

ISSN : 2088-9321

JURNAL TEKNIK SIPIL



JURNAL TEKNIK SIPIL	Vol. 2	No.3	Halaman 203 - 308	Banda Aceh Mei 2013	ISSN 2088-9321
---------------------	--------	------	----------------------	------------------------	----------------

REDAKSI JURNAL TEKNIK SIPIL

ISSN 2088 - 9321

Penasehat:

Dekan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala

Penanggung Jawab:

Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala

Pemimpin Redaksi:

Dr. Ir. Taufiq Saidi, M. Eng

Penyunting Pelaksana:

Gartika Setiya Nugraha, ST, M.Si

Nurul Malahayati, ST, M.Sc

Nafisah Al-Huda, ST. MT

Febriyanti Maulina. ST. MT

Noer Fadhly, ST, MT

Yus Yudhyantoro, ST. MT

Enny Irmawati Hasan

Penyunting ahli:

Dr.Ir. Sofyan M. Saleh, M.Sc.Eng

Dr. Ir. Taufiq Saidi, M. Eng

Dr.Ir. Mochammad Afifuddin, M.Eng

Ir. Banta Chairullah, M.Ing

Prof. Dr. Ir. H. Munirwansyah. M.Sc

Dr. Ir. Alfiansyah Yulianur BC

Nurul Malahayati, ST. M.Sc

Mitra Bebestari:

Dr. Ir. Tri Tjahjono M.Sc. (UI)

Prof.Dr.Ir Sobriyah, M.S (UNS)

Dr. Kusno Adi Sambowo S.T. (UNS)

Dr.Eng. Ir. Syafi'i. MT (UNS)

Dr. techn., Ir. Aswandy, MT (ITENAS)

Alamat Sekretariat/Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala

Jl. Syech Abdurrauf No. 7

Darussalam, Banda Aceh 23111

Website: <https://sites.google.com/site/jurnaltekniksipil/>

e-mail: jurnaltekniksipil@yahoo.com, setiya@hotmail.com

Telp/fax: 0651-7555444

JURNAL TEKNIK SIPIL

Jurnal Teknik Sipil Unsyiah merupakan wadah bagi seluruh civitas akademika dibidang konstruksi dan lingkungan mengembangkan dan menginformasikan perkembangan teknologi dan pengetahuan.

Frekuensi terbit tiga kali setahun pada bulan September, Januari, dan Mei.

DAFTAR ISI

Pengaruh Variasi Suhu Pemadatan Terhadap Karakteristik Campuran <i>Split Mastic Asphalt 0/11</i> <i>Fakhrul Rozi Yamali</i>	203 - 214
Assesmen Aktual Kapasitas Jalan Pada Segmen <i>Bottleneck</i> Sistematis Dengan Pendekatan Metode Simulasi <i>Sugiarto, Zianul Furqan</i>	215 - 224
Pemodelan Pemilihan Moda Antara Bus Rapid Transit Dan Sepeda Motor Dalam Perjalanan Menuju Ke Kampus Dengan Teknik <i>Stated Preference</i> <i>M. Isya, Renni Anggraini, Tety Sriana</i>	225 - 236
Analisis Pemilihan Material Beton Dan Material Baja Sebagai Alternatif Material Pengganti Kayu Ulin <i>Retna Hapsari Kartadipura, Novitasari</i>	237 - 246
Pengaruh Konfigurasi Senggang Terhadap Kekakuan Kolom yang Dibebani Gaya Geser dan Aksial Tekan $0,4 p_0$ <i>Taufiq saidi, Rudiansyah Putra, Munawir</i>	247 - 258
Korelasi σ dan C Pada Uji Triaksial Dengan Indeks Plastisitas Tanah Desa Neuheun Aceh Besar <i>Devi Sundary, Marwan</i>	259 - 268
Interpretasi <i>Bearing Layer</i> (Kontur Lapisan Tanah Keras) Di Bawah Permukaan Dengan Program Surfer (Kecamatan : Syiah Kuala – Ulee Kareng – Kuta Alam) <i>Munirwansyah, Devi Sundary, Gartika Setiya Nugraha</i>	269 - 280
Pre Construction And Post Failure Of Slope Dam Stability On Safety Factor Analysis (A Review) <i>Reza P. Munirwan</i>	281 - 288
Analisis Kegagalan Bendung Bronjong Pante Ceuremen <i>Dirwan</i>	289 - 298
Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Penentuan Pemenang Pelelangan Jasa Pelaksana Konstruksi <i>Tripoli, Mubarak, Yunia Shofiasti</i>	299 - 308

PENGARUH KONFIGURASI SENGGANG TERHADAP KEKAKUAN KOLOM YANG DIBEKANI GAYA GESER DAN AKSIAL TEKAN $0,4 P_0$

Taufiq Saidi¹, Rudiansyah Putra² dan Munawir³

^{1,2})Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Jl. Syech A. Rauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh 23111, email: taufiqsaidi@gmail.com, rudiansyah.putra@gmail.com

³) ST, MT, staf pengajar pada Fakultas Teknik Muhammadiyah Aceh, email: M_Awhie@yahoo.com

