

VARIASI RASIO VOLUME TULANGAN TRANSVERSAL DENGAN INTI BETON TERHADAP DAKTILITAS AKSIAL KOLOM BETON BERTULANG

Ari Wibowo, M. Taufik Hidayat, Ainur Rochim
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang 65145
E-mail : ariwibowo74@yahoo.com

ABSTRAK

Pengekangan pada kolom beton dipengaruhi beberapa parameter. Parameter-parameter tersebut antara lain adalah rasio volume tulangan transversal, spasi, kekuatan leleh, susunan tulangan transversal, kuat tekan beton, dimensi penampang, kandungan dan susunan tulangan longitudinal, dan cover beton. Dalam studi kali ini dibahas tentang pengaruh rasio tulangan transversal (ρ_s) terhadap nilai kekakuan aksial dan daktilitas aksial. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi volume tulangan transversal (ρ_s) terhadap nilai kekakuan aksial dan daktilitas aksial dengan mengambil variasi sebesar 0,37%; 0,68%; dan 1,05% dengan menggunakan benda uji kolom beton bertulang ukuran 15 x 15 cm dan panjang kolom 70 cm. Benda uji dibebani dengan beban tekan aksial sentris.

Berdasarkan data hasil penelitian maka dilakukan analisis statistik dari pengujian hipotesis dengan mengambil resiko kesalahan 5 % di dapat nilai $t_{hitung} = 138,503 > f_{tabel} = 3,040$ sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh yang signifikan dari variasi rasio volume tulangan transversal terhadap nilai kekakuan aksial. Untuk perhitungan pengaruh variasi rasio volume tulangan transversal terhadap nilai daktilitas aksial, tidak dapat dilakukan analisis statistik sehingga tidak dapat ditarik kesimpulan. Hal ini disebabkan besarnya kuat tekan beton yang didapatkan dari hasil eksperimen dibandingkan dengan kuat tekan beton dari prediksi awal sehingga alat uji tekan kolom tidak mampu membebani sampai dengan beban runtuh.

Kata kunci : daktilitas aksial, tulangan transversal, tulangan longitudinal kekakuan aksial,

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan zona yang rentan terhadap gempa, sehingga untuk pembangunan gedung-gedung dan struktur yang lain di Indonesia diperlukan struktur bangunan yang mampu menahan beban gempa tersebut. Efek disipasi energi yang diberikan oleh gempa (gaya lateral) pada sebuah struktur dapat direduksi oleh beberapa faktor. diantaranya adalah nilai kekakuan dan daktilitas dari struktur tersebut. Elemen struktur yang paling utama dalam menahan gaya lateral adalah elemen struktur kolom. Beton mempunyai sifat yang getas bila dibandingkan dengan bahan struktur yang lain seperti baja. Walaupun mampu menahan tekan cukup tinggi tetapi tidak mampu secara proporsional meningkatkan kekuatan tariknya. Pemakaian sebagai bahan

struktur dengan demikian tergantung pada pengendalian daktil efektif yang meningkatkan daktilitas beton adalah dengan mengontrol secara khusus desain penulangannya yaitu memberikan pengekangan (*confinement*).

Model kekangan yang dikembangkan untuk beton kekuatan normal belum tentu cocok untuk beton mutu tinggi. Akan tetapi pada pengujian untuk mencapai beton mutu tinggi sangatlah sulit, karena pembuatan beton mutu tinggi memerlukan alat-alat dan bahan-bahan tertentu. Sedangkan alat dan bahan yang tersedia di laboratorium terbatas. Pada kenyataannya, model-model pada beton mutu normal menunjukkan prediksi daktilitas yang terlampaui tinggi ketika diaplikasikan ke beton mutu tinggi.

TUJUAN

Sebagai penelitian awal, penelitian kali ini dititikberatkan pada kekakuan dan daktilitas kolom persegi untuk beton mutu normal dibawah beban aksial konsentris secara monoton untuk mengetahui perilaku kolom tersebut yang dapat memberikan informasi dan masukan studi selanjutnya untuk penelitian daktilitas kurvatur dengan beban lateral yang mewakili beban gempa. Sehingga untuk pengujian penelitian kali ini hanya dibatasi pada beton normal dengan beban konsentris.

