

**PENGARUH RASIO TULANGAN LOGITUDINAL DAN JARAK
SENGKANG TERHADAP KAPASITAS BEBAN LATERAL MAKSIMUM
KOLOM BERTULANGAN RINGAN AKIBAT BEBAN SIKLIK**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik



**STEFAN THEOPHILUS
NIM. 125060107111035**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

PENGARUH RASIO TULANGAN LOGITUDINAL DAN JARAK SENGKANG TERHADAP KAPASITAS BEBAN LATERAL MAKSIMUM KOLOM BERTULANGAN RINGAN AKIBAT BEBAN SIKLIK

Stefan Theophilus, Ari Wibowo, Siti Nurlina

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145, Jawa Timur – Indonesia

Email: Theophilus_stefan@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kolom merupakan komponen struktural yang berfungsi sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Di Indonesia masih sering dijumpai bangunan dengan kolom berrasio tulangan longitudinal kurang dari 0.01 kali luas bruto penampang atau bisa disebut kolom bertulangan ringan. Kolom bertulangan ringan seringkali dipercaya memiliki performa yang buruk dalam menahan gempa. Padahal di beberapa kasus yang ditemui bahwa di banyak negara, walaupun kolomnya bertulangan ringan, mereka cukup mampu bertahan terhadap gempa. Apabila ditinjau dari bidang ketekniksipilan, perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kolom tulangan ringan tersebut dengan dikaitkan dengan aspek-aspek konstruksi. Aspek-aspek tersebut diantaranya adalah mengenai kekuatan struktur kolom tulangan ringan beserta komponen penyusunnya, daktilitas, kuat kapasitas beban lateral, ketahanan terhadap gempa, pola retak dan lain sebagainya

Dalam penelitian ini kolom beton bertulang digunakan sebagai benda uji dengan banyak benda uji sebanyak 4 buah kolom dengan variasi rasio tulangan longitudinal (0,8% dan 1,1%) dan variasi jarak sengkang (15cm dan 25 cm). Kolom benda uji diletakkan diatas *frame* pengujian. Beban lateral siklik dan beban aksial yang juga akan dianalisa kapasitas beban lateral terhadap perpindahan.

Hasil dari penelitian dan pembahasan data menjelaskan bahwa benda Uji L25C ($\rho = 0,8\%$; $\varnothing 6-250$) dapat menahan 2270,5 kg saat kondisi *push* dan 1778,5 kg pada kondisi *pull*. Benda Uji L15C ($\rho = 0,8\%$; $\varnothing 6-150$) dapat menahan 1508,5 kg saat kondisi *push* dan 2061,25 kg pada kondisi *pull*. Benda Uji M25C dapat menahan 2080 kg ($\rho = 1,1\%$; $\varnothing 6-250$) saat kondisi *push* dan 2322,5 kg pada kondisi *pull* . Benda Uji M15C dapat menahan 2202,5 kg ($\rho = 1,1\%$; $\varnothing 6-150$) saat kondisi *push* dan 2079,5 kg pada kondisi *pull*.

Kata kunci: kolom, ringan, kapasitas beban lateral, sengkang, rasio tulangan

ABSTRACT

Column is a structural component that serves as the successor to load the entire building to the foundation. In Indonesia, is still frequently encountered in buildings with column which longitudinal reinforcement ratio is less than 0.01 times the area of the gross cross-section or can be called lightly reinforced column. Lightly Reinforced Column is often believed that has a poor performance in withstand earthquakes. Whereas in some cases that was found in many countries, although column has light reinforcement, they are quite able to withstand earthquakes. When viewed from engineering study, need further research on lightly reinforcement columns with construction aspects. These aspects are structure power of lightly reinforced column and its components, ductility, lateral load capacity, resistance to earthquakes, crack patterns.

In this study, reinforced concrete column is used as a specimen with 4 column with longitudinal reinforcement ratio (0.8 % and 1.1 %) and confinement spacing (15cm and 25cm) variation. Column test object is placed on the test frame. Lateral cyclic load and axial load capacity will be given then will be analyzed its lateral load against displacement.