Abstract: This paper report column experimental that loaded by axial constant and shear force. Axial constant load is 459,2 kN equal $0,4 P_0$; where P_0 is axial nominal capacity of reinforced column with size is $200 \times 200 \text{ mm}^2$, concrete compression strength (f'_c) = 24 MPa, using 12 bars longitudinal steel D 11,6 (f_y = 356,5 MPa) and shear ties from plain bar 5,6 mm with f_y = 611,3 MPa. This research test applied to four experimental column, that shear reinforcement varied to: normal stirrup, S_0 ($\square$); three arm reinforcement, S_1 ($\boxplus$); crossties, S_2 ($\boxplus$) and diamond, S_3 ($\boxtimes$). Experimental column length is $L = 580 \text{ mm}$ with end- end of column condition is assumed as fix- hinge ($k = 1,52$). When tested, the bottom end rigidly to strong floor and on the top end is given bearing that is connected to the load cell so that the vertical compressive axial load given perpendicular to the contact area on the top surface of the column. Bearing acts as roller which does not restrain the upper end of the column to move when lateral loads are given from the horizontal load cell. The process begins with given axial load through the vertical load cell to achieve a constant axial load and continue with shear force of horizontal load cell which given slowly through the column specimen was destroyed. The results showed that the addition of extra crossties reinforcement increase stiffness of column. Based on calculations of experimental datas of the column deflection stiffness that occurs when a given column shear load was $V = 90 \text{ kN}$ obtained relative stiffness ratio of column values to the whole cross-section (EI_0) amounted to 0.783; 0.905; 0.896 and 0.869 respectively for columns with normal stirrup (S_0), cross bar three arms (S_1), crossties (S_2) and diamond (S_3).

Keywords : reinforced concrete columns, supplemental ties, axial compression, shear force, column rigidity index.

Abstrak: Makalah ini memaparkan hasil penelitian kolom beton bertulang yang dibebani aksial tekan konstan dan gaya geser. Besarnya beban aksial konstan adalah 459,2 kN atau setara $0,4 P_0$; dimana P_0 merupakan kapasitas nominal aksial kolom beton bertulang berdimensi $200 \times 200 \text{ mm}^2$ dengan mutu beton (f'_c) = 24 MPa, menggunakan tulangan longitudinal 12 D 11,6 (f_y = 356,5 MPa) dan tulangan sengkang berdiameter 5,6 mm dengan f_y = 611,3 MPa. Penelitian ini diaplikasikan pada empat benda uji kolom yang divariasikan konfigurasi sengkangnya berupa: sengkang normal, S_0 ($\square$); sengkang tiga lengan, S_1 ($\boxplus$); sengkang crossties, S_2 ($\boxplus$) dan sengkang diamond, S_3 ($\boxtimes$). Panjang kolom yang diteliti adalah $L = 580 \text{ mm}$ dengan kondisi ujung- ujung kolom secara teoritis diasumsikan berupa jepit- rol ($k = 1,52$). Saat dilakukan pengujian, bagian ujung bawah kolom tertumpu secara kaku dan ujung atasnya dipasangkan bearing pemberi beban yang terhubung secara langsung dengan load cell vertikal sehingga beban aksial tekan yang diberikan tegak lurus terhadap bidang kontak pada permukaan atas kolom. Bearing pemberi beban berperilaku sebagai tumpuan rol yang tidak menghambat ujung atas kolom untuk berdefleksi pada saat dibebani beban lateral yang disalurkan melalui load cell horizontal. Proses pembebanan diawali dengan pembebanan aksial yang diberikan melalui load cell vertikal sampai tercapai beban aksial konstan rencana dan diteruskan dengan pembebanan geser dari gaya dorong load cell horizontal yang diberikan secara perlahan sampai dengan benda uji kolom mengalami kehancuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tulangan sengkang ekstra mampu meningkatkan kekakuan kolom. Berdasarkan hasil perhitungan kekakuan kolom berdasarkan data defleksi yang terjadi saat beban geser kolom yang diberikan sebesar $V = 90 \text{ kN}$ diperoleh rasio nilai kekakuan relatif kolom terhadap penampang utuh (EI_0) sebesar 0,783; 0,905; 0,896 dan 0,869 berturut-turut untuk kolom dengan tulangan sengkang normal (S_0), sengkang tiga lengan (S_1), sengkang crossties (S_2) dan sengkang diamond (S_3).

Kata kunci : kolom beton bertulang, sengkang ekstra, beban tekan aksial, gaya geser, nilai kekakuan kolom.

Kekakuan kolom mempunyai pengaruh yang besar dalam menjamin ketersediaan daktilitas

elemen struktur yang memadai dalam pemencaran energi selama struktur bangunan

menerima beban gempa. Kolom yang memiliki kekakuan yang baik akan mampu menjamin terpenuhinya prinsip kolom kuat balok lemah (*strong column weak beam*) dengan tidak hanya bertumpu pada kekuatan kapasitas penampang saja, namun juga mampu berdeformasi inelastis dengan baik serta dapat mampu mempertahankan kekakuannya sampai defleksi yang lebih besar.

Berdasarkan ketentuan perhitungan besarnya beban gempa yang terjadi pada bangunan sesuai SNI 2002 ditetapkan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya beban gempa yang diaplikasikan pada bangunan yang didesain adalah nilai daktilitas struktur (μ) yang terikat dengan nilai faktor reduksi beban gempa (R). Dengan merujuk kepada pendekatan teoritis perhitungan gempa yang tercantum pada peraturan perhitungan beban gempa SNI 2002 tersebut maka dapat dipahami bahwa peningkatan nilai kekakuan elemen kolom akan mengijinkan untuk diperkecilnya nilai beban gempa rencana yang diaplikasikan pada bangunan gedung ataupun dapat disampaikan juga bahwa bila faktor daktilitas elemen yang meningkat pada kolom diabaikan, maka pada kondisi *realnya* kolom akan mempunyai cadangan kapasitas daktilitas guna mendisipasi energi yang bersumber dari gaya gempa yang membebaninya.

Kehancuran bangunan gedung akibat lemahnya struktur beton bertulang dalam menahan beban gempa dijumpai pada beberapa gempa besar yang terjadi di Indonesia akhir-akhir ini. Untuk kasus gedung bertingkat, kehancuran kolom lantai dasar umumnya disebabkan karena lemahnya kemampuan

elemen struktur tersebut dalam menahan gaya geser, sebagaimana di jumpai pada Gempa Aceh tanggal 26 Desember 2004 maupun Gempa Sumbar tanggal 30 September 2009. Kegagalan kolom dalam menahan beban gempa diperkirakan disebabkan oleh rendahnya daktilitas kolom sehingga tidak mampu mendisipasi energi gempa ke elemen struktur lain yang terhubung padanya. Terjadinya kasus seperti ini disebabkan elemen kolom tidak dapat mempertahankan kekakuannya selama deformasi terjadi.