TINJAUAN PUSTAKA

Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fundasi. (Edward G. Nawy, 1990: 306)

SNI 03-2847-2002 memberikan definisi kolom adalah komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melebihi tiga yang digunakan terutama untuk mendukung beban aksial tekan. Sedangkan komponen struktur tekan tegak yang mempunyai rasio tinggi bebas terhadap dimensi lateral terkecil rata-rata kurang dari tiga disebut dengan pedestal.

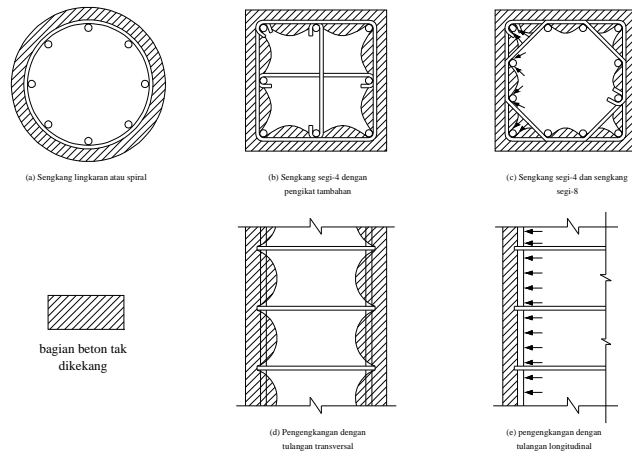
Sebagai bagian dari suatu kerangka bangunan dengan fungsi dan peran seperti tersebut, kolom menempati posisi penting dalam sistem struktur bangunan. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Pada umumnya kegagalan atau keruntuhan komponen tekan tidak diawali dengan tanda

peringatan yang jelas, bersifat mendadak. Oleh karena itu dalam merencanakan struktur kolom harus memperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi daripada komponen untuk komponen struktur lainnya.

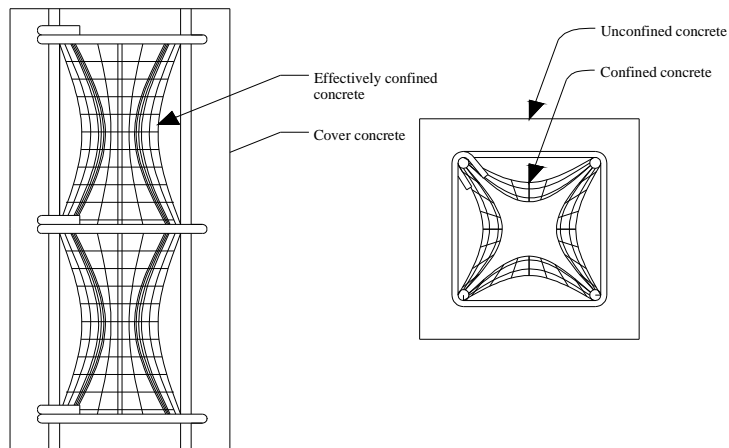
Efek Kekangan Pada Kolom

Kolom beton bertulang mempunyai tulangan longitudinal, yang paralel dengan arah keja beban, dan disusun menurut pola segi empat, bujur sangkar, atau lingkaran. Batasan 1 – 8% dari luas penampang kolom beton A_g lazim digunakan untuk menentukan jumlah tulangan ini karena persentase yang lebih besar tidak ekonomis dan sering kali mempersulit pemasangannya. Tulangan ini umumnya diikat oleh tulangan melintang yang ditempatkan dalam interval tertentu, yang disebut tulangan sengkang. Sengkang berfungsi untuk mengurangi bahaya pecah (*spliting*) beton yang dapat mempengaruhi daktilitas kolom tersebut.

R. Park telah melakukan berbagai studi tentang kekuatan dan daktilitas kolom beton bertulang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penampang yang diberi tulangan melintang atau transversal, dalam bentuk sengkang ataupun spiral, akan meningkatkan kekuatan dan daktilitas betonnya. Lilitan melingkar atau spiral memberikan tekanan kekangan (*confine*) di sekeliling penampang, sedangkan sengkang biasa hanya memberikan gaya kekangan (*confine*) di daerah sudut karena tekanan pada sisi sengkang ini cenderung akan membengkokkan bagian sisi sengkang ke arah luar. Meskipun tidak sebaik lilitan spiral, sengkang bisa dapat memberikan peningkatan kekuatan dan daktilitas beton. (Laurentius Wahyudi, Syahril A. Rahim 1999: 189)

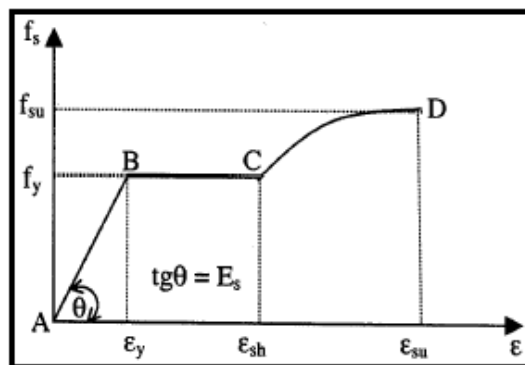


Gambar 1. Pengekangan penampang kolom dengan tulangan transversal dan longitudinal.



