

PENGARUH PERKUATAN KAWAT KASA ANYAM PADA DAERAH SELIMUT KOLOM BETON BERTULANG TERHADAP RETAKAN DAN DAKTILITAS

Jhonson Andar Harianja¹⁾, Zukiman Z.²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta
e-mail : harianja_andar@yahoo.com

²⁾Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

ABSTRACT

Failure in columns is often preceded by the fracture of the concrete covering, which resulted in the reduction in the cross-sectional area of the column. This poses a dangerous situation particularly when the load is sudden, such as in the event of an earthquake, because of the sudden failure that the column could experience. This study involved the investigation of the effectiveness of reinforcing the concrete covering with wire mesh as an attempt to avoid sudden damage of the concrete covering. The study aimed to investigate the pattern and type of cracks which would occur on columns with covering that have been reinforced by wire mesh and to explore the effect of the presence of wire mesh on the load capacity of the column.

Two reinforced concrete specimens were prepared for the investigation, each having a dimension of 14 cm x 14 cm x 118 cm. The concrete and aggregate ratios of the testing specimens were 1:1.75:2.5 for cement, sand and gravel, respectively. The reinforcing steel consisted of 10 mm diameter of deformed steel bars 6 mm diameter of plain steel bars used as stirrups. One of the specimens had a wire mesh reinforcement at its covering whereas the other specimen was a standard specimen with no extra reinforcement in the covering. Commercially available wire mesh made of 1 mm diameter wire and mesh opening of 25 mm x 25 mm was used for the specimen with reinforcement in the covering. Axial load was applied with an eccentricity of 7 cm measured from to the center of area of the cross section of the column.

Result of the loading tests revealed that the column specimen with its covering reinforced by wire mesh experienced a higher axial strength of 7.97% beyond that of the column with no wire mesh reinforcement. Under the same intensity of load, the cracks observed in the column with wire mesh reinforcement were lesser in number, shorter and finer compared with the cracks observed in the standard specimen. The maximum deflection experienced by the column with wire mesh reinforcement prior to failure was 8.1 mm, whereas for the standard specimen it was 7.5 mm.

Keywords : failure, capacity of the column.

I. PENDAHULUAN

Keruntuhan sebuah kolom sering diawali dengan retaknya selimut beton akibat ketidakmampuan dalam memikul suatu beban yang besar. Adanya perkuatan dengan kawat kasa anyam diharapkan dapat berpengaruh terhadap meningkatnya kekuatan daerah selimut

beton terhadap tegangan retak sehingga beban dapat dipikul bersama-sama oleh beton dan baja tulangan secara aman. Apabila dengan perkuatan kawat kasa di daerah beton dapat meningkatkan kemampuan kolom beton dalam memikul beban, maka keruntuhan mendadak dimungkinkan juga dapat tereduksi. Oleh sebab itu, dipertimbangkan perlu untuk dilakukan penelitian melalui pengujian terhadap kolom beton bertulang dengan perkuatan kawat kasa yang ditempatkan di daerah selimut beton. Peningkatan daktilitas kolom beton bertulang diharapkan juga terjadi dengan pemberian bahan perkuatan kawat kasa anyam di daerah selimut beton sehingga kolom yang dihasilkan mempunyai daktilitas yang semakin baik.

Penelitian ini dilakukan untuk menemukan salah satu cara mengatasi keruntuhan kolom yang diakibatkan terjadinya retak yang berawal dari selimut beton sedang tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya beban runtuh dan beban lendutan yang terjadi, untuk mengetahui besarnya peningkatan kapasitas`kolom beton bertulang dengan perkuatan kawat kasa anyam dalam memikul beban, dan untuk melihat perbedaan pola dan jenis retakan akibat pembebanan pada kolom beton bertulang tanpa kawat kasa anyam dengan kolom beton bertulang dengan perkuatan kawat kasa anyam.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Kolom adalah batang tekan Vertikal dari rangka (*frame*) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi lebih bawah hingga sampai ketanah melalui pondasi. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (*Sudarmoko, 1996*). Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan kolaps (runtuhnya) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh batas total (*ultimate total collapse*) beserta seluruh strukturnya.

2.1. Prinsip Dasar Kolom

Keserasian tegangan dan regangan yang digunakan dalam analisis atau desain seperti pada balok dapat diterapkan pada kolom. Akan tetapi, suatu faktor baru (selain momen lentur) yang ikut dalam perhitungan, yaitu adanya gaya tekan. Karena itu, perlu ada

penyesuaian persamaan-persamaan keseimbangan penampang dengan meninjau kombinasi gaya tekan dan momen lentur. Pada kolom, beban aksial biasanya dominan sehingga keruntuhan yang berupa keruntuhan tekan sulit dihindari.

Apabila beban pada kolom bertambah, maka retak akan terjadi di seluruh tinggi kolom. Pada *limit state of failure*, selimut beton diluar sengkang (pada kolom bersengkang) atau diluar spiral (pada kolom berspiral) akan lepas sehingga tulangan memanjangnya dapat terlihat. Apabila bebannya terus bertambah, maka terjadi keruntuhan dan *local buckling* tulangan memanjang. Dapat dikatakan bahwa dalam batas keruntuhan, selimut beton lepas dahulu sebelum lekatan baja-beton hilang.