Artikel ini melaporkan data eksperimen tentang kekakuan kolom beton bertulang dengan dimensi penampang 200 x 200 mm² dan panjang batang $L = 580$ mm yang dibebani aksial konstan sebesar 459,2 kN atau setara 0,4 P_o dan dibebani gaya geser hingga kolom mencapai kehancuran. Kekakuan kolom yang menjadi pokok pembahasan artikel ini dibatasi pada kekakuan kolom sebelum retak, kekakuan kolom terkait dengan kondisi ujung-ujung kolom dan kekakuan kolom setelah mengalami retak dan mencapai beban gerer maksimum serta mengalami kehancuran.

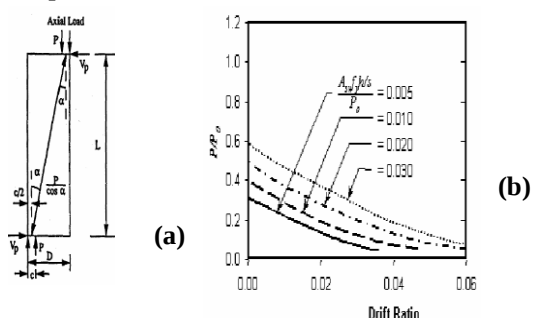
Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tulangan sengkang ekstra pada kolom S_1 , S_2 dan S_3 mampu meningkatkan kekakuan kolom baik sebelum retak maupun setelah retak jika dibandingkan dengan kolom normal (S_0). Penambahan tulangan ekstra diperkirakan mampu meningkatkan efek kekangan kolom dalam memikul beban aksial yang besar dan meningkatkan kemampuannya dalam memikul gaya geser serta mampu berdeformasi inelastis dengan lebih baik, terutama setelah kolom mengalami retak.

KAJIAN PUSTAKA

Secara umum persamaan-persamaan matematis yang dipergunakan untuk perhitungan teoritis pada penelitian ini merujuk kepada ACI 318-2005 dan Laporan khusus yang disampaikan Joints ASCE- ACI Task Committee 426 menyangkut permasalahan kapasitas geser elemen struktur beton bertulang.

Pengaruh Beban Aksial terhadap Perilaku Kolom yang Dibebani Geser

Hasil penelitian Saidi, T. dan Samsunan (2010) terhadap kolom beton bertulang tanpa penambahan tulangan sengkang ekstra mendapatkan kesimpulan bahwa pemberian beban aksial pada kolom yang dibebani gaya lateral akan menurunkan besarnya defleksi yang timbul pada saat tercapainya beban ultimit. Semakin besar beban aksial yang diberikan maka semakin kecil defleksi yang terjadi pada saat kolom mencapai beban geser ultimit sebagai efek adanya kekangan pada elemen kolom yang dibebani gaya aksial tersebut. Hal ini sejalan dengan kesimpulan dari hasil penelitian Priesley, dkk seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar. 1.a. Kontribusi gaya tekan aksial terhadap kapasitas geser kolom.

Gambar. 1.b. Hubungan antara rasio perpindahan terhadap beban aksial kolom berdasarkan variasi rasio tulangan sengkangnya.

Sumber: Priesley et al., (1996)

Menurut Raju N.K dan R.N. Pranes (2007), kekuatan geser aktual pada beton akan meningkat dengan adanya beban tekan aksial dan akan melemah jika diberikan beban tarik aksial. Dengan adanya gaya tarik dapat mempercepat proses retak dan juga meningkatkan sudut kemiringan retak geser sedangkan dengan adanya tekan aksial menyebabkan efek perlawanan seperti yang lazim terjadi pada balok beton prategang (*pre-stressed*).

Saidi, T, dkk (2011^a) menuliskan bahwa hasil penelitian kolom *crosties* dengan beban aksial tekan konstan yang ditingkatkan dari 0,2 Po; 0,3 Po dan 0,4 Po pada saat pengujian geser menunjukkan suatu kesimpulan bahwa peningkatan beban aksial konstan yang membebani kolom meningkatkan nilai kekakuannya. Dengan beban tekan aksial yang lebih besar, perkembangan retak geser dapat dihambat perkembangannya. Hal ini terlihat dengan regangan yang lebih kecil yang terjadi pada tulangan sengkang pada benda uji dengan beban aksial tekan yang lebih besar pada saat mengalami beban geser yang sama.

Berdasarkan hasil pengukuran defleksi yang terjadi pada kolom yang dibebani aksial tekan dan geser dengan panjang $L = 580$ mm dan diberikan tulangan sengkang ekstra berupa sengkang tiga lengan dan sengkang *crosties*, sebagaimana merujuk kepada Saidi, T, dkk (2011^b) memperlihatkan bahwa peningkatan beban aksial tekan konstan dari 0,2 Po; 0,3 Po dan 0,4 Po pada saat mencapai beban geser maksimum (V_{max}) mampu mereduksi nilai defleksi yang terjadi. Mengecilnya defleksi yang timbul pada benda uji kolom, menunjuk-

kan meningkatnya nilai kekakuan kolom bila dikaitkan dengan nilai kekakuan elemen batang sebagaimana tercantum pada persamaan 1.