Results from the study and discussion of the data explains that the test object L25C ($\rho = 0.8\%$; $\varnothing 6-250$) can withstand 2270.5 kg in push condition and 1778.5 kg in pull condition. Test objects L15C ($\rho = 0.8\%$; $\varnothing 6-150$) can withstand 1508.5 kg in push condition and 2061.25 kg in pull condition. Test objects M25C can withstand 2080 kg ($\rho = 1.1\%$; $\varnothing 6-250$) in push condition and 2322.5 kg in pull condition. Test object M15C can withstand 2202.5 kg ($\rho = 1.1\%$; $\varnothing 6-150$) in push and 2079.5 kg in pull condition.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kolom merupakan komponen struktural yang berfungsi sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Komponen struktural ini menahan beban vertikal yang berasal dari balok dan beban lateral berupa gempa dan gaya lainnya.

Pada SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung menyatakan bahwa luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari 0.01 kali luas bruto penampang, namun faktanya di Indonesia masih sering dijumpai bangunan dengan kolom berrasio tulangan longitudinal kurang dari 0.01 kali luas bruto penampang atau bisa disebut kolom bertulangan ringan.

Kolom bertulangan ringan seringkali dipercaya memiliki performa yang buruk dalam menahan gempa. Kolom bertulangan ringan seringkali dianggap tidak punya kekuatan dan daktilitas yang cukup untuk menahan beban lateral, dalam hal ini adalah beban gempa. Padahal di beberapa kasus yang ditemui bahwa di banyak negara, walaupun kolomnya bertulangan ringan, mereka cukup mampu bertahan terhadap gempa. Penggunaan kolom bertulangan ringan ini banyak dijumpai di rumah-rumah di negara berkembang dan negara maju yang memiliki zona gempa ringan sampai menengah

Apabila ditinjau dari bidang ketekniksipilan, perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kolom tulangan ringan tersebut dengan dikaitkan dengan aspek-aspek konstruksi. Aspek-aspek tersebut diantaranya adalah mengenai kekuatan struktur kolom tulangan ringan beserta komponen penyusunnya, daktilitas, kuat kapasitas beban lateral, ketahanan terhadap gempa, pola retak dan lain sebagainya.

Rumusan Masalah

Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi jarak sengkang dan rasio tulangan kolom bertulangan ringan akibat beban siklik.

- Berapa beban lateral maksimum aktual yang dapat di terima oleh kolom bertulangan ringan akibat beban lateral siklik?
- Bagaimana pengaruh rasio tulangan longitudinal terhadap perilaku kolom bertulangan ringan yang dibebani beban lateral siklik?
- Bagaimana pengaruh jarak sengkang terhadap perilaku kolom bertulangan ringan yang dibebani beban lateral siklik?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah

- Untuk mengetahui beban lateral maksimum aktual yang dapat di terima oleh kolom bertulangan ringan akibat beban lateral siklik
- Untuk mengetahui pengaruh rasio tulangan longitudinal terhadap perilaku kolom bertulangan ringan yang dibebani beban lateral siklik
- Untuk mengetahui pengaruh jarak sengkang terhadap perilaku kolom bertulangan ringan yang dibebani beban lateral siklik

Batasan Masalah

Dalam penyelesaian penelitian ini diberikan batasan masalah atau ruang lingkup studi sebagai berikut:

- a. Pengaruh lingkungan luar diabaikan
- b. Benda uji berupa kolom persegi dengan ukuran (160x150) mm dengan rasio tulangan (ρ_v) sebesar 1,1% dan 0.8%
- c. Mutu beton yang digunakan $f'_c = 20$ Mpa.
- d. Semen yang digunakan adalah PPC tipe 1.

- e. Pengujian dilakukan pada saat beton pada kolom telah berumur 28 hari atau lebih.
- f. Kolom diasumsikan terjepit penuh pada bagian bawah dan ujung bebas(dinding kantilever).
- g. Pengujian dilakukan di laboratorium struktur Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawiaya

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Umum

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (*frame*) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atau ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fondasi (Edward G, Nawy, 1990)

Sebagai bagian dari suatu kerangka bangunan dengan fungsi dan peran seperti tersebut, kolom menempati posisi penting dalam sistem struktur bangunan. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Pada umumnya keruntuhan atau kegagalan komponen tekan tidak diawali dengan tanda peringatan yang jelas dan bersifat mendadak. Oleh karena itu dalam merencanakan struktur kolom harus diperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi daripada komponen struktur lainnya

