

PENGGUNAAN BAJA RINGAN (*COLD-FORMED*) TYPE HOLLOW SEBAGAI TULANGAN PADA BALOK BETON BERTULANG DALAM MEMIKUL BEBAN LENTUR

K. Budi Hastono
Program Studi Teknik Sipil
Universitas DR. Soetomo, Surabaya
Email : budihastono@gmail.com

ABSTRAK

Sebagai salah satu komponen dalam struktur bangunan, balok merupakan komponen yang memikul beban luar dan itu akan menimbulkan momen lentur dan gaya geser disepanjang bentangnya. Pada pembebanan yang kecil, selama tegangan tarik maksimum beton lebih kecil dari modulus kehancuran, maka seluruh beton dapat dikatakan efektif dalam memikul tegangan tekan dan tegangan tarik. Apabila beban ditambah terus, maka kekuatan tarik beton akan segera tercapai, dan pada tingkatan ini mulai terjadi retak-retak akibat tarik. Retak-retak ini menjalar dengan cepat keatas sampai mendekati garis netral, garis netral tersebut kemudian akan bergeser keatas diikuti dengan menjalarnya retak-retak. Dengan adanya retak-retak ini cukup banyak mempengaruhi perilaku balok yang mengalami pembebanan. Penelitian ini dengan dilakukan pengujian lentur yang dibebani pada 2 titik pembebanan sampai terjadi retak lentur pada balok beton bertulang dengan perencanaan tulangan tunggal, ukuran 15 x 20 x 60 cm dengan variabel dependen tulangan baja diameter 12 mm dan tulangan baja ringan tipe hollow pada dua variasi selimut beton 4 dan 7 cm. Dari hasil penelitian menunjukkan penggunaan tulangan baja ringan khususnya tipe hollow memberikan nilai kuat lentur lebih besar 23,2 % dibandingkan penggunaan tulangan baja ulir pada balok beton bertulang dengan selimut beton 40 mm, dan pada penggunaan selimut beton 70 mm, kekuatan lentur tulangan baja ringan juga menunjukkan lebih besar 262,65 % dibandingkan penggunaan tulangan baja ulir. Sementara itu untuk selimut beton 70 mm pada penggunaan baja ulir mengalami penurunan kuat lentur sebesar 52,3 % dibanding jika menggunakan deking/selimut beton 40 mm. Sedangkan pada penggunaan tulangan baja ringan dengan selimut beton 70 mm mengalami kenaikan kekuatan lentur sebesar 40 % dibandingkan dengan selimut beton 40 mm.

Kata Kunci : Balok, Lentur, Baja Ringan

PENDAHULUAN

Beban-beban yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban mati, beban hidup maupun beban-beban lain, seperti beban angin, atau juga beban karena susut dan beban karena perubahan temperatur, menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur. Lentur yang terjadi pada balok merupakan akibat adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila beban bertambah, maka pada balok terjadi deformasi dan regangan tambahan yang dapat mengakibatkan timbulnya retak lentur disepanjang bentang balok. Apabila bebannya semakin bertambah, pada akhirnya dapat

mengakibatkan terjadinya keruntuhan pada elemen struktur.

Terhadap baja tulangan, pada saat baja leleh, batang-batang menjadi bertambah panjang, sehingga lebar retak pada beton bertambah besar. Pada keadaan ini batang baja masih belum putus. Maka balok ini tidak akan runtuh tiba-tiba, tetapi bertambahnya retakan serta lendutan adalah tanda-tanda peringatan. Apabila beban bertambah sehingga tegangan tarik beton melampaui kekuatan tarik beton, maka terjadi retak-retak dilapisan yang tertarik dan retak ini akan menyebar keatas. Dengan demikian, akhirnya beton tidak dapat lagi meneruskan gaya tarik, sehingga seluruh

gaya tarik yang bekerja pada bagian bawah balok diterima oleh baja tulangan.

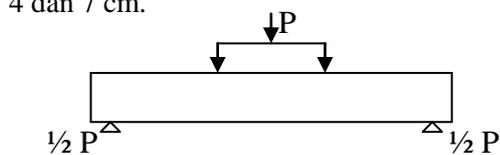
Sebagai salah satu komponen dalam struktur bangunan, balok merupakan komponen yang memikul beban luar dan itu akan menimbulkan momen lentur dan gaya geser disepanjang bentangnya.

Pada pembebanan yang kecil, selama tegangan tarik maksimum beton lebih kecil dari modulus kehancuran, maka seluruh beton dapat dikatakan efektif dalam memikul tegangan tekan dan tegangan tarik. Apabila beban ditambah terus, maka kekuatan tarik beton akan segera tercapai, dan pada tingkatan ini mulai terjadi retak-retak akibat tarik. Retak-retak ini menjalar dengan cepat keatas sampai mendekati garis netral, garis netral tersebut kemudian akan bergeser keatas diikuti dengan menjalarnya retak-retak. Dengan adanya retak-retak ini cukup banyak mempengaruhi perilaku balok yang mengalami pembebanan.

Permasalahan yang terjadi pada penelitian ini adalah :

- Seberapa besar kemampuan baja ringan tipe hollow sebagai tulangan pada elemen struktur balok beton bertulang dalam memikul beban lentur.
- Sampai berapa persen kekuatan tulangan baja ringan tipe hollow dalam menahan lentur yang dapat dihasilkan terhadap tulangan baja ulir pada elemen struktur beton bertulang.
- Seberapa besar pengaruh beban lentur pada elemen balok beton bertulang dengan penulangan baja ringan tipe hollow pada variasi penutup beton 4 cm dan 7 cm.

Penelitian ini akan dilakukan pengujian lentur yang dibebani pada 2 titik pembebanan sampai terjadi retak lentur pada balok beton bertulang dengan perencanaan tulangan tunggal, ukuran 15 x 20 x 60 cm dengan variabel dependen tulangan baja dia 12 mm dan tulangan baja ringan tipe hollow 40x20x1 mm pada dua variasi selimut beton 4 dan 7 cm.



Gambar 1. Benda uji yang dibebani dengan 2 titik pembebanan

TINJAUAN PUSTAKA

Beton dibentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), udara, dan kadang-kadang adanya campuran tambahan lainnya. Campuran yang masih plastis ini dicor kedalam acuan dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen-air, yang menyebabkan pengerasan beton. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, dan ketahanan terhadap tarik yang rendah, atau kira-kira kekuatan tariknya 10 sampai 15 persen dari kekuatan terhadap tekan (Edward, 1990). Maka penguatan terhadap tarik dan geser harus diberikan pada daerah tarik dari penampang untuk mengatasi kelemahan pada daerah tarik dari elemen beton bertulang. Kedua komponen ini, beton dan tulangan harus disusun komposisinya sehingga dapat dipakai sebagai material yang optimal.

Pada saat pembuatan beton diharapkan akan menjadi benda padat yang kuat tetapi harus diperhatikan bahwa pada kenyataan dilapangan sering kali pembuatan beton tidak menjadi seperti yang diharapkan karena timbulnya keretakan-keretakan yang terjadi akibat dari kondisi-kondisi yang mempengaruhi beton tersebut.

Beton mengalami keretakan karena beberapa sebab, sebab yang sering terjadi adalah karena adanya beban yang berlebih pada struktur tersebut sehingga beton mengalami retak pada daerah tarik yang dapat membahayakan struktur. Sebab lain yang sering terjadi adalah karena pengaruh temperatur yang menyebabkan susut dan rangkakan pada beton.

Kerusakan Pada Beton

Beton bertulang dalam pelaksanaannya selalu memperhatikan keawetan dari struktur beton bertulang tersebut. Keawetan pada beton bertulang adalah sebagai kemampuan untuk menahan bekerjanya pengaruh kimia, fisika, dan mekanis.

Keawetan beton didasarkan atas dasar perencanaan, pelaksanaan dan pemakaian yang baik dan benar. Fase perencanaan terhadap beton bertulang adalah fase penting terhadap perencanaan kekakuan dan

kekuatan serta menjadi acuan dari keawetan dari beton bertulang itu sendiri.

Pada struktur balok sering terjadi retak yang diakibatkan oleh berlebihnya beban dari yang telah direncanakan, hal ini tentunya menyebabkan keawetan beton bertulang menjadi terganggu dan rusak. Penyebab beban berlebih ini diakibatkan oleh perubahan fungsi bangunan.

Masalah lain yang juga menjadi penyebab kerusakan pada beton biasanya diakibatkan oleh pelaksanaan dilapangan misalnya bentuk bekisting yang tidak kokoh, selimut beton yang tipis dan kurangnya perhatian pada sambungan pengecoran.

Kerusakan yang sering terjadi pada suatu struktur adalah timbulnya retak-retak pada bangunan yang akan mempengaruhi kekuatan dari beton bertulang bahkan memicu beton bertulang menjadi patah. Retak adalah suatu indikasi bahwa suatu struktur telah dipaksa untuk menerima atau menyerap energi dari suatu bentuk tegangan (Chemco System, 2000).

Jenis kerusakan pada beton bertulang dapat dibagi dalam 3 pengaruh (Sagel dkk, Gideon, 1994) adalah :

1. Akibat pengaruh mekanis.
2. Akibat pengaruh fisika.
3. Akibat pengaruh kimia.

Kerusakan beton akibat pengaruh mekanis

Kerusakan pada beton akibat pengaruh mekanis ini terjadi akibat adanya gaya lain yang cukup besar yang membuat adanya kerusakan pada beton bertulang tersebut. Beberapa contoh pengikisan permukaan oleh karena aliran air, gempa bumi, getaran maupun pembebanan yang berlebihan yang terjadi pada struktur.

Kerusakan akibat lentur atau beban berlebih sendiri dapat menimbulkan retakan yang berasal dari daerah tarik beton. Struktur yang menerima beban berlebih akan menyebabkan terjadinya gaya tarik yang lebih besar pada beton, sehingga apabila telah melebihi batas yang disyaratkan akan menyebabkan beton menunjukkan tanda-tanda kerusakan berupa timbulnya retak-retak pada daerah tarik beton.

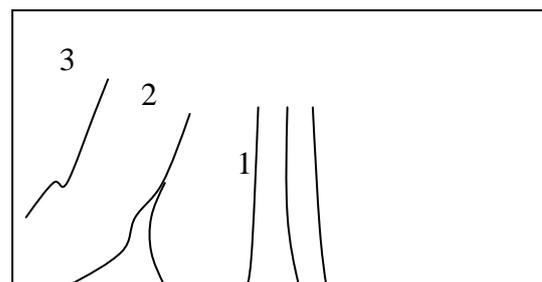
Pada penelitian sejenis yang pernah dilakukan oleh Roganda Parulian

Sigalingging, 2009, dengan judul “Analisa Baja Ringan Pada Balok Rumah Sederhana Tahan Gempa”. Analisa perilaku terhadap lentur dari hasil penelitian memperlihatkan kemampuan penampang profil yang sangat besar dalam memikul lentur. Itu dapat dilihat dari nilai momen maksimum yang dapat dipikul pada leleh pertama ($M_{xmax}=14.920.000$ Nmm) hampir sekitar 9,5 kali momen yang terjadi ($M_{max}=1.565.319$ Nmm).

Jenis keretakan Pada Beton Bertulang

Keretakan yang diakibatkan oleh beban berlebih dapat terjadi dalam beberapa bentuk, dan bentuk retak dapat dibagi dalam 3 jenis, yaitu :

1. Retak lentur (*flexural crack*), terjadi didaerah yang mempunyai harga momen lentur lebih besar dan gaya geser kecil. Arah retak terjadi hampir tegak lurus pada sumbu balok.
2. Retak geser lentur (*flexural shear crack*), terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Retak geser lentur merupakan perambatan retak miring dari retak lentur yang sudah terjadi sebelumnya.
3. Retak geser pada badan balok (*web shear crack*) yaitu keretakan miring yang terjadi pada daerah garis netral penampang dimana gaya geser maksimum dan tegangan aksial sangat kecil.



Gambar 2. Jenis Keretakan Pada Balok Beton Bertulang

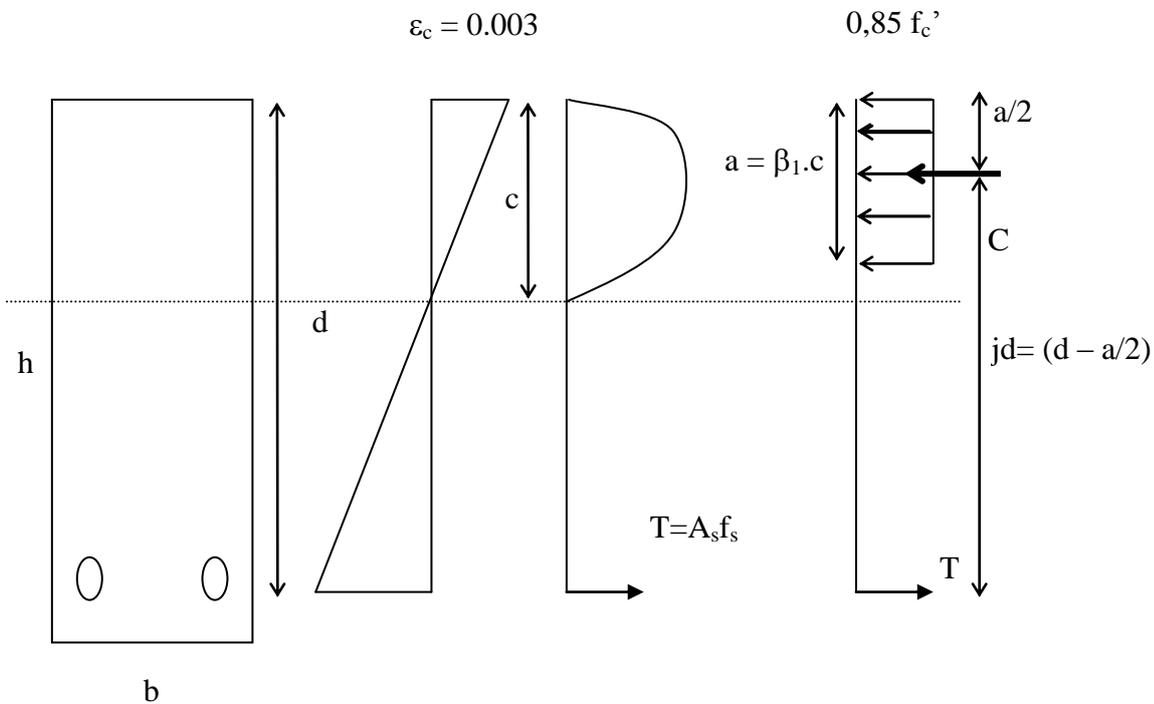
Perencanaan Campuran Adukan Beton

Metode perencanaan campuran beton yang dipergunakan adalah berdasarkan Standart Nasional Indonesia (SNI), Dasar perencanaan metode ini harus memenuhi persyaratan, yaitu :

1. Memenuhi ketentuan kuat tekan karakteristik atau kekuatan tekan minimum yang dikehendaki.
2. Memenuhi keawetan terhadap pengaruh-pengaruh serangan agresif lingkungan.
3. Memenuhi kemudahan dalam pengerjaan dilapangan.
4. Memenuhi nilai ekonomis .

Perencanaan Kuat Lentur Beton Bertulang dengan Tulangan Tunggal

Distribusi tegangan tekan aktual yang terjadi pada penampang mempunyai bentuk parabola. Menghitung volume blok tegangan tekan dapat digunakan blok tegangan segiempat ekuivalen (Whitney), tanpa kehilangan ketelitiannya dan juga dapat digunakan untuk menghitung kekuatan lentur penampang.



Gambar 3. Distribusi tegangan dan regangan pada balok.

Kondisi kegagalan tarik :

Untuk kondisi gagal tarik, $f_s = f_y$, dan agar keseimbangan gaya horisontal dapat terpenuhi, gaya tekan C pada beton dan gaya tarik T pada tulangan harus saling mengimbangi, maka $C = T$, dapat dirumuskan :

$$0,85f'_c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$$

Momen tahanan penampang, dapat ditulis :

$$M_u = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$$

$$M_u = A_s \cdot f_y \left(d - 0,59 \frac{A_s \cdot f_y}{f'_c \cdot b} \right)$$

$$= \rho \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y \left(1 - 0,59 \frac{\rho \cdot f_y}{f'_c} \right)$$

$$= b \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot \omega (1 - 0,59 \omega)$$

dimana : $\omega = \frac{\rho \cdot f_y}{f'_c}$

Prosentase tulangan dinyatakan dengan :

$$\rho = \frac{A_s}{b.d}$$

Kondisi kegagalan tekan :

Untuk kondisi gagal tekan, $f_s < f_y$, dapat dirumuskan :

$$\frac{\varepsilon_s}{0,003} = \frac{d-c}{c}; \varepsilon_s = 0,003 \frac{d-c}{c}$$

$$f_s = \varepsilon_s \cdot E_s = 0,003 \frac{d-c}{c} E_s$$

untuk $a = \beta_1 \cdot c$, $\beta_1 = 0,85$, maka :

$$f_s = 0,003 \frac{\beta_1 \cdot d - a}{a} E_s$$

untuk keseimbangan, C = T, maka :

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_s = 0,003 \frac{\beta_1 \cdot d - a}{a} E_s \cdot A_s$$

$$\left(\frac{0,85 \cdot f_c'}{0,003 \cdot E_s \cdot \beta_1} \right) a^2 + a \cdot d - \beta_1 \cdot d^2 = 0$$

Momen tahanan penampang, dapat ditulis :

$$M_u = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot (d - 0,5 \cdot a)$$

Kondisi kegagalan seimbang :

Pada kondisi ini, baja tulangan mencapai leleh (f_y) dan beton mencapai regangan pada serat terluar sebesar 0,003 secara bersamaan, maka :

$$\varepsilon_s = \frac{f_y}{E_s}; \quad \frac{f_y/E_s}{0,003} = \frac{d-c_b}{c_b}$$

dimana c_b = tinggi garis netral untuk kondisi seimbang

$$c_b = \frac{0,003 \cdot E_s}{0,003 \cdot E_s + f_y} d \text{ atau}$$

$$a_b = \frac{0,003 \cdot E_s}{0,003 \cdot E_s + f_y} \beta_1 \cdot d$$

dimana a_b = Tinggi ekuivalen blok tegangan persegi untuk kondisi seimbang.

Untuk keseimbangan, C = T, maka :

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b = A_s \cdot f_y = \rho_b \cdot b \cdot d \cdot f_y$$

dimana : $\rho_b = \frac{A_s}{b \cdot d}$;

untuk kondisi seimbang : $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a_b}{f_y \cdot d}$

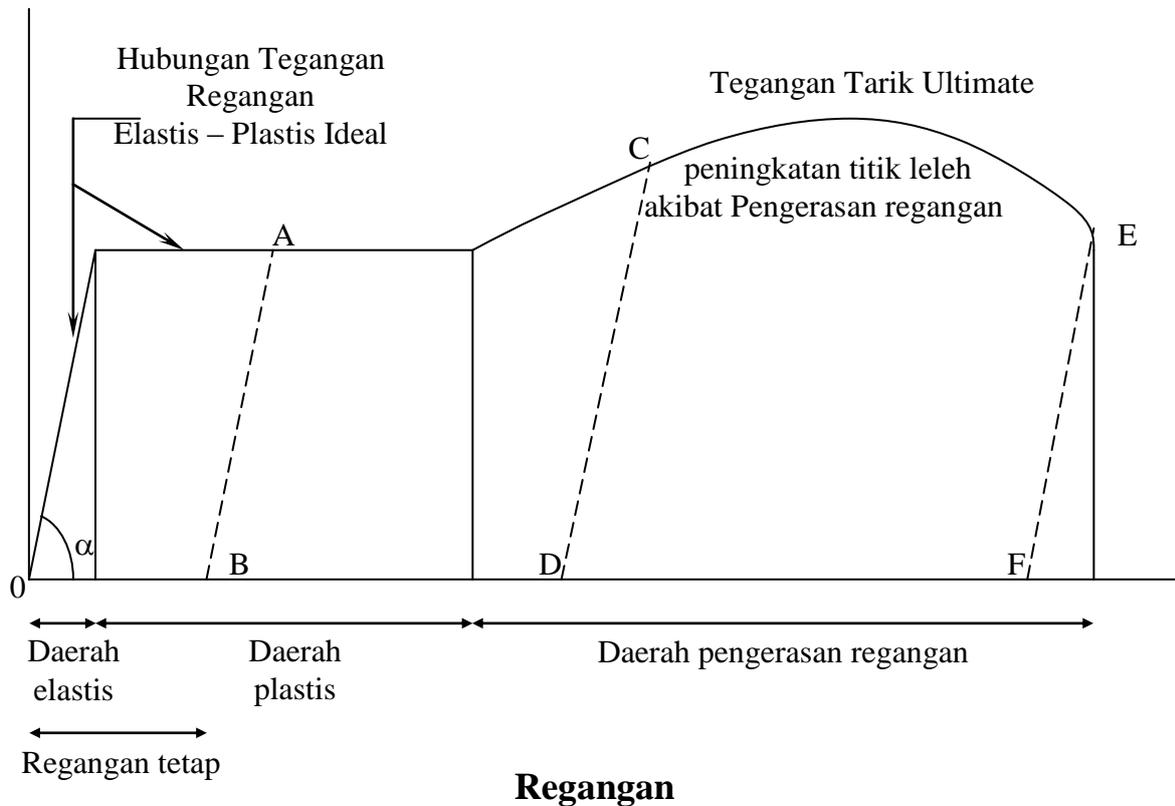
$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{0,003 \cdot E_s}{f_y + 0,003 \cdot E_s}$$

Untuk memastikan semua balok mempunyai karakteristik yang diinginkan pada peringatan yang kelihatan jika keruntuhan segera terjadi, maka dalam perencanaan balok dengan penulangan tunggal rasio tulangan tarik tidak lebih 0,75 dari rasio tulangan pada kondisi seimbang, $\rho \leq 0,75 \cdot \rho_b$, sehingga :

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{0,003 \cdot E_s}{f_y + 0,003 \cdot E_s}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

Kondisi Baja Ringan Tulangan Pada Strain Hardening (Pengerasan Regangan)



Gambar 4. Bentuk kurva ideal hubungan tegangan–regangan akibat adanya regangan yang melebihi pada daerah elastis. (Charles G Salmon , Struktur Baja Desain dan Perilaku).

Pada gambar 4, memperlihatkan suatu sifat baja secara ideal, yang dapat dikatakan sebagai kurva perilaku mekanik tegangan–regangan baja. Pada saat batang baja diberikan pembebanan sampai suatu tegangan tertentu yang belum terjadi leleh, maka apabila pembebanan dilepaskan, batang baja akan kembali ke dalam keadaan semula, kembali ke titik 0, karena batang baja masih dalam daerah elastis. Apabila pembebanan dilakukan dan telah melampaui titik leleh (*yield point*) hingga ke titik A, kemudian pembebanan dilepaskan, maka akan terjadi suatu regangan yang tertinggal atau regangan sisa sebesar 0B. Pada kondisi ini kapasitas daktilitasnya atau banyaknya regangan tetapnya berkurang menjadi sebesar BF. Pembebanan kembali memperlihatkan seperti perilaku tegangan–regangan semula, tetapi dengan permulaan pembebanan pada titik B, sehingga daerah plastis yang mendahului pengerasan

regangan tersebut juga menjadi berkurang. Apabila batang baja diberikan pembebanan kembali yang dimulai dari titik B sampai pada titik C, pada saat pembebanan dilepaskan, maka kurva yang terjadi adalah titik CD. Titik C adalah menunjukkan suatu titik leleh sebagai akibat pengaruh pengerasan regangan (*strain hardening*), dengan tegangan yang lebih besar dari tegangan semula, dengan kata lain titik C dapat dikatakan sebagai peningkatan titik leleh akibat pengerasan regangan. Pada kondisi ini kapasitas daktilitasnya kembali berkurang tinggal sebesar DF. Dengan perilaku pembebanan berulang yang terjadi diluar daerah elastis akan dapat mengurangi tingkat daktilitas dari batang baja tulangan.

TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dalam penelitian ini adalah melakukan suatu pengujian kekuatan leleh

maupun kekuatan tarik terhadap salah satu bahan bangunan yaitu jenis baja ringan (*Cold Formed*) khususnya tipe hollow serta melakukan pengujian kekuatan lentur terhadap elemen struktur beton bertulang dengan digunakannya baja ringan khususnya tipe hollow sebagai baja tulangan pada elemen struktur beton bertulang.

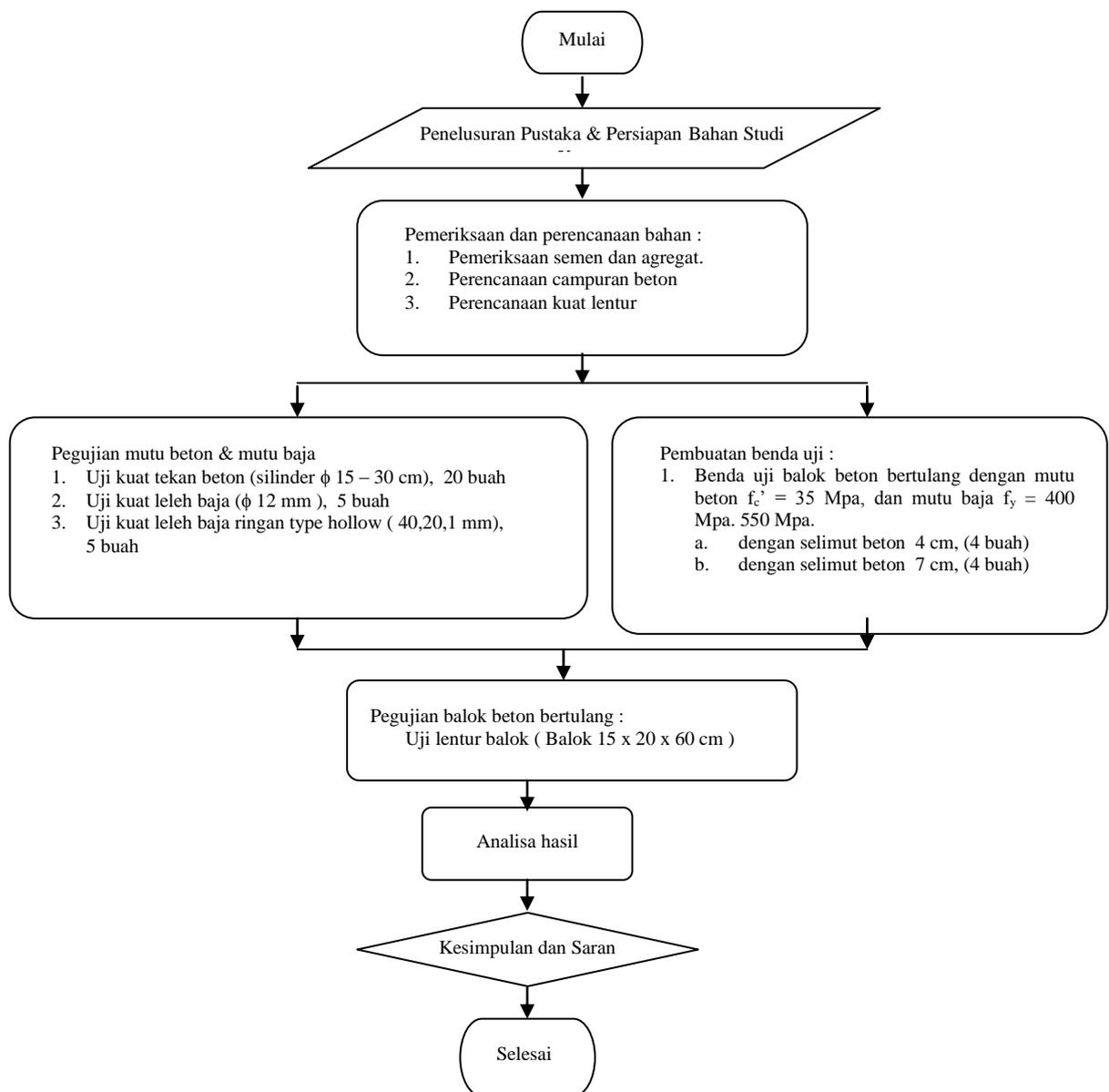
Manfaat dalam penelitian ini adalah dapat memberikan informasi alternatif penggunaan baja ringan khususnya tipe hollow sebagai baja tulangan pada elemen struktur beton bertulang yang lebih ramah lingkungan dan mempunyai kekuatan lentur.

Manfaat lain dalam penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam dunia pendidikan dan praktisi yang berkecimpung dalam dunia konstruksi berupa penggunaan alternatif bahan baja ringan (*Cold Formed*) khususnya tipe hollow sebagai baja tulangan pada elemen struktur beton bertulang dalam menahan beban lentur.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Secara umum tahapan penelitian dapat dijelaskan dalam diagram alir sebagai berikut:



Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Benda uji silinder beton diameter 15 cm, panjang 30 cm sebanyak 20 buah.
2. Benda uji balok beton bertulang dengan dimensi 15 x 20 x 60 cm sebanyak 4 buah untuk masing-masing ketebalan penutup beton (*deking*) 4 cm dan 7 cm, dengan menggunakan diameter tulangan tarik sebesar 12 mm sebanyak 2 buah dan diameter sengkang 6 mm dengan jarak 6 cm.
3. Benda uji balok beton bertulang dengan dimensi 15 x 20 x 60 cm sebanyak 4 buah untuk masing-masing ketebalan penutup beton (*deking*) 4 cm dan 7 cm, dengan menggunakan tulangan tarik baja ringan tipe hollow 40,20,1 mm sebanyak 2 buah dan sengkang diameter 6 mm dengan jarak 7,5 cm.
4. Cetakan beton (*begisting*)
5. Mesin pengujian kuat tarik baja tulangan (*Universal Testing Machine*)
6. Mesin Pengujian kuat tekan silinder beton (*Universal Testing Machine*)
7. Mesin pengujian kuat lentur (*Universal Testing Machine*) dengan metode pembebanan 2 titik

Perencanaan dan Analisa Bahan

Perencanaan awal kuat lentur balok beton bertulang

Perencanaan kuat lentur digunakan baja tulangan yang direncanakan dengan perencanaan tulangan tunggal dengan kondisi *undereinforced*. Data-data yang digunakan dalam perencanaan tulangan sbb :

f_c'	= 35 Mpa
f_y	= 400 Mpa ; 550 Mpa
b	= 150 mm
h	= 200 mm
l	= 600 mm
deking	= 40 mm dan 70 mm
tul longitudinal	= 2 - ϕ 12 mm ; 2 - 40,20,1 mm
tul geser	= ϕ 6 mm – 60 mm
pembebanan	= 2 titik pembebanan

Penyelidikan bahan semen dan agregat

Penyelidikan atau pemeriksaan bahan pembentuk beton yaitu bahan semen dan agregat bertujuan untuk mengetahui kondisi masing-masing bahan sehingga dapat dipergunakan dalam merencanakan campuran adukan beton yang sesuai dengan kuat tekan beton yang diharapkan. Bahan semen menggunakan semen gresik tipe I, bahan agregat kasar berupa batu pecah dan agregat halus alami dari Mojokerto.

Perencanaan campuran adukan beton

Campuran adukan beton direncanakan dengan menggunakan metode SNI (Standart Nasional Indonesia), yang direncanakan mempunyai kuat tekan beton 35 Mpa pada umur 28 hari dengan bagian cacat 5 %.

Pengujian bahan dan koreksi perencanaan kuat lentur

Pengujian kuat tekan beton f_c'

Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap *sample* benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sebanyak 4 buah untuk masing-masing umur 3, 7, 14, 21, 28 hari. Dari hasil pengujian ini akan didapatkan nilai kuat tekan beton f_c' untuk benda uji balok beton bertulang dan digunakan sebagai perencanaan kuat lentur yang dicapai oleh benda uji balok beton bertulang.

Pengujian kuat leleh baja tulangan f_y

Pengujian dilakukan terhadap *sample* benda uji baja tulangan produksi master steel yang mempunyai kuat leleh spesifikasi 400 Mpa dengan diameter 12 mm sebanyak 5 buah, baja ringan tipe hollow produksi *smart truss* yang mempunyai kuat leleh 550 Mpa dengan ukuran 40, 20, 1 mm sebanyak 5 buah. Pengujian kuat leleh baja tulangan dilakukan dengan menarik benda uji baja tulangan hingga putus, yang nantinya dapat diketahui nilai kuat leleh dan kuat tarik baja tulangan serta grafik tegangan-regangan dari baja tulangan. Dari hasil pengujian kuat leleh dan kuat tarik aktual ini nantinya digunakan sebagai perencanaan kuat lentur yang dicapai oleh benda uji balok beton bertulang.

Koreksi perencanaan kuat lentur

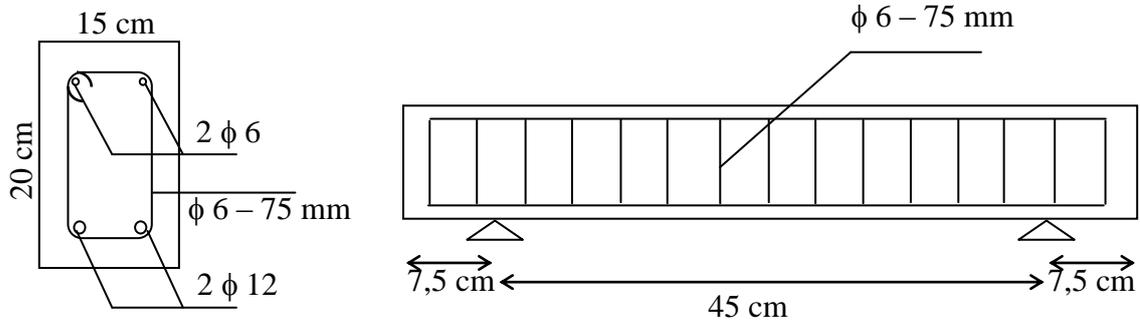
Setelah diketahui nilai kuat tekan beton yang dicapai dan nilai kuat leleh aktual baja yang terjadi, maka dilakukan koreksi perencanaan kuat lentur untuk balok beton

bertulang guna mengetahui besarnya beban lentur rencana dan kuat lentur rencana.

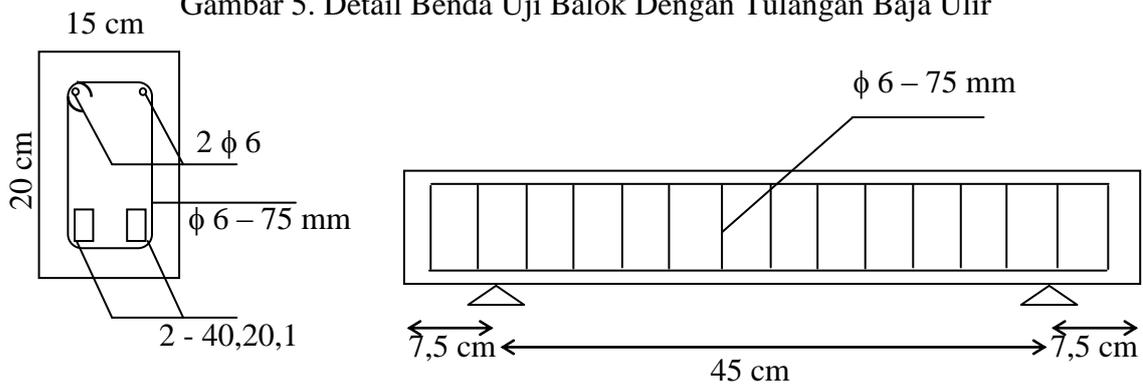
Pembuatan benda uji

Detail penampang balok beton bertulang

Detail Jenis Pengujian



Gambar 5. Detail Benda Uji Balok Dengan Tulangan Baja Ulir



Gambar 6. Detail Benda Uji Balok Dengan Tulangan Baja Ringan

Pembebanan dilaksanakan dengan pemberian beban langsung dengan dua titik terpusat dari tengah bentang. Alat yang digunakan adalah Universal Testing Machine (UTM) dengan kapasitas 100 ton, dengan kecepatan pembebanan antara 862 sampai 1207 kPa/menit, sesuai standart ASTM C 78.

Kekuatan lentur balok dapat diketahui dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

dimana :

- σ : Kuat lentur balok (Mpa)
- P : Beban maximum yang ditunjukkan oleh mesin uji (ton)

L : Panjang bentang Pengujian antara dua titik perletakan (mm)

b : Lebar balok (mm)

h : Tinggi balok (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan disajikan beberapa hasil dari pengujian-pengujian yang telah dilakukan terhadap material beton dan baja tulangan maupun elemen balok beton bertulang, berikut analisa dan pembahasannya.

Hasil Pemeriksaan Material Beton (Semen dan Agregat)

Semua material pembentuk beton, yaitu semen, agregat halus dan agregat kasar sebelum dipergunakan dalam pembuatan beton dilakukan pemeriksaan kondisi

material di Laboratorium. Adapun setelah dilakukan pemeriksaan terhadap material

pembentuk beton, maka beberapa hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Material Beton

No.	Jenis Pemeriksaan bahan	Nilai yang dihasilkan
1	Berat Jenis Semen	3.15 gr/cm ³
2	Berat volume Semen	
	Tanpa rojokan / lepas	1.16 gr/cm ³
	Dengan rojokan	1.28 gr/cm ³
3	Berat Volume Agregat Halus	
	Tanpa rojokan / lepas	1.55 gr/cm ³
	Dengan rojokan	1.63 gr/cm ³
4	Berat Jenis Agregat Halus	
	Basah / asli	2.79 gr/cm ³
	Kering Permukaan / SSD	2.55 gr/cm ³
	Kering Oven	2.32 gr/cm ³
5	Penyerapan Air Agregat Halus	4.30%
6	Kadar Air Agregat Halus	
	Kering Permukaan / SSD	5.20%
7	Kadar Lumpur Agregat Halus	3.50%
8	Kadar organik agregat halus	Warna coklat muda
9	Gradasi Agregat Halus	Grade Zone 2
10	Berat Volume Agregat Kasar	
	Tanpa rojokan / lepas	1.65 gr/cm ³
	Dengan rojokan	1.75 gr/cm ³
11	Berat Jenis Agregat Kasar	
	Basah / asli	2.7 gr/cm ³
	Kering Permukaan / SSD	2.67 gr/cm ³
	Kering Oven	2.61 gr/cm ³
12	Penyerapan Air Agregat Kasar	1.50%
13	Kadar Air Agregat Kasar	
	Kering Permukaan / SSD	1.20%
14	Kadar Lumpur Agregat Kasar	0.95%
15	Gradasi Agregat Kasar	3/16 in s/d 1 1/2 in

Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran adukan beton dengan menggunakan metode SNI. Dalam perencanaan campuran ini berdasarkan dari

hasil pemeriksaan material dan diharapkan dapat menghasilkan mutu beton yang diharapkan yaitu mutu 35 MPa. Prosedur perencanaan campuran beton dapat ditabelkan sbb :

Tabel 2. Rancangan Adukan Beton

DAFTAR ISIAN (FORMULIR) PERENCANAAN CAMPURAN BETON
"STANDART NASIONAL INDONESIA"

No.	U R A I A N	TABEL/GRAFIK/ PERHITUNGAN	NILAI
1	Kuat tekan yang disyaratkan	Ditetapkan pada umur 28 hari dengan bagian cacat 5 %	35 Mpa
			357 Kg/cm ²
2	Deviasi Standart	Diketahui atau tabel 2.1	5.882352941 Mpa
			60 Kg/cm ²
3	Nilai Tambah (margin)	$k = 1,64 \times Sr$	9.647058824 Mpa
			98.4 Kg/cm ²
4	Kekuatan rata - rata yang direncanakan	1 + 3	44.64705882 Mpa
			455.4 Kg/cm ²
5	Jenis semen	Ditetapkan	Semen Type I Normal
			S550
6	Jenis agregat kasar		Batu Pecah
	Jenis agregat halus		Alami
7	Faktor air semen bebas	Tabel 2.2 dan grafik 2.1	0.44
8	Faktor air semen maximum	Ditetapkan atau PBI atau tabel 2.3	0.52
9	Slump	Ditetapkan atau PBI	80 Mm
10	Ukuran agregat maximum	Ditetapkan atau PBI	30 Mm
11	Kadar air bebas	Tabel 2.4	184.9 liter/m ³
12	Jumlah semen	11 : 7 atau 11 : 8	420.2272727 kg/m ³
13	Jumlah semen maximum	Ditetapkan	420.2272727 kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan atau PBI atau tabel 2.3	325 kg/m ³
15	Faktor air yang disesuaikan		0.44
16	Susunan besar butir agregat halus		Zone 2
17	Prosentase bahan lebih halus dari 4,8 mm	Grafik 2.6 s/d 2.8	35 %
			0.35
18	Berat jenis riil agregat (kering permukaan)		2.6
19	Berat Jenis Beaten	Grafik 2.9	2370 kg/m ³
20	Kadar agregat Gabungan	19 - 11 - 12	1764.873 kg/m ³
21	Kadar agregat halus	17 x 20	617.705 kg/m ³
22	Kadar agregat kasar	20 - 21	1147.167 kg/m ³
Kesimpulan kebutuhan campuran per m ³ beton (agregat kondisi SSD)			
	Semen		420.227 kg
	Air		184.9 ltr
	Agregat halus (pasir)		617.705 kg
	Agregat kasar (batu pecah)		1147.167 kg

Hasil Pengujian Kuat tekan Beton

Nilai kuat tekan beton yang digunakan dalam perhitungan kekuatan lentur suatu elemen beton adalah hasil pengujian kuat

tekan beton silinder hingga pada umur 28 hari. Maka, hasil pengujian kuat tekan beton silinder dapat ditabelkan sbb :

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan beton silinder berbagai umur

No	Umur	berat	Luas	beban tekan	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-rata
	Hari	Kg	cm ²	kg	kg/cm ²	kg/cm ²
1	3	13.5	176.62	25000	141.55	142.40
2	3	14.1	176.62	24000	135.88	
3	3	13.6	176.62	24600	139.28	
4	3	13.6	176.62	27000	152.87	
5	7	14.1	176.62	40000	226.47	232.14
6	7	14.3	176.62	41500	234.97	
7	7	13.9	176.62	42000	237.80	
8	7	13.8	176.62	40500	229.31	
9	14	14.2	176.62	55000	311.40	309.99
10	14	13.9	176.62	54000	305.74	
11	14	14.4	176.62	55500	314.23	
12	14	13.6	176.62	54500	308.57	
13	21	14.4	176.62	58000	328.39	333.34
14	21	13.6	176.62	59000	334.05	
15	21	13.9	176.62	59200	335.18	
16	21	14.3	176.62	59300	335.75	
17	28	13.6	176.62	61000	345.37	351.18
18	28	14	176.62	62000	351.04	
19	28	13.9	176.62	62500	353.87	
20	28	14.1	176.62	62600	354.43	

Dari hasil pengujian kuat tekan silinder beton dari berbagai umur, menunjukkan nilai kekuatan tekan yang dihasilkan memenuhi dengan kuat rencana beton sebesar 350 kg/cm² (35 MPa). Sebagai dasar perhitungan kekuatan lentur elemen beton bertulang menggunakan hasil pengujian kuat tekan beton silinder, yaitu sebesar 351 kg/cm².

Hasil pengujian beban lentur dan kuat lentur Balok

Data hasil pengujian beban lentur dan kuat lentur balok disampaikan dalam bentuk tabel berikut ini. :

Balok dengan deking 40 mm :

Tabel 4. Hasil pengujian kuat leleh dan kuat tarik Tulangan Baja ulir

Kuat leleh spec. (f_y)	No.	Diameter (ϕ)	Luas (A)	Panjang Pengukuran	Beban leleh	Beban tarik	Kuat leleh aktual		Kuat tarik aktual		elongasi		Regangan max cm/cm	kuat leleh rata- rata	kuat tarik rata- rata	Elongasi rata-rata		Regangan max rata- rata cm/cm
		mm	mm ²	cm	Ton	Ton	Ton/mm ²	N/mm ²	Ton/mm ²	N/mm ²	cm	%		N/mm ²	N/mm ²	cm	%	
400	1	12	113.04	10	7.00	8.78	0.062	607.108	0.078	761.486	2.3	23	0.23	613.35	758.01	2.34	23.40	0.29
	2	12	113.04	10	7.14	8.76	0.063	619.250	0.077	759.752	2.3	23	0.23					
	3	12	113.04	10	7.14	8.76	0.063	619.250	0.077	759.752	2.4	24	0.24					
	4	12	113.04	10	7.08	8.70	0.063	614.046	0.077	754.548	2.4	24	0.24					
	5	12	113.04	10	7.00	8.70	0.062	607.108	0.077	754.548	2.3	23	0.23					

Tabel 5. Hasil pengujian kuat leleh dan kuat tarik Tulangan Baja Ringan

Kuat leleh spec. (f_y)	No.	Ukuran	Luas (A)	Panjang Pengukuran	Beban leleh	Beban tarik	Kuat leleh aktual		Kuat tarik aktual		elongasi		Regangan max cm/cm	kuat leleh rata-rata	kuat tarik rata-rata	Elongasi rata-rata		Regangan max rata- rata mm ²
		mm	mm ²	cm	Ton	Ton	Ton/mm ²	N/mm ²	Ton/mm ²	N/mm ²	cm	%		N/mm ²	N/mm ²	cm	%	
550	1	40x20x0,5	116.00	10	7.60	9.72	0.066	642.326	0.084	821.501	1.2	12.00	0.1200	641.9033	813.8945	1.28	12.75	0.1275
	2	40x20x0,5	116.00	10	7.60	9.74	0.066	642.326	0.084	823.191	1.3	13.00	0.1300					
	3	40x20x0,5	116.00	10	7.58	9.80	0.065	640.636	0.084	828.262	1.3	13.00	0.1300					
	4	40x20x0,5	116.00	10	7.60	9.26	0.066	642.326	0.080	782.623	1.3	13.00	0.1300					
	5	40x20x0,5	116.00	10	7.60	9.70	0.066	642.326	0.084	819.811	1.3	13.00	0.1300					

Tabel 6. Hasil Pengujian Lentur Dan Lendutan Balok Dengan Tulangan Baja Ulir (Balok 01)

Kondisi	Teoritis		Pengujian		
	P (Ton)	M (Ton M)	P (Ton)	M (Ton M)	Δ (mm)
Retak	3,2	0,24	5,2	0,39	0,6
Maximal	6,4	0,48	8,2	0,615	8,8

Tabel 7. Hasil Pengujian Lentur Dan Lendutan Balok Dengan Tulangan Baja Ulir (Balok 02)

Kondisi	Teoritis		Pengujian		
	P (Ton)	M (Ton M)	P (Ton)	M (Ton M)	Δ (mm)
Retak	3.2	0.24	5.8	0.435	0.9
Maximal	6.4	0.48	9.2	0.69	9.7

Tabel 8. Hasil pengujian lentur dan lendutan balok dengan tulangan baja ringan (Balok 01)

Kondisi	Teoritis		Pengujian		
	P (Ton)	M (Ton M)	P (Ton)	M (Ton M)	Δ (mm)
Retak	4.1	0.3075	7	0.525	0.8
Maximal	9.2	0.69	11.5	0.8625	8

Tabel 9. Hasil Pengujian Lentur Dan Lendutan Balok Dengan Tulangan Baja Ringan (Balok 02)

Kondisi	Teoritis		Pengujian		
	P (Ton)	M (Ton M)	P (Ton)	M (Ton M)	Δ (mm)
Retak	4,1	0,3075	5,2	0,39	0,8
Maximal	9,2	0,69	10	0,75	9

Untuk Balok dengan deking 70 mm :

Tabel 10. Hasil pengujian lentur dan lendutan balok dengan tulangan baja ulir (Balok 01)

Kondisi	Teoritis		Pengujian		
	P (Ton)	M (Ton M)	P (Ton)	M (Ton M)	Δ (mm)
Retak	1.4	0.105	2.1	0.1575	0.9
Maximal	2.9	0.2175	4.1	0.3075	10

Tabel 11. Hasil Pengujian Lentur Dan Lendutan Balok Dengan Tulangan Baja Ulir (Balok 02)

Kondisi	Teoritis		Pengujian		
	P (Ton)	M (Ton M)	P (Ton)	M (Ton M)	Δ (mm)
Retak	1.4	0.105	2.3	0.1725	1.1
Maximal	2.9	0.2175	4.2	0.315	11.2

Tabel 12. Hasil Pengujian Lentur Dan Lendutan Balok Dengan Tulangan Baja Ringan (Balok 01)

Kondisi	Teoritis		Pengujian		
	P (Ton)	M (Ton M)	P (Ton)	M (Ton M)	Δ (mm)
Retak	4.49	0.33675	5.5	0.4125	0.8
Maximal	13.4	1.005	14.9	1.1175	9.2

Tabel 13. Hasil Pengujian Lentur Dan Lendutan Balok Dengan Tulangan Baja Ringan (Balok 02)

Kondisi	Teoritis		Pengujian		
	P (Ton)	M (Ton M)	P (Ton)	M (Ton M)	Δ (mm)
Retak	4.49	0.34	5.8	0.435	0.9
Maximal	13.4	1.1	15.2	1.14	9.7

Rata-rata hasil pengujian lentur dan lendutan dari balok dapat di tabelkan sebagai berikut :

Tabel 14. Rerata Hasil Pengujian Lentur Dan Lendutan Balok Dengan Tulangan Baja Ulir Untuk Deking 40 mm

Kondisi	Teoritis		Pengujian		
	P (Ton)	M (Ton M)	P (Ton)	M (Ton M)	Δ (mm)
Retak	3.2	0.24	5.5	0.4125	0.65
Maximal	6.4	0.48	8.7	0.6525	8.9

Tabel 15. Rerata Hasil Pengujian Lentur Dan Lendutan Balok Dengan Tulangan Baja Ringan Untuk Deking 40 mm

Kondisi	Teoritis		Pengujian		
	P (Ton)	M (Ton M)	P (Ton)	M (Ton M)	Δ (mm)
Retak	4.1	0.31	6.1	0.4575	0.8
Maximal	9.2	0.7	10.72	0.804	8.5

Tabel 16. Rerata Hasil Pengujian Lentur Dan Lendutan Balok Dengan Tulangan Baja Ulir Untuk Deking 70 mm

Kondisi	Teoritis		Pengujian		
	P (Ton)	M (Ton M)	P (Ton)	M (Ton M)	Δ (mm)
Retak	1.4	0.11	2.2	0.165	1
Maximal	2.9	0.22	4.15	0.31125	10.6

Tabel 17. Rerata Hasil Pengujian Lentur Dan Lendutan Balok Dengan Tulangan Baja Ringan Untuk Deking 70 mm

Kondisi	Teoritis		Pengujian		
	P (Ton)	M (Ton M)	P (Ton)	M (Ton M)	Δ (mm)
Retak	4.49	0.34	5.65	0.42375	0.85
Maximal	13.4	1.1	15.05	1.12875	9.45

Pada pengujian kuat leleh dan kuat tarik baja, pembebanan dilakukan dengan penarikan baja hingga putus. Pada Tabel 4 dan 5 menunjukkan kuat leleh aktual menghasilkan nilai yang lebih tinggi dari kuat leleh spesifikasinya. Untuk baja tulangan diameter 12 mm menghasilkan nilai kuat leleh aktual 1,53 kali lebih tinggi dari kuat leleh spesifikasinya, sedangkan untuk tulangan baja ringan menghasilkan nilai kuat leleh aktual 1,17 kali lebih tinggi dari kuat leleh spesifikasinya.

Hasil kuat tarik aktual yang terjadi untuk tulangan diameter 12 mm memberikan nilai sebesar 1,23 kali dari kuat leleh aktual, sedangkan untuk tulangan baja ringan mempunyai nilai kuat tarik aktual 1,27 kali dari nilai kuat leleh aktual.

Dari hasil pengujian kuat leleh dan kuat tarik untuk dua jenis tulangan baja menunjukkan tulangan baja ringan memberikan nilai kuat leleh dan kuat tarik

yang lebih besar dari tulangan baja diameter 12 mm sebesar 7,37 % untuk kuat tarik dan sebesar 4,65 % untuk kuat leleh.

Pada pengujian lentur balok, pembebanan pada balok beton diberikan secara bertahap sebesar 200 Kg (2 kN) hingga mencapai pembebanan maksimum dimana ditunjukkan dengan tidak bertambahnya dial penunjuk beban. Pada Tabel 14-16 terlihat bahwa balok untuk deking 40 mm dengan tulangan baja ringan terhadap balok dengan tulangan baja ulir diameter 12 mm mempunyai nilai kuat lentur lebih besar 23,2 %, sementara itu untuk selimut beton 70 mm pada penggunaan baja ulir mengalami penurunan kuat lentur sebesar 52,3 % dibanding jika menggunakan deking/selimut beton 40 mm. Pada penggunaan tulangan baja ringan dengan selimut beton 70 mm mengalami kenaikan kekuatan lentur sebesar 40 % dibandingkan dengan selimut beton 40 mm.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah :

1. Hasil dari pengujian kuat tekan beton silinder menunjukkan memberikan hasil yang mendekati nilai kekuatan tekan beton yang direncanakan yaitu sebesar 35 MPa.
2. Dalam perhitungan secara teoritis kekuatan lentur elemen balok bertulang yang menggunakan tulangan baja ringan mempunyai kekuatan lebih besar 20,3 % dari kekuatan lentur beton bertulang yang menggunakan baja tulangan diameter 12 mm.
3. Penggunaan tulangan baja ringan khususnya tipe hollow memberikan nilai kuat lentur lebih besar 23,2 % dibandingkan penggunaan tulangan baja ulir pada balok beton bertulang
4. Pengaruh penggunaan deking/selimut beton 40 mm dan 70 mm, menunjukkan penggunaan deking 70 mm mengalami penurunan kekuatan lentur sebesar 52,3 % untuk penulangan dengan baja ulir, sedangkan pada penggunaan tulangan baja ringan, terjadi kenaikan kekuatan lentur sebesar 40 % jika menggunakan deking/selimut beton 70 mm dibandingkan penggunaan selimut beton 40 mm.

Saran dalam penelitian ini :

1. Dalam rangka perkembangan teknologi konstruksi yang terus berkembang dan dituntut untuk penggunaan bahan yang ringan tetapi mempunyai kekuatan yang tinggi serta bahan yang ramah lingkungan, maka dengan hasil penelitian ini nantinya dapat digunakan sebagai penelitian lebih lanjut, terutama

penggunaan baja ringan dengan tipe yang lain sebagai bagian dari konstruksi beton bertulang.

2. Dengan dasar hasil penelitian ini, dapat ditingkatkan penelitian pada elemen struktur beton bertulang yang lain yaitu kolom dalam kekuatannya untuk menerima gaya tekan.

DAFTAR PUSTAKA

- Wei-Wen Yu, Ph.D., P.E. 2000, *Cold-Formed Steel Design*, John Wiley & Sons, Inc.
- ASTM, 2003, *A 370-03a, Standard Test Methods and Definition for Mechanical Testing of steel Products*, USA.
- SNI-2847-2002, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, ITS press.
- American Iron and Steel Institute, 2002, *AISI Manual*, USA.
- Ferguson, Phill M, 2006, *Reinforced Concrete Fundamentals*, The University of Texas at Austin, John Wiley & Sons, Inc.
- Nawy Edward G, 2005, *Reinforced Concrete A Fundamental Approach*, Prentice hall Inc.
- R.Park and T. Paulay, 1975, *Reinforced Concrete Structures*, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, John Wiley & Sons, Inc.
- Paul Nugraha, Antoni, 2007, *Teknologi Beton*, Universitas Kristen Petra.
- Wira et al, 2005, *Struktur Baja Disain dan perilaku*, Bandung Erlangga.
- Roganda Parulian Sigalingging, 2009, *Analisa Baja Ringan Pada Balok Rumah Sederhana Tahan Gempa*.

Halaman ini sengaja dikosongkan.