Nilai kekakuan Elemen Batang yang Dibebani Gaya Tekan dan Gaya Geser

Kassimali, A (1999), menyimpulkan bahwa besarnya beban yang bekerja pada elemen struktur portal, akan menyebabkan perpindahan elemen struktur tersebut menurut kekakuan strukturnya. Adapun persamaan keseimbangannya adalah sebagai berikut:

$$(P - P_f) = S \cdot d \quad (1)$$

dimana:

P = Beban yang bekerja pada ujung elemen struktur

P_f = Beban yang bekerja pada sepanjang elemen

S = Angka/ matriks kekakuan struktur, dimana $S = f(k)$.

d = defleksi yang terjadi

Lebih lanjut, Kassimali, A (1999) juga menetapkan besarnya nilai kekakuan elemen struktur adalah sebagai berikut:

$$k = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} \frac{AL^2}{I} & 0 & 0 & -\frac{AL^2}{I} & 0 & 0 \\ 0 & 12 & 6L & 0 & -12 & 6L \\ 0 & 6L & 4L^2 & 0 & -6L & 2L^2 \\ -\frac{AL^2}{I} & 0 & 0 & \frac{AL^2}{I} & 0 & 0 \\ 0 & -12 & -6L & 0 & 12 & -6L \\ 0 & 6L & 2L^2 & 0 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \dots (2)$$

dimana:

k = Angka/ matriks kekakuan elemen struktur

E = Nilai modulus elastisitas penampang

I = Inersia penampang elemen struktur

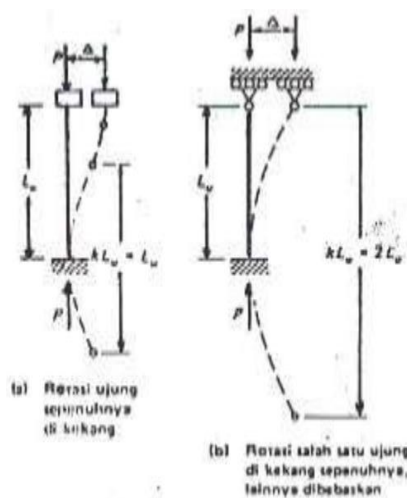
L = Panjang elemen yang ditinjau

A = Luas penampang elemen struktur

Panjang elemen yang ditinjau (L) yang dimaksud pada persamaan 2 adalah panjang elemen struktur sebenarnya (*real*), sedangkan dalam kenyataan sebenarnya, dijumpai defleksi yang terjadi pada benda uji kolom lebih kecil dari hasil perhitungan, terutama pada kondisi elastisnya. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu koreksi dengan pemberian pengaruh koefisien ujung kolom terhadap panjang efektif kolom yang ditinjau.

Koefisien Panjang Ujung Ekuivalen Kolom

A.Karim (2010) menyebutkan bahwa untuk perhitungan atau analisis kolom yang memungkinkan terjadinya goyangan ke samping atau translasi ujung, seperti pada portal tanpa pengaku, maka panjang ujung ekuivalen melebihi panjang tak tertumpu ($k > 1$) seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar. 2. Panjang ujung ekuivalen dan ilustrasi translasi titik buhul yang mungkin terjadi

Sumber: Hadi, A.Karim (2010)

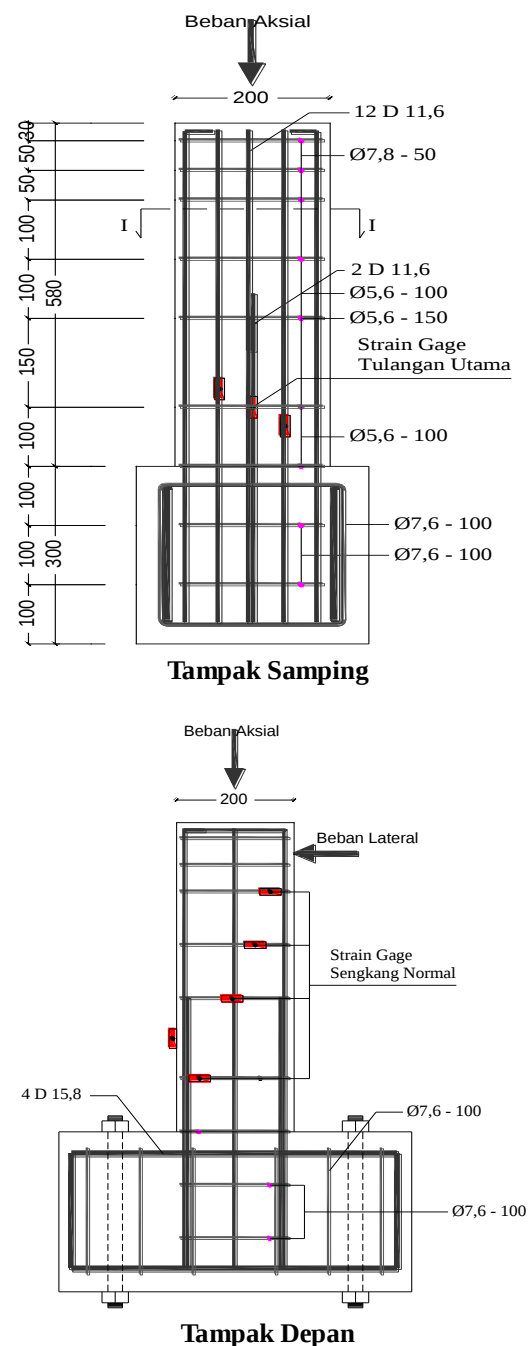
Tinggi Lu adalah panjang tak tertumpu (*unsupported length*) kolom dan k adalah faktor yang bergantung pada kondisi ujung kolom, terdapat penahan deformasi lateral atau tidak. Selain memperhatikan kondisi ujung elemen struktur, secara khusus Anonim (2005) juga mensyaratkan agar dilakukan reduksi terhadap nilai inersia penampang yang telah mengalami retak. Inersia penampang retak (I_c) disyaratkan untuk dihitung sebesar 70% dari nilai Inersia penampang utuh (I_0).