Gambar 2. Ilustrasi daerah kekangan efektif

Selain hubungan tegangan-regangan beton ($f_c - \epsilon_c$) hasil penelitian Kent dan Park, dipakai pula hubungan tegangan-regangan baja ($f_s - \epsilon_s$) seperti **Gambar 3**



Gambar 3. Kurva hubungan tegangan dan regangan baja.

Syarat Penulangan Sengkang Kolom (Tulangan Transversal)

Berdasarkan SK SNI 03 xxxx 2000, persyaratan penulangan sengkang kolom untuk kolom harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. semua batang tulangan non-pratekan harus diikat dengan sengkang dan sengkang ikat lateral, paling sedikit ukuran D-10 untuk tulangan longitudinal lebih kecil dari D-32, dan paling tidak D-13 untuk tulangan D-36, D-44, D-56, dan bundle tulangan longitudinal. Sebagai alternative boleh juga digunakan kawat ulir atau jaringan kawat las dengan luas penampang ekuivalen.
2. Spasi vertikal sengkang dan sengkang ikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter tulangan longitudinal, 48 kali diameter batang atau kawat sengkang dan kait ikat, atau ukuran terkecil dari komponen struktur tekan tersebut.
3. Sengkang dan kait ikat harus diatur sedemikian hingga setiap sudut dan tulangan longitudinal yang berselang harus mempunyai dukungan lateral yang didapat dari sudut sebuah sengkang atau kait ikat yang sudut dalamnya tidak lebih dari 135 derajat, dan tidak boleh ada batang tulangan yang jarak bersihnya lebih dari 150 mm pada setiap sisi sepanjang sengkang atau sengkang ikat terhadap batang tulangan yang didukung secara lateral. Jika tulangan longitudinal terletak di sekeliling perimeter suatu lingkaran, maka sengkang berbentuk lingkaran penuh dapat dipergunakan.
4. Sengkang dan sengkang ikat diatas fondasi atau lantai pada tiap tingkat harus diletakkan secara vertical tidak lebih dari $\frac{1}{2}$ jarak spasi sengkang dan sengkang ikat, sedangkan di bawah tulangan horizontal terbawah dari panel atau drop panel yang berada di atas harus berjarak tidak lebih dari $\frac{1}{2}$ jarak spasi sengkang.

jika terdapat balok atau konsol pendek yang menyatu pada keempat sisi suatu kolom, sengkang dan kait ikat boleh dihentikan tidak lebih dari 75 mm di bawah tulangan terbawah dari balok atau konsol pendek yang paling kecil dimensi vertikalnya.

Kekakuan Aksial

Elemen kaku biasanya sebagai batang, tidak mengalami perubahan bentuk yang cukup besar di bawah pengaruh gaya atau pada perubahan gaya yang diakibatkan oleh beban. Elemen fleksibel atau tidak kaku, misalnya kabel, cenderung mempunyai bentuk tertentu pada suatu kondisi pembebanan. Bentuk tersebut dapat berubah apabila pembebanan berubah. Elemen kaku contohnya adalah kayu dan baja. Sedangkan contoh dari elemen fleksibel adalah kabel baja.

Kekakuan merupakan rasio antara beban dengan perpindahan. Kekakuan aksial dipengaruhi oleh nilai modulus elastisitas dan luas penampang kolom terhadap panjang efektif kolom tersebut.

Daktilitas Aksial

Daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan.

Daktilitas struktur adalah rasio antara simpangan maksimum struktur tersebut akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dengan simpangan struktur kolom pada saat terjadinya pelelehan pertama. Hal yang mempengaruhi daktilitas suatu kolom salah satunya

adalah jarak spasi susunan tulangan transversal kolom tersebut.

