

EVALUASI KEKUATAN BALOK BETON BERTULANG DENGAN BALOK KOMPOSIT BAJA MENGGUNAKAN FLOOR DECK

Sthefani Christina Xenalevina Sidara

Marthin. D. J. Sumajouw, Ronny Pandaleke

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: sthefanichxsidara@yahoo.com

ABSTRAK

Balok mempunyai karakteristik utama yaitu lentur. Dengan sifat tersebut, balok merupakan elemen bangunan yang dapat diandalkan untuk menangani gaya geser dan momen lentur. Pada konstruksi elemen balok pun dituntut untuk memiliki kekuatan yang besar, dengan desain penampang yang efisien, pelaksanaan konstruksi yang praktis dan biaya konstruksi yang ekonomis. Pemilihan penggunaan material konstruksi yang tepat pun diharuskan agar balok mampu untuk dapat menahan besarnya beban yang diberikan. Penggunaan material beton bertulang dan balok komposit baja banyak kita temui dilapangan. Pada konstruksi balok pun sering kita temukan penggunaan floor deck yang dipasangkan diatas balok baja, maupun dikaitkan pada balok beton bertulang untuk menahan struktur pelat lantai. Pada penelitian ini balok beton bertulang dan balok komposit baja baik yang dipasangkan floor deck ataupun tidak dipasangkan floor deck diberikan beban yang sama besar dan didesain memiliki kapasitas penampang yang sama atau tidak jauh berbeda. Sehingga hasil yang didapat yaitu dimensi penampang balok beton bertulang akan lebih besar dibandingkan balok komposit baja ditinjau dari tinggi dan lebar balok, menyebabkan inersia penampang balok beton bertulang semakin besar sehingga lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang semakin kecil, dibandingkan dengan balok komposit baja yang memiliki penampang yang lebih kecil. Namun pekerjaan elemen balok menggunakan material baja komposit lebih efisien dibandingkan dengan pekerjaan balok beton bertulang, ditinjau dari besarnya penampang yang dihasilkan, pekerjaan yang lebih praktis dengan biaya yang lebih ekonomis. Dan penggunaan floor deck tidaklah berpengaruh pada perhitungan kekuatan baja sehingga sering diabaikan, dan hanya berpengaruh pada lendutan yang terjadi akibat inersia penampang yang tereduksi akibat penggunaan floordeck.

Kata Kunci : Balok, Balok Beton Bertulang, Balok Komposit Baja, Floor Deck.

PENDAHULUAN

Latar belakang

Keberhasilan dari suatu bangunan dapat diukur dengan baiknya konstruksi bangunan tersebut dan kokohnya struktur dari bangunan tersebut. Struktur dalam suatu bangunan merupakan tiang pusat kekuatan bangunan. Dalam mendesain suatu konstruksi bangunan haruslah memenuhi syarat kuat, awet, indah, fungsional dan ekonomis. Saat ini perkembangan dunia teknologi semakin pesat dalam berbagai bidang, salah satunya adalah bahan konstruksi. Bahan konstruksi merupakan komponen utama dalam membangun suatu struktur sehingga dapat terpenuhinya rancangan struktur yang sesuai. Pemilihan bahan konstruksi juga diperlukan untuk mendapatkan struktur yang kuat dan efisien. Ada beberapa material konstruksi bangunan yang sering digunakan pada kegiatan konstruksi yaitu diantaranya: kayu, beton, baja.

Balok mempunyai karakteristik utama yaitu lentur. Dengan sifat tersebut, balok merupakan elemen bangunan yang dapat diandalkan untuk menangani gaya geser dan momen lentur. Pada konstruksi elemen balok pun dituntut untuk memiliki kekuatan yang besar, dengan desain penampang yang efisien, dan biaya konstruksi yang ekonomis.

Pemilihan penggunaan material konstruksi yang tepat pun diharuskan agar balok mampu untuk dapat menahan besarnya beban yang diberikan. Penggunaan material beton bertulang dan balok komposit baja banyak kita temui dilapangan.

Material konstruksi beton bertulang adalah suatu kombinasi antara beton yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi dan baja tulangan yang bersedia menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Ada beberapa keuntungan penggunaan beton bertulang antara lain: memiliki kuat tekan yang relatif tinggi, ketahanan yang

tinggi terhadap air dan api, kokoh, tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi, memiliki usia layan yang sangat panjang, dapat dicetak dengan beragam bentuk, terdiri dari bahan-bahan lokal yang murah dan mudah didapat, dan tidak harus memiliki keahlian buruh yang tinggi untuk membangun konstruksi beton bertulang ini sendiri.

Namun penggunaan beton bertulang ini memiliki kekurangan yaitu, beton memiliki kuat tarik yang sangat rendah sehingga membutuhkan penggunaan tulangan tarik, memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap pada tempatnya sampai beton mengeras, rendahnya kekuatan per satuan berat dari beton sehingga mengakibatkan beton bertulang menjadi berat, juga rendahnya kekuatan per satuan volume mengakibatkan beton berukuran relatif besar, dan sifat beton bervariasi karena variasi proporsi campuran dan adukannya.

Sedangkan material konstruksi baja adalah penggunaan sebuah profil baja pada konstruksi bangunan. Ada beberapa keuntungan yang bisa didapat melalui penggunaan baja pada konstruksi bangunan, antara lain memiliki kekuatan yang tinggi, sifat homogenitas, elastisitas, daktilitas, awet, dan mudah dalam pemasangan dan pengerjaan. Adapun kekurangan dari baja itu sendiri yaitu baja membutuhkan pemeliharaan khusus agar mutunya tidak berkurang. Konstruksi baja yang berhubungan langsung dengan udara atau air harus dicat secara periodik. Baja akan mengalami penurunan mutu secara drastis bahkan kerusakan langsung karena temperatur tinggi. Misalnya saat terjadi kebakaran. Baja juga memiliki kelemahan tekuk yang merupakan fungsi dari kelangsingan suatu penampang.

Namun dalam pembangunan suatu bangunan, komponen konstruksi baja masih memerlukan komponen beton. Dalam kondisi ini baja akan dikaitkan pada pelat lantai beton dengan menggunakan penghubung geser (*shear connector*) sehingga menghasilkan sebuah balok yang berfungsi komposit secara penuh (balok komposit).