METODE PENELITIAN

Empat buah benda uji kolom beton bertulang dengan penampang $20 \times 20 \text{ cm}^2$ dan tinggi 58 cm dengan konfigurasi tulangan geser berupa: sengkang sengkang normal, sengkang tiga lengan, sengkang *cross ties* dan sengkang *diamond* dibebani aksial konstan sebesar $0,4 P_0$ (455,18 kN), dimana P_0 merupakan kapasitas aksial maksimum kolom yang menggunakan tulangan longitudinal 12D11,6 dengan $f_y = 356,5 \text{ MPa}$ dan tulangan sengkang $\emptyset 5,4 \text{ mm}$ dengan $f_y = 611,3 \text{ MPa}$ serta mutu beton 24,72 MPa. Pada benda uji kolom dipasang strain gauges untuk mengukur regangan yang terjadi baik pada tulangan maupun beton. *Strain gauges* dipasang pada tulangan memanjang, tulangan sengkang, tulangan sengkang extra dan pada beton daerah tekan. Detail benda uji dan lokasi penempatan strain gauges dapat dilihat pada Gambar 3.

Mutu beton yang diperhitungkan pada penelitian kolom ini didasarkan pada benda uji kontrol kubus yang diambil sebagai sample beton dari adukan yang sama untuk benda uji

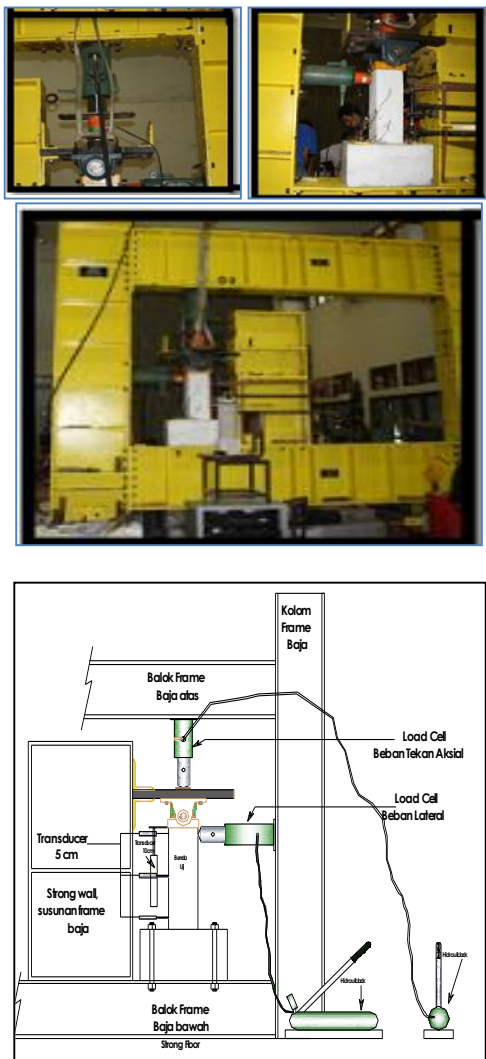
kolom yang dicor. Perhitungan mutu baja dihitung berdasarkan hasil uji tarik sample baja tulangan, baik tulangan longitudinal maupun tulangan sengkangnya. Adapun mutu baja yang diperhitungkan dibatasi pada kondisi luluhnya.



Gambar 3. Detail Benda Uji Kolom

Pada saat pengujian dilakukan, ujung bawah kolom ditumpu secara jepit pada balok

beton bertulang 30 x 30 cm² sepanjang 60 cm sedangkan bagian tepi atas dihubungkan ke *bearing* pemberi beban yang dapat berperilaku sebagai tumpuan rol dan terhubung ke *load cell* beban aksial. Selama pengujian dilakukan pencatatan (*record*) dan pengamatan terhadap besarnya defleksi, pola retak, regangan tulangan sengkang dan tulangan memanjang yang terjadi pada setiap peningkatan beban lateral yang diberikan melalui *load cell* beban geser (horizontal) hingga benda uji mengalami kegagalan geser. Detail penempatan benda uji dan *load cell* untuk pemberian beban seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.

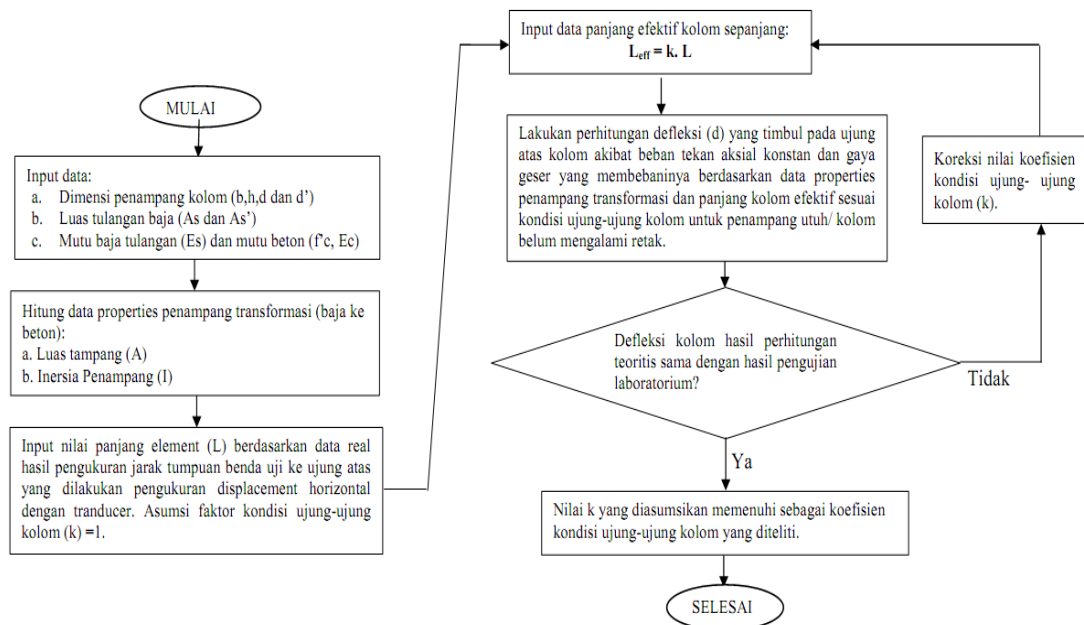


Gambar 4. Setup Benda Uji (setting pengujian laboratorium dan gambar sketsa)