Seperti halnya balok, kekuatan kolom dievaluasi berdasarkan prinsip-prinsip dasar sebagai berikut:

1. Distribusi regangannya linier di seluruh tebal kolom.
2. Tidak ada gelincir antara beton dengan tulangan baja (ini berarti regangan pada baja sama dengan regangan pada beton yang mengelilinginya).
3. Regangan beton maksimum yang diizinkan pada keadaan gagal (untuk perhitungan kekuatan) adalah 0,003.
4. Kekuatan tarik beton diabaikan dan tidak digunakan dalam perhitungan.

2.2. Analisis Elemen Tekan

Apabila beban yang bekerja di titik tangkap tepat pada pusat berat penampang elemen, maka akan timbul adalah tegangan tekan merata yang besarnya :

$$f_a = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.19)$$

dengan f_a = tegangan actual, P = beban, dan A = luas penampang kolom.

Kegagalan akan terjadi apabila tegangan langsung aktual ini melebihi tegangan hancur materialnya ($f_a \geq F_y$). Beban hancur dinyatakan dengan persamaan :

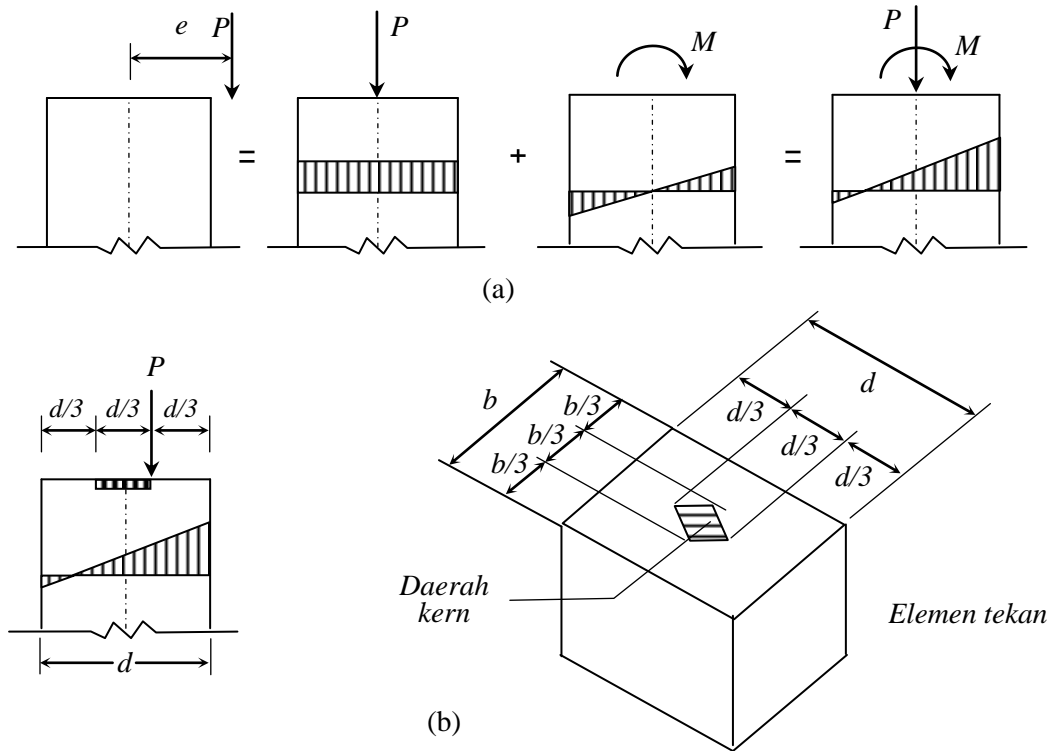
$$P_y = A F_y \dots\dots\dots (2.19)$$

dengan F_y = tegangan hancur material.

Apabila beban bekerja eksentris, maka distribusi tegangan yang timbul tidak akan merata. Efek beban eksentris akan menimbulkan momen lentur pada elemen yang berinteraksi

dengan tegangan tekan langsung. Bahkan apabila itu mempunyai eksentrisitas yang relatif besar, maka di seluruh bagian penampang yang bersangkutan dapat terjadi tegangan tarik.

Elemen yang tampak pada Gambar 2.7 mengalami beban eksentris P sejauh e dari sumbu berat penampang elemen kolom. Tegangan yang ditimbulkan oleh beban ini dapat diperoleh dengan menguraikan beban eksentris itu menjadi gaya aksial sentries (yang



Gambar 2.7. Distribusi tegangan akibat beban eksentris
 Sumber :Daniel L.Schodek,1999)

hanya akan menghasilkan tegangan merata (f_a). Uraian gaya tersebut diperlihatkan pada Gambar 2.7.(a). Selanjutnya, tegangan aktual akan merupakan kombinasi dari kedua distribusi tegangan.