Pada kolom, banyaknya tulangan harus dikontrol agar kolom dapat berperilaku duktail. Apabila beban pada kolom bertambah, maka akan timbul retak-retak pada daerah yang bertepatan dengan lokasi-lokasi sengkang, saat dalam keadaan batas keruntuhan, selimut beton di luar sengkang akan terlepas. Jika beban terus bertambah akan terjadi keruntuhan dan tekuk lokasi tulangan memanjang pada panjang yang tak tertumpu oleh sengkang. Sehingga dapat dikatakan bahwa dalam

keadaan batas keruntuhan, selimut beton akan terlepas lebih dahulu sebelum lekatan baja-beton hilang.

Parameter yang Mempengaruhi Perilaku Kolom :

a. Rasio beban aksial $n = \frac{P}{A_g f'_c}$

b. Aspek Rasio $\alpha = \frac{L}{D}$

c. Rasio Tulangan Longitudinal

$$\rho_v = \frac{A_s}{b D}$$

d. Presentase Tulangan Transversal

-Rasio Volumetrik

$$\rho_s = \frac{A_v(2b_s+2h_s)}{b_h h_h s}$$

- Rasio Luas $A_{v.min} = \frac{n A_v}{b s}$

Kolom Tulangan Ringan

Karakteristik kolom tulangan ringan antara lain :

- Aspek rasio sedang 2-4
- Rasio tulangan longitudinal 0.5%-1.5%
- Rasio volumetrik tulangan transversal yaitu selain 0.1%
- Rasio beban aksial 0.1-0.4

Beban Siklik

Beban siklik merupakan beban berulang yang diterima oleh suatu struktur. Kegagalan struktur juga bisa disebabkan oleh beban siklik yang terjadi, meskipun desain awal struktur memiliki kekuatan yang memenuhi persyaratan yang ditentukan. Kegagalan *fatigue* yang merupakan fenomena dimana beton pecah ketika mengalami beban berulang pada tegangan lebih kecil daripada kekuatan tekan maksimum dan kekuatan *fatigue* yang didefinisikan sebagai kekuatan yang dapat didukung untuk sejumlah siklus tertentu. Kekuatan *fatigue* dipengaruhi oleh berbagai pembebanan, tingkat pembebanan, *load history*, dan sifat material. (Al-Sulayfani & Al-Tae, 2008)

Pada struktur kolom, beban aksial merupakan representatif dari berat sendiri dan beban siklik merupakan beban luar yang terjadi berulang, misalkan beban gempa. Beban aksial dan siklik ini akan bekerja secara bersamaan pada struktur kolom.

Kapasitas Kolom

Ada 2 kapasitas yang menentukan kapasitas kolom dalam penelitian ini yaitu:

- Kapasitas Aksial

Kapasitas aksial kolom beton bertulang tergantung dari kapasitas aksial tulangan longitudinal dan kapasitas aksial beton. Persamaan yang digunakan adalah :

$$P_n = 0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + (A_{st} \cdot f_y)$$

f'_c = kekuatan tekan beton

f_{yl} = tegangan leleh tulangan longitudinal

A_g = luas bruto penampang kolom

A_{st} = luas total tulangan longitudinal

- Kapasitas Lentur (Momen)

Kapasitas lentur atau kapasitas momen kolom beton bertulang tergantung dari penampang melintang kolom. Kapasitas momen maksimum kolom dapat dihitung dengan menjumlah perkalian antara gaya internal dari tulangan longitudinal dan beton terhadap *centroid* kolom. Persamaan yang digunakan:

$$M_n = 0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \left(d - \frac{d''}{2} - \frac{a}{2} \right) + A_s' \cdot f_y (d - d' - d'') + A_s f_y d''$$

Dimana:

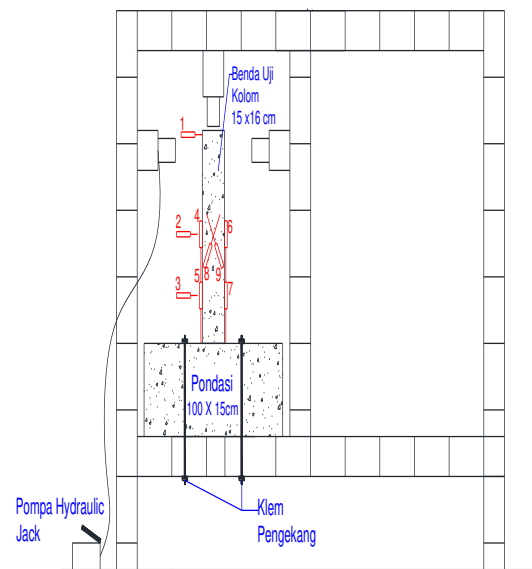
A_s' = luas tulangan longitudinal tekan

A_s = luas tulangan longitudinal tarik

a = kedalaman blok tegangan tekan

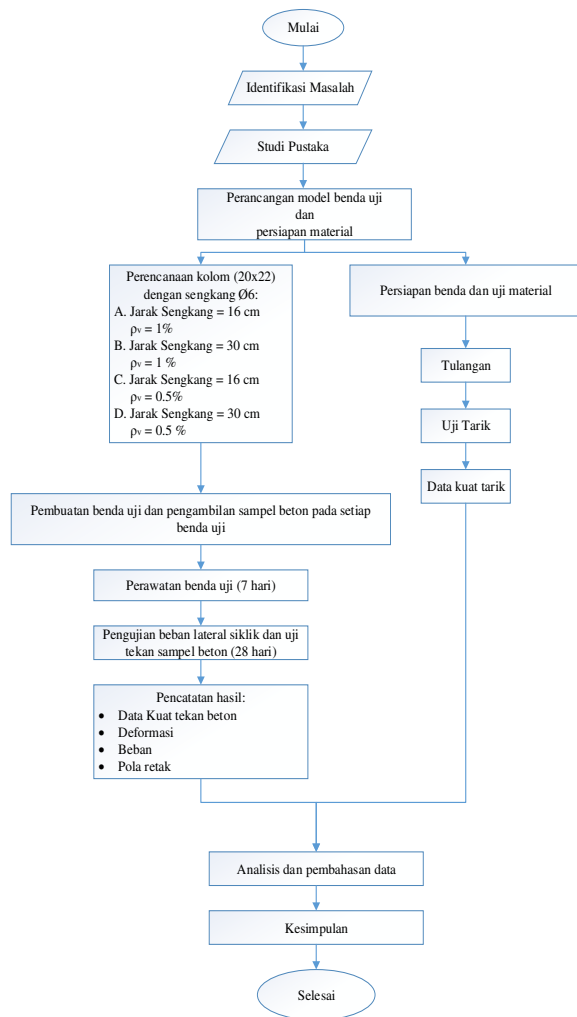
METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Dalam penelitian ini kolom beton bertulang ringan digunakan sebagai benda uji sebanyak 4 buah benda uji dengan variasi jarak sengkang dan rasio tulangan longitudinal sehingga tiap benda uji tidak sama variasinya. Kolom benda uji diletakkan diatas frame yang akan diberi beban siklik dengan dua beban lateral dan 1 beban yang juga akan dianalisa perpindahan yang terjadi akibat beban yang diberikan. Pengujian kolom ini akan dilakukan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Pembebanan

Pembebanan dilakukan untuk mendapatkan data beban menggunakan kontrol *drift*. Data tersebut kemudian digunakan untuk mencari besar kapasitas beban lateral maksimum yang dapat di tahan.



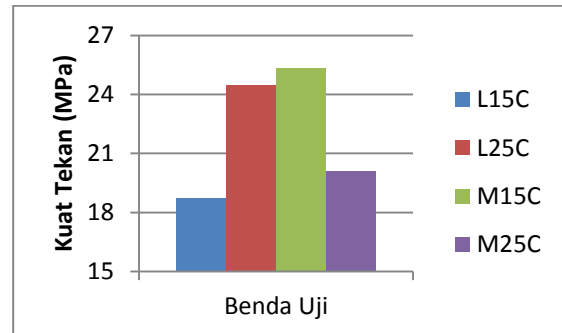
Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Tekan