Besarnya beban aksial tekan konstan yang diberikan melalui *load cell* vertikal didasarkan pada persamaan kapasitas aksial nominal kolom dengan menstusubstitusikan mutu material baja dan beton masing-masing benda uji kolom. Perhitungan kapasitas nominal kolom persegi merujuk kepada ACI-2005 untuk kapasitas aksial murni (P_o) kolom beton bertulang. Pemilihan beban aksial $0,4 P_o$ pada pengujian geser kolom ini, didasarkan pada hasil-hasil perencanaan bangunan gedung yang umumnya diperoleh beban aksial yang timbul pada kolom hanya berkisar antara 20 – 40 % dari kapasitas aksial nominalnya. Dipilihnya nilai beban aksial konstan sebesar $0,4 P_o$ juga bertujuan agar diperoleh kolom dengan pola keruntuhan tekan (*compression failure*).

Fokus utama pembahasan artikel ini adalah pengaruh konfigurasi sengkang terhadap kekakuan (EI) kolom yang dibebani tekan aksial konstan $0,4 P_o$. Guna mendapatkan data terkait pokok bahasan tersebut, maka pada saat dilakukan pengujian kolom dilakukan pengukuran *displacement* kolom menggunakan transduser yang ditempatkan seperti terlihat pada Gambar 4. Pengolahan data hasil penelitian hingga diperoleh nilai kekakuan kolom sesuai konfigurasi sengkangnya diperhitungkan secara numerikal (*trial and adjustment*). Guna mendapatkan nilai EI, terlebih dahulu diperhitungkan nilai kondisi ujung-ujung kolom (k) berdasarkan kondisi *real* tumpuan (*bearing*)

benda uji kolom dengan mengikuti *flowchart* yang diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 3. Flowchart Perhitungan nilai kekakuan kolom

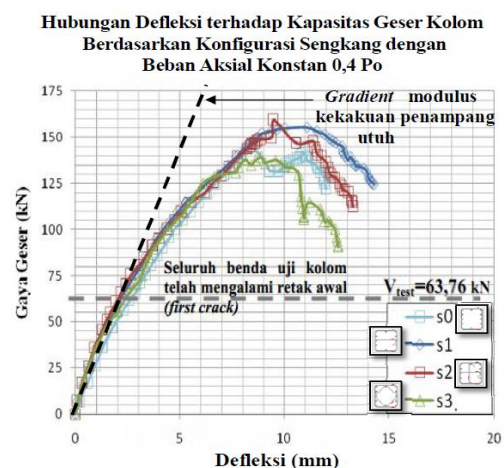
Nilai k sebagai gambaran kondisi ujung-ujung kolom pada kondisi elastis dianggap sebagai faktor penentu panjang efektif kolom (L_{eff}) dengan nilai konstan sampai saat kolom mengalami retak awal (*first crack*), mencapai beban ultimit dan mengalami kehancuran (*failure*). Perubahan kekakuan kolom seiring peningkatan beban setelah terjadinya retak awal, diperhitungkan sebagai pengaruh perubahan nilai kekakuan (EI) kolom dengan pendekatan fungsi: $S = f(P; P_f; S)$ dengan pendekatan matematis menggunakan Persamaan 1 dan 2.

HASIL PEMBAHASAN

Pengaruh Gaya Geser terhadap Lendutan Kolom yang Dibebani Tekan Aksial Konstan 0,4 P_o

Pengamatan lendutan yang terjadi pada benda uji kolom yang terbebani aksial konstan sebesar 0,4 P_o akibat beban yang diberikan

dalam arah horizontal searah gaya geser diukur pada ketinggian 475 mm dari tumpuan sebagaimana yang dijelaskan metodologi pengujian dan diilustrasikan pada Gambar 4. Hasil pengukuran defleksi yang terjadi pada elevasi yang ditinjau diperlihatkan pada Gambar 6. yang menunjukkan grafik hubungan gaya geser terhadap defleksi yang terjadi pada kolom yang dibebani gaya tekan aksial konstan 0,4 P_o untuk setiap konfigurasi tulangan sengkang yang diamati.



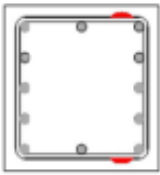
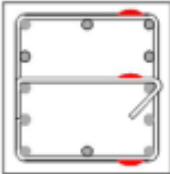
Gambar 6. Grafik hubungan gaya geser terhadap defleksi yang terjadi pada kolom yang dibebani gaya tekan aksial konstan 0,4 Po

Gambar 6 memperlihatkan adanya perbedaan kekakuan kolom dalam menahan beban geser yang bernilai sama, terutama setelah beban geser melampaui 63,76 kN atau semua benda uji kolom yang dibebani aksial konstan 0,4 Po telah mengalami retak. Adapun besarnya gaya geser yang timbul pada masing-masing benda uji kolom sesuai beban aksial konstan yang bekerja pada saat terjadinya retak awal berdasarkan hasil pengamatan visual adalah seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Beban geser sebesar 63,76 kN berdasarkan data pada Tabel 1, dijadikan nilai minimum untuk dasar analisa kolom untuk penampang retak. Nilai Kekakuan (EI) kolom yang dibebani aksial konstan 0,4 Po setelah

retak mengalami penurunan yang relatif lebih kecil jika dibandingkan kolom yang dibebani aksial konstan 0,2 Po dan 0,3 Po seperti yang telah disampaikan pada hasil penelitian terdahulu sebagaimana tercantum pada Tinjauan kepustakaan. Nilai kekakuan dasar kolom dalam bentuk penampang utuh, $EI_{\text{penampang utuh}}$ (EI_0) diperhitungkan sebesar 2.331,91 kN.m², dimana nilai tersebut didasarkan pada nilai defleksi rata-rata kolom yang diuji pada saat tepat akan terjadinya retak awal (*first crack*) dengan nilai $V_{cr} = 45$ kN. Pada saat terjadinya retak awal diperoleh nilai defleksi rata-rata hasil pengujian terukur sebesar $d_x = 1,65$ mm dan berdasarkan pendekatan teoritis dengan cara *trial and assesment* berdasarkan *flow chart* pada Gambar 5 diperoleh nilai defleksi yang mendekati hasil pengujian dengan mengasumsikan nilai $k = 1,54$.