Pada gambar 2.7.(b), apabila beban bertitik tangkap di daerah sepertiga tengah penampang segiempat (daerah kern), maka di seluruh penampang hanya ada tegangan tekan. Apabila beban di luarnya, maka akan ada bagian penampang yang mengalami tegangan tarik. Dari Gambar 2.7.(a), tegangan gabungan dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{tegangan merata} = f_a = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\text{tegangan lentur} = f_b = \frac{M c}{I} = \frac{(P \cdot e) c}{I} \dots\dots\dots (2.21)$$

Sehingga tegangan gabungan atau tegangan aktual menjadi :

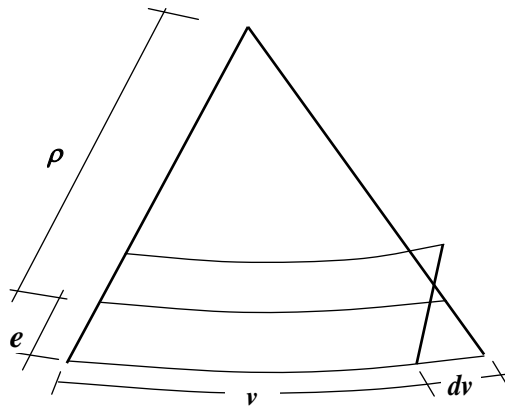
$$f_{\text{aktual}} = f_a + f_b = \frac{P}{A} + \frac{(P \cdot e) c}{I} \dots\dots\dots (2.22)$$

Sesuai gambar distribusi tegangan yang diilustrasikan pada Gambar 2.7 tampak bahwa besarnya tegangan lentur sebanding dengan eksentrisitas e dari beban. Pada gambar tersebut, beban vertikal P dapat menimbulkan tegangan tarik pada satu bagian penampang kolom apabila eksentrisitasnya besar (yaitu tegangan lentur f_b dominan dibandingkan dengan tegangan aksial). Apabila $e = 0$, maka hanya akan terjadi tegangan f_a . Oleh karena itu, jelas akan ada suatu batas eksentrisitas beban yang apabila beban bekerja pada batas itu, maka tegangan di seluruh penampang hanya berupa tegangan tekan. Titik yang dimaksud dapat ditentukan dengan menuliskan kombinasi kedua jenis tegangan sama dengan nol, yaitu :

$$f_a + f_b = 0 \dots\dots\dots (2.23)$$

Dengan demikian, apabila beban bekerja di dalam daerah yang dibatasi tersebut, tegangan yang akan timbul hanyalah tegangan tekan. Dengan menempatkan beban tepat pada batas tersebut, maka tegangan di tepi sisi lawannya akan sama dengan nol. Apabila eksentrisitasnya melampaui batas itu, akan timbul tegangan tarik pada sisi lawannya. Karena beban dapat mempunyai titik tangkap di kedua sisi penampang, maka titik *kern* juga ada di kedua bagian. Lokasinya adalah pada titik-titik sepertiga penampang. Oleh karena itu, kadang disebut *aturan sepertiga tengah*, yang berarti mengusahakan agar beban mempunyai titik tangkap di dalam sepertiga tengah penampang agar tidak terjadi tegangan tarik. Apabila ditinjau arah tegak lurus sisi yang telah dibicarakan, maka jelas akan ditemukan juga daerah *kern* seperti tampak pada Gambar 2.7.(b).

Gambar 3.1 menunjukkan elemen suatu kolom yang melengkung. Jika v adalah panjang elemen mula-mula, yaitu sebelum terjadi lengkungan karena lendutan akibat momen. Misalnya beban diberikan pada bagian atas kolom, maka pada saat kolom melendut, serat-serat pada bagian sebelah luar mengalami pertambahan panjang dv , sedangkan serat-serat pada bagian dalam mengalami perpendekan dv .



Gambar 3.1. Suatu elemen dari kolom yang

Andaikan ρ adalah jari-jari kelengkungan dari sumbu netral sepanjang kolom dan e adalah jarak dari sumbu netral keserat terluar (tempat terjadinya tegangan tarik terbesar). Maka dari hokum kesebangunan segitiga didapatkan:

$$\frac{e}{\rho} = \frac{dv}{v} \dots\dots\dots (3.1)$$

Perbandingan dv menyatakan suatu regangan, maka:

$$\frac{e}{\rho} = \varepsilon \dots\dots\dots (3.2.a)$$

atau

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\varepsilon}{e} \dots\dots\dots (3.2.b)$$

dengan e = jarak sumbu netral keserat terluar, ρ = jari-jari kelengkungan, dan ε = regangan.

Hubungan antara, regangan, elastisitas, dan tegangan sesuai dengan Hukum Hooke :

$$\sigma = E e \dots\dots\dots (3.3)$$

atau

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \dots\dots\dots (3.4)$$

Substitusi Persamaan (3.4) ke Persamaan (3.2.b) memberikan persamaan:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\sigma}{E.e} \dots\dots\dots (3.5)$$

Selain persamaan diatas, persamaan lain yang biasa digunakan untuk menganalisis tegangan jika dihubungkan dengan momen adalah:

$$\sigma = \frac{M}{W} \dots\dots\dots (3.9)$$

Jika Persamaan (3.5) disubstitusikan ke Persamaan (3.4) maka diperoleh :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EW e} \dots\dots\dots (3.9)$$

Hasil kali dari $W \cdot e = I$ sehingga dapat dituliskan :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} \dots\dots\dots (3.8)$$