Pada perkembangan dibidang konstruksi ini pun, penggunaan floor deck pada pelat lantai sudah semakin sering terlihat. Floor Deck sendiri terbuat dari material baja ringan yang diberi lapisan seng atau biasa disebut *Galvanis*. Floor Deck ini sendiri membuat proses pengerjaan pada pelat lantai lebih mudah, karena

tidak lagi memerlukan pengerjaan bongkar pasang bekisting pada pengerjaan pelat hingga menghemat dari segi waktu dan biaya. Namun penggunaan floor deck ini sendiri biasanya dipasang pada elemen konstruksi pelat, sehingga pengaruhnya terhadap balok sering dipertanyakan.

Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang diatas mengenai penggunaan material pada balok seperti beton bertulang dan profil baja, maka akan di evaluasi kekuatan balok, besarnya penampang yang diperlukan, lendutan yang terjadi, hingga biaya yang diperlukan dari balok beton bertulang dan balok komposit baja jika diberikan beban yang sama besar dan didesain memiliki kapasitas penampang yang sama atau tidak jauh berbeda. Juga mengevaluasi pengaruh penggunaan floor deck terhadap balok.

Batasan Masalah

Agar masalah yang dibahas mengarah pada tujuan dan juga keterbatasan literatur serta untuk mempermudah analisa, maka perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut.

1. Hanya meninjau bagian balok anak struktur.
2. Panjang bentang balok 9 m.
3. Diberikan Beban yang sama besarnya pada balok beton bertulang dan balok komposit baja.
4. Desain Balok Beton Bertulang dan Balok Komposit Baja memiliki kapasitas yang sama atau tidak jauh berbeda.
5. Menggunakan baja BJ 37 dan Beton K-225
6. Menggunakan Floor Deck Union W-1000 BMT 1.00 mm
7. Floor Deck dipasang pada elemen pelat sruktur.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi balok beton bertulang dan balok komposit baja jika diberikan beban yang sama besarnya dan didesain memiliki kapasitas penampang yang sama atau tidak jauh berbeda, maka dapat diketahui dimensi penampang yang terjadi, kekuatan yang miliki, lendutan yang terjadi, dan harga dari balok beton bertulang dan balok komposit baja. Juga mengevaluasi pengaruh dari floor deck yang dipasang pada pelat terhadap balok.

Manfaat Penelitian

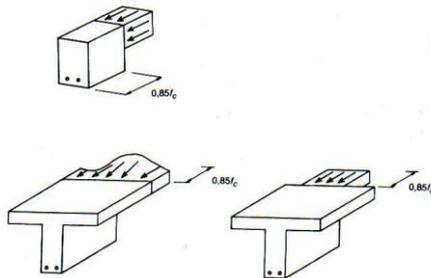
Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai:

1. Kekuatan Balok Beton Bertulang dan Balok Komposit jika diberikan beban yang sama dan desain kapasitas penampang yang sama atau tidak jauh berbeda
2. Besarnya dimensi balok jika memakai beton bertulang dan jika memakai baja komposit
3. Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dan balok komposit baja
4. Besarnya biaya yang akan dikeluarkan jika memakai balok beton bertulang dan jika memakai balok komposit baja
5. Kelebihan dan kekurangan penggunaan beton bertulang dan baja komposit pada balok.
6. Pengaruh pemasangan Floor Deck pada elemen pelat lantai terhadap balok pada balok, baik balok beton bertulang maupun balok komposit baja.

LANDASAN TEORI

Balok Beton Bertulang

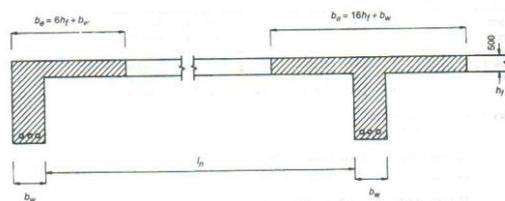
Pada balok segiempat, tegangan leleh didaerah tekan merata dalam arah melintang. Pada balok T dengan flens lebar dapat timbul tegangan tidak merata pada arah melintang karena terdapat deformasi geser pada arah tersebut (*shear leg*).



Gambar 1. Tegangan pada balok

Lebar Efektif

Pada perhitungan balok T besarnya lebar efektif balok beton bertulang dapat ditentukan sebagai berikut:



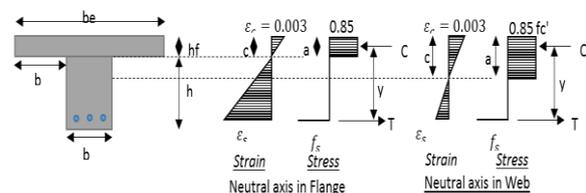
Gambar 2. Lebar efektif balok T

$$be = \frac{L}{4} \text{ atau } be = 16hf + bw$$

dimana: L = Panjang bentang balok
 be = lebar efektif balok
 hf = tinggi flens balok
 bw = lebar web balok

Untuk balok tunggal yang flensnya diperlukan hanya untuk menambah daerah tekan, tebal flens ini tidak boleh kurang dari 1/2 kali lebar badan balok, dan lebar efektif flens tidak lebih dari 4 kali lebar badan balok.

$$be \geq 4bw \text{ dan } hf \geq \frac{1}{2}bw$$



Gambar 3. Tegangan regangan balok T

Kuat Lentur Nominal

Keseimbangan gaya C=T

Hitung gaya T dimana, $T = As \times fy$

Perhitungan luasan beton yang menerima tekan (Ac) yang diberi tegangan sampai $0.85 \cdot fc'$

$$C = T = 0.85 \cdot fc' \cdot Ac$$

$$Ac = \frac{T}{0.85 \times fc'}$$

Letak titik berat daerah tekan beton Ac.

Perhitungan $Mn=T$ dikalikan dengan lengan momen dari titik berat tulangan ke titik berat Ac.

$$Mn = As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

dimana:

Mn = Momen Nominal

As = Luas Tulangan beton

Fy = Kuat tarik baja

d = jarak dari sisi terluar tekan beton hingga titik berta tulangan beton

a = tinggi blok tekan beton

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc' \times be}$$

Lendutan Pada Balok

Konstruksi beton harus dirancang sedemikian rupa sehingga memiliki kekakuan yang cukup, sehingga dapat menahan deformasi akibat beban yang besar tanpa menimbulkan

kerusakan pada elemen struktur maupun non struktur seperti dinding atau akan menimbulkan getaran yang membuat kepanikan. Lendutan secara umum merupakan fungsi dari momen inersia, beban, tinggi dan panjang elemen struktur. Pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2 mengatakan bila lendutan harus dihitung, maka lendutan yang terjadi seketika sesudah bekerjanya beban harus dihitung dengan metoda atau formula standar untuk lendutan elastis, dengan memperhitungkan pengaruh retak dan tulangan terhadap kekakuan komponen struktur.

Tabel 1. Tabel min balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung.

Komponen struktur	Lendutan maksimum, δ			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar				
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

CATATAN:
 Panjang bentang dalam mm.
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
 (b) Untuk f_r selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_r/700)$.

Bila nilai kekakuan tidak dihitung dengan cara analisis yang lebih mendetail dan teliti, maka besarnya lendutan seketika akibat pembebanan harus dihitung dengan menggunakan nilai modulus elastisitas beton E_c , sesuai dengan ketentuan pada 8.5.1 (untuk beton normal ataupun beton ringan) dan dengan momen inersia efektif, I_e , berikut, tapi tidak lebih besar dari I_g .(SNI SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.3)

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

dimana:

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

dan:

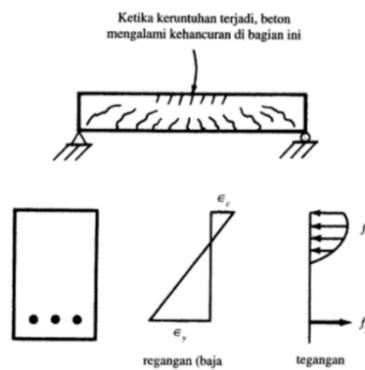
$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f'_c}$$

Tahap Keruntuhan Balok-Tegangan Ultimat

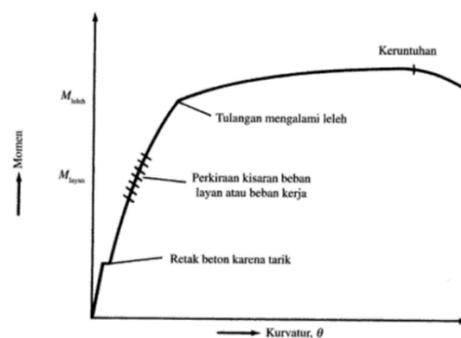
Ketika beban terus ditambah sampai tegangan tekannya lebih besar daripada setengah f'_c , retak tarik akan merambat lebih ke atas, demikian pula sumbu netral, sehingga tegangan beton tidak berbentuk garis lurus lagi. Untuk pembicaraan awal ini, kita asumsikan bahwa batang-batang tulangan leleh. Variasi tegangan yang terjadi adalah seperti yang diperlihatkan

gambar 2.4.5. Anda harus menghubungkan informasi yang diperlihatkan pada gambar ini dengan informasi dengan gambar 2.1.b. Tentang perubahan perbandingan tegangan terhadap regangan pada tingkat tegangan yang berbeda-beda.

Untuk menggambarkan lebih jauh tentang tiga tahap perilaku balok, sebuah diagram momen-kurvatur diperlihatkan pada gambar 2.4.6. Untuk diagram ini, θ adalah perubahan sudut balok dalam panjang tertentu yang besarnya dihitung dengan rumus berikut dimana ϵ adalah regangan pada serat balok yang berjarak y dari sumbu netral balok:



Gambar 4. Tahap Tegangan Ultimat



Gambar 5. Diagram Momen Kurvatur untuk balok beton bertulang yang mengalami tarik

Balok Komposit Baja Lebar Efektif

Konsep lebar efektif sangat berguna dalam proses desain suatu komponen struktur (komposit) terutama ketika proses desain harus dilakukan terhadap suatu elemen yang mengalami distribusi tegangan yang tidak seragam. Besarnya lebar efektif dari suatu komponen struktur komposit dapat ditentukan sebagai berikut :

1. Untuk balok-balok interior.

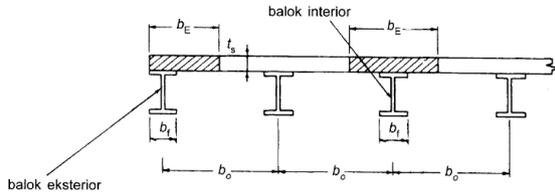
$$b_E \leq \frac{L}{4}$$

$$b_E \leq b_o$$

2. Untuk balok-balok eksterior .

$$b_E \leq \frac{L}{8}$$

$$b_E \leq \frac{1}{2} b_o$$



Gambar 6. Lebar efektif balok komposit

Kuat Lentur Nominal

Kuat lentur nominal dari suatu komponen struktur komposit (untuk momen positif menurut SNI 03-1729-2002 pasal 12.4.2.1 ditentukan sebagai berikut :

- a. Untuk $\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$

M_n kuat momen nominal yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang komposit

$$\phi_b = 0,85$$

- b. Untuk $\frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b_E}$

M_n kuat momen nominal yang dihitung berdasarkan superposisi tegangan-tegangan elastis yang memperhitungkan pengaruh tumpuan sementara (perancah)

$$\phi_b = 0,90$$

Kuat lentur nominal yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis, dapat dikategorikan menjadi dua kasus sebagai berikut:

1. Sumbu netral plastis jatuh pada pelat beton

Dengan mengacu pada gambar kuat lentur nominal, maka gaya tekan C adalah :

$$C = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_E$$

Gaya tarik T pada profil baja adalah sebesar :

$$T = As \cdot fy$$

Dari keseimbangan gaya $C = T$, maka diperoleh :

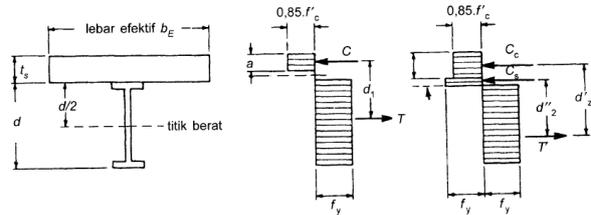
$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b_E}$$

Kuat lentur nominal dapat dihitung

$$M_n = C \cdot d_1$$

Atau

$$T \cdot d_1 = As \cdot fy \cdot \left(\frac{d}{2} + t_f - \frac{a}{2} \right)$$



Gambar 7. Kuat lentur nominal distribusi tegangan plastis

Jika dari hasil perhitungan

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b_E}$$

ternyata $a > t_s$, maka asumsi

harus diubah.

Hasil ini menyatakan bahwa pelat beton tidak cukup kuat untuk mengimbangi gaya tarik yang timbul pada profil baja.

2. Sumbu netral plastis jatuh pada profil baja.

Apabila kedalam balok tegangan, a, ternyata melebihi tebal pelat beton, maka distribusi tegangan dapat ditunjukkan seperti pada gambar. Gaya tekan, C_c , yang bekerja pada beton sebesar :

$$C_c = 0,85 \cdot f'c \cdot b_E \cdot t_s$$

Dari keseimbangan gaya, diperoleh hubungan:

$$T' = C_c + C_s$$

Besarnya T' sekarang lebih kecil daripada $As \cdot fy$, yaitu :

$$T' = As \cdot fy - C_s$$

Sehingga diperoleh

$$C_s = \frac{As \cdot fy - C_c}{2}$$

Atau dapat ditulis dalam bentuk :

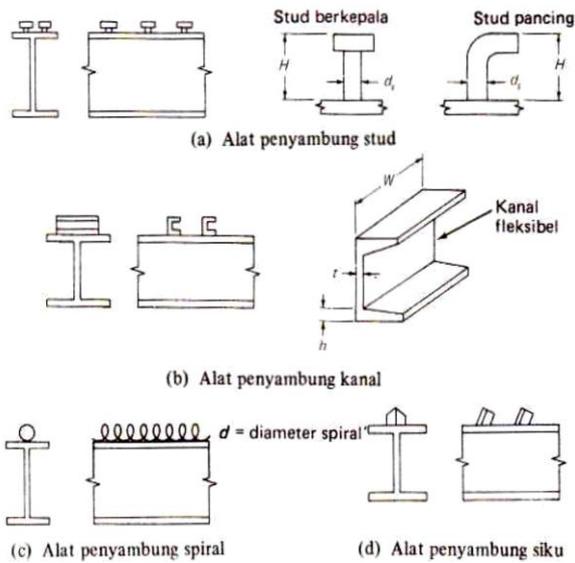
$$C_s = \frac{As \cdot fy - 0,85 \cdot f'c \cdot b_E \cdot t_s}{2}$$

Kuat lentur nominal diperoleh dengan rumus:

$$M_n = C_c \cdot d_2' + C_s \cdot d_2''$$

Penghubung Geser

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada masa layan. Adapun jenis-jenis alat penghubung geser yang biasa digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 8. Jenis-jenis alat penghubung geser

Pentingnya penghubung geser (*shear connector*) pada sistem balok komposit ini membuat perhitungan penghubung geser (*shear connector*) juga penting. Angkur Steel Headed Studed dapat dipakai sebagai penghubung geser (*shear connector*). Penghubung geser yang terlalu rapat akan menyebabkan keborosan dalam pemakaian bahan, sementara jumlah penghubung geser yang kurang akan menyebabkan balok tidak bekerja dengan aksi komposit secara penuh, namun hanya bekerja secara parsial.

Kekuatan geser nominal satu angkur steel headed stud yang ditanam pada suatu pelat beton solid atau pada suatu pelat komposit dengan dek harus ditentukan sebagai berikut menurut SNI 1729:2015 Pasal 2.a berdasarkan rumus:

$$Q_n = 0,5A_{sa}\sqrt{f'_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u$$

dengan:

- A_{sa} adalah luas penampang angkur steel headed stud, mm²
- E_c adalah Modulus Elastisitas Beton
- f_u adalah kekuatan Tarik minimum yang disyaratkan dari suatu angkur steel headed stud, MPa
- h_r adalah tinggi tusuk nominal, mm
- W_r adalah lebar rata-rata rusuk atau voute beton
- Q_n adalah kuat geser nominal untuk penghubung geser, N

Kondisi	R_g	R_p
Tanpa dek	1,0	1,0
Dek diorientasi paralel terhadap profil baja		
$\frac{W_r}{h_r} \geq 1,5$	1,0	0,75
$\frac{W_r}{h_r} < 1,5$	0,85**	0,75
Dek diorientasikan tegak lurus terhadap profil baja		
Jumlah dari angkur steel headed stud yang memiliki rusuk dek yang sama		
1	1,0	0,6*
2	0,85	0,6*
3 atau lebih	0,7	0,6*

Tabel 2. Tabel nilai R_g dan R_p

Penghubung Geser Tipe Headed Stud

Penghubung geser yang sering digunakan adalah tipe headed stud. Rentang diameter stud adalah 13 mm sampai 25 mm, dengan panjang (h) dari 65 mm sampai 100 mm, meskipun kadang-kadang digunakan stud yang lebih panjang. Beberapa peraturan, seperti British code, mensyaratkan kuat tarik ultimit stud tidak kurang dari 450 MPa dan elongasi tidak kurang dari 15%, keuntungan menggunakan penghubung geser tipe stud adalah pengelasan cepat, sedikit menghalangi penulangan dan kekuatan dan kekakuan yang sama terhadap pada segala arah.



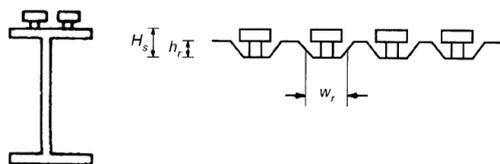
Gambar 9. Penghubung Geser Stud

Floor Deck/Dek Baja Bergelombang

Perkembangan struktur komposit dimulai dengan digunakannya dek baja bergelombang, yang selain berfungsi sebagai bekisting saat pelat beton dicetak, juga berfungsi sebagai tulangan positif bagi pelat beton. Penggunaan dek baja juga dapat dipertimbangkan sebagai dukungan dalam arah lateral dari balok sebelum beton mulai mengeras. Arah dari gelombang dek baja biasanya diletakkan tegak lurus balok penopangnya.

Persyaratan dek baja gelombang dan penghubung gesernya untuk digunakan dalam komponen struktur komposit diatur dalam SNI 03-1929-2002 pasal 12.4.5.1. Dalam pasal ini diisyaratkan:

1. Tinggi maksimum dek baja, $hr \leq 75$ mm
2. Lebar rata-rata minimum dari gelombang dek, $w_r > 50$ mm, lebar ini tidak boleh lebih besar dari lebar bersih minimum pada tepi atas dek baja
3. Tebal pelat minimum diukur dari tepi atas dek baja= 50mm
4. Diameter maksimum stud yang dipakai=20mm, dan di las langsung pada flens balok baja
5. Tinggi minimum stud diukur dari sisi dek baja paling atas=40mm



Gambar 10. Penampang Melintang Dek Baja Gelombang

Jika gelombang pada dek baja dipasang tegak lurus terhadap balok penopangnya, maka kuat nominal penghubung geser jenis paku harus direduksi dengan suatu factor, r_s yang besarnya sebagai berikut:

$$r_s = \frac{0.85}{\sqrt{N_r}} \left(\frac{W_r}{h_r} \right) \left[\frac{H_s}{hr} - 1, 0 \right]$$

dengan:

r_s = faktor reduksi

N_r = jumlah penghubung geser jenis paku pada setiap gelombang pada potongan melintang balok baja

H_s = tinggi penghubung geser jenis paku $\leq (hr+75\text{mm})$

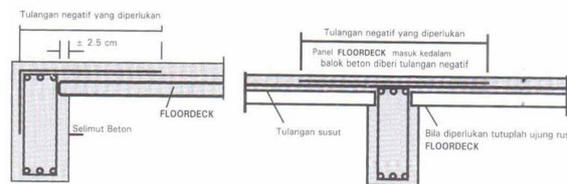
hr = tinggi nominal gelombang dek baja

w_r = lebar efektif gelombang dek baja

Jarak antar penghubung geser tersebut dalam arah longitudinal tidak boleh lebih dari 900mm



Gambar 11. Penampang Melintang Balok Baja yang terpasang Dek Baja Gelombang



Gambar 12. Penampang Melintang Balok Beton Bertulang yang terpasang Dek Baja Gelombang

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian

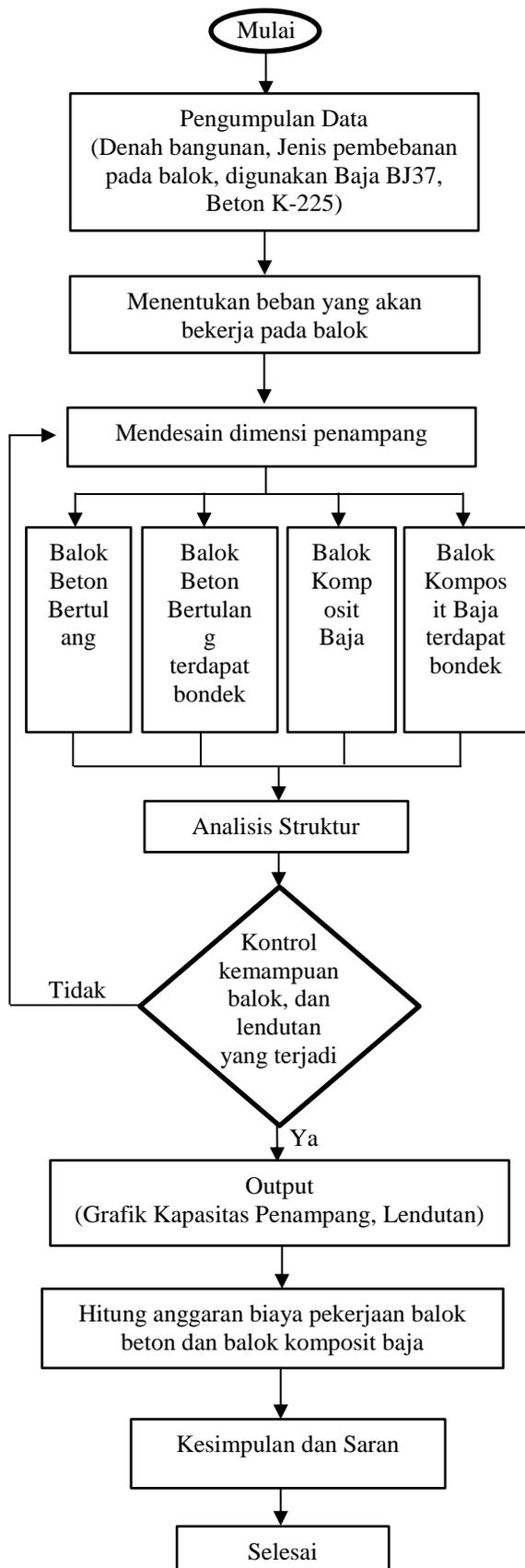
Metode yang digunakan dalam penyelesaian proposal ini adalah dengan cara analitis yang difokuskan untuk perhitungan kekuatan balok beton bertulang dan balok komposit baja, serta perhitungan lendutan yang terjadi akibat beban yang sama besarnya diberikan pada balok beton bertulang dan balok komposit baja dan didesain memiliki kapasitas penampang yang sama atau tidak jauh berbeda dan, serta biaya yang diperlukan untuk konstruksi tersebut, juga pengaruh dari floor deck terhadap balok beton bertulang dan balok komposit baja.

Analisis yang digunakan didasarkan pada Spesifikasi Untuk Gedung Baja Struktural menurut SNI 1729:2015, Perencanaan Struktural Baja dengan Metode LRFD, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung menurut SNI 2847:2013, dan Desain Beton Bertulang.

Metode penelitian ini dibagi didalam 3 tahapan yaitu:

1. Tahapan Input berupa penyediaan data pembebanan pada balok, penentuan jenis floor deck yang akan dipakai.
2. Tahapan input data dan perhitungan data manual menggunakan MS Excel.
3. Tahapan output yang berupa hasil desain dimensi penampang balok, perhitungan kekuatan balok, lendutan yang terjadi dan biaya yang diperlukan.

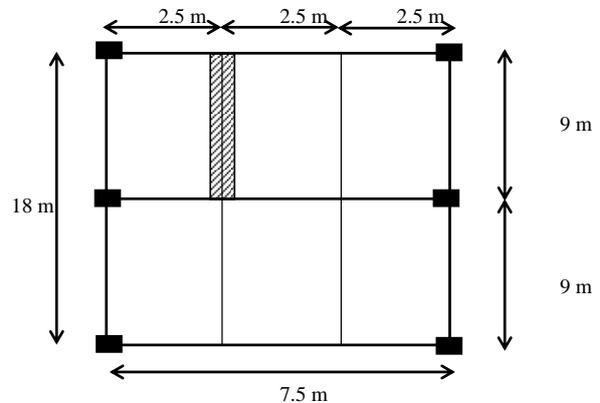
Diagram Alir Penelitian



Gambar 13. Diagram Alir Penelitian

ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini yang didapat dengan perhitungan yang dikerjakan pada MS Excel.



Gambar 14. Denah Bangunan

Pembebanan Balok Beton Bertulang dan Balok Komposit Baja dengan *Floor Deck* Digunakan *Floor Deck* dengan tipe UNION *Floor Deck* W-1000

dengan:

Wdek	= 9.89	kg/m
Tebal	= 1.00	mm
A	= 1225.13	mm ² /m
Ix	= 602999.87	mm ⁴ /m
fy	= 550	Mpa
Tinggi gelombang	= 50	mm

Pembebanan Balok Beton Bertulang

1. Beban Mati:

Pelat beton	= 288	kg/m ²
Mekanikal	= 20	kg/m ²
Plafon	= 28	kg/m ²
Partisi	= 100	kg/m ²
Total Beban Mati	= 436	kg/m ²

2. Beban Hidup:

Beban Hidup	= 287	kg/m ²
-------------	-------	-------------------

(untuk bangunan Perpustakaan, SNI 1727-2013 hal 26)

Pembebanan Balok Beton Bertulang dengan *Floor Deck*

1. Beban Mati:

Pelat beton	= 288	kg/m ²
Floor Deck	= 9.89	kg/m ²
Mekanikal	= 20	kg/m ²
Plafon	= 28	kg/m ²
Partisi	= 100	kg/m ²
Total Beban Mati	= 445.89	kg/m ²

2. Beban Hidup:
 Beban Hidup = 287 kg/m²
 (untuk bangunan Perpustakaan, SNI 1727-2013 hal 26)

Pembebanan Balok Komposit Baja

Beban Konstruksi:

1. Beban Mati:
 Pelat beton = 288 kg/m²
 Bekisting = 15 kg/m²
 Total Beban Mati = 303 kg/m²
2. Beban Hidup:
 Beban Hidup = 100 kg/m²

Beban Lantai:

1. Beban Mati:
 Pelat beton = 288 kg/m²
 Mekanikal = 20 kg/m²
 Plafon = 28 kg/m²
 Partisi = 100 kg/m²
 Total Beban Mati = 436 kg/m²
2. Beban Hidup:
 Beban Hidup = 287 kg/m²
 (untuk bangunan Perpustakaan, SNI 1727-2013 hal 26)

Pembebanan Balok Komposit Baja dengan Floor Deck

Beban Konstruksi:

1. Beban Mati:
 Pelat beton = 288 kg/m²
 Bekisting = 15 kg/m²
 Total Beban Mati = 303 kg/m²
2. Beban Hidup:
 Beban Hidup = 100 kg/m²

Beban Floor Deck

1. Beban Mati:
 Pelat beton = 288 kg/m²
 Mekanikal = 20 kg/m²
 Plafon = 28 kg/m²
 Partisi = 100 kg/m²
 Total Beban Mati = 436 kg/m²
2. Beban Hidup:
 Beban Hidup = 479 kg/m²
 (untuk bangunan Perpustakaan, SNI 1727-2013 hal 26)

Dari hasil perhitungan, desain dan analisis didapatlah dimensi penampang:

Tabel 3. Hasil Desain Dimensi Penampang

Balok Beton Bertulang		Balok Beton Bertulang dengan Floor Deck		Balok Komposit Baja		Balok Komposit Baja dengan Floor Deck	
b	h	b	h	b	h	b	h
24 cm	70 cm	24 cm	70 cm	17.5 cm	35 cm	17.5 cm	35 cm

Kapasitas Penampang selama konstruksi (sebelum beton mengeras)

Tabel 4. Kapasitas Penampang selama konstruksi

Balok	kNm
Beton Bertulang	0
Beton Bertulang dengan Bondek	0
Baja Komposit	201.840
Baja Komposit dengan Bondek	201.840

Kapasitas Penampang setelah konstruksi (setelah beton mengeras)

Tabel 5. Kapasitas Penampang setelah konstruksi

Balok	kNm
Beton Bertulang	416.560
Beton Bertulang dengan Bondek	416.560
Baja Komposit	405.491
Baja Komposit dengan Bondek	405.491

Lendutan Selama Konstruksi

Tabel 6. Lendutan selama konstruksi

Balok	Δ (mm)
Beton Bertulang	0
Beton Bertulang dengan Bondek	0
Baja Komposit	33.200
Baja Komposit dengan Bondek	32.799

Lendutan Jangka Pendek tanpa Beban Hidup

Tabel 7. Lendutan Jangka Pendek tanpa Beban Hidup

Balok	Δ (mm)
Beton Bertulang	2.599
Beton Bertulang dengan Bondek	3.344
Baja Komposit	27.606
Baja Komposit dengan Bondek	28.407

Lendutan Jangka Pendek dengan Beban Hidup

Tabel 8. Lendutan Jangka Pendek Beban Hidup

Balok	Δ (mm)
Beton Bertulang	5.400
Beton Bertulang dengan Bondek	5.805
Baja Komposit	34.267
Baja Komposit dengan Bondek	35.116

Lendutan Jangka Panjang tanpa Beban Hidup

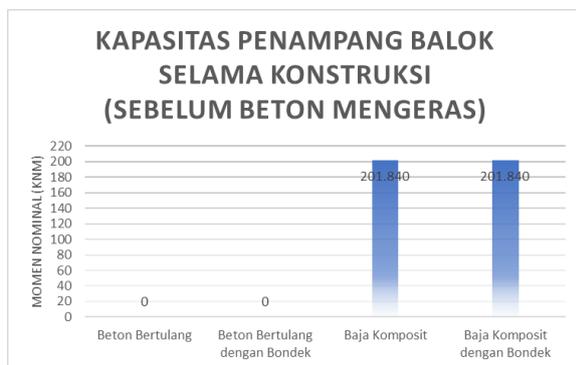
Tabel 9. Lendutan Jangka Panjang tanpa Beban Hidup

Balok	Δ (mm)
Beton Bertulang	5.199
Beton Bertulang dengan Bondek	6.688
Baja Komposit	28.127
Baja Komposit dengan Bondek	29.025

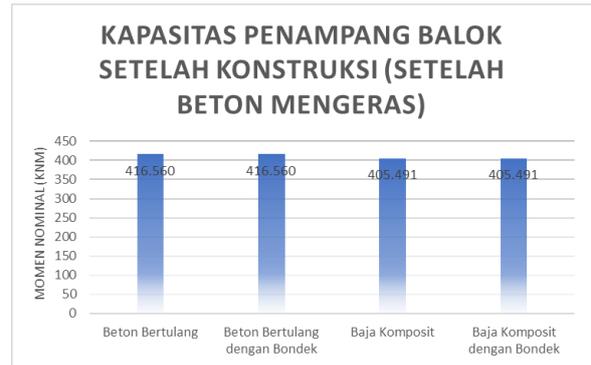
Lendutan Jangka Panjang dengan Beban Hidup

Tabel 10. Lendutan Jangka Panjang Beban Hidup

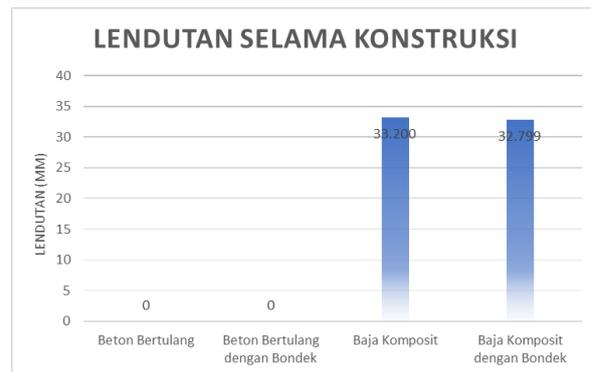
Balok	Δ (mm)
Beton Bertulang	8.630
Beton Bertulang dengan Bondek	9.968
Baja Komposit	34.789
Baja Komposit dengan Bondek	35.735



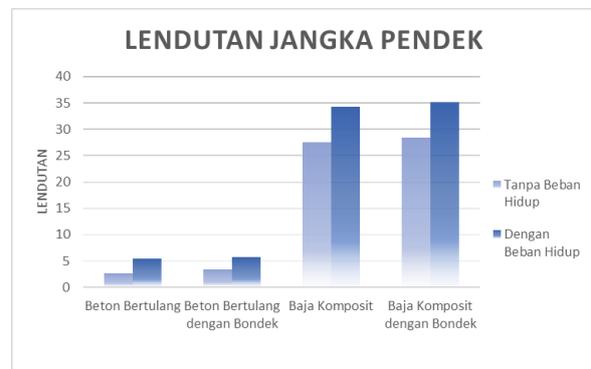
Gambar 15. Grafik Kapasitas Penampang selama konstruksi



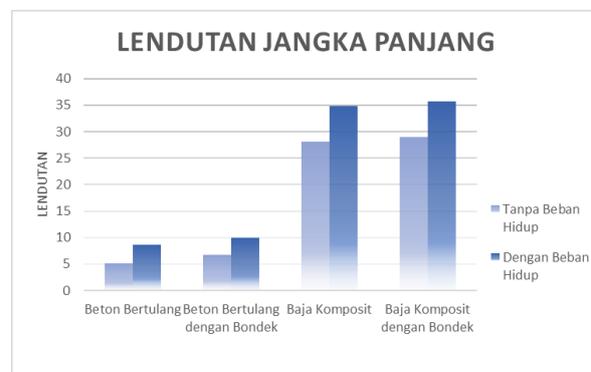
Gambar 16. Grafik Kapasitas Penampang setelah konstruksi



Gambar 17. Grafik Lendutan selama konstruksi



Gambar 18. Grafik Lendutan Jangka Pendek



Gambar 19. Lendutan Jangka Panjang Beban Hidup

Harga Balok Beton dan Balok Baja

Tabel 11. Harga Balok Beton dan Balok Baja

Item Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan	Jumlah Harga
Menggunakan Balok Beton K-225				
Cor Beton	1.764 m ³		Rp962,390	Rp1,697,656
Pembesian	85.32 kg		Rp12,575	Rp1,072,899
Pemasangan Bekisting Balok	15.12 m ²		Rp214,900	Rp3,249,288
Bongkar Bekisting Balok	15.12 m ²		Rp115,200	Rp1,741,824
Total				Rp7,761,667
Menggunakan Balok Baja				
Balok WF 350x175	330.000 kg		Rp23,140.00	Rp7,636,200.00

Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton K 225/m3

Material

Portland Cement	7.420 sak	@ Rp65,000	Rp482,300
Pasir Beton	0.499 m ³	@ Rp210,000	Rp104,790
Kerikil	0.776 m ³	@ Rp205,000	Rp159,080
Air	215 liter	@ Rp5	Rp1,075

Subtotal Rp747,245

Upah

Pekerja	1.650 OH	@ Rp100,000	Rp165,000
Tukang Batu	0.275 OH	@ Rp120,000	Rp33,000
Kepala Tukang	0.028 OH	@ Rp140,000	Rp3,920
Mandor	0.083 OH	@ Rp160,000	Rp13,280

Subtotal Rp215,200

Total Rp962,445
Dibulatkan Rp962,390

Analisis Harga Satuan Pekerjaan Besi Tulangan/kg

Material

Besi Beton	1.050 kg	@ Rp8,800	Rp9,240
Kawat Ikat	0.025 m ³	@ Rp15,000	Rp375
Alat Bantu	1.000 m ³	@ Rp700	Rp700

Subtotal Rp10,315

Upah

Pekerja	0.010 OH	@ Rp100,000	Rp950
Tukang Besi	0.0095 OH	@ Rp120,000	Rp1,140
Kepala Tukang	0.0008 OH	@ Rp140,000	Rp112
Mandor	0.0004 OH	@ Rp160,000	Rp64

Subtotal Rp2,266

Total Rp12,581
Dibulatkan Rp12,575

Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bekisting Beton/m²

Material

Multipleks 12 mm	0.1750 lbr	@ Rp150,000	Rp26,250
Balok Kayu 8/12	0.0150 m ³	@ Rp3,300,000	Rp49,500
Kaso Kayu 5/7	0.0075 m ³	@ Rp2,200,000	Rp16,500
Paku 5-12 cm	0.5000 kg	@ Rp15,000	Rp7,500
Alat Bantu	1.0000 ls	@ Rp25,000	Rp25,000

Subtotal Rp124,750

Upah

Pekerja	0.35 OH	@ Rp100,000	Rp35,000
Tukang Kayu	0.35 OH	@ Rp120,000	Rp42,000
Kepala Tukang	0.06 OH	@ Rp140,000	Rp8,400
Mandor	0.03 OH	@ Rp160,000	Rp4,800

Subtotal Rp90,200

Total Rp214,950
Dibulatkan Rp214,900

Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bongkar Bekisting Beton/m² Material

Alat Bantu	1.0000 ls	@ Rp25,000	Rp25,000
------------	-----------	------------	----------

Subtotal Rp25,000

Upah

Pekerja	0.35 OH	@ Rp100,000	Rp35,000
Tukang Kayu	0.35 OH	@ Rp120,000	Rp42,000
Kepala Tukang	0.06 OH	@ Rp140,000	Rp8,400
Mandor	0.03 OH	@ Rp160,000	Rp4,800

Subtotal Rp90,200

Total Rp115,200
Dibulatkan Rp115,200

Analisis Harga Satuan Pekerjaan Baja WF

Material

Baja WF	1.025 kg	@ Rp12,000	Rp12,300
---------	----------	------------	----------

Upah

Pekerja	0.075 OH	@ Rp100,000	Rp7,500
Tukang Besi	0.02 OH	@ Rp120,000	Rp2,400
Kepala Tukang	0.005 OH	@ Rp140,000	Rp700
Mandor	0.00 OH	@ Rp160,000	Rp240

Subtotal Rp10,840

Total Rp23,140
Dibulatkan Rp23,140

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan evaluasi dari struktur balok, baik balok beton bertulang, balok beton bertulang dengan bondek, balok komposit baja, dan balok komposit baja dengan bondek maka didapatkan kesimpulan:

1. Jika pada elemen balok menggunakan balok komposit baja, maka elemen balok tersebut tidak lagi membutuhkan bekisting untuk menahan beban yang berkerja pada balok sebelum beton mengeras, karena profil baja akan menggantikan bekisting untuk menahan beban yang bekerja selama konstruksi sebelum beton mengeras.
2. Dimensi penampang balok beton bertulang lebih besar dari profil WF baja yang digunakan, ditinjau dari tinggi dan lebar penampang, jika diberikan beban yang sama dan didesain penampang memiliki kapasitas yang hampir sama.
3. Lendutan yang terjadi pada beton bertulang lebih kecil terjadi dibandingkan profil baja WF, karena semakin tinggi penampang beton bertulang yang didesain semakin besar inersia penampang, maka semakin kecil pula lendutan yang akan terjadi.

4. Ditinjau dari segi biaya, balok beton bertulang lebih mahal biaya pekerjaannya dibandingkan dengan pekerjaan pemasangan profil baja.
 5. Pemasangan profil baja pada balok lebih praktis dibandingkan dengan pekerjaan balok beton bertulang.
 6. Dengan adanya pemasangan floor deck terhadap balok, maka akan mereduksi tebal flens dari balok T, dan mengurangi volume beton yang akan digunakan pada balok.
 7. Lendutan yang terjadi akan semakin besar pada elemen balok yang menggunakan floor deck.
- Saran**
1. Untuk pemilihan penggunaan material balok beton bertulang atau balok komposit baja sebaiknya kembali diperhitungkan seberapa besar beban yang bekerja dan seberapa efektif penampang yang akan menahan beban tersebut.
 2. Dari segi biaya, disarankan untuk menghitung dahulu seberapa besar beban yang akan dipikul, sehingga menghasilkan desain penampang yang lebih efektif, kemudian diputuskan jenis material yang lebih ekonomis untuk digunakan.
 3. Dan untuk penggunaan material beton bertulang pada elemen balok, sebaiknya diperhitungkan kembali seberapa besar beban yang akan berkerja pada balok, karena akan mempengaruhi besarnya dimensi balok tersebut, dan berat dari balok tersebut.
 4. Untuk penggunaan floor deck sebaiknya dihitung kembali lendutan yang akan terjadi pada balok, akibat dari reduksi flens yang terjadi akibat pemasangan floor deck.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi Untuk Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015)*. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2014. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2014)*. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2014. *Baja Tulangan Beton (SNI 2052:2014)*. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*. Jakarta
- Darma Edifrizal 2014 , *STRUKTUR BAJA II*, Pusat Pengembangan Bahan Ajar, UMB
- McCormac, Jack. 2004. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga
- Nawy, Edward. 2010. *Beton Bertulang*. Bandung: Refika Aditama
- Pujianto As'at, 2011 *Struktur Komposit dengan metode LRFD*, Yogyakarta
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga
- Salmon, Charles G, Johnson, John E. dan Wira, Ir.,M.S.C.E. 1991. *Struktur Baja Disain Dan Perilaku*. Jakarta: Penerbit Erlangga, Jilid dua edisi kedua