Tabel 1. Besarnya gaya geser yang dapat dipikul kolom pada saat mengalami retak awal.

Benda Uji Kolom		Kapasitas geser pada saat kolom mengalami retak V_r (kN)	Kapasitas geser ultimit kolom V_u (kN)	Kekakuan Efektif kolom (EI_{eff}) pada saat beban $V=90$ kN	
Nomor Benda Uji	Bentuk Konfigurasi Sengkang			EI efektif (kN.m ²)	Relatif terhadap penampang utuh EI_0 (%)
S ₀		63,76	144,31	2.798,79	78,3
S ₁		49,05	155,29	3.234,87	90,5
S ₂		53,95	149,90	3.202,70	89,6

S_3		58,86	139,20	3.106,19	86,9
-------	---	-------	--------	----------	------

Tabel 2. Defleksi rata- rata yang terjadi pada benda uji kolom yang dibebani aksial konstan $0,4 P_0$ dan gaya geser 45 kN dengan asumsi nilai $k= 1,54$.

Gaya Geser Ph (kN)	Hasil Perhitungan Teoritis				Hasil Uji Lasboratorium untuk aksial 0,4 Po dx test (mm)
	Defleksi yang terjadi untuk nilai k 1,00		Defleksi yang terjadi untuk nilai k 1,54		
	dy (mm)	dx (mm)	dy (mm)	dx (mm)	
10	-0.21	0.12	-0.32	0.37	Pendekatan nilai hasil tes laboratorium terhadap hasil perhitungan teoritis dengan melakukan <i>trial and assessment</i> terhadap nilai k.
20	-0.21	0.23	-0.32	0.73	
30	-0.21	0.35	-0.32	1.10	
40	-0.21	0.47	-0.32	1.46	
45		0.52		1.64	
50	-0.21	0.58	-0.32	1.83	1.65

Dari hasil perhitungan nilai kekakuan seluruh kolom yang dilakukan pengujian bersamaan dengan pelaksanaan penelitian kolom dengan pembebanan $0,4 P_0$ ini, diperoleh nilai hasil test rata-rata dari seluruh kolom yang diuji diperoleh defleksi teoritis akan mendekati defleksi pengujian seperti terlihat pada Tabel 2 jika ditetapkan nilai kondisi ujung-ujung kolom (k) = 1,54. Pada kondisi pengujian ini ujung-ujung kolom diasumsikan dengan kondisi ujung bawah terjepit dan kondisi ujung atas berupa rol dengan translasi horizontal dimungkinkan terjadi.

Berdasarkan hasil perhitungan kekakuan kolom pada Tabel 1 juga terlihat bahwa pada saat kolom dengan beban aksial konstan $0,4 P_0$ diberikan gaya geser sebesar 90 kN, diperoleh nilai kekakuan kolom berdasarkan hasil pengujian laboratorium adalah sebesar 2.798,79 kN.m²; 3.234,87 kN.m²; 3.202,70 kN.m² dan 3.106,19 kN.m² untuk kolom dengan konfigurasi sengkang normal (S_0), tiga lengan (S_1), *crossties* (S_2) dan *diamond* (S_3). Perubahan kemiringan (*gradien*) kurva seperti

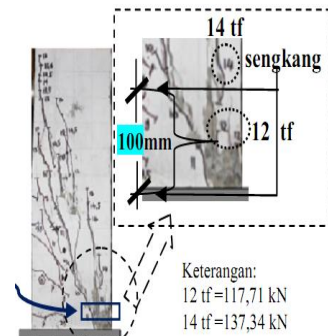
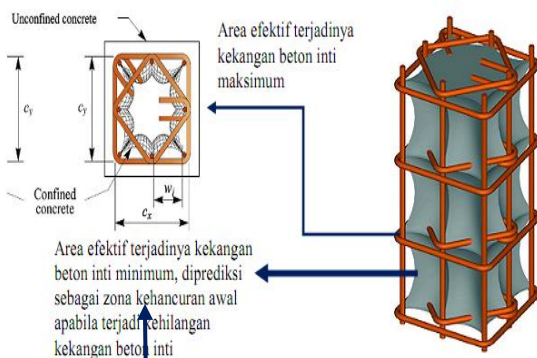
diperlihatkan pada Gambar 6 juga menunjukkan bahwa kekakuan kolom setelah retak cenderung menurun seiring bertambah besarnya beban geser yang bekerja. Perhitungan kekakuan (EI) kolom setelah retak diperhitungkan dengan merujuk *flowchart* pada Gambar 5 dimana nilai $k=1,54$ berdasarkan pendekatan nilai defleksi hasil perhitungan (d_{hitung}) terhadap defleksi berdasarkan hasil pengujian laboratorium (d_{test}) yang dihitung dengan cara *trial and assessment* terhadap nilai kekakuan (EI) kolom yang diasumsikan mengalami penurunan.

Gambar 6 memperlihatkan bahwa peningkatan kekakuan sebagai efek meningkatnya beban aksial konstan yang bekerja pada kolom yang dibebani aksial konstan $0,4 P_0$ mengakibatkan mengecilnya defleksi horizontal yang terjadi, yang mengidentifikasi meningkatnya nilai kekakuan kolom yang diuji jika dibandingkan dengan kolom yang dibebani aksial konstan yang lebih kecil, sebagaimana dibahas pada artikel terdahulu untuk aksial konstan $0,2 P_0$ dan $0,3 P_0$. Selain itu

juga terlihat semakin mengecilnya *gradient* kemiringan kurva hubungan defleksi- gaya geser yang terjadi pada saat penampang masih utuh maupun setelah mengalami retak hingga mencapai beban puncak, kecuali pada benda uji *diamond* (S_3) yang mengalami penurunan nilai *gradient* modulus kekakuan (EI) setelah mencapai beban geser 125 kN.

Pengaruh Spasi Sengkang terhadap Efek Kekangan Beton

Bila kekakuan benda uji kolom *diamond* (S_3) yang dibebani aksial konstan 0,4 P_o ini dikaitkan dengan efek kekangan beton inti yang terkekang dimana dimensi kolom, luas area beton terkekang dan inersia penampangnya dianggap sama, maka peningkatan kekakuannya juga dipengaruhi oleh peningkatan modulus elastisitas penampang. Apabila nilai elastisitas beton dianggap sebagai suatu fungsi yang dipengaruhi oleh nilai kuat tekan beton, maka peningkatan kekakuan kolom ini juga erat kaitannya dengan pengangkatan kuat tekan beton, yang secara khusus dapat disebutkan sebagai kuat tekan beton terkekang pada area inti yang diselubungi sengkang seperti diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Ilustrasi efek kekangan beton kolom dengan sengkang diamond pada daerah kekangan maksimum yang diselubungi sengkang dan daerah sepanjang elemen kolom.

Terjadinya penurunan kekakuan kolom pada benda uji *diamond* (S_3) pada saat akan mencapai beban puncak (139,20 kN), yaitu mulai beban geser 127,5 kN seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7 diperkirakan karena hilangnya efek kekangan beton inti akibat besarnya tegangan yang timbul pada area terkecil inti beton terkekang yang berada pada zona antara sengkang pengekan dalam arah tegak lurus gaya geser. Penurunan nilai kekakuan secara drastis pada saat beban geser melebihi nilai 127,5 kN pada benda uji *diamond* (S_3) ini bila dikaitkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mander, J.G., Priestley, M.J.N., and Park, R., (1988^b), diperkirakan karena tidak memadainya rasio tulangan lateral pengekanhan, dalam hal ini dipengaruhi oleh jarak sengkang yang tidak cukup rapat. Kehancuran kolom *diamond* yang dibebani aksial konstan 0,4 P_o yang diawali dengan menurunnya kekakuan kolom yang diikuti oleh meluluhnya tulangan sengkang pada area tidak terkekang, jika dikaitkan dengan pola kehancuran kolom hasil penelitian dapat diilustrasikan seperti terlihat

pada Gambar 7.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa bentuk konfigurasi sengkang mempunyai pengaruh yang cukup signifikan dalam menjamin tersedianya tulangan lateral pengekan yang memadai pada kolom yang dibebani aksial konstan yang besar, seperti pada pengujian kolom dengan beban tekan aksial konstan 0,4 Po ini, sehingga dapat dipastikan bahwa kolom dapat mempertahankan modulus kekakuannya dengan baik sampai saat mencapai beban puncaknya. Merujuk kepada hasil penelitian kolom *cross-ties* (S_3), maka jarak spasi sengkang juga mempunyai peran penting dalam menjamin kontinuitas efek kekangan beton pada sepanjang segmen memanjang kolom hingga tercapainya beban maksimum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada pihak Lembaga Penelitian Unsyiah yang telah membantu membiayai pelaksanaan penelitian ini melalui Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran Universitas Syiah Kuala untuk Pelaksanaan Penelitian Riset Unggulan Strategis Nasional Batch II Tahun Anggaran 2010, Bapak Purwandy Hasibuan, ST selaku anggota Tim Peneliti yang telah berkerja keras sehingga terlaksana penelitian ini, Ketua dan Staf Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala serta Rahmat Auffer, ST; Rizki Wardhana, ST; Hanafiah, ST dan Haikal Fajri, ST selaku

pelaksana pembuatan dan pengujian benda uji yang membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1973. The Shear Strength of Reinforced Concrete Members. ACI Structural Journal, Juny 1973. Hal: 1091-1187. American Society of Civil Engineers.
- Anonim, 2005. ACI Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (2005), , Detroit, Mich: American Concrete Institute.
- Hadi, A.Karim (2010), Perbandingan Kolom Beton Bertulang Akibat Efek P- Delta, Majalah Ilmiah Al-Jibra, ISSN 1411-7797, Vol. 11, No.35. Agustus 2010.
- Kassimali, A. (1999), Matrix Analysis of Structure, Second Edition, Cengage Learning, United Kingdom
- Priestley, M.J.N.; Verma, R.; and Xiao, Y., Seismic Shear Strength of Reinforced Concrete Columns, American Society of Civil Engineers, ASCE Journal of Structural Engineering, April 1996, Vol.122, No.4, pp.464-467.
- Raju, N.K dan Pranesh, R.N., 2007. Reinforced Concrete Design, IS: 456-2000 Principles and Practice. New Delhi: New Age International Publishers.

- Saidi, T., Samsunan, 2010. Pengaruh Variasi Beban tekan Aksial terhadap Gaya Geser pada Kolom Beton Bertulang, Prosiding Seminar Nasional II Teknologi dan Rekayasa, pp. 244-237.
- Saidi, T., Putra, R., Munawir, 2011. Pengaruh Konfigurasi Sengkan terhadap Kekakuan Kolom yang Dibeban tekan Aksial Tekan 0,2 Po, Prosiding Seminar Teknik Sipil-Unsyiah, pp. 37-46