Hipotesis Penelitian

1. Diduga dengan bertambahnya nilai rasio volume tulangan transversal pada kolom beton bertulang terhadap akan meningkatkan nilai kekakuan aksial kolom beton bertulang akibat beban aksial sentris.
2. Diduga dengan bertambahnya nilai rasio volume tulangan transversal pada kolom beton bertulang akan meningkatkan ketegaran dengan mengacu analisa hubungan tegangan – regangan.

3. Diduga dengan bertambahnya nilai rasio volume tulangan transversal pada kolom beton bertulang terhadap akan meningkatkan nilai daktilitas Rancangan Penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut :

Tabel 1. Rancangan Benda uji kolom 15 /15 cm dengan tinggi 70 cm dengan variasi rasio volume tulangan transversal (ρ_s) = 0,77%, 1,30%, dan 1,93%. Tata nama benda uji kolom adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Tata nama benda uji

Nama	Benda Uji	Diameter Sengkang (mm)	Rasio Volume Tulangan Transversal (ρ)
KS1	KS11	Ø6	0,77%
	KS12	Ø6	0,77%
	KS13	Ø6	0,77%
KS2	KS21	Ø8	1,30%
	KS22	Ø8	1,30%
	KS23	Ø8	1,30%
KS3	KS31	Ø10	1,93%
	KS32	Ø10	1,93%
	KS33	Ø10	1,93%

Total benda uji sebanyak 9 buah, dengan tiap perlakuan sebanyak 3 benda uji. Hal ini dapat ditunjukkan pada kolom

No	Variasi Benda Uji	KS1	KS2	KS3
		3 benda uji	3 benda uji	3 benda uji

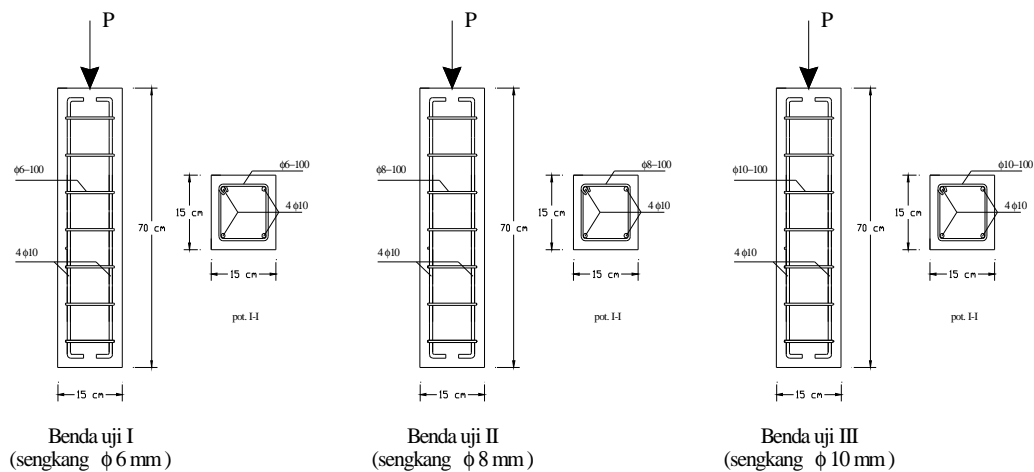
Benda uji berupa kolom ini dibuat dengan tiga perlakuan.

- Perlakuan I → kolom beton bertulang dengan sengkang Ø = 6 mm.
- Perlakuan II → kolom beton bertulang dengan sengkang Ø = 8 mm.

- Perlakuan III → kolom beton bertulang dengan sengkang Ø = 10 mm.

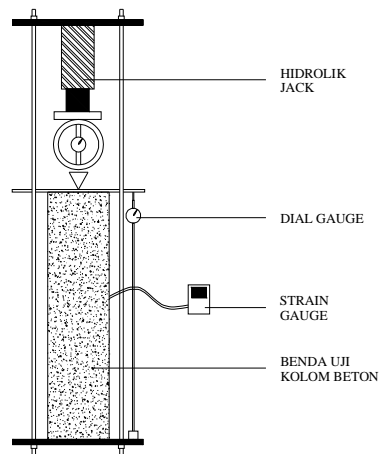
Masing – masing perlakuan memakai 3 buah benda uji sehingga total benda uji adalah 9 buah dan pengujian dilakukan Adapun prosedur yang kami laksanakan adalah sebagai berikut :

1. Setelah perawatan selama 28 hari sejak pengecoran, pembebanan dilakukan. Kolom beton ditempatkan pada alat uji. Kemudian kolom diberi beban aksial sentris seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4. Sketsa benda uji

- 1). Benda uji KS1 dengan \emptyset sengkang 6 mm dibebani sampai dengan beban runtuh
- 2). Benda uji KS2 dengan \emptyset sengkang 8 mm dibebani sampai dengan beban runtuh
- 3). Benda uji KS3 dengan \emptyset sengkang 10 mm dibebani benda uji dan catat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.