Perbandingan $1/\rho$ adalah kelengkungan dan dinyatakan dengan x . Untuk sebuah penampang persegi, $e = \frac{1}{2}h$ dan $W = \frac{1}{6}bh^2$. Jika nilai e dan w disubstitusikan ke persamaan $I = W \cdot e$ maka diperoleh:

$$I = W \cdot e = \frac{bh^3}{12} \dots\dots\dots (3.9)$$

Rumus lendutan (δ) untuk tengah-tengah bentang sebuah kolom tertumpu bebas dengan panjang l dan EI konstan, serta letak beban terpusat ditengah bentang adalah :

$$\delta = \frac{M L^2}{12 EI} \dots\dots\dots (3.10)$$

Lendutan yang diperoleh dari pengujian dikonversi menjadi besaran regangan dengan terlebih dahulu menentukan besarnya momen menggunakan Persamaan (3.10), yaitu :

$$M = \frac{12 E \cdot I \cdot \delta}{l^2} \dots\dots\dots (3.11)$$

Nilai M yang diperoleh dari Persamaan (3.11) kemudian digunakan untuk menentukan nilai ρ menggunakan Persamaan (3.8), yaitu :

$$\rho = \frac{E \cdot I}{M} \dots\dots\dots (3.12)$$

Substitusi Persamaan (3.11) ke persamaan (3.12) menghasilkan nilai ρ yang selanjutnya digunakan menghitung regangan menggunakan Persamaan (3.14) sebagai berikut :

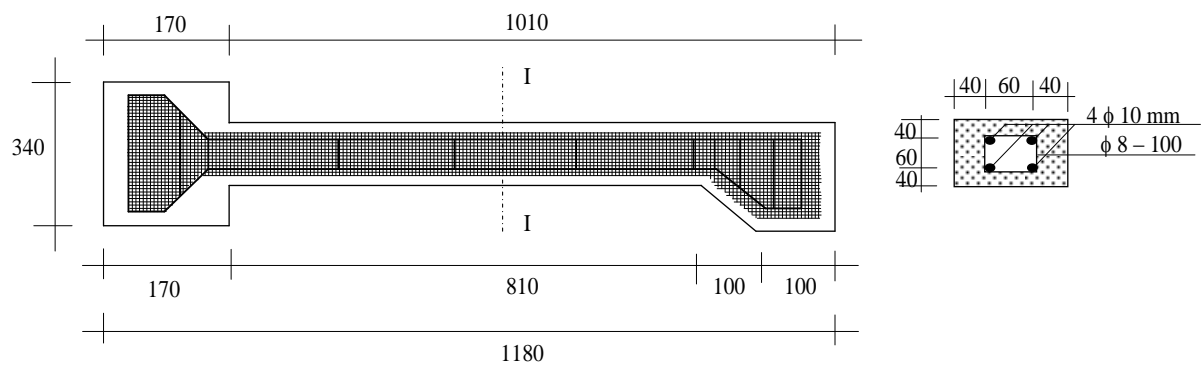
$$\rho = \frac{l^2}{12 \delta} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$\varepsilon = \frac{e}{\rho} \dots\dots\dots (3.14)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

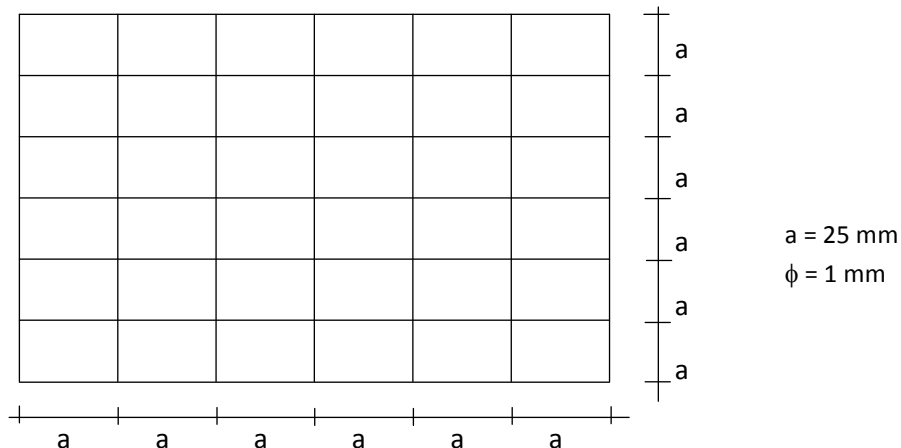
3.1. Kolom Benda Uji

Tinjauan perkuatan kolom dengan menggunakan kawat kasa anyam pada selimut beton yang dilakukan pada skripsi ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan selimut beton dari keretakan, keruntuhan yang disebabkan oleh besarnya lendutan dan momen yang memuntir kolom tersebut. Bentuk perlemahan dan kerusakan selimut kolom beton bertulang yang terjadi pada benda uji dapat diketahui dengan melakukan perbandingan terhadap kolom normal yang juga akan dibuat pada skripsi ini untuk menunjang pelaksanaan penelitian.



Gambar 4.1. Desain penampang dan penulangan kolom

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bahan uji beton bertulang dengan perkuatan kawat kasa anyam pada selimut beton seperti tampak pada Gambar 4.1. Tulangan utama yang digunakan adalah baja ulir $\phi 10 \text{ mm}$ dan sengkang dari baja polos $\phi 6 \text{ mm}$ sedang kawat kasa adalah seperti tampak pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Kawat kasa anyam

Peralatan yang digunakan secara garis besar adalah *Shop press* kapasitas 20 ton, *dialgauge* dengan ketelitian 0,01mm, *mixer* dengan kapasitas 125 liter dan kamera digital sebanyak 3 buah untuk mengamati hasil pengujian secara visual.

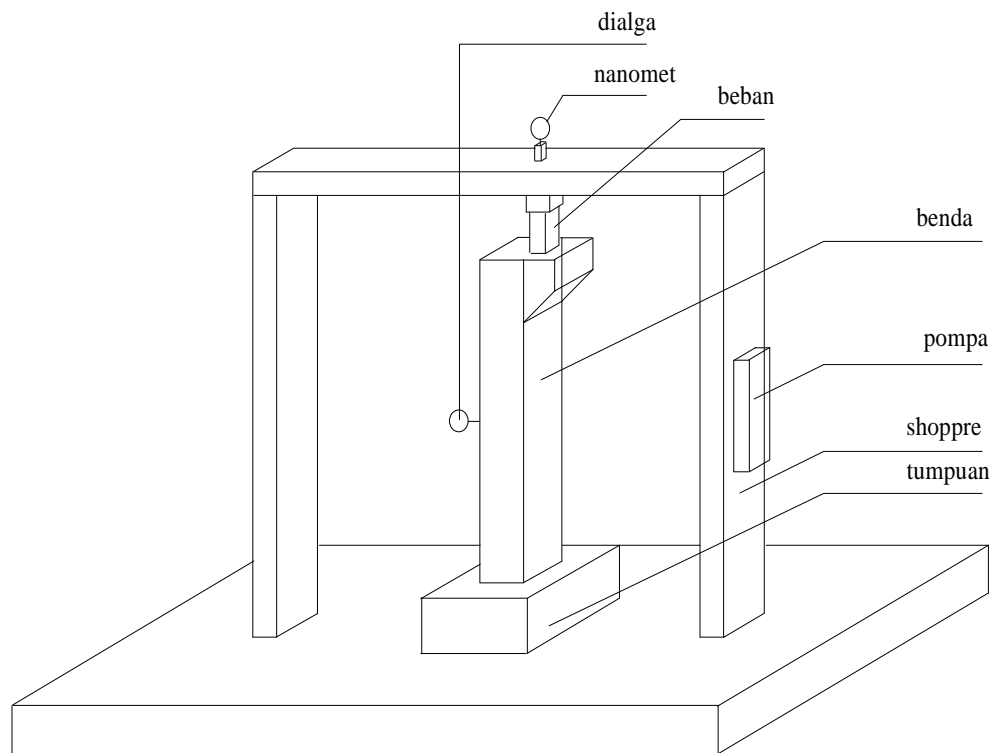
3.2. Pengujian

Pengujian dilakukan pada baja tulangan yang digunakan dan beton untuk mengetahui tegangan tarik baja dan kuat tekan beton yang digunakan. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma = \frac{P}{A} \times 1,02 \times 0,83 \dots\dots\dots (4.1)$$

dengan σ = kuat tekan beton (kg/cm²), P = beban maksimum (kg), A = Luas bidang tekan (cm²), 1,02 = kalibrasi alat, dan 0,83 = konversi kuat tekan bentuk kubus ke bentuk silinder

Pengujian yang dilakukan pada kolom benda uji untuk mengetahui pengaruh perkuatan kawat kasa pada daerah selimut kolom beton bertulang terhadap retakan dan daktilitas skhemakan seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Setting pengujian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.2.1. Pengujian Tarik Baja dan Tekan Beton

Hasil pengujian tarik tulangan baja ulir ϕ 10 mm dan tulangan baja polos ϕ 6 mm dan pengujian tekan terhadap kubus beton dicantumkan dalam Tabel 5.1. dan 5.2.

Tabel 5.1. Hasil pemeriksaan baja tulangan

No	Baja	Diameter pengenal (mm)	Tegangan luluh (kg/mm^2)	Kuat Tarik (Kg/mm^2)	Penggolongan	
					PBI-71/NI-2	SII.0136-80
1	Polos	6,000	14,15	19,45	---	---
2	Ulir	10,000	31,70	45,84	U – 24	BJTD 30

Hasil pemeriksaan baja tulangan ulir ϕ 10 mm sesuai dengan Tabel 5.1. di atas menunjukkan bahwa baja tulangan yang digunakan digolongkan BJTD30 sesuai SII.0136-80. Oleh sebab itu, sesuai SK SNI T-15-1991-03 konstanta perencanaan untuk baja tulangan yang digunakan sebagai tegangan luluh (f_y) adalah 300 MPa.

Tabel 5.2. Hasil pengujian kuat desak beton

Kode	Tanggal Pencetakan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Perbandingan Campuran	Ukuran $p \times l \times t$ (cm)	Berat Jenis (t/m^3)	Kuat Desak Aktual (kg/cm^2)
I	04-05-2013	07-06-2013	34	1 : 1,75 : 2,5	15 \times 15 \times 15	2,30	335,35
II	04-05-2013	07-06-2013	34	1 : 1,75 : 2,5	15 \times 15 \times 15	2,31	274,00
III	04-05-2013	07-06-2013	34	1 : 1,75 : 2,5	15 \times 15 \times 15	2,31	312,51

Dari tabel 5.2 diperoleh bahwa kuat desak aktual beton untuk benda uji I, II, dan III berturut-turut adalah sebesar 335,37 kg/cm^2 , 247,00 kg/cm^2 dan 312,71 kg/cm^2 . benda uji di atas menghasilkan kuat desak aktual rata-rata sebesar 298,36 kg/cm^2 dikurangi 20 % faktor reduksi jadi rata-rata kuat desak aktual sebesar 238,688 kg/cm^2 dengan umur beton yang sama, dimensi sama dan berat jenis yang tidak jauh berbeda. Sedangkan kuat desak beton rencana adalah sebesar 250 kg/cm^2 . Sehingga dari pengujian ini dapat diketahui bahwa selisih kuat desak beton bahan uji adalah 11,31 kg/cm^2 dengan demikian secara umum dapat dikatakan bahwa kuat desak benda uji ini telah memenuhi kuat desak beton yang diharapkan.

5.2. Uji Pembebanan Kolom

Pengujian kolom beton bertulang dengan dimensi 14 cm x 14 cm x 118 cm menggunakan tulangan utama \varnothing 10 mm dan tulangan polos \varnothing 6 mm dengan perkuatan kawat kasa anyam dan tanpa perkuatan kawat kasa anyam (kolom normal) dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian pembebanan kolom dilakukan untuk mendapatkan besaran beban dan lendutan. Lendutan diukur tepat di tengah bentang kolom menggunakan *Dealgauge* sedangkan beban diberikan dengan eksentrisitas 7 cm. Hasil pengujian pembebanan terhadap kolom benda uji dapat dilihat pada Tabel 5.3. berikut.

Tabel 5.3. Hasil uji pembebanan kolom

No	Jenis Kolom	Dimensi Kalom (mm)	Bentang Bersih (mm)	Beban Maksimum (kg)	Lendutan Maksimum (mm)
1	Kolom Normal	140×140×1180	1010	13800	8,1
2	Kolom Kasa Anyam	140×140×1180	1010	14900	7,5

5.3. Kapasitas dan Kekakuan Kolom

Kolom Normal dengan dimensi 140 mm x 140 mm x 1180 mm, dengan bentang bersih 1010 mm beban maksimum yang dapat ditahan oleh kolom tersebut sebesar 13.800 kg, dan lendutan maksimum yang terjadi pada kolom normal ini saat pengujian sebesar 8,1 mm Kolom dengan perkuatan kawat kasa anyam dengan dimensi 140 mm x 140 mm x 1180 mm mampu menahan beban maksimum sebesar 14.900 kg dan lendutan yang terjadi sebesar 7,5 mm.

Untuk dimensi dan penulangan kolom yang sama, tampak pemberian kawat kasa anyam pada kolom dapat meningkatkan kemampuannya dalam memikul beban. Dari Tabel 5.3 dapat dihitung persentase kenaikan beban yang dapat dipikul oleh kolom dengan perkuatan kawat kasa anyam dibandingkan dengan kolom tanpa perkuatan kasa anyam adalah 7,97 %.

Dengan demikian, pemberian kawat kasa anyam pada bagian selimut beton pada kolom beton bertulang dapat meningkatkan kapasitas kolom dalam memikul beban sebesar

7,97 %. Pada beban maksimum, dari Tabel 5.3. tampak juga bahwa lendutan yang terjadi pada kolom dengan perkuatan menggunakan kawat kasa anyam lebih kecil jika dibandingkan dengan lendutan dan pada kolom tanpa perkuatan kawat kasa anyam.

Pada beban 13800 kg, diperoleh besarnya lendutan maksimum (δ_{maks}) pada kolom tanpa perkuatan kawat kasa sebesar 8,1 mm. Apabila diasumsikan perilaku kolom masih bersifat elastic linier, maka dari perbandingan senilai pada data beban dan lendutan pada Tabel 5.3 akan dapat diperoleh besarnya lendutan pada beban 13800 kg pada kolom dengan perkuatan kawat kasa anyam sebesar $(13800/14900) \times 7,5 = 6,95$ mm.

Jari-jari kelengkungan kedua kolom benda uji ditentukan dengan substitusi besarnya lendutan pada beban yang sama pada persamaan jari-jari kelengkungan (*curvature*). Diketahui bahwa jari-jari kelengkungan berbanding lurus dengan kuadrat panjang kolom dan berbanding terbalik dengan lendutan. Dengan demikian dari persamaan jari-jari kelengkungan diketahui, bahwa pada panjang kolom yang sama tetapi lendutan semakin kecil, maka nilai jari-jari kelengkungan (ρ) akan semakin besar, artinya material yang bersangkutan semakin kaku. Keadaan ini tampak dari analisis terhadap jari-jari kelengkungan kolom tanpa kawat kasa (ρ_1) dan jari-jari kelengkungan kolom dengan kawat kasa (ρ_2) sebagai berikut :

$$\rho_1 = \frac{l_1^2}{12 \delta_1} = \frac{1010^2}{12 \cdot 8,1} = 10494,86 \text{ mm} \quad \text{dan} \quad \rho_2 = \frac{l_2^2}{12 \delta_2} = \frac{1010^2}{12 \cdot 6,95} = 12231,41 \text{ mm}$$

