. Retak lentur dan geser ini banyak terjadi pada daerah dasar kolom hingga ketinggian sekitar 10 cm dari dar

kolom, serta terjadi sedikit retak pada ketinggian sekitar 20 cm – 23 cm dari dasar kolom. Pada benda uji SB, ketinggian sekitar 20 cm – 23 cm merupakan daerah akhir *lap splice*. Sedangkan pada benda uji SM, ketinggian sekitar 20 cm – 23 cm merupakan titik awal dimulainya *lap splice*.

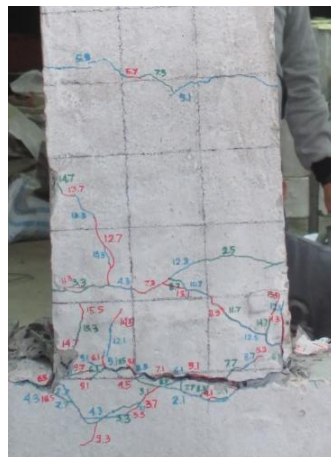
Berdasarkan rasio tulangan longitudinal, tidak terdapat perbedaan yang signifikan mengenai mekanisme retak dan pola retak yang terjadi. Sedangkan berdasarkan letak lap splice, pada benda uji dengan letak *lap splice* di dasar kolom (SB), retak utama terjadi pada dasar kolom dengan pola retak dominan lentur. Dan untuk letak *lap splice* pada $\frac{1}{2}$ tinggi kolom (SM), retak utama bergeser pada ketinggian sekitar 7,5 cm dengan pola retak dominan geser. Perbedaan ini dikarenakan kondisi pada dasar kolom benda uji SB yang sangat kritis akibat momen yang besar dan terdapat *lap splice* dengan panjang dibawah standart. Sedangkan pada benda uji SM dengan letak *lap splice* pada $\frac{1}{2}$ tinggi kolom tidak semakin memperlemah kondisi pada dasar kolom, namun menyebabkan daerah kritis lain pada daerah *lap splice* di $\frac{1}{2}$ tinggi kolom sehingga daerah kritis yang umumnya pada dasar kolom mengalami sedikit pergeseran ke atas.



L15SB Drift 8%



L15SM Drift 8%



M15SB Drift 5,5%



M15SM Drift 4,5%

Gambar 5 Retak pada Kondisi Akhir Pengujian

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan teoritis maupun numerik, beban lateral puncak pada benda uji M15SB dan M15SM dengan $\rho_v = 1,1\%$ lebih besar dibandingkan dengan benda uji L15SB dan L15SM dengan $\rho_v = 0,8\%$. Sedangkan berdasarkan hasil pengujian, dengan letak *lap splice* pada $\frac{1}{2}$ tinggi kolom (SM) mampu menghasilkan beban lateral puncak sedikit lebih besar dibandingkan dengan *lap splice* pada dasar kolom (SB). Dengan demikian lebih disarankan untuk meletakkan *lap splice* pada $\frac{1}{2}$ tinggi kolom (SM).

Mekanisme retak untuk seluruh benda uji tidak memiliki perbedaan yang signifikan, seluruh benda uji mengalami retak pertama pada dasar kolom kemudian retak merambat hingga pada *grid* ke-5. Retak pertama terjadi pada Pcr tidak jauh berbeda, namun benda uji SB mengalami perpindahan lebih besar dibandingkan benda uji SM, sehingga benda uji SM lebih kaku dibandingkan benda uji SB. Untuk pola retak yang terjadi, dengan *lap splice* pada dasar kolom retak utama terjadi pada dasar kolom dengan pola dominan retak lentur. Sedangkan dengan *lap splice* pada $\frac{1}{2}$ tinggi kolom, retak utama mengalami pergeseran sedikit lebih keatas, yaitu pada ketinggian sekitar 7,5 cm dari dasar kolom dengan pola dominan retak geser.

Terdapat beberapa saran yang direkomendasikan untuk penelitian serupa yang akan datang:

- Jumlah benda uji di tiap variasi ditambah
- Penakaran saat mengecor dilakukan sesuai mix design
- Pengambilan sampel untuk uji tekan silinder minimal 3 dan untuk *hammer test* sebaiknya dilakukan 3x10 pukulan
- Memperhatikan segala komponen saat 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.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2002. Jakarta.
- Dini, Restian. 2008. *Analisis Pengaruh Dimensi Balok dan Kolom Portal Terhadap Lebar Retak Pada Bangunan*. Laporan Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Fernandes, Dede. 2012. *Pola Retak dan Lebar Retak balok dalam Kondisi Gempa Akibat Pengaruh dari Variasi Prosentase Luas Tulangan Tekan Terhadap Tulangan Tarik Pada Tumpuan*. Laporan Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Ghannoum, W.M., Moehle, J.P., and Bozorginia, Y. 2008. *Analytical Collapse Study of Lightly Confined Reinforced Concrete Frames Subjected to Northridge Earthquake Ground Motions*. Journal of Earthquake Engineering, Vol 12, pp 1105-1119
- McCormac, Jack C. 2004. *Desain Beton Bertulang Jilid 1 Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Nawy, Edward. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : PT Refika Aditama.
- R. Park & Pauley. 1975. *Reinforced Concrete Structure*. John Wiley & Sons Inc.
- Paulay dan Priestley. 1994. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York: Wiley Interscience.
- Wibowo, Ari. 2012. *Seismic Performance of Insitu and Precast Soft Storey Buildings*. Victoria : Swinburne University of Technology.