Gambar 5. Set up benda uji

Variabel Penelitian

1. Variabel bebas (*independent variable*), yaitu variabel yang berubahnya bebas ditentukan oleh peneliti. Pada penelitian ini yang digunakan sebagai variabel bebas adalah rasio volume tulangan transversal.
2. Variabel terikat (*dependent variable*), yaitu variabel yang berubahnya tergantung pada variabel bebas. Pada penelitian ini yang digunakan sebagai variabel terikat adalah nilai kekuatan aksial dan daktilitas aksial yang terjadi pada kolom beton bertulang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian hipotesis tentang pengaruh variasi volume tulangan transversal terhadap nilai kekakuan aksial

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi rasio volume tulangan transversal kolom beton bertulang terhadap nilai kekakuan maka dilakukan teknik analisis statistik Anova satu arah yang mempunyai kemampuan membedakan antar banyak kelompok dengan resiko kesalahan yang sekecil mungkin serta dapat memberikan informasi tentang interaksi yang lebih signifikan sehubungan dengan hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat. Hipotesis yang diambil sebagai berikut :

H_0 : Hipotesis awal yang menyatakan bahwa variasi volume tulangan transversal tidak memberikan pengaruh terhadap nilai kekakuan pada kolom beton bertulang.

H_a : Hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa variasi volume tulangan transversal memberikan pengaruh terhadap nilai kekakuan pada kolom beton bertulang.

Dan dapat ditentukan pula dari ketiga variasi tersebut yang dapat memberikan nilai positif (signifikan) pada kolom beton bertulang.

Pengujian hipotesis tentang pengaruh variasi volume tulangan transversal terhadap nilai daktilitas aksial

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi rasio volume tulangan transversal kolom beton bertulang maka dilakukan teknik analisis statistik Anova satu arah yang mempunyai kemampuan membedakan antar banyak kelompok dengan resiko kesalahan yang sekecil mungkin serta dapat memberikan informasi tentang interaksi yang lebih signifikan sehubungan dengan hubungan antara variabel bebas terhadap variabel

terikat. Hipotesis yang diambil sebagai berikut :

H_0 : Hipotesis awal yang menyatakan bahwa variasi volume tulangan transversal tidak memberikan pengaruh terhadap nilai daktilitas pada kolom beton bertulang.

H_a : Hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa variasi volume tulangan transversal memberikan pengaruh terhadap nilai daktilitas pada kolom beton bertulang.

Dan dapat ditentukan pula dari ketiga variasi tersebut yang dapat memberikan nilai positif (signifikan) pada kolom beton bertulang.

Pembahasan Pengaruh Variasi Rasio Volume Tulangan Transversal Terhadap Nilai Kekakuan Aksial

Kekakuan aksial suatu elemen kolom dipengaruhi oleh beberapa parameter, diantaranya adalah :

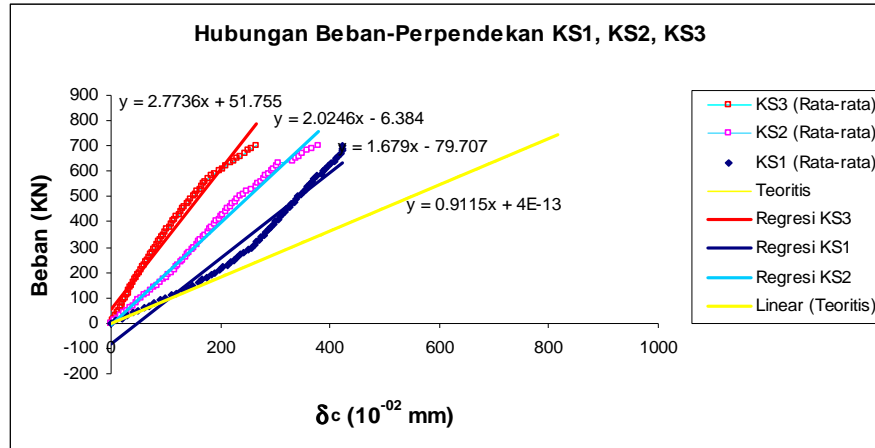
1. kuat tekan beton
2. tegangan leleh tulangan baja
3. nilai volume tulangan transversal