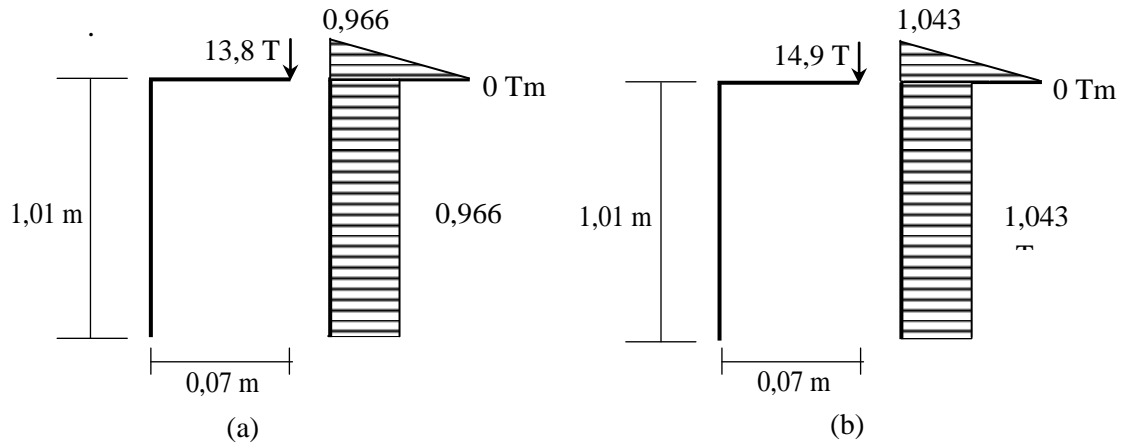
Dengan demikian, penambahan kawat kasa anyam di daerah selimut beton pada kolom dapat menaikkan kekakuan kolom sebesar 16,55 %. Dari nilai jari-jari kelengkungan masing-masing kolom benda uji (ρ_1 dan ρ_2) selanjutnya dapat dihitung nilai regangan pada kedua kolom berdasar besarnya lendutan dengan e adalah jarak sumbu netral ke serat tarik ($1/2 h$), sebagai berikut :

$$\varepsilon_1 = \frac{\frac{1}{2} h}{\rho_1} = \frac{\frac{1}{2} (140)}{10494,86} = 0,0067 \quad \text{dan} \quad \varepsilon_2 = \frac{\frac{1}{2} h}{\rho_2} = \frac{\frac{1}{2} (140)}{12231,41} = 0,0057$$

Dari nilai jari-jari kelengkungan dan nilai regangan pada kedua benda uji tampak bahwa benda uji kolom dengan perkuatan kawat kasa anyam menunjukkan sifat yang lebih kaku dibandingkan dengan kolom benda uji tanpa perkuatan kawat kasa anyam.

5.4 Lentur dan Retak Kolom

Gambar 5.1. dan 5.2. menunjukkan momen dan lendutan akibat beban aksial dengan eksentris $e = 70$ mm.



Gambar 5.1. Diagram bidang momen pada beban maksimum

Tegangan yang ditimbulkan oleh beban dengan eksentrisitas sejauh 7 cm dari sumbu berat kolom pada Gambar 5.1 dapat diperoleh dengan menguraikan beban eksentris tersebut menjadi gaya aksial sentris yang hanya menghasilkan tegangan merata f_a serta momen (kopel) yang hanya menghasilkan tegangan lentur f_b . Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tegangan yang terjadi pada kolom benda uji merupakan kombinasi dari kedua distribusi tegangan, yaitu :

a. Pada kolom benda uji tanpa perkuatan kawat kasa.

$$\text{tegangan merata} = f_a = \frac{P}{A} = \frac{13,8}{0,14 \cdot 0,14} = 704,08 \text{ t/m}^2$$

$$\text{tegangan lentur} = f_b = \frac{M c}{I} \quad \text{dengan } M = P \cdot e$$

$$\text{maka } \Rightarrow f_b = \frac{(P \cdot e) c}{I} = \frac{(13,8 \cdot 0,07) \cdot 0,035}{\frac{1}{12} \cdot 0,14 \cdot 0,14^3} = 1056,13 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Tegangan gabungan } f = f_a + f_b = \frac{P}{A} + \frac{(P \cdot e) c}{I} = (704,08 + 1056,13) = 1760,21 \text{ t/m}^2$$

b. Pada kolom dengan perkuatan kawat kasa anyam.

$$\text{tegangan merata} = f_a = \frac{P}{A} = \frac{14,9}{0,14 \cdot 0,14} = 760,20 \text{ t/m}^2$$

$$\text{tegangan lentur} = f_b = \frac{M c}{I} \quad \text{dengan } M = P \cdot e$$

$$tmaka \Rightarrow fb = \frac{(P \cdot e) c}{I} = \frac{(14,9 \cdot 0,07) \cdot 0,035}{\frac{1}{12} \cdot 0,14 \cdot 0,14^3} = 114032 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Tegangan gabungan } f = fa + fb = \frac{P}{A} + \frac{(P \cdot e) c}{I} = (760,20 + 114032) = 190052 \text{ t/m}^2$$

Dari hasil analisis tegangan pada kedua kolom benda uji diperoleh bahwa tegangan lentur lebih besar dari tegangan merata. Dengan demikian kedua kolom benda uji mengalami tegangan tarik pada suatu penampang yang diakibatkan oleh adanya eksentrisitas beban yang besar dan tegangan lentur f_b dominan dibandingkan dengan tegangan aksial f_a .