Uji tekan silinder digunakan untuk mengetahui berapa kisaran mutu dari benda uji. Benda uji kuat tekan beton dalam penelitian ini diambil dua sampel pada setiap pengecoran (satu pada bagian kolom dan satu pada bagian pondasi) untuk empat buah benda uji. Benda uji kuat tekan beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian ini dilakukan 28 hari setelah pengecoran dengan melalui proses perawatan (*curing*). Proses perawatan (*curing*) dilakukan untuk mengurangi proses hidrasi pada beton sehingga tidak menimbulkan retakan. Retakan yang

muncul akibat hidrasi dapat mengurangi kekuatan beton itu sendiri. Proses *curing* dilakukan selama dua minggu atau 14 hari setelah beton dicor. Proses *curing* dilakukan dengan menggunakan karung goni yang dibasahi lalu diletakkan diatas kolom beton dan disiram.



Gambar 3 Hasil Uji Tekan Silinder

Berdasarkan Gambar 3, maka kuat tekan silinder benda uji L15, L25C, M15C, M25C secara berturut-turut adalah 18,73 Mpa, 24,45 Mpa, 25,35 Mpa, dan 20,09 Mpa.

Tabel 1 Hasil Kuat Tekan Beton

Kolom	Digital Hammer Test (MPa)	Analog Hammer Test (MPa)	Uji Tekan Silinder (MPa)
L15C	21,5	23,6	18,73
L25C	31,5	25,84	24,45
M15C	19	23,6	25,35
M25C	19	23,73	20,09

Pada Tabel dapat dilihat bahwa terjadi variasi mutu beton benda uji antara hasil uji tekan silinder, hasil uji hammer digital dan hasil uji hammer analog. Namun untuk analisa selanjutnya, dipilih hasil dari uji hammer analog karena dinilai hasilnya lebih mendekati seragam dan hasil uji hammer analog adalah hasil aktual dari sebuah kolom dibandingkan dengan uji hammer digital.

Kapasitas Kolom Teoritis

Perhitungan kekuatan kolom secara teoritis bertujuan untuk mencari nilai beban lateral maksimum (H_{maks}), dan Momen nominal (M_n) yang terjadi dengan

beban aksial sebesar 0,1 Pu. Perhitungan dilakukan untuk rasio tulangan longitudinal (ρ_v) 0,8% dan 1,1% dengan $f'c$ masing-masing benda uji.

Perhitungan kolom secara teoritis menggunakan analisa kolom segi empat bertulangan 2 sisi dengan asumsi tumpuan jepit bebas. Hasil perhitungan kolom teoritis dengan menggunakan perhitungan diagram interaksi.

Tabel 2 Kapasitas Kolom Teoritis

Kolom	L15C	L25C	M15C	M25C
$f'c$ (Mpa)	23,6	25,84	23,6	23,73
0,1 Pu (kg)	5584,9	6038,4	6192,5,7	6218,7
Ph (kg)	1366,28	1418,67	1981,91	1985,05
Mu (kgm)	874,42	907,95	1268,42	1270,43

Dari Tabel diatas, beban lateral maksimum teoritis yang dapat di tahan untuk spesimen kolom L15C, L25C, M15C, dan M25C berturut-turut adalah 1366,28 kg, 1418,67 kg, 1872,65 kg, dan 1985,05 kg. Momen ultimit yang terjadi dengan beban aksial sebesar 0,1 Pu untuk spesimen kolom L15C, L15C, M15C, dan M15C berturut-turut adalah 874,42kgm, 907,95 kgm, 1198,5 kgm, dan 1270,43 kgm.

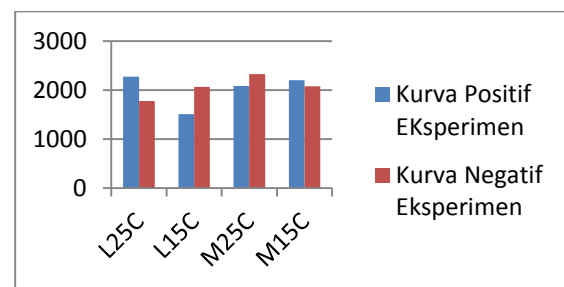
Pengujian Kolom Beton Bertulangan Ringan Terhadap Beban Siklik

Pengujian beban lateral semi siklik dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolis dengan dua beban lateral dan beban aksial. Kolom berdimensi 16 x 15 x 64 cm, yang telah berumur diatas 28 hari dipersiapkan dan diletakan di atas *frame*. Kemudian dilakukan *setting* peralatan pengujian. Penggunaan *displacement control* pada pengujian ini membagi pengujian dalam beberapa siklus dengan kenaikan drift sebesar 0,25% sampai drift mencapai 2% dan dilanjutkan dengan kenaikan drift 0,5 %. Pada setiap analisis nantinya hasil dari kurva positif akan dibandingkan dengan hasil kurva positif lainnya, begitu juga dengan kurva negatif

yang akan dibandingkan 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. Data yang akan diambil pada penelitian ini adalah perpindahan yang terjadi dan beban lateral yang dialami oleh kolom uji.