Dari uji keseragaman kuat tekan beton, didapat nilai keseragaman $F_{hitung} = 0,49 < F_{tabel} = 3,71$. hal ini berarti tidak terdapat perlakuan yang sangat nyata dari mutu beton dengan kata lain mutu beton dianggap seragam. Untuk uji keseragaman mutu baja didapat nilai keseragaman $F_{hitung} = 0,00078 < F_{tabel} = 5,41$. Sehingga dianggap mutu baja juga seragam. Dalam hal ini berarti nilai mutu beton dan mutu baja dianggap tidak memberikan pengaruh terhadap nilai kekakuan aksial kolom.

Dari hasil pengujian laboratorium benda uji kolom didapatkan nilai perpendekan untuk kolom dengan masing-masing variasi dengan melakukan pembacaan *dial gauge*, selain itu nilai regangan tulangan tarik baja diperoleh dari *strain gauge* dan

pembacaan alat tersebut dengan *strain meter*. data yang diperoleh sangat berbeda jauh antara benda uji 1 dan benda uji 2 untuk variasi yang sama yang diakibatkan oleh perbedaan nilai slump saat pengecoran, sehingga data yang digunakan dalam pembahasan ini adalah

data yang di rata-rata untuk setiap variasi. Dari hasil pengujian laboratorium di dapatkan persamaan nilai beban dan perpendekan kolom beton bertulang dari berbagai variasi rasio volume tulangan transversal.



Gambar 6. Grafik Hubungan Beban - Perpendekan kolom KS1, KS2, KS3.

Dari **Gambar 6** terlihat nilai kekakuan aksial terbesar ditunjukkan oleh kolom KS3 dengan variasi rasio tulangan transversal $\rho_s = 1,05\%$. Hal ini menunjukkan variasi rasio tulangan

1. Nilai kekakuan kolom teoritis = 91,15 KN/mm.
2. Nilai kekakuan kolom KS1 = 167,9 KN/mm.

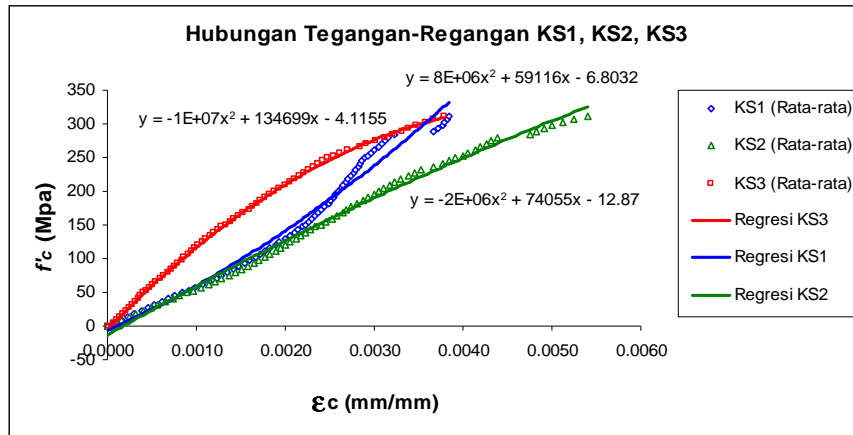
Pembahasan Hubungan Tegangan – Regangan Benda Uji Beton Bertulang

Dari hasil pengujian laboratorium didapatkan nilai regangan tulangan tarik dan regangan beton dengan masing-masing variasi. Nilai regangan tulangan tarik baja diperoleh dari *strain gauge* dan pembacaan alat tersebut dengan *strain meter*. Nilai regangan beton diperoleh

transversal memberikan pengaruh terhadap nilai kekakuan aksial kolom beton bertulang. Dari grafik tersebut, nilai kekakuan ditunjukkan sebagai berikut :

3. Nilai kekakuan kolom KS2 = 202,46 KN/mm.
4. Nilai kekakuan kolom KS3 = 277,36 KN/mm.

dengan pembacaan *dial gauge*, selain itu data yang diperoleh sangat berbeda jauh antara benda uji 1 dan benda uji 2 untuk variasi yang sama yang diakibatkan oleh perbedaan nilai slump saat pengecoran, sehingga data yang digunakan dalam pembahasan ini adalah data yang di rata-rata untuk setiap variasi.