Batas eksentrisitas beban pada kolom benda uji yang dibuat agar tegangan di seluruh penampang kolom hanya berupa tegangan tekan dapat diselidiki dengan kemudian menyamakan tegangan lentur dan tegangan tekan sebagai berikut :

$$f_a = f_b \text{ atau } f_a - f_b = 0$$

$$\frac{P}{A} + \frac{(P \cdot e) c}{I} = 0 \rightarrow \frac{P}{A} = \frac{(P \cdot e) c}{I} \quad ; \quad \frac{1}{A} = \frac{e \cdot c}{I} \rightarrow e = \frac{I}{A c}$$

Apabila $I = bh^3/12$ disubstitusikan diperoleh persamaan untuk e agar seluruh tegangan pada penampang kolom benda uji merupakan tegangan tekan sebagai berikut :

$$e = \frac{I}{A c} = \frac{\frac{1}{12} b d^3}{(b \cdot d) \frac{d}{2}} = \frac{bd^3}{12} \times \frac{2}{b d^2} = \frac{d}{6}$$

Dari data dimensi kolom benda uji dengan penampang kolom 14 cm \times 14 cm, diperoleh nilai eksentrisitas agar penampang seluruhnya mengalami tegangan tekan sebesar :

$$e = \frac{d}{6} = \frac{14}{6} = 2,333 \text{ cm}$$

Pada pengujian pembebanan, besarnya eksentrisitas beban yang diberikan adalah 7 cm. Oleh sebab itu, jelas bahwa penampang kolom benda uji, baik kolom tanpa kawat dan kolom dengan kawat kasa mengalami tegangan tekan dan tegangan tarik dengan perbandingan 1 : 1,5

Pengamatan secara visual pada pengujian tampak bahwa salah satu sisi beton mengalami kehancuran yang diakibatkan oleh besarnya dominasi tegangan tarik yang terjadi. Oleh karena itu, kehancuran kedua kolom benda uji hancur didominasi oleh tegangan lentur. Kolom yang menggunakan perkuatan kawat kasa ikut menghambat

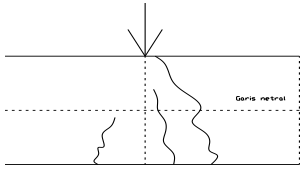
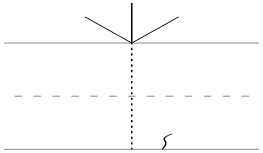
terjadinya retakan pada kolom sehingga kondisi ini sangat baik untuk memperlambat terjadinya keruntuhan selimut beton akibat beban dan momen yang terjadi.

Deskripsi retakan pada uji pembebanan kolom dapat dilihat pada Tabel 5.4. dan pola retakan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.4. Deskripsi retakan pada uji pembebanan kolom

No	Perkuatan	Lendutan δ (mm)	Beban (kg)	Retakan
1	Normal	8,1	13800	Retakan sampai pada semua sisi
2	Kawat kasa anyam	7,6	14900	Retakan halus/rambut

Tabel 5.5. Kondisi dan pola retakan kolom benda uji

Jenis kolom	Beban (kg)	Lendutan δ (mm)	Kondisi retakan	Pola retakan
Kolom tanpa perkuatan kawat kasa anyam	13800	8,1	Retakan sangat jelas dan mencapai sisi tekan kolom	
Kolom dengan perkuatan kawat kasa anyam	14900	7,5	Retakan lebih halus dan belum mencapai sisi kolom tekan	

V. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

- Beban runtuh pada kolom beton bertulang yang diberi perkuatan kawat kasa anyam lebih besar dibanding dengan kolom beton bertulang tanpa kawat kasa, yaitu 14,9 ton dan 13,8 ton. Lendutan maksimum pada kolom dengan kawat kasa dan kolom dengan kawat kasa masing-masing adalah 8,1 mm dan 7,5 mm.
- Kapasitas kolom beton bertulang dengan perkuatan kawat kasa pada daerah selimut beton meningkat sebesar 7,97 % dibandingkan dengan kolom beton bertulang tanpa perkuatan kawat kasa.
- Pada beban yang sama retakan pada kolom dengan perkuatan kawat kasa lebih sedikit,

lebih pendek, dan lebih halus dibanding dengan kolom tanpa kawat kasa. Pada beban maksimum kehancuran kolom tanpa kawat kasa lebih nyata dan jelas dibanding dengan kolom dengan perkuatan kawat kasa.

6.2. Saran

Berdasar hasil pengujian, agar perilaku kolom beton bertulang dengan perkuatan kawat kasa anyam di daerah selimut beton dapat lebih jelas disarankan untuk menempatkan posisi kawat kasa pada jarak yang berbeda-beda dari sisi terluar. Di samping itu, perlu untuk dipertimbangkan penempatan beban dengan eksentrisitas yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A., 2010, *Kolom dan Pondasi T Beton Bertulang*, Penerbit Graha Ilmi, Yogyakarta.
- Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Gere & Timoshenko, 1996, *Mekanika Bahan*, Jilid I Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Kamarwan, Sidharta, S., 1988, *Mekanika Bahan*, Cetakan I, Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- McCormac, J.C., (alih bahasa : Sumargo), 2003, *Desain Beton Bertulang*, Jilid 1, Edisi 5, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Murdock, L.J., & Brook, K.M., (alih bahasa : Stephanus Hindarko), 1999, *Bahan dan Praktek Beton*, Penerbit Erlangga, Jakarta..
- Nasution, A., 2009, *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulan*, Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Nawy, E.G., (terjemahan : Bambang Suryoatmono), 1990, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Penerbit Eresco, Bandung.
- Park, R., & Paulay, T., 1974, *Reinforced Concrete Structure*, Penerbit John Wiley & Sons.Inc, New York.
- Schodek D.L., 1999, *Struktur*, Edisis 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- SK SNI T-15-1991-03, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Penerbit Yayasan LPMB, Bandung.
- Tata Sudira & Shinroku, S., 2005, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Penerbit Prandnya Paramitha.
- Vius, W.C. Kusuma, G., 1995, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Wang, C.K. & Salmon, C.G., (terjemahan : Binsar Harianja), 1996, *Desain Beton Bertulang*, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.