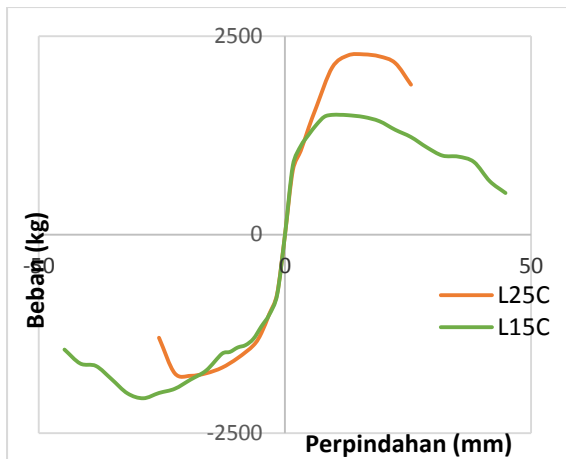
Analisa Hasil Eksperimen

Dari hasil pengujian laboratorium terhadap kekuatan kolom beton bertulang didapatkan grafik hubungan antara beban dan lendutan, sebagai berikut :



Gambar 4 Beban Lateral Benda Uji

Pada Gambar 4, terlihat perbedaan beban positif dan negatif tiap spesimen. Beban lateral aktual yang dapat di tahan oleh kolom antara lain benda Uji L25C dapat menahan 2270,5 kg saat kondisi *push* dan 1778,5 kg pada kondisi *pull*. Benda Uji L15C dapat menahan 1508,5 kg saat kondisi *push* dan 2061,25 kg pada kondisi *pull*. Benda Uji M25C dapat menahan 2080 kg saat kondisi *push* dan 2322,5 kg pada kondisi *pull*. Benda Uji M15C dapat menahan 2202,5 kg saat kondisi *push* dan 2079,5 kg pada kondisi *pull*.

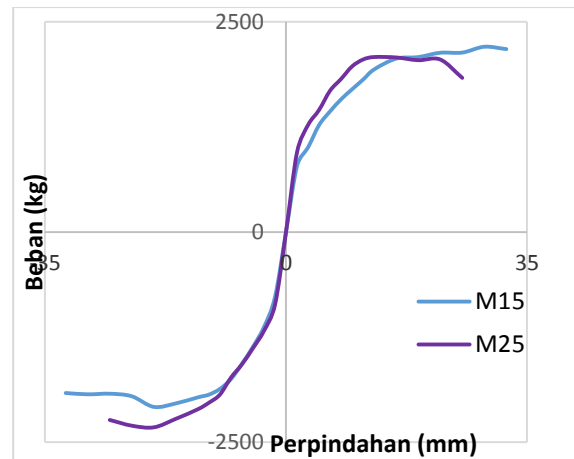


Gambar 5 Grafik Beban-Perpindahan L25C dan L15C

Kapasitas beban lateral untuk kolom dengan sengkang lebih rapat untuk kondisi negative (*pull*) lebih tinggi dibandingkan bila jarak sengkang lebih renggang. Beban lateral maksimum yang dapat ditahan oleh kolom L15C adalah 2061,25 kg sedangkan beban lateral maksimum pada kolom L25C lebih rendah, yaitu 1778,5 kg

Hasil eksperimen ini sudah sesuai teori, dimana semakin rapat jarak sengkang maka kekangan yang dimiliki oleh kolom juga akan lebih tinggi. Sehingga kolom dapat menahan beban lateral yang lebih tinggi pula.

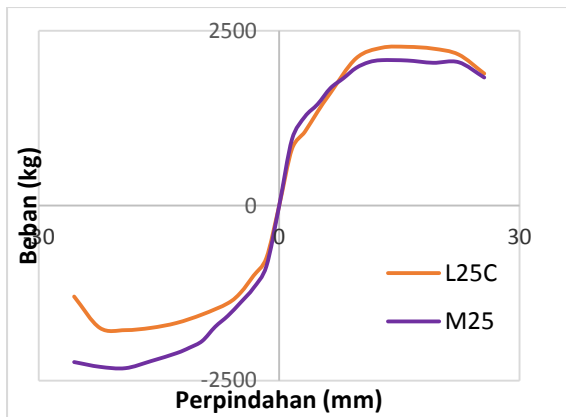
Namun hasil yang berbeda terlihat pada kondisi positif (*push*) dimana untuk kolom dengan sengkang lebih renggang kapasitas kolom lebih tinggi. Terdapat kemungkinan bahwa pada kondisi *push* terjadi lonjakan beban lateral diakibatkan kolom tambahan pada *frame* pengujian yang belum kaku. Kolom tambahan tidak terikat secara kaku di *frame* pengujian, akibatnya ketika *hidraulik jack* menekan kolom spesimen uji, kolom tambahan pada *frame* ikut menggeser, berakibat pada beban lateral yang lebih besar daripada yang seharusnya.



Gambar 6 Grafik Beban-Perpindahan M25C dan M15C

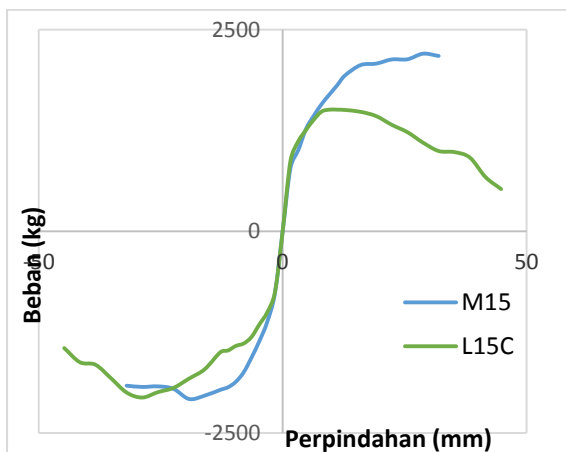
Grafik diatas merupakan perbandingan antara perilaku beban lateral-perpindahan antara kolom M15C dengan kolom M25C. Pada kondisi positif (*push*), spesimen M15 memiliki kapasitas beban lateral yang lebih besar dari spesimen M25, yaitu sebesar 2202,5 kg dan 2080 kg. Sedangkan pada kondisi negative (*pull*), yang terjadi adalah sebaliknya dimana spesimen M25C memiliki kapasitas beban lateral yang lebih besar.

Sebenarnya bila dilihat, kapasitas beban maksimum pada kedua spesimen tidak memiliki selisih yang jauh. Dianalisa bahwa pada spesimen dengan rasio tulangan longitudinal lebih tinggi, jarak sengkang tidak begitu mempengaruhi kapasitas beban lateral yang dapat ditahan oleh kolom. Dibandingkan dengan spesimen kolom dengan rasio tulangan longitudinal yang lebih rendah (L15C dan L25C) dimana parameter jarak sengkang memberikan pengaruh yang lebih besar.



Gambar 7 Grafik Beban-Perpindahan M25C dan M15C

Secara teoritis, kolom dengan rasio tulangan longitudinal lebih besar akan memiliki kapasitas beban lateral yang lebih tinggi, karena semakin tinggi rasio tulangan longitudinal maka kapasitas momen kolom akan semakin besar pula. Teori ini terbukti pada hasil eksperimental spesimen kolom pada kondisi negative dimana spesimen M25 ($\rho = 1.1\%$) memiliki kapasitas beban yang lebih tinggi dibandingkan spesimen L25 ($\rho = 0.8\%$). Namun pada kondisi positif, kapasitas beban pada kedua spesimen kolom hanya berselisih sedikit dan kapasitas beban kolom L25C cenderung lebih tinggi. Seperti penjelasan sebelumnya, hasil ini diindikasikan akibat kolom tambahan pada frame yang belum kaku sehingga ikut tergeser saat beban lateral diberikan.



Gambar 8 Grafik Beban-Perpindahan M25C dan M15C

Begitu pula dengan perbandingan kapasitas beban antara spesimen kolom M15C dengan L25C. Hasil eksperimental telah sesuai dengan teori, dimana kolom dengan rasio tulangan longitudinal yang lebih tinggi akan memiliki kapasitas beban yang lebih tinggi pula.

Dari penjelasan dan hasil perhitungan diatas dapat terlihat bahwa benda uji kolom dengan $\rho = 1.1\%$ (M15 dan M25) dapat menahan beban pada saat kondisi positif (*push*) ataupun kondisi negatif (*pull*) lebih besar daripada benda uji dengan $\rho = 0.8\%$ (L15 dan L25) walaupun pada hasil eksperimen benda uji L25 saat kondisi positif mendapat hasil beban paling besar namun itu terjadi karena frame pada bagian itu kurang kaku pada saat pengujian mengakibatkan frame bergeser dan beban naik. Dengan melihat pada kondisi negatif (*pull*), terlihat dengan rasio yang sama, spesimen dengan sengkang lebih rapat (L15C) dapat menahan beban lateral lebih besar dari spesimen dengan sengkang lebih renggang. Disimpulkan pada $\rho = 0.8\%$, jarak sengkang mempengaruhi kekuatan dari inti beton sehingga dapat membuat kolom dapat bertahan menuju beban puncaknya dengan perpindahan pada saat beban maksimum lebih panjang.

Untuk spesimen dengan $\rho = 1.1\%$ (M15 dan M25), terlihat tidak jauh berbeda kekuatan masing-masing kolom dalam menahan beban lateral. Sehingga dapat disimpulkan pada kolom dengan $\rho = 1.1\%$, jarak sengkang tidak terlalu berpengaruh terhadap kekuatan kolom menahan beban lateral. Namun terlihat, kolom dengan jarak sengkang lebih rapat (L15C), dapat bertahan dengan perpindahan yang lebih jauh daripada kolom dengan jarak sengkang lebih renggang (L25).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Beban lateral aktual yang dapat di tahan oleh kolom antara lain benda Uji L25C dapat menahan 2270,5 kg saat kondisi *push* dan 1778,5 kg pada kondisi *pull*. Benda Uji L15C dapat menahan 1508,5 kg saat kondisi *push* dan 2061,25 kg pada kondisi *pull*. Benda Uji M25C dapat menahan 2080 kg saat kondisi *push* dan 2322,5 kg pada kondisi *pull*. Benda Uji M15C dapat menahan 2202,5 kg saat kondisi *push* dan 2079,5 kg pada kondisi *pull*.
2. Kolom dengan $\rho = 1.1\%$ yaitu Spesimen M15C dan M25C dapat menahan beban lateral lebih besar dibanding dengan kolom dengan $\rho = 0,8\%$ dikarenakan kapasitas momen yang dimiliki lebih besar.
3. Untuk kolom dengan $\rho = 0,8\%$, variasi jarak sengkang berpengaruh terhadap kekuatan kolom menahan beban lateral terlihat dengan kolom L15C dapat menahan beban lebih besar daripada L25C tanpa melihat kondisi positif (*push*). Sedangkan untuk kolom dengan $\rho = 1,1\%$, variasi jarak sengkang 15 cm dan 25 cm tidak berpengaruh secara signifikan namun berpengaruh pada perilaku kolom dalam mencapai perpindahan yang lebih panjang pada beban maksimumnya apabila jarak sengkang lebih rapat.

Disimpulkan bahwa pada kolom bertulangan ringan, rasio tulangan berpengaruh dalam menaikan kapasitas beban lateral sebuah kolom namun sengkang tidak berpengaruh

Saran

Dalam penelitian ini peneliti menyadari masih banyak kekurangan. Oleh karena itu untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya, peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Perhatikan proses pencampuran semen, air, pasir, dan kerikil sehingga mendapatkan hasil sesuai yang direncanakan
2. Kekakuan *frame* pengujian harus diperhatikan agar pemberian pembebanan pada benda uji kolom tidak terganggu.
3. Perlu diperhatikan stabilitas dari pemberian beban aksial pada benda uji kolom agar hasil yang didapatkan lebih baik.

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 Northridge Earthquake 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