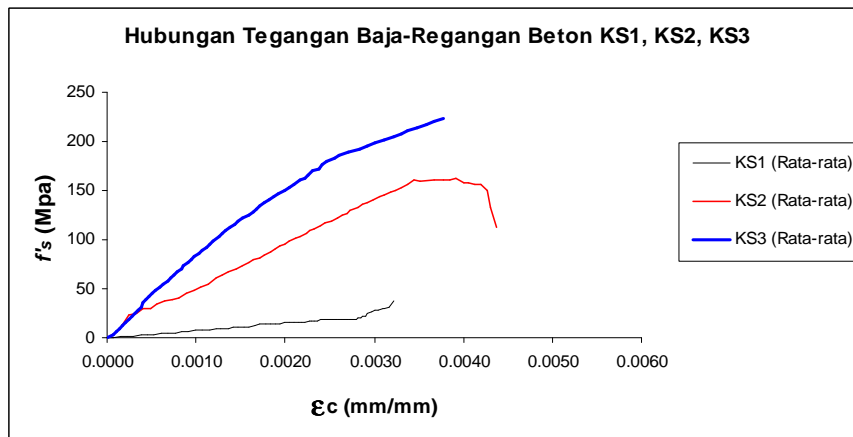


Gambar 7. Grafik Hubungan Tegangan – Regangan kolom KS1, KS2, KS3

Pada saat tegangan maksimum yang terjadi, untuk kolom setiap variasi (ρ_s), terlihat bahwa regangan terkecil di alami oleh kolom KS3 dengan ρ_s terbesar yaitu 1,05%. hal ini menunjukkan bahwa variasi rasio volume tulangan transversal mempengaruhi nilai ketegaran kolom tersebut. Akan tetapi data yang didapat belum mencapai keruntuhan kolom, maka tidak dapat mewakili penelitian.

Pembahasan Pengaruh Variasi Volume Tulangan Transversal Terhadap Nilai Daktilitas Aksial

Daktilitas aksial merupakan perbandingan antara regangan maksimum kolom terhadap regangan pada saat tulangan mengalami leleh pertama, Nilai ϵ_y akan diperoleh pada saat kondisi regangan tulangan tarik pertama kali mencapai regangan leleh baja (f_y) yang dipakai, maka kondisi yang demikian disebut regangan leleh pertama (ϵ_y).



Gambar 8. Grafik Hubungan Regangan beton – f_s Kolom KS1, KS2, KS3

Dari ketiga grafik hubungan regangan beton – $f's$ untuk berbagai variasi, tegangan yang dialami oleh baja tulangan tidak ada yang mencapai tegangan leleh (f_y), sehingga regangan beton pada saat leleh pertama tidak dapat diketahui. Jadi untuk penelitian kali ini tidak dapat disimpulkan pengaruh variasi rasio volume tulangan transversal terhadap nilai daktilitas aksial.

Dari hasil yang ada, tidak dapat dilakukan pengujian statistik untuk menyatakan seberapa besar pengaruh variasi rasio volume tulangan transversal terhadap nilai daktilitas aksial.

Penelitian kali ini dapat dikatakan penelitian yang gagal, karena tidak mendapatkan hasil yang ingin dicapai. Kegagalan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, faktor yang paling utama adalah perancangan *mix design* yang tidak akurat. Kuat tekan yang didapat pada saat eksperimen jauh lebih kuat dari kuat tekan yang ada pada hipotesis penelitian. Kapasitas alat tidak mampu membebani benda uji tersebut sampai beban maksimum, sehingga daktilitas aksial tidak dapat dicapai.

Nilai Rasio Volume Tulangan Transversal Yang Signifikan Terhadap Nilai Kekakuan Aksial

Dengan adanya variasi rasio volume tulangan transversal dapat dicari apakah terdapat perbedaan rata-rata antara perlakuan rasio volume tulangan transversal yang memberikan nilai signifikan terhadap kekakuan aksial. Untuk menarik kesimpulan tersebut dilakukan teknik analisis anova satu arah.

Dari uji statistik anova satu arah diperoleh nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, $138,503 > 3,040$ sehingga H_a diterima berarti terdapat perbedaan rata-rata antara nilai kekakuan dengan variasi rasio volume tulangan transversal $KS1(\rho_s) = 0,37\%$, $KS2(\rho_s) = 0,68\%$, dan $KS3(\rho_s) = 1,05\%$.. Melalui uji analisis pasca anova pun juga memberikan nilai kekakuan aksial yang

signifikan terhadap variasi rasio volume tulangan transversal tersebut.

Nilai Rasio Volume Tulangan Transversal Yang Signifikan Terhadap Nilai Daktilitas Aksial

Dengan adanya variasi rasio volume tulangan transversal dapat dicari apakah terdapat perbedaan rata-rata antara perlakuan rasio volume tulangan transversal yang memberikan nilai signifikan terhadap daktilitas aksial. Untuk menarik kesimpulan tersebut dilakukan teknik analisis anova satu arah.

Dari hasil yang ada, tidak dapat dilakukan pengujian statistik untuk menyatakan seberapa besar pengaruh variasi rasio volume tulangan transversal terhadap nilai daktilitas aksial. Hal ini disebabkan tidak tercapainya nilai daktilitas aksial.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan uji statistik analisis varian satu arah, terdapat perubahan yang signifikan terhadap nilai kekakuan aksial kolom dengan adanya variasi rasio volume tulangan transversal yaitu ρ_s (KS1) = 0,37; ρ_s (KS2) = 0,68; dan ρ_s (KS3) = 1,05. Peningkatan nilai kekakuan KS1 terhadap KS2 sebesar 17,07%, KS1 terhadap KS3 sebesar 65,19% dan KS2 terhadap KS3 sebesar 36,99%. Semakin besar rasio volume tulangan transversal yang diberikan maka nilai kekakuan aksial akan semakin besar.
2. Dari analisa grafik hubungan tegangan – regangan, terlihat bahwa regangan terkecil di alami oleh kolom KS3. Hal ini menunjukkan bahwa variasi rasio volume tulangan transversal (ρ_s) mempengaruhi nilai ketegaran kolom tersebut. Akan tetapi data yang didapat belum mencapai keruntuhan kolom, maka

- tidak dapat mewakili penelitian. Dari analisa tersebut tidak dapat dibuat kesimpulan mengenai variasi rasio volume tulangan transversal terhadap analisa hubungan tegangan – regangan beton bertulang.
3. Nilai daktilitas aksial kolom tidak dapat dibuat kesimpulan, hal ini disebabkan perencanaan mix desain yang tidak akurat. Prediksi awal untuk perencanaan mix desain ditetapkan dengan kuat tekan beton $f'c$ sebesar 20 Mpa dengan berbagai pertimbangan. Pertimbangan yang paling utama adalah kapasitas alat pengujian kolom yang terdapat pada laboratorium sangat terbatas. Akan tetapi dalam perancangan didapatkan nilai kuat tekan beton yang jauh dari prediksi awal yaitu sebesar 35,93 Mpa, sehingga alat pengujian tidak mampu membebani benda uji kolom sampai beban runtuh. Dari data yang ada hanya dapat dibahas nilai kekakuan aksial saja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Bahan Konstruksi, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang sebagai tempat pelaksanaan penelitian serta semua pihak atas dukungan dan partisipasinya selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1971). **Peraturan Beton Bertulang Indonesia Tahun 1971**. Ditjen Cipta Karya, Jakarta
- Anonim. (2002). **Standard Nasional Indonesia (SK SNI 03 – 2847 - 2002) Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung**, Bandung.
- Dipohusodo, I. (1996). **Struktur Beton Bertulang**. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Gideon K, P. Kole, R. Sagel. (1993). **Dasar –Dasar Perencanaan Beton Bertulang**. Seri 1. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Gideon K, A. Takim. (1993). **Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa**. Seri 3. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Nawy, Edward G. (1990). **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Mendasar**. PT. Eresco, Bandung
- Park, R. dan Paulay, T. (1975). **Reinforced Concrete Structures**. John Wiley & Sons Inc., New York
- Pendyala, R., Mendis, P., Patnaikuni, I. (1996) **Full-Range Behavior of High-Strength Concrete Flexural Members: Comparison of Ductility Parameters of High and Normal- Strength Concrete Members**. *ACI Structural Journal*. Vol. 93. No. 1, January-February 1996, pp. 30-35.
- Saleh, S. (1996). **Statistik Induktif**. UPP AMP YKPN, Jogyakarta
- Usman, H., dan R. P. S. Akbar. (2003) **Pengantar Statistika**. PT. Bumi Aksara, Jakarta
- Wahyudi, L., S. A. Rahim. (1999). **Struktur Beton Bertulang Standar Baru SNI T-15-1991-03**. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta