

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kekakuan lantai komposit jauh lebih besar dari kekakuan lantai beton yang balok penyanggahnya bekerja secara terpisah. Dalam perencanaan komposit, aksi plat beton dalam arah sejajar balok dimanfaatkan dan digabungkan dengan baja/balok penyanggah tersebut. Akibatnya momen inersia tampang konstruksi lantai dan profil baja pada struktur komposit meningkat. Pada aksi komposit penuh, kekuatan batas penampang jauh melampaui jumlah dari kekuatan plat dan profil baja secara terpisah sehingga timbul kapasitas cadangan yang tinggi.

Pengaruh komposit dari plat lantai dan baja sebagai balok penyanggah yang bekerja sama dahulu tidak diperhitungkan. Pengabaian ini didasarkan pada alasan bahwa **lekatan (*bond*)** antara plat beton dan puncak balok baja tidak dapat diandalkan. Ketika para perencana mulai meletakkan plat beton pada puncak balok penyanggah, para peneliti mulai mempelajari kelakuan alat penyambung geser (***shear connector***) mekanis. Dengan berkembangnya teknik pengelasan, pemakaian alat penyambung geser mekanis menjadi praktis untuk menahan gaya geser horizontal yang timbul ketika batang melentur. Alat penyambung geser menghasilkan interaksi yang diperlukan untuk aksi komposit antara baja profil I dengan plat beton, yang

sebelumnya hanya dihasilkan oleh **lekatan** untuk profil baja yang ditanam seluruhnya ke dalam beton.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa, walaupun **lekatan** yang timbul antara plat beton dan balok baja mungkin cukup besar, **lekatan** ini tidak dapat diandalkan untuk memberikan interaksi yang diperlukan. Sehingga didalam perencanaan struktur komposit seperti ini, seluruh gaya geser yang terjadi pada permukaan singgung antara beton dan baja, praktis ditahan oleh alat penyambung geser. Tetapi Viest,<sup>[1]</sup> pada makalahnya yang berisikan ringkasan penelitian (1960), menyebutkan bahwa faktor penting pada aksi komposit ialah, **lekatan** antara beton dan baja harus tetap ada.

Maka dalam tugas akhir ini penyusun mencoba meneliti dan menganalisa seberapa besar pengaruh **lekatan** beton dengan baja terhadap aksi komposit, khususnya dalam menahan gaya geser yang terjadi.

## **1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kekuatan dan pengaruh **lekatan** (*bond*) beton terhadap baja dapat menahan gaya geser yang terjadi pada saat struktur balok komposit baja-beton yang menahan lentur.

Manfaat penelitian dalam tugas akhir ini adalah memberikan tambahan masukan kepada para mahasiswa Jurusan Teknik sipil, Universitas Islam Indonesia, khususnya. Karena selama ini kurang sekali para ahli konstruksi membuat suatu penelitian mengenai pengaruh **lekatan** plat beton terhadap baja, dan pembahasan yang jelas atas

---

1. Charles G. Salmon & John E. Johnson, 1986. STRUKTUR BAJA DESAIN Dan PERILAKU, Jilid II

anggapan mengapa didalam perencanaan struktur komposit seperti ini pengaruh tegangan lekatan yang disebabkan adanya adhesi antara bidang singgung beton dan baja tidak diperhitungkan dalam menahan gaya geser yang terjadi pada saat struktur terlentur.

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penyusun membahas masalah pengaruh lekatan antara plat beton dan balok baja pada struktur komposit dengan tinjauan :

- I. Menggunakan shear connector, dengan memperhitungkan lekatan akibat adanya adhesi pada permukaan bidang singgung antara beton dan profil baja,
- II. Menggunakan shear connector, tetapi antara plat beton dan profil baja diberi lapisan plastik untuk menghindari lekatan pada permukaan bidang singgung,
- III. Tanpa menggunakan shear connector, yaitu mengandalkan lekatan beton pada baja dengan cara memasukkan profil baja sedalam flens kedalam plat beton.

Adapun karakteristik bahan yang dipakai sebagai benda uji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

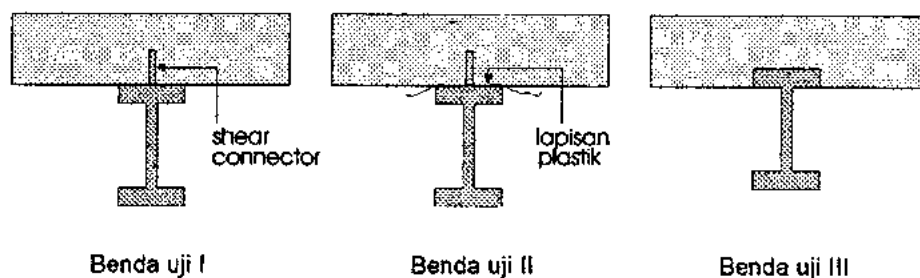
- a. Beton dengan  $f_c$  rencana = 20 Mpa.
- b. Untuk tulangan plat beton dipakai baja tulangan polos  $\varnothing$  8 mm. dengan  $F_y$  = 240 Mpa,
- c. Baja, profil WF 100 dengan  $F_y$  = 400 Mpa,
- d. Shear connector yang digunakan terbuat dari baja tulangan polos  $\varnothing$  8 mm. yang pada penelitian pendahuluan telah didapat tegangan geser rata-rata

ratanya sebesar 5003,95 Kg/Cm. yang dipasang/dilas pada flens setinggi 3 Cm. dan berjumlah 12 buah untuk masing-masing bentangan profil baja.

## 1.4. Metodologi Penelitian

Penelitian merupakan suatu pembuktian teori dengan pengujian di laboratorium. Untuk memperoleh suatu kesimpulan, penelitian harus menggunakan metodologi yang benar dan dapat dipertanggung jawabkan. Maka untuk tujuan tersebut, metodologi yang dilakukan pada penelitian ini dan urutan pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Benda uji yang digunakan untuk tiap tinjauan seperti yang telah dijelaskan pada pasal 1.3 masing-masing dibuat 4 (empat) buah sampel yang berbentuk balok komposit tampang T dengan ukuran plat beton 100 x 25 x 6 Cm



Gambar 1.1. Bentuk-bentuk penampang benda uji

2. Untuk menjamin kekuatan las dari connector maka titik-titik pada profil baja dimana akan dipasang connector, terlebih dahulu dibor sedalam 3 mm.,
3. Campuran adukan beton dirancang dengan metode ACI (*American Concrete Institute*)
4. Untuk mengetahui mutu beton sesungguhnya dari benda uji, tiap kali pengadukan beton diambil sampel untuk kubus berukuran 15 x 15 x 15 Cm. dan diuji desak setelah mencapai umur 28 hari

5. Agar lebih jelas perbedaan kuat lentur antara benda uji pada tinjauan I dan tinjauan II pada saat pengujian, dan untuk mengetahui apakah ada pengaruh lekatan beton terhadap baja, maka dalam pembuatan benda uji, penampang komposit diusahakan mampu mengembangkan interaksi parsial yang mendekati interaksi penuh. Ini berarti bahwa tahanan geser yang diperlukan sedikit lebih kecil dari gaya geser maksimum yang terjadi.
6. Pengujian kekuatan lentur dilakukan setelah beton dari benda uji mencapai umur 28 hari, yaitu dengan cara meletakkan sampel (benda uji) diatas dua tumpuan yang berjarak 90 Cm. kemudian dibebani pada dua titik dengan jarak antar beban titik 30 Cm. dan diamati lendutan, maupun pergeseran yang terjadi antara plat beton dan profil baja pada saat balok melentur.
7. Untuk menarik kesimpulan dari hasil penelitian ini, disamping data dan hasil yang diperoleh dari pengujian di laboratorium, penyusun juga menggunakan teori balok komposit baja-beton dimana profil baja seluruhnya ditanam ke dalam beton, seperti yang oleh **John P.Cook** dalam bukunya yang berjudul "Composite Contruction Methode" dan **Jack Mc. Cormac** dalam bukunya "Structural Steel Design" serta teori lekatan yang mempengaruhi panjang penyaluran pada perencanaan struktur beton bertulang sebagai studi pustaka.

## **BAB II**

# **TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Aksi Komposit**

Kekuatan penampang komposit sangat tergantung pada keserasian (*compatibility*) antara dua bahan atau lebih untuk dapat bekerja sama memikul beban.<sup>[5]</sup> Aksi komposit timbul bila dua batang struktural seperti plat beton dan balok baja penyanggah disambung secara integral dan melendut secara satu kesatuan.<sup>[1]</sup> Jadi sebuah balok komposit adalah sebuah balok yang kekuatannya bergantung pada interaksi mekanis antara kedua bahan struktur tersebut.

Bila suatu sistem bekerja secara komposit, antara plat dan balok baja tidak akan menggelincir relatif satu dengan yang lainnya. Gaya horizontal (geser) timbul dan bekerja pada permukaan bawah plat sehingga plat tertekan dan memendek, pada saat yang sama gaya horizontal juga bekerja pada permukaan atas balok baja sehingga balok memanjang.

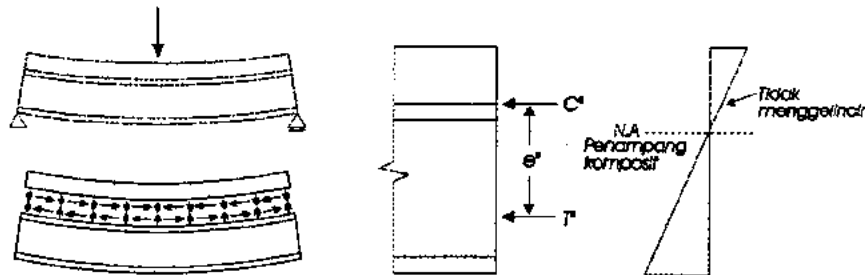
Akibat terjadinya interaksi penuh antara plat dan balok baja, penggelinciran tidak terjadi yang diagram tegangan regangannya diperlihatkan pada gambar 2.1. Pada keadaan ini timbul garis netral gabungan yang terletak dibawah garis netral plat dan diatas garis netral balok, sehingga momen penahan dari penampang komposit penuh

---

5. Joseph E. Bowles, 1985, DISAIN BAJA KONSTRUKSI

adalah :

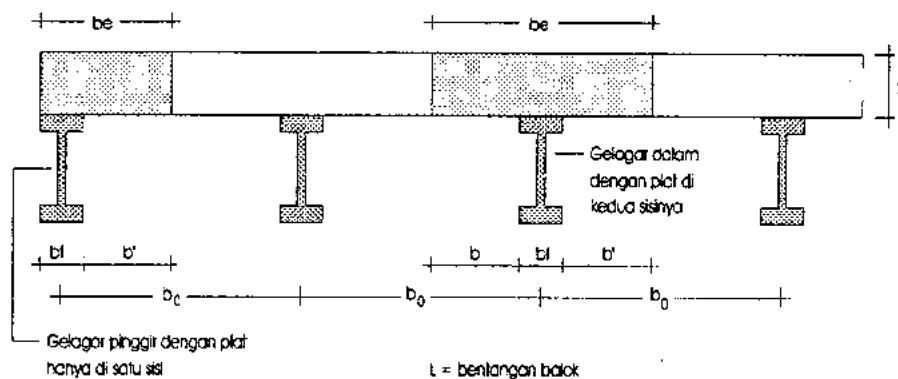
$$\Sigma M = T . e \text{ atau } C . e \quad \dots\dots\dots (2.1)$$



Gambar 2.1. Regangan pada balok komposit

## 2.2. Lebar Efektif

Karena tegangan dalam beton selebar plat yang bertumpu pada balok baja tidak seragam, rumus tegangan lentur ( $\sigma = M.y/I$ ) tidak berlaku.<sup>[1]</sup> Untuk menghitung sifat penampang komposit secara praktis, konsep lebar efektif perlu diterapkan. Sama seperti penampang **T** yang seluruhnya terbuat dari beton bertulang, plat yang lebar diubah menjadi plat dengan lebar ekuivalen agar rumus lentur dapat diterapkan untuk memperoleh kapasitas momen yang tepat.



Gambar 2.2. Dimensi yang menentukan lebar efektif ( $b_e$ ) pada balok baja-beton komposit

Agar perencanaan menjadi lebih sederhana, AISC-1.11.1 menyarankan metode perhitungan lebar efektif sayap yang sama seperti yang diterapkan dalam ACI Code.<sup>[1]</sup> untuk balok beton bertulang. Dari gambar 2.2. lebar efektif (*be*) maksimum yang diizinkan oleh AISC-1.11.1. adalah harga terendah yang dihitung dengan persamaan berikut :

1. Untuk gelagar dalam dengan plat dikedua sisi gelagar :

$be \leq L/4$	..... (2.2.a)
$be \leq bo$ (untuk jarak antara balok yang sama)	..... (2.2.b)
$be \leq bf + 16 ts$	..... (2.2.c)

2. Untuk gelagar pinggir dengan plat hanya di salah satu sisi :

$be \leq L/12 + bf$	..... (2.3.a)
$be \leq 1/2 (bo + bf)$	..... (2.3.b)
$be \leq bf + 6 ts$	..... (2.3.c)

Lebar efektif dalam perencanaan jembatan jalan raya menurut AASHTO identik dengan AISC, tetapi persamaan 2.2.c. untuk gelagar dalam diganti oleh :

$be \leq 12 . ts$	..... (2.4)
-------------------	-------------

Dan untuk gelagar pinggir, persamaan 2.3.a dan 2.3.c. diganti dengan :

$be \leq l/12$	..... (2.5.a)
$be \leq 6 . ts$	..... (2.5.c)

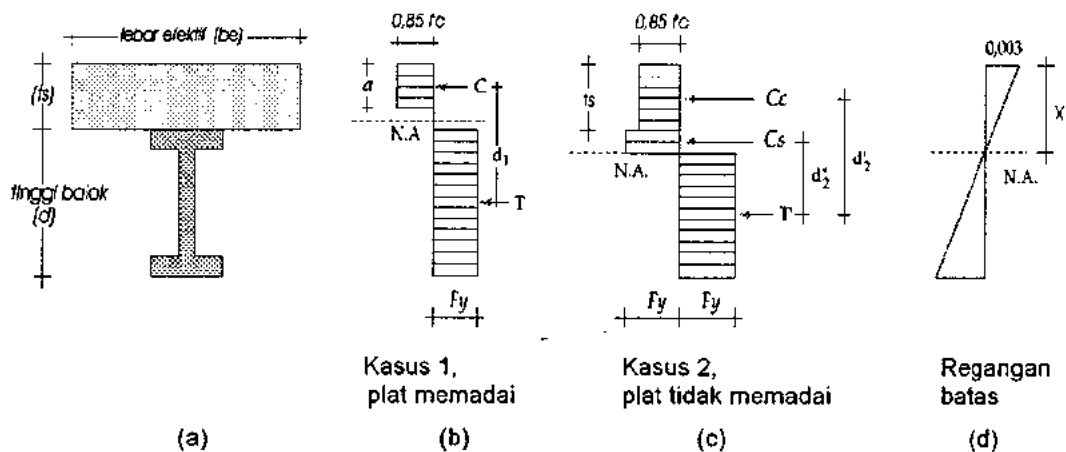
### 2.3. Kekuatan Batas Penampang Komposit Penuh

Kekuatan batas penampang komposit bergantung pada kekuatan leleh dan sifat penampang balok baja, kekuatan plat beton, dan kapasitas interaksi alat penyambung



geser yang menghubungkan antara balok dengan plat beton.

Kekuatan batas yang dinyatakan dalam kapasitas momen batas memberi pengertian yang lebih jelas tentang kelakuan komposit dan juga ukuran faktor keamanan sebenarnya yang lebih tepat. Faktor keamanan yang sebenarnya adalah rasio kapasitas momen batas dengan momen yang sesungguhnya bekerja.<sup>[1]</sup> Dalam penentuan kapasitas momen batas, beton dianggap hanya menerima tegangan tekan. Pemindahan gaya geser pada bidang singgung antara balok baja dengan plat beton dianggap sempurna.



Gambar 2.3. Distribusi tegangan pada kapasitas momen batas

Cara penentuan kapasitas momen batas, tergantung pada letak garis netral, yakni memotong plat beton atau balok baja. Jika garis netral memotong plat beton, plat dikatakan memadai, yakni plat mampu menahan gaya tekan total. Jika garis netral memotong balok baja, plat beton dianggap tidak memadai, yakni plat hanya mampu menahan sebahagian dari gaya tekan total dan sisanya ditahan oleh balok baja. Gambar 2.3. memperlihatkan distribusi tegangan untuk kedua kasus ini.

### 2.3.1. Plat Memadai (kasus-1)

Dengan memperhatikan gambar 2.3.b. dan memakai tegangan blok segi empat (tegangan merata sebesar  $0,85 f'c$  yang bekerja setinggi  $a$ ), gaya tekan batas ( $C$ ), adalah :

$$C = 0,85 . f'c . a . be \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Gaya tarik batas ( $T$ ), adalah kekuatan leleh balok dikali luasnya :

$$T = As . Fy \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan menyamakan persamaan (2.6) dan (2.7) didapat :

$$a = \frac{As . Fy}{0,85 . f'c . be} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Menurut pendekatan blok tegangan segi empat yang dipakai oleh ACI, jarak garis netral  $x$  (lihat gambar 2.3.d) sama dengan  $a/0,85$  untuk  $f'c = 4000$  psi. maka kapasitas momen batas ( $Mu$ ) menjadi :

$$Mu = c . d_1 \quad \text{atau} \quad T . d_1 \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Karena plat beton dianggap memadai, plat mampu menahan gaya yang sama dengan kapasitas leleh balok baja penuh. Dengan merumuskan momen batas sebagai fungsi dari gaya pada baja, kita peroleh :

$$Mu = As . Fy \left[ \frac{d}{2} + ts - \frac{a}{2} \right] \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

Prosedur yang umum ialah dengan menentukan tinggi blok tegangan  $a$  dengan persa-

maan 2.8. dan jika  $a$  lebih kecil dari tebal plat ( $t_s$ ), maka untuk menentukan kapasitas momen batas dengan persamaan 2.10.

### 2.3.2. Plat Tidak Memadai (kasus-2)

Jika tinggi blok tegangan  $a$  yang ditentukan dengan persamaan 2.8. melampaui tebal plat ( $t_s$ ), distribusi tegangan akan seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.3.c. Gaya tekan batas pada plat beton ( $C_c$ ), menjadi :

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_s \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

Gaya tekan pada balok baja yang dihasilkan oleh bagian balok diatas garis netral ditunjukkan pada gambar 2.3.c. sebagai  $C_s$ .

Gaya tarik batas ( $T'$ ) yang sekarang lebih kecil dari  $A_s \cdot F_y$  harus sama dengan jumlah gaya-gaya tekan :

$$T' = C_c + C_s \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

atau

$$T' = A_s \cdot F_y - C_s \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan menyamakan persamaan (2.12) dan (2.13), didapat :

$$C_s = \frac{A_s \cdot F_y - C_c}{2} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

atau

$$C_s = \frac{A_s \cdot F_y - 0,85 \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_s}{2}$$

Dengan menyertakan gaya tekan  $C_c$  dan  $C_s$ , kapasitas momen batas  $M_u$  untuk kasus-2 menjadi :

$$Mu = Cc \cdot d'_2 + Cs \cdot d''_2 \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana  $d'_2$  dan  $d''_2$  adalah lengan momen yang ditunjukkan pada gambar 2.3.c.

Bila kasus-2 terjadi, balok baja dianggap mengalami regangan plastis tarik dan tekan pada keadaan batas. Tentunya, hal ini berarti bahwa penampang baja tersebut memenuhi persyaratan “penampang terpadu” (*compact*), yaitu penampang harus memiliki proporsi yang mampu mengembangkan kapasitas momen plastisnya.

## 2.4. Lekatan

Seperti halnya pada konstruksi beton bertulang, salah satu dasar anggapan yang digunakan dalam perencanaan dan analisis struktur, adalah bahwa lekatan antara batang tulangan baja dengan beton yang mengelilinginya berlangsung sempurna tanpa terjadi penggelinciran atau pergeseran (*slip*).<sup>[4]</sup> Berdasarkan atas anggapan tersebut dan juga sebagai akibat lebih lanjut, pada waktu komponen struktur komposit baja dan beton bekerja menahan beban, akan timbul tegangan lekat yang berupa *shear interlock* pada permukaan singgung antara profil baja dan beton.

Untuk balok struktur yang menahan momen lentur misalnya, tegangan lekat timbul setara dengan variasi perubahan nilai momen lentur yang ditahan sepanjang balok. Dengan berubahnya nilai momen lentur, mengakibatkan berlangsungnya suatu interaksi longitudinal antara baja dan beton sehingga besarnya tegangan geser yang harus ditahan juga menyesuaikan di sepanjang balok

---

4. Istimawan Dipohusodo, 1994, STRUKTUR BETON BERTULANG

### 2.4.1. Faktor-faktor Utama Dalam Lekatan

Kekuatan lekatan yang merupakan hasil dari berbagai parameter, seperti adhesi antara bidang singgung beton dengan permukaan baja, adalah akibat adanya susut-pengeringan pada beton. Selain itu saling bergeseknya permukaan baja dan beton disekitarnya, yang disebabkan oleh perpindahan mikro bagian baja yang tertarik, menyebabkan peningkatan tahanan terhadap gelincir. Efek total ini disebut sebagai **lekatan (*bond*)**.<sup>[3]</sup> Secara ringkas, kekuatan lekatan bergantung pada faktor-faktor utama sebagai berikut :

1. Adhesi antara elemen beton dan baja.
2. Efek *gripping* (memegang) sebagai akibat dari susut-pengeringan beton di permukaan baja, saling geser antara balok beton dengan baja.
3. Tahanan gesek (friksi) terhadap gelincir dan saling “mengunci” pada saat elemen baja mengalami tegangan tarik.
4. Efek kualitas beton dari kekuatan tarik/tekannya.
5. Efek kualitas baja dari kekuatan tarik dan luluhnya
6. Efek mekanis alat penyambung geser pada struktur komposit, ataupun efek penjangkaran ujung tulangan, yaitu : dengan panjang penyaluran, bengkokan, dan persilangan tulangan pada struktur beton bertulang.

Kontribusi masing-masing faktor ini sangat sulit untuk dipisahkan satu dengan yang lainnya. Efek saling geser, susut, dan kualitas beton dapat dianggap sebagai faktor-faktor yang paling utama.<sup>[3]</sup>

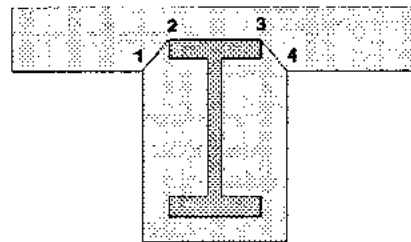
---

3. Edward G. Nawy, 1980, BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR

### 2.4.2. Penyaluran Tegangan Lekatan

Tegangan lekatan terutama merupakan saling geser (*shear interlock*) antara elemen baja dan beton disekitarnya yang disebabkan oleh berbagai faktor lain. Efek ini dapat dinyatakan sebagai tegangan geser per satuan luas permukaan bidang singgung antara beton dan baja. Tegangan ini langsung ditransformasikan dari beton ke permukaan baja sehingga mengubah tegangan tarik baja diseluruh panjangnya.

Penampang kritis untuk tahanan arah longitudinal pada balok baja yang dicor seluruhnya ke dalam beton ditunjukkan pada gambar 2.4.

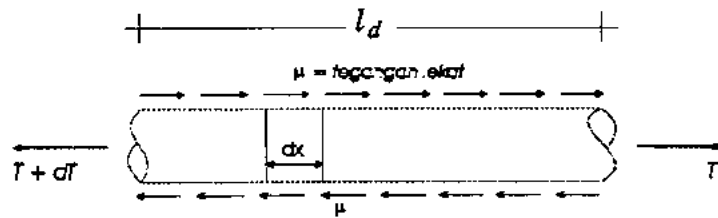


Gambar 2.4. Tahanan geser balok komposit pada profil baja yang seluruhnya ditanam ke dalam beton.

Tahanan total dari geser arah longitudinal tersebut dapat diperhitungkan sama dengan **lekatan** antara puncak flens baja ditambah **tahanan geser** dari beton. (lihat gambar 2.4). Biasanya harga yang digunakan untuk lekatan izin ( $\mu$ ) antara baja dan beton (potongan 2-3) sebesar  $0,03 f'c$ , dan geser izin di dalam beton (potongan 1-2 dan 3-4) umumnya diambil sebesar  $0,12 f'c$ .<sup>[6,7]</sup>

Dapat disimpulkan bahwa  $\mu$  yang merupakan fungsi dari ukuran kekuatan tekan beton, menentukan tahanan terhadap gelincir antara baja dan beton yang berarti juga mempengaruhi kapasitas balok komposit.

6. John P. Cook, 1977, COMPOSITE CONSTRUCTION METHODE  
7. Jack Mc. Cormac, 1981, STRUCTURAL STEEL DESIGN



Gambar 2.5. Tegangan lekatan pada tulangan

Anggap  $l_d$  dalam gambar 2.5. adalah panjang tulangan yang ditanam ke dalam beton yang mengalami tegangan tarik netto  $dT$ . Apabila  $d_b$  adalah diameter tulangan,  $\mu$  adalah tegangan lekat rata-rata, dan  $f_s$  adalah tegangan tulangan baja akibat tarik langsung atau tegangan tarik balok, maka gaya tarik penjangkaran  $dT$  sama dengan  $\mu \pi d_b l_d$  dan sama dengan gaya tarik  $dT$  pada penampang tulangan, yaitu :

$$dT = \frac{\pi \cdot d_b^2}{4} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan demikian :

$$\mu \cdot \pi \cdot d_b \cdot l_d = \pi \frac{d_b^2}{4} f_s \dots\dots\dots (2.17)$$

Sehingga tegangan lekat rata-ratanya :

$$\mu = \frac{d_b \cdot f_s}{4 \cdot l_d} \dots\dots\dots (2.18)$$

$l_d$  yang merupakan fungsi dari ukuran dan kekuatan leleh tulangan, menentukan tahanan terhadap gelincirnya tulangan yang berarti juga meningkatkan kapasitas balok.

Dari berbagai eksperimen telah dibuktikan bahwa kekuatan lekatan  $\mu$  merupakan fungsi dari kekuatan tekan beton yaitu dengan hubungan :

$$\mu = k \sqrt{f'c} \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

## 2.5. Alat Penyambung Geser

Dalam tinjauan balok terlentur hendaknya mempertimbangkan pula bahwa pada saat yang sama balok juga menahan gaya geser horizontal yang timbul akibat lenturan. Gaya geser horizontal yang timbul antara plat beton dan balok baja selama pembebanan, harus ditahan agar penampang komposit bekerja secara monolit.

Sebelumnya, apabila dianggap permukaan baja yang bersinggungan langsung dengan plat beton tidak diberi *shear connector* sebagai alat penyambung geser (permukaan dianggap mulus), lekatan dianggap suatu *adhesi* antara pasta beton dengan permukaan baja. Tegangan geser yang relatif tinggi pada permukaan bidang singgung baja dengan beton akan menimbulkan pergeseran (*slip*) yang cukup untuk menghilangkan *adhesi* pada lokasi yang bersinggungan tersebut.<sup>[2]</sup>

Dalam keadaan terbebani, elemen penguat yaitu balok baja yang diberi *shear connector* sebagai alat penyambung geser, harus mengalami regangan atau deformasi yang sama dengan plat beton yang didukungnya untuk mencegah *diskontinuitas* atau terpisahnya kedua jenis material tersebut.<sup>[3]</sup>

Gaya gesek antara plat beton dan balok baja tidak mampu mengembangkan

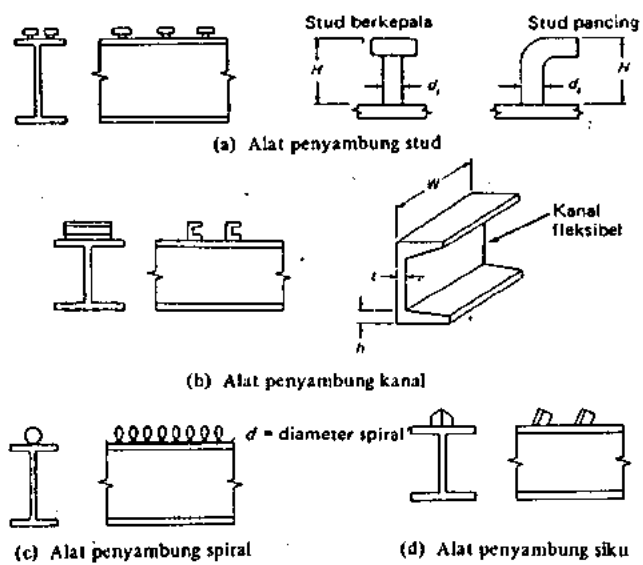
---

2. Chu-Kia Wang & Charles G. Salmon, 1993, DISAIN BETON BERTULANG

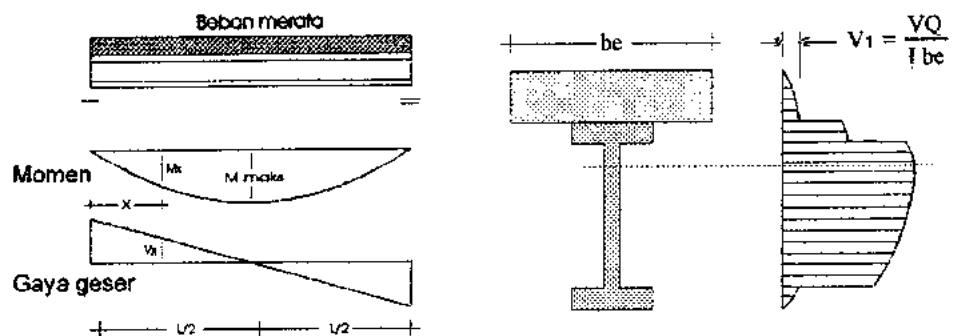


interaksi yang diperlukan. Sebagai gantinya alat penyambung geser yang disambung pada puncak balok baja yang bersinggungan dengan plat beton harus diberikan.

Alat penyambung geser yang umum adalah seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Alat penyambung geser yang umum



Gambar 2.7. Bidang gaya geser untuk beban merata dan distribusi tegangan geser pada penampang komposit baja beton.

Idealnya alat penyambung geser harus cukup kaku untuk menghasilkan interaksi yang diperlukan untuk mengembangkan penampang komposit penuh yang

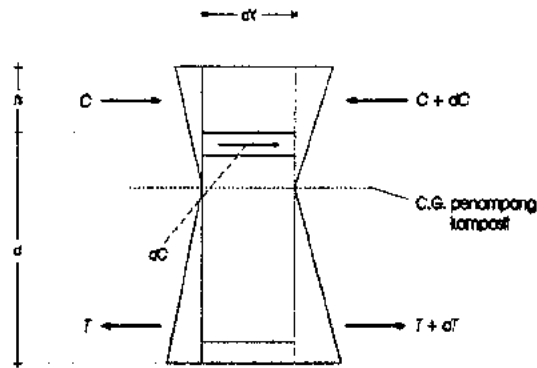
diagram tegangan regangannya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3.d. Namun, hal ini akan memerlukan pengaku yang sangat tegar. Juga berdasarkan bidang geser balok dengan beban merata seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.7. dapat disimpulkan (minimal secara teoritis) bahwa alat penyambung geser yang diperlukan dekat ujung-ujung bentang lebih banyak dari pada yang dibutuhkan di tengah bentang. Tinjaulah distribusi tegangan pada gambar 2.7.b. Dimana tegangan  $v_1$  harus ditahan oleh sambungan antara plat beton dan balok baja. Tegangan beban kerja pada balok dalam gambar 2.7. bervariasi dari nol di tengah bentang sampai maksimum di tumpuan.<sup>[1]</sup>

#### 2.4.1. Kuat Geser

Kondisi kritis geser akibat lentur ditunjukkan dengan timbulnya tegangan-tegangan tarik tambahan di tempat-tempat tertentu pada komponen struktur terlentur. Tegangan geser dan lentur akan timbul di sepanjang komponen struktur mengalami tegangan-tegangan tersebut pada tempat-tempat selain di garis netral dan serat tepi penampang. Komposisi tegangan-tegangan tersebut di suatu tempat akan menyesuaikan diri secara alami dengan membentuk keseimbangan tegangan geser dan tegangan normal maksimum dalam suatu bidang yang membentuk sudut kemiringan terhadap sumbu balok.<sup>[4]</sup>

Tinjaulah keseimbangan potongan elementer pada balok seperti dalam gambar 2.8. Gaya geser per satuan jarak sepanjang bentang adalah :  $dc/dx = v_1 \cdot be = VQ/I$ . Jadi, jika suatu alat penyambung memiliki kapasitas izin sebesar  $q$ , maka jarak antar alat penyambung geser maksimum  $p$ , untuk menghasilkan kapasitas yang diperlukan adalah :

$$p = \frac{q}{VQ/I} \quad \dots\dots\dots (2.20)$$



Gambar 2.8. Gaya yang diperlukan dari alat penyambung geser pada beban kerja

Perencanaan komposit sampai beberapa tahun terakhir ini masih memakai persamaan (2.20) untuk menentukan jarak antar alat-alat penyambung geser. AASHTO-1.7.48 (E) mengharuskan persamaan (2.20) untuk perencanaan terhadap kelelahan (*fatigue*), disamping pemeriksaan kekuatan batas.<sup>[1]</sup>

Jika konsep kekuatan batas diterapkan, setiap alat penyambung geser pada momen lentur batas akan memikul bagian yang sama dari gaya tekan maksimum total yang timbul pada plat beton. Dengan memperhatikan gambar 2.7.a. hal ini berarti bahwa alat penyambung geser diperlukan untuk memindahkan gaya tekan yang timbul pada plat beton di tengah-tengah bentang ke balok baja dalam jarak  $l/2$ , Karena tidak ada gaya tekan yang timbul pada plat beton di ujung bentang yang momennya nol. Gaya tekan batas yang harus ditahan tidak bisa melampaui gaya yang dipikul oleh beton :

$$C_{maks} = 0,85 . f'c . be . ts \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

atau jika gaya tarik batas di dasar plat beton lebih kecil dari C, maka :

$$T_{maks} = A_s \cdot F_y \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

Jadi, jika suatu alat penyambung memiliki kapasitas batas  $q_{ult}$  , jumlah total alat penyambung  $n$ , yang diperlukan antara titik momen lentur maksimum sampai dengan nol adalah :

$$n = \frac{C}{q_{ult}} \quad \text{atau} \quad \frac{T}{q_{ult}} \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

yang tergantung pada harga terkecil. Menurut metode kekuatan batas, jumlah alat penyambung total yang diperlukan disebar secara merata sepanjang daerah balok antara titik momen lentur nol sampai dengan maksimum.

### 2.5.2. Perencanaan Alat Penyambung Geser ( konsep kekuatan batas )

Perlu diperhatikan bahwa sambungan dan balok harus menahan beban batas yang sama. Namun pada beban kerja, balok menahan beban mati dan beban hidup, sedang alat penyambung geser pada dasarnya hanya menahan beban hidup kecuali jika saat pengecoran plat beton penunjang diberikan. Metode tegangan kerja mungkin merencanakan sambungan hanya terhadap beban hidup, akan tetapi faktor keamanan yang lebih besar harus diterapkan, karena jika tidak kapasitas sambungan tidak akan memadai.<sup>[1]</sup>

AISC-1.11 memakai konsep kekuatan batas tetapi mengubah gaya yang harus direncanakan dan kapasitas alat penyambung geser ke daerah beban kerja dengan

membaginya terhadap suatu faktor. Beban yang harus dipikul (baik persamaan (2.21) ataupun persamaan (2.22) dibagi dengan faktor nominal sebesar 2 (dua). Jadi perencanaan untuk beban kerja :

$$V_h = \frac{C_{maks}}{2} = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot A_c}{2} \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

yang merupakan rumus AISC dalam persamaan ini, dimana  $A_c = be.ts$  adalah luas beton efektif. Pembagian persamaan 2.22 dengan 2 menghasilkan :

$$V_h = \frac{T_{maks}}{2} = \frac{A_s \cdot F_y}{2} \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

dimana  $V_h$  = gaya geser horizontal yang harus ditahan antara titik momen positif maksimum dan titik momen nol ; dipakai harga terkecil dari persamaan (2.21) dan (2.22), atau persamaan (2.24) dan (2.25).

$f_c$  = kekuatan tekan beton pada umur 28 hari

$A_s$  = luas balok baja

$A_c$  =  $be.ts$  = luas beton efektif.

$F_y$  = tegangan leleh untuk balok baja

## **BAB III**

# **PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN**

Penelitian untuk tugas akhir ini mencoba membuktikan besarnya pengaruh **lekatan** (bond) akibat adanya *adhési* antara plat beton dan profil baja pada struktur komposit. Dalam penelitian ini, pembuatan dan pengujian sampel yang digunakan sebagai benda uji dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Sampel yang digunakan berbentuk balok komposit tampang **T** dengan tebal plat beton ( $t_s$ ) = 6 Cm, lebar ( $b_e$ ) = 25 Cm, dan Panjang = 100 Cm, sebanyak 4 (empat) buah untuk masing-masing tinjauan. Pengujian dilaksanakan pada umur beton mencapai 28 hari.

Sebelum pengujian lentur pada balok komposit dilaksanakan, dilakukan juga uji pendahuluan untuk mengetahui kuat geser tulangan yang digunakan sebagai *shear connector*, dan pemeriksaan bahan sebagai pendukung penelitian ini. Adapun urutan pelaksanaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Persiapan bahan dan alat.
2. Pengujian geser baja.
3. Pemeriksaan agregat halus (pasir).
4. Pemeriksaan agregat kasar (split).

5. Pembuatan benda uji.
6. Pelaksanaan pengujian

### 3.1. Persiapan Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan sampel sebagai benda uji dalam penelitian ini adalah :

1. Semen Portland type I merk, Nusantara
2. Agregat halus (pasir) berasal dari kali krasak, Sleman, DIY. yang diperoleh dari PT. Perwita Karya, Piyungan, Bantul, DIY.
3. Agregat kasar (split), diperoleh dari PT. Perwita Karya, Piyungan, Bantul, DIY. dengan ukuran butir maksimum 20 mm.
4. Baja tulangan polos  $\varnothing$  8 mm. untuk shear connector, produksi PT. Krakatau Steel yang diperoleh dari Proyek Pembangunan Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi YKPN. Yogyakarta. Sedangkan untuk tulangan plat, dipakai baja tulangan polos  $\varnothing$  8 mm. diperoleh dari toko bahan bangunan terdekat.
5. Baja profil WF 100 dengan panjang tiap potongan 100 Cm. sebanyak 12 buah, 8 (delapan) diantaranya diberi shear connector, diperoleh dari PT. Purosari Karya Wiguna, Jl. Raya Wates Km. 7 Gamping, Sleman, DIY.
6. Kayu dan triplek sebagai bahan untuk membuat cetakan plat beton.
7. Air, dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Adapun peralatan yang digunakan sebagai pendukung demi lancarnya proses didalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Oven.
2. Saringan.
3. Timbangan.
4. Ayakan.
5. Kerucut Abrams.
6. Skop kecil.
7. Talam agregat.
8. Concrete mixer (molen).
9. Mesin tes desak beton.
10. Mesin tarik baja.
11. Dial gauge.
12. Shear tools.
13. Cetakan kubus 15 x 15 x 15 Cm.
14. Tabung ukur 1000 ml.
15. Kalifer, spidol, mistar, tang, dan lain-lain.

### **3.2. Pengujian Geser Baja**

Pengujian geser baja tulangan ini, bertujuan untuk mengetahui berapa kuat geser ultimitnya. Karena baja tulangan ini akan digunakan sebagai shear connector, maka pengujian geser yang dilakukan adalah geser tunggal.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian geser baja tulangan polos  $\varnothing$  8 mm. dan  $\varnothing$  10 mm. Dari pengujian geser ini, didapat tegangan geser ultimit rata-ratanya sebesar 5003,95 Kg/Cm<sup>2</sup> untuk tulangan baja  $\varnothing$  8 mm sehingga mampu menahan gaya geser



sebesar 2515,260 Kg dan 4933,625 Kg/Cm<sup>2</sup> untuk tulangan baja polos  $\varnothing$  10 mm yang mampu menahan gaya geser sebesar 3874,86 Kg. Dengan diketahuinya kuat geser dari baja tulangan ini, baru dapat dihitung berapa jumlah *shear connector* yang dibutuhkan. Perhitungan jumlah dan ukuran shear connector yang dipakai, dapat dilihat pada lampiran A.

Tabel 3.1. Hasil pengujian geser baja

No.	$\varnothing$ ( mm ) / Luas ( Cm <sup>2</sup> )	Panjang geser ( Cm )	Beban patah ( Kg )	Tegangan ( Kg/Cm <sup>2</sup> )
1	8 / 0,5027	2,3	2549,25	5071,571
2	8 / 0,5027	2,3	2549,25	5071,571
3	8 / 0,5027	2,3	2447,28	4868,709
4	10 / 0,7854	2,3	3568,95	4544,128
5	10 / 0,7854	2,3	3976,83	5063,457
6	10 / 0,7854	2,3	4078,80	5192,269

### 3.3. Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus (pasir) dalam penelitian ini adalah analisa saringan untuk mengetahui modulus butir pasir dan pemeriksaan berat jenis pasir.

#### 3.3.1. Analisa Modulus Halus Butir (MHB) Pasir

Analisa modulus halus butir pasir bertujuan untuk mengetahui nilai MHB pasir. Modulus halus butir adalah angka yang menunjukkan tinggi rendahnya kehalusan butir dalam suatu agregat.<sup>[6]</sup> Dengan mengetahui nilai MHB pasir, maka

6. Kardijono Tjokrodimulyo, 1992, TEKNOLOGI BETON

kita dapat merencanakan kebutuhan agregat kasar dalam suatu adukan.

Pelaksanaan pemeriksaan :

- a. Pasir dikeringkan dalam oven selama 24 jam.
- b. Timbang pasir seberat 1000 gram.
- c. Masukkan pasir dalam ayakan yang sudah disusun mulai dari yang terbesar hingga yang terkecil.
- d. Pasir diayak dengan mesin ayakan selama 15 menit.
- e. Berat yang tertinggal di saringan ditimbang satu-persatu.

Hasil ayakan dari pemeriksaan modulus halus butir dalam penelitian ini, dapat dilihat pada tabel 3.2. berikut ini.

Tabel 3.2. Distribusi ukuran butiran pasir.

No	Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal		Berat tertinggal komulatif (%)
		gram	prosen	
1.	4,75	0,00	0,00	0,00
2.	2,36	58,40	5,84	5,84
3.	1,18	152,10	15,21	21,05
4.	0,60	317,10	31,71	52,76
5.	0,30	286,50	28,65	81,41
6.	0,15	154,40	15,44	96,85
7.	sisia	31,50	3,15	100,00
		1000,00	100,00	257,91

$$\text{MHB} = \frac{\sum \text{berat tertinggal komulatif (\%)}}{100 \%}$$

$$\text{MHB} = \frac{257,91}{100} = 2,5791 \approx 2,6$$

Dari hasil analisa saringan menunjukkan bahwa pasir dari PT. Perwita Karya, Bantul, yang berasal dari Kali Krasak cukup baik dan memenuhi syarat sebagai agregat halus dengan MHB = 2,6.

### 3.3.2. Berat Jenis Pasir

Pemeriksaan berat jenis ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis agregat halus (pasir) dalam keadaan jenuh kering (SSD). Berat jenis pasir akan mempengaruhi kebutuhan pasir dalam adukan beton.

Pelaksanaan pemeriksaan :

- a. Timbang pasir seberat 400 gram.
- b. Masukkan air dalam tabung dengan volume 500 cc.
- c. Pasir dimasukkan ke dalam tabung secara perlahan-lahan sehingga volume air naik menjadi 640 cc.
- d. Volume kenaikan air =  $640 - 500 = 140$  cc.
- e. Berat jenis (Bj) pasir adalah perbandingan berat pasir dengan volumenya.

$$\text{Bj pasir} = \frac{\text{berat pasir}}{\text{vol. kenaikan air}} = \frac{400}{140} = 2,857 \text{ gr/cc.}$$

### 3.4. Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah (split). Pemeriksaan agregat kasar dalam penelitian ini adalah pemeriksaan berat jenis split dan pemeriksaan berat jenis kering tusuk (SSD).

### 3.4.1. Berat Jenis Split

Berat jenis split adalah rasio antara berat split volume air dalam suhu yang sama. Berat jenis split dapat dikatakan berat jenis mutlak, karena split diusahakan dalam keadaan padat tanpa rongga/pori.

Pelaksanaan pemeriksaan :

- a. Timbang split seberat 500 gram..
- b. Masukkan air ke dalam tabung dengan volume 500 cc.
- c. Masukkan split ke dalam tabung sehingga volume air naik menjadi 690 cc.
- d. Volume kenaikan air =  $690 - 500 = 190$  cc.

$$Bj \text{ split} = \frac{\text{berat split}}{\text{vol. kenaikan air}} = \frac{500}{190} = 2,63 \text{ gr/cc.}$$

### 3.4.2. Berat Jenis Kering Tusuk (SSD)

Berat jenis split kering tusuk (SSD) adalah rasio antara massa split dan volumenya, dimana split dalam keadaan kering permukaan, maksudnya split direndam terlebih dahulu dalam air selama 24 jam, kemudian airnya dibuang, split dihamparkan pada suatu tempat/dianginkan, sehingga kering pada permukaannya saja. Kemudian split diambil dan dimasukkan ke dalam silinder  $\varnothing$  150 mm. dan tinggi 300 mm. dan ditusuk-tusuk sampai penuh dan padat, kemudian ditimbang.

Pelaksanaan pemeriksaan :

- a. Timbang berat silinder kosong = 10,8 Kg.
- b. Hitung volume silinder =  $0,25 \cdot \pi \cdot 0,15^2 \text{ m.} \times 0,3 \text{ m.} = 0,00529 \text{ m}^3$ .
- c. Isi silinder dengan split secara 3 (tiga) tahap, setiap tahap ditusuk-tusuk.

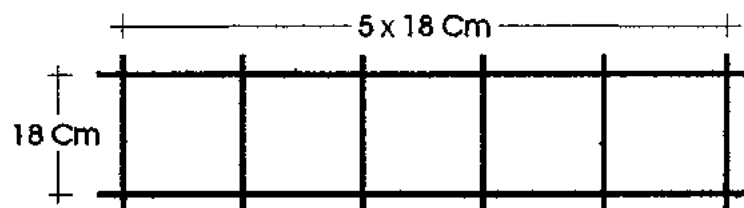
d. Setelah penuh, timbang berat silinder + split = 19,2 Kg.

$$Bj_{\text{sd}} = \frac{19,2 - 10,8}{0,00529} = 1587,9 \text{ Kg/m}^3$$

### 3.5. Pembuatan Benda Uji

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji terlebih dahulu dihitung perbandingan proporsi semen, pasir, split, dan air berdasarkan analisa pemeriksaan bahan.

Semua sampel (benda uji) dibuat dengan mutu beton  $f'c$  rencana = 20 Mpa, 12 buah profil WF 100 panjang 100 Cm dimana 8 diantaranya sudah dipasang/dilaskan shear connector yang terbuat dari baja tulangan polos  $\varnothing$  8 mm setinggi 3 Cm. sebanyak 12 buah, dimana setiap shear connector mampu menahan gaya geser sebesar,  $q_{\text{ult.}} = 2515,26$  Kg. Untuk tulangan plat, dipakai baja tulangan polos  $\varnothing$  8 mm dengan  $F_y = 240$  Mpa. dimana setiap sampel memerlukan 2 potong ukuran 96 Cm (arah membujur) dan 6 potong ukuran 22 Cm (arah melintang). Tulangan disusun/diikat dengan kawat bendrath sehingga berbentuk seperti gambar 3.1. Cetakan plat beton terbuat dari kayu dan tripleks, dapat dibongkar pasang, dibuat sedemikian rupa sehingga beton yang dihasilkan berukuran 6 x 25 x 100 Cm.



Gambar 3.1. Bentuk tulangan plat

Beton yang akan dirancang dengan komposisi bahan tertentu apabila pelaksanaannya tidak dilakukan dengan baik maka kekuatan rencana beton tersebut sulit untuk dicapai. Oleh karena itu perlu diperhatikan prosedur pelaksanaan penelitian seperti diuraikan berikut ini :

### 3.5.1. Perancangan Campuran Adukan Beton

Beton yang baik dibentuk dari butir-butir beraneka ragam yang dicampur dalam perbandingan tertentu sehingga hampir seluruh ruang kosong terisi padat. Perancangan adukan beton dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya, antara lain :

- a. kuat tekannya tinggi,
- b. mudah dikerjakan,
- c. tahan lama (awet),
- d. murah.

Pada penelitian ini, perhitungan proporsi bahan campuran adukan beton dipakai metode ACI (*American Concrete Institute*). Untuk dapat menghitung komposisi bahan yang dibutuhkan dalam campuran adukan beton, maka terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan terhadap bahan-bahan yang akan digunakan sesuai data-data yang diperlukan untuk perancangan metode ACI ini. Data-data hasil pemeriksaan tersebut adalah :

1. Berat jenis semen = 3,15 gr/cc
2. Modulus halus butir pasir = 2,6
3. Berat jenis pasir = 2,857 gr/cc
4. Ukuran (maks) pasir = 20 mm

5. Berat jenis split = 2,63 gr/cc  
 6. Berat jenis split (SSD) = 1587,9 Kg/m<sup>2</sup>

Berdasarkan data-data di atas, dapat dihitung proporsi masing-masing bahan-bahan yang akan digunakan dalam campuran adukan beton (lihat lampiran B).

### 3.5.2. Pencampuran Adukan Beton

Agar merata, pencampuran beton dilakukan dalam alat pencampur (*concrete mixer*) atau molen dengan kapasitas yang sesuai. Mula-mula masukkan sebahagian dari jumlah air dan semen yang dibutuhkan ke dalam molen yang sedang berputar. Setelah beberapa saat tambahkan agregat halus dan kasar serta sisa air dengan komposisi yang telah ditentukan.

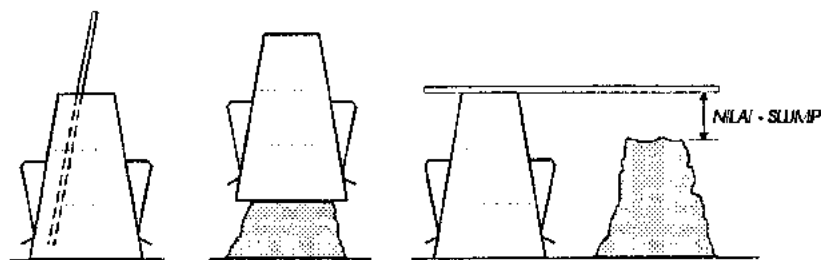
Dalam proses pencampuran tersebut sebaiknya posisi kemiringan molen jangan terlalu landai, untuk menghindari material tertumpah/terlempar keluar pada saat molen sedang berputar, sehingga perbandingan material yang telah ditentukan tidak berubah. Untuk memperkecil segregasi, material beton yang sudah tercampur merata dikeluarkan ke dalam tempat penampungan yang bersih dan tidak menyerap air serta aduk kembali dengan menggunakan skop sehingga terlihat seragam.

Sebelum dilakukan pencetakan, campuran beton diperiksa terlebih dahulu slump-nya dengan menggunakan kerucut Abrams.

### 3.5.3. Pengujian Slump

Pengujian slump yaitu suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton yang berguna dalam *workability* (kemudahan pengerjaan) beton. Pengujian dilakukan dengan menggunakan corong Abrams yang berbentuk kerucut terpancung yang diisi 3

(tiga) tahap/lapis beton. Setiap lapis ditusuk-tusuk dengan tongkat baja kurang lebih 25 kali. Setelah penuh, muka atas diratakan dan didiamkan selama 60 detik, kemudian tarik corong lurus ke atas dengan perlahan-lahan. Setelah itu diukur penurunan permukaan atas adukan beton. Besarnya penurunan adukan beton tersebut disebut nilai slump.



Gambar 3.2. Penentuan nilai slump

### 3.5.4. Pencetakan Beton

Oleskan pelumas pada cetakan plat beton, agar setelah mengeras beton tidak melekat pada cetakannya, kemudian siapkan cetakan tersebut pada tempat yang datar dan terlindung dari getaran maupun gangguan lainnya. Setelah proses pengadukan selesai, beton segar yang dihasilkan dimasukkan ke dalam cetakan. Dengan menggunakan sendok semen, padatkan dan ratakan adonan beton tersebut sampai setinggi setengah dari tebal plat. Letakkan anyaman tulangan di atasnya, kemudian cetakan diisi lagi dengan beton sampai penuh, padatkan dan ratakan. Setelah cetakan terisi penuh, letakkan profil baja di atasnya tepat di tengah-tengah pada arah membujur. Setelah didiamkan selama kurang lebih 24 jam, cetakan dapat dibongkar.

Perlu diperhatikan bahwa benda uji untuk tinjauan II, bagian yang bersinggungan dengan beton harus dilapisi plastik dan untuk tinjauan benda uji III, profil baja dimasukkan ke dalam plat beton setinggi flens dari profil baja tersebut.



### 3.5.5. Perawatan Beton

Untuk mencapai mutu beton sesuai dengan yang diharapkan, maka setelah beton dikeluarkan dari cetakan harus segera dilakukan perawatan, dengan cara direndam dalam air atau diselimuti dengan karung goni basah selama 28 hari.

## 3.6. Pelaksanaan Pengujian

### 3.6.1. Pengujian Desak Kubus Beton

Tujuan dilakukannya uji desak kubus beton adalah untuk mengetahui mutu beton sesungguhnya dari sampel (benda uji) plat beton pada balok komposit. Hasil pengujian desak kubus beton ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.3. Hasil uji desak kubus beton

No	Ukura (Cm) p x l x t	Luas (Cm <sup>2</sup> ) p x l	P <sub>maks</sub> (KN)	σ <sub>b</sub> ' (Kg/Cm <sup>2</sup> )
1.	15,10 x 15,15 x 15,20	228,7650	700	312,0219
2.	14,60 x 15,10 x 15,00	220,4600	750	346,9031
3.	15,35 x 15,15 x 15,70	232,5525	825	361,7509
4.	15,25 x 15,20 x 15,00	231,8000	680	229,1384
5.	15,15 x 15,15 x 15,00	229,5225	730	324,3204
6.	15,40 x 15,20 x 15,05	234,0800	775	337,6090

### 3.6.2. Pengujian Lentur

Pengujian lentur dilakukan setelah umur beton dari benda uji mencapai umur 28 hari. Benda uji yang berupa balok komposit diletakkan diatas dua tumpuan yang

berjarak 90 Cm, kemudian dibebani tepat ditengah-tengah bentang. Untuk membuat beban menjadi 2 titik, perlu ditambah pengantar beban yang terbuat dari baja tulangan polos yang dilaskan pada plat baja berjarak 30 Cm. dan ditambah profil baja sebagai pengaku agar plat baja tidak melendut pada saat dibebani. Berat keseluruhan dari pengantar beban ini = 26,6 Kg, jadi setiap angka yang terbaca pada jarum penunjuk beban harus ditambah 26,6 Kg.

Pengamatan lendutan pada saat dilakukan pengujian lentur dilakukan dengan bantuan alat “**dial gauge**” dengan ketelitian  $10^{-2}$  mm. yang dipasang dibawah tepat ditengah-tengah benda uji. Angka yang ditunjukkan pada jarum dial gauge dibaca dan dicatat tiap pertambahan beban 500 Kg. Mengingat keterbatasan dial gauge yang digunakan, yang hanya mampu membaca lendutan maksimum 10 mm, untuk amannya pembebanan dihentikan pada saat lendutan mencapai 9 mm.

Pada pelaksanaan pengujian ini harus diperhatikan kesiapan alat-alat yang akan digunakan dan juga kesiapan operator yang akan mengoperasikan alat-alat tersebut agar pelaksanaan pengujian dapat berjalan lancar sesuai dengan rencana. Jumlah personil yang terlibat minimal 3 orang yang masing-masing mempunyai tugas sendiri-sendiri, yaitu satu orang sebagai pengatur kerja mesin sekaligus sebagai pembaca jarum penunjuk beban, satu orang sebagai pembaca jarum dial gauge dan seorang lagi sebagai pencatat pembacaan tersebut. Hasil dari pengujian lentur balok komposit dapat dilihat pada tabel 3.4. halaman berikut ini.

Tabel 3.4. Hasil pengujian lentur balok komposit

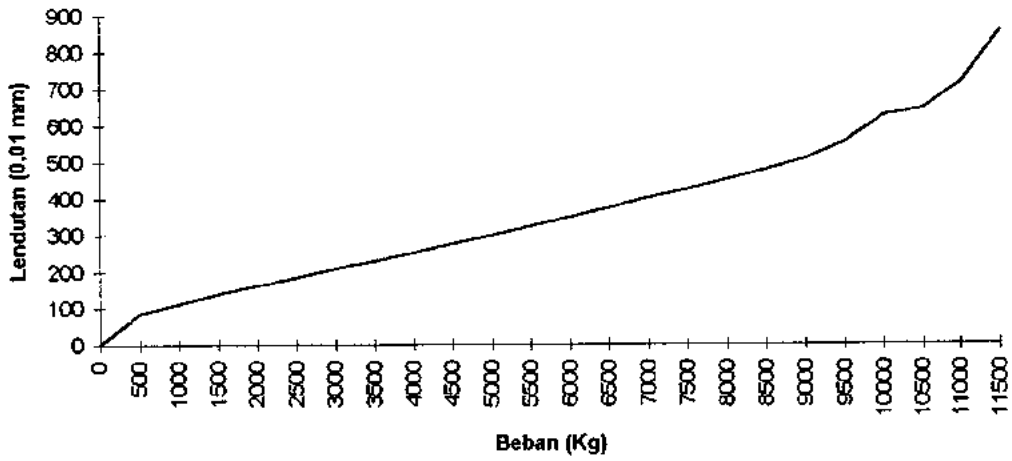
No.	Benda uji	Luluh		Maksimum	
		Beban (Kg)	Lendutan $10^{-2}$ mm	Beban (Kg)	Lendutan $10^{-2}$ mm
1	I.1	9.500	680	10.000	805
2	I.2	10.650	650	11.000	700
3	I.3	10.500	620	11.500	855
4	I.4	9.750	565	11.125	828
5	II.1	8.600	645	9.325	815
6	II.2	8.550	550	9.950	900
7	II.3	10.000	700	10.950	900
8	II.4	8.200	545	11.100	-
9	III.1	8.500	570	9.500	900
10	III.2	6.500	400	8.825	815
11	III.3	6.800	430	8.950	900
12	III.4	6.000	320	8.750	829

Grafik hubungan antara beban dan lendutan rata-rata berdasarkan pengamatan lendutan pada saat dilakukan pengujian lentur terhadap masing-masing tinjauan benda uji dapat dilihat pada halaman berikut ini.

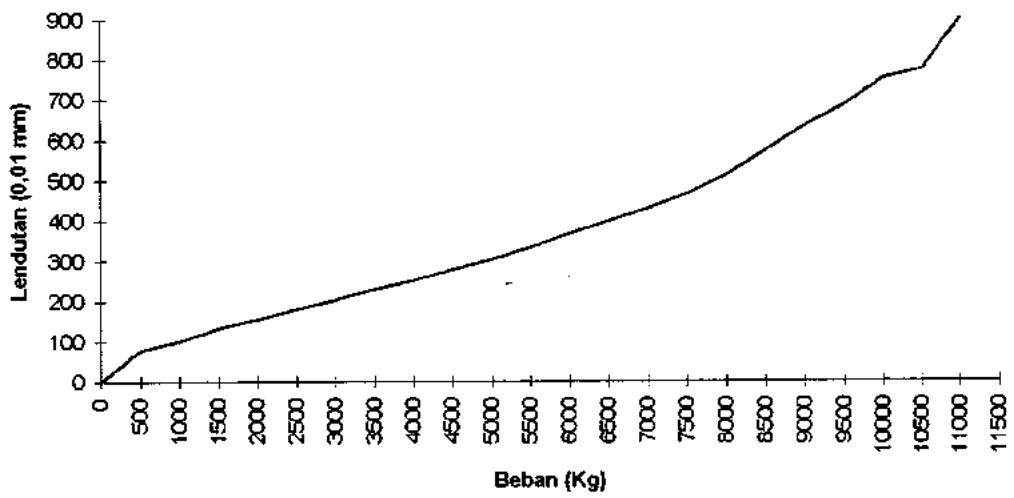
---

Catatan : Untuk mengetahui mutu yang sesungguhnya, Profil baja tidak dapat diuji karena keterbatasan alat yang tersedia pada Laboratorium BKT - FTSP. Maka dalam pengujian ini kami menganggap mutu profil baja yang digunakan sebagai benda uji adalah 400 Mpa, yaitu berdasarkan data yang diperoleh dari perusahaan dimana kami membeli profil baja tersebut.

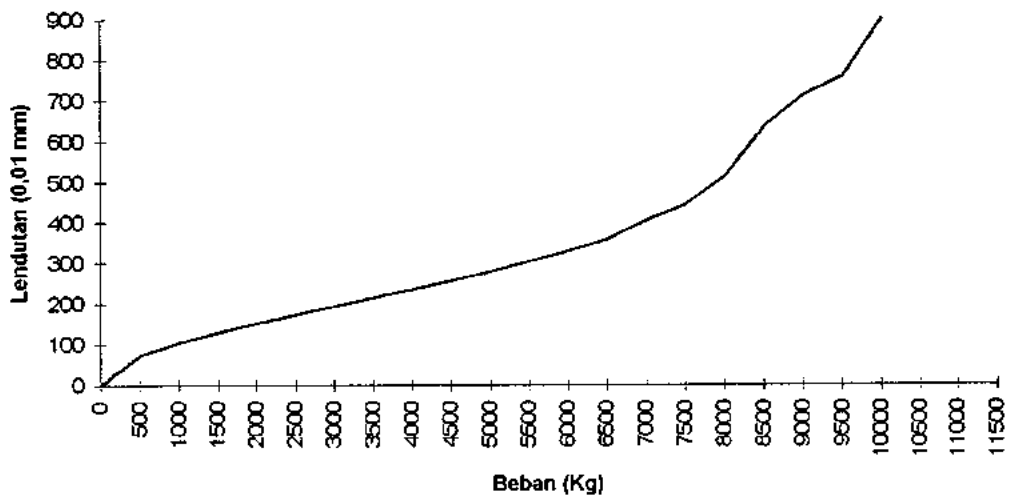
**Grafik 4.1. Lendutan rata-rata pada benda uji I**



**Grafik 4.2. Lendutan rata-rata pada benda uji II**

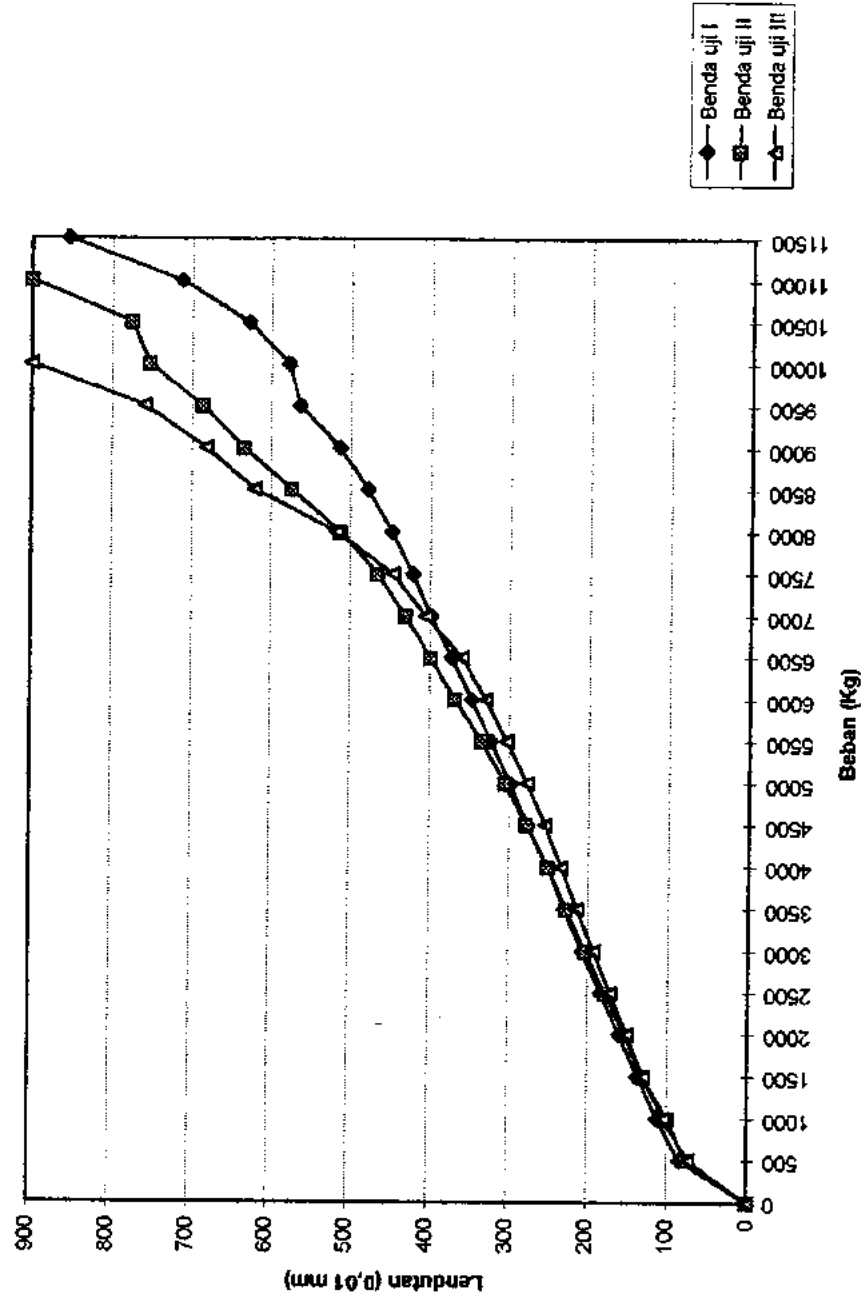


**Grafik 4.3. Lendutan rata-rata pada benda uji III**



Beban (Kg)	Lendutan (0,01 mm)		
	Benda uji I	Benda uji II	Benda uji III
0	0	0	0
500	85	76.8	73.3
1000	112	99.5	104.5
1500	137.3	131.3	129.8
2000	160.8	153.8	151
2500	184.5	178.5	171.8
3000	207.8	203.3	193.3
3500	230.5	227.5	214
4000	251.5	251.5	234
4500	276	278.3	254.8
5000	298.5	304.5	277.3
5500	322.8	334.8	302.8
6000	347.8	368.3	329.5
6500	372.5	399	359.8
7000	398.8	430.8	405.8
7500	421.8	466.3	446.5
8000	448.5	512.3	517.3
8500	478.3	574	620.5
9000	513	634.5	682
9500	564.3	686.7	758.5
10000	577.7	752.5	900
10500	628.7	775	
11000	712.3	900	
11500	855		

Grafik 4.4 Perbandingan lendutan dari masing-masing benda uji



## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisa Kuat Desak Beton ( $f'c$ )

Berdasarkan hasil pengujian kuat desak kubus beton (lihat tabel 3.3), didapat kuat desak rata-ratanya sebesar  $f'c_{kubus} = \sigma'b = 318,62395 \text{ Kg/Cm}^2$ .

Menurut SK SNI T-15-1991-03, kuat tekan beton yang disyaratkan  $f'c$  adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencanaan struktur (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm), dipakai dalam perencanaan struktur beton, dinyatakan dalam Mega Pascal (Mpa). Dari penelitian-penelitian sebelumnya telah diketahui/ditetapkan bahwa kuat tekan beton silinder = 0,83 kuat tekan beton kubus, atau  $f'c = 0,83 f'c_{kubus}$ . maka, kuat tekan dari benda uji adalah :

$$\begin{aligned} f'c &= 0,83 \cdot 318,62395 \text{ Kg/Cm}^2 \\ &= 264,4579 \text{ Kg/Cm}^2 \\ &\approx 26,4458 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.2. Analisa Tegangan Lekatan

Tegangan lekat yang merupakan adhesi antara baja-beton setelah beton mengering, dapat dinyatakan sebagai tegangan geser per satuan luas. Tegangan ini langsung ditransformasikan dari beton ke permukaan baja sehingga mengubah tegang-

an tarik baja di seluruh panjangnya. Pada penelitian ini tegangan lekat hanya terjadi pada benda uji tinjauan I dan tinjauan III, dimana beton dapat bersinggungan langsung dengan profil baja.

#### 4.2.1. Berdasarkan Hasil Pengujian

##### A. Sifat-sifat penampang benda uji tinjauan I dan II

$$f'c = 264,458 \frac{2,54^2}{0,454} = 3758,0996 \text{ psi.}$$

$$Ec = 57000 \sqrt{f'c} = 57000 \sqrt{3758,0982} = 3494290,429 \text{ psi.}$$

$$= 3494,2904 \text{ Ksi.}$$

$$Es = 29000 \text{ Ksi.}$$

$$n = \frac{Es}{Ec} = \frac{29000}{3494,2904} = 8,299 \approx 8$$

$$Yb = \frac{As \left( \frac{d}{2} \right) + \left( \frac{be}{n} \cdot ts \right) \left( d + ts - \frac{ts}{2} \right)}{As + \left( \frac{be}{n} \cdot ts \right)}$$

dimana,...  $d = 10 \text{ Cm}$

$$bf = 5 \text{ Cm}$$

$$tf = 0,75 \text{ Cm}$$

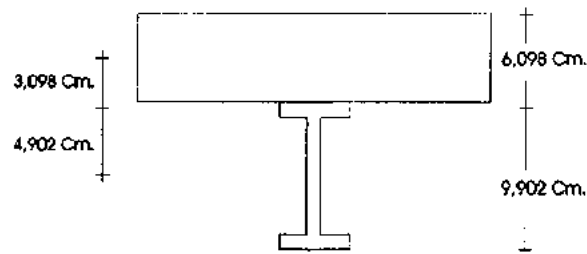
$$tw = 0,5 \text{ Cm}$$

$$As = 11,85 \text{ Cm}^2$$

$$Ix = 187 \text{ Cm}^4$$

$$Yb = \frac{11,85 \left( \frac{10}{2} \right) + \left( \frac{25}{8} \cdot 6 \right) \left( 10 + 6 - \frac{6}{2} \right)}{11,85 + \left( \frac{25}{8} \cdot 6 \right)} = 9,902 \text{ Cm.}$$

$$Yt = (d + ts) - Yb = 10 + 6 - 9,902 = 6,098 \text{ Cm.}$$



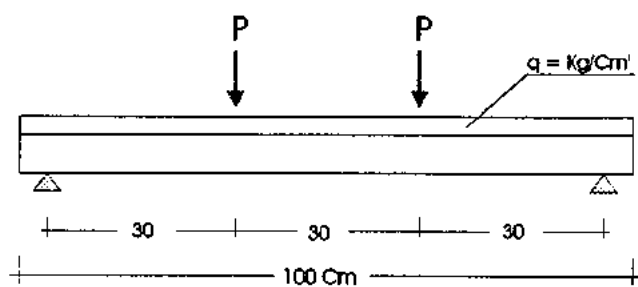
Gambar 4.1. Sifat penampang komposit (cara-n)

$$\begin{aligned}
 I_{comp} &= I_x + A_s (4,902)^2 + \frac{1}{12} \left( \frac{be}{n} \right) ts^3 + \left( \frac{be}{n} \cdot ts \right) 3,098^2 \\
 &= 187 + 11,85 (4,902)^2 + \frac{1}{12} \left( \frac{25}{8} \right) 6^3 + \left( \frac{25}{8} \cdot 6 \right) 3,098^2 \\
 &= 707,9559 \text{ Cm}^4
 \end{aligned}$$

Modulus penampang beton terhadap garis netral adalah :

$$S_c = \left( \frac{be}{n} \cdot ts \right) 3,098^2 = \left( \frac{25}{8} \cdot 6 \right) 3,098^2 = 58,0875 \text{ Cm}^3$$

**B. Analisa hasil pengujian lentur**



Gambar 4.2. Pembebanan pada pengujian lentur

Tabel 4.1. Beban luluh rata-rata berdasarkan hasil pengujian

Benda uji	P (Kg)	q (Kg/Cm')	Lendutan (10 <sup>-2</sup> mm)
I	5063,30	0,46	628,8
II	4432,05	0,46	6,100
III	3488,30	0,45	4,3



Diketahui :  $- R = 1/2 q L_1 + P$

$$- M_{maks} = R \cdot 1/2 L - P \cdot 1/6 L - 1/4 q L_1^2$$

maka,.....

**a. Tinjauan benda uji I**

$$R = 1/2 \cdot 0,46 \cdot 100 + 5063,3 = 5086,3 \text{ Kg}$$

$$M = 5086,3 \cdot 1/2 \cdot 90 - 5063,3 \cdot 1/6 \cdot 90 - 1/8 \cdot 0,46 \cdot 100^2 = 152359 \text{ Kg.Cm.}$$

**b. Tinjauan benda uji II**

$$R = 1/2 \cdot 0,46 \cdot 100 + 4432,05 = 4455,05 \text{ Kg}$$

$$M = 4455,05 \cdot 1/2 \cdot 90 - 4432,05 \cdot 1/6 \cdot 90 - 1/8 \cdot 0,46 \cdot 100^2 = 133421,5 \text{ Kg.Cm}$$

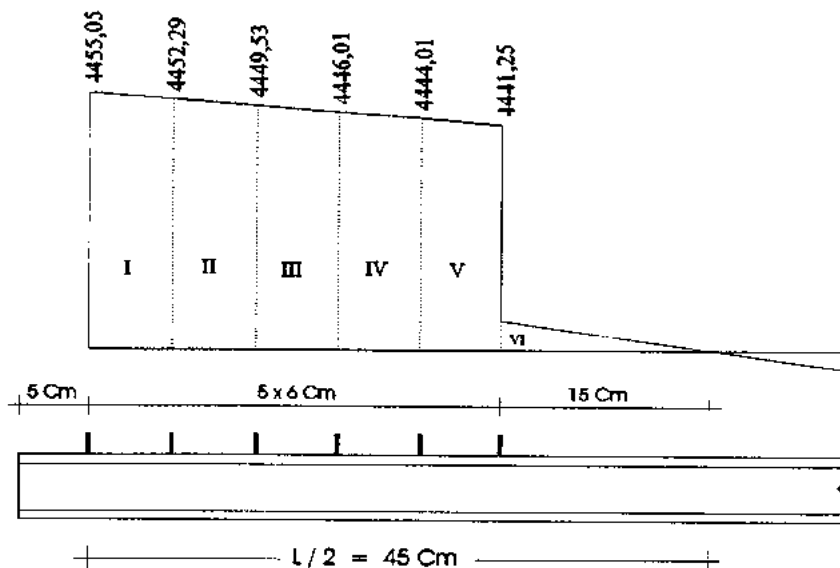
**c. Tinjauan benda uji III**

$$R = 1/2 \cdot 0,45 \cdot 100 + 3488,3 = 3510,8 \text{ Kg}$$

$$M = 3510,8 \cdot 1/2 \cdot 90 - 3488,3 \cdot 1/6 \cdot 90 - 1/8 \cdot 0,45 \cdot 100^2 = 105099 \text{ Kg.Cm}$$

**C. Meninjau perbedaan geser antara benda uji I dan II**

Diagram gaya geser yang terjadi pada benda uji II



Gaya geser rata-rata pada daerah :

$$\text{I, } D_{\text{I}} = \frac{4455,05 + 4452,29}{2} = 4453,67 \text{ Kg}$$

$$\text{II, } D_{\text{II}} = \frac{4452,29 + 4449,53}{2} = 4450,91 \text{ Kg}$$

$$\text{III, } D_{\text{III}} = \frac{4449,53 + 4446,77}{2} = 4448,15 \text{ Kg}$$

$$\text{IV, } D_{\text{IV}} = \frac{4446,77 + 4444,01}{2} = 4445,39 \text{ Kg}$$

$$\text{V, } D_{\text{V}} = \frac{4444,01 + 4441,25}{2} = 4442,63 \text{ Kg}$$

$$\text{VI, } D_{\text{VI}} = \frac{9,2}{2} = 4,6 \text{ Kg}$$

$$\text{Diketahui, } \tau_i = \frac{D_i \cdot Sc}{I_{comp} \cdot bf}$$

$$\text{maka,..... } \tau_{\text{I}} = \frac{4453,67 \cdot 58,0875}{707,9559 \cdot 5} = 73,0844 \text{ Kg/Cm}^2$$

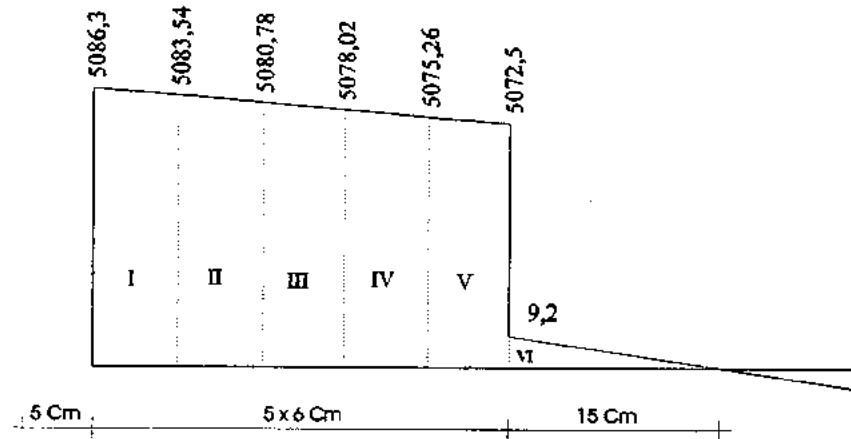
$$\tau_{\text{II}} = \frac{4450,91 \cdot 58,0875}{707,9559 \cdot 5} = 73,0391 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\tau_{\text{III}} = \frac{4448,15 \cdot 58,0875}{707,9559 \cdot 5} = 72,9938 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\tau_{\text{IV}} = \frac{4445,39 \cdot 58,0875}{707,9559 \cdot 5} = 72,9485 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\tau_{\text{V}} = \frac{4442,63 \cdot 58,0875}{707,9559 \cdot 5} = 72,9032 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\tau_{\text{VI}} = \frac{4,6 \cdot 58,0875}{707,9559 \cdot 5} = 0,0755 \text{ Kg/Cm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada benda uji I

Geser rata-rata pada daerah :

$$\text{I, } D_{\text{I}} = \frac{5086,3 + 5083,54}{2} = 5084,92 \text{ Kg}$$

$$\text{II, } D_{\text{II}} = \frac{5083,54 + 5080,78}{2} = 5082,16 \text{ Kg}$$

$$\text{III, } D_{\text{III}} = \frac{5080,78 + 5078,02}{2} = 5079,40 \text{ Kg}$$

$$\text{IV, } D_{\text{IV}} = \frac{5078,02 + 5075,26}{2} = 5076,64 \text{ Kg}$$

$$\text{V, } D_{\text{V}} = \frac{5075,26 + 5075,5}{2} = 5073,88 \text{ Kg}$$

$$\text{VI, } D_{\text{VI}} = \frac{9,2}{2} = 4,6 \text{ Kg}$$

$$\text{maka,..... } \tau'_{\text{I}} = \frac{5084,92 \cdot 58,0875}{707,9559 \cdot 5} = 83,4431 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\tau'_{\text{II}} = \frac{5082,16 \cdot 58,0875}{707,9559 \cdot 5} = 83,3978 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\tau'_{\text{III}} = \frac{5079,4 \cdot 58,0875}{707,9559 \cdot 5} = 83,3526 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\tau'_{IV} = \frac{5079,4 \cdot 58,0875}{707,9559 \cdot 5} = 83,3525 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\tau'_{V} = \frac{5073,64 \cdot 58,0875}{707,9559 \cdot 5} = 83,2580 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\tau'_{VI} = \frac{4,6 \cdot 58,0875}{707,9559 \cdot 5} = 0,0755 \text{ Kg/Cm}^2$$

Didapat tegangan lekat pada tiap-tiap daerah :

$$\mu_i = \tau'_i - \tau_i \rightarrow \mu_I = \tau'_I - \tau_I = 83,4431 - 73,0844 = 10,3587 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\mu_{II} = \tau'_{II} - \tau_{II} = 83,3978 - 73,0391 = 10,3587 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\mu_{III} = \tau'_{III} - \tau_{III} = 83,3525 - 72,9938 = 10,3587 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\mu_{IV} = \tau'_{IV} - \tau_{IV} = 83,3072 - 72,9485 = 10,3587 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\mu_V = \tau'_V - \tau_V = 83,2619 - 72,9032 = 10,3587 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\mu_{VI} = \tau'_{VI} - \tau_{VI} = 0,07550 - 0,07550 = 0,0 \text{ Kg/Cm}^2$$

Dari tinjauan perbedaan geser antara benda uji I dan II didapat :

1. Tegangan lekat rata-rata pada daerah I -V = 10,3587 Kg/Cm<sup>2</sup>

2. Tegangan lekat rata-rata pada daerah VI = 0,0 Kg/Cm<sup>2</sup>

Jadi, berdasarkan hasil pengujian lentur didapat tegangan lekat batas ( $\mu$ ) rata-rata sebesar 10,3587 Kg/Cm<sup>2</sup>

#### 4.2.2. Berdasarkan Teori Lekatan, dari Profil Baja yang Seluruhnya Ditanam Ke dalam Beton

John P. Cook dalam bukunya yang berjudul “Composit Construction Methode” dan Jack Mc. Cormac dalam bukunya “Struktural Stell Design” memberikan harga lekatan izin ( $\mu$ ) antara bidang singgung beton terhadap puncak flens profil baja yang

seluruhnya ditanam ke dalam beton yaitu sebesar  $\mu = 0,03 f'c$

$$= 0,03 \cdot 26,4458 = 0,79337 \text{ Mpa}$$

$$= 7,9337 \text{ Kg/Cm}^2.$$

#### 4.1.3. Berdasarkan Teori Lekatan, yang Mempengaruhi Panjang Penyaluran Pada Struktur Beton Bertulang

Bila permukaan singgung antara beton dan profil baja diasumsikan sebagai keliling dari tulangan baja yang ditanam ke dalam beton, maka tegangan lekatan dapat dihitung menggunakan persamaan-persamaan berikut ini.

Apabila kekuatan lekatan, sama atau lebih besar dari pada kekuatan leleh tulangan yang luas penampangnya  $Ab = \pi d_b^2 / 4$  maka, dari persamaan 2.17 dapat diperoleh

$$\pi d_b l_d \mu \geq Ab Fy \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

diketahui bahwa,

$$\mu = k \sqrt{f'c} \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

dari persamaan 4.1. dan 4.2. diperoleh :

$$l_d = \frac{Ab \cdot Fy}{\pi d_b k \sqrt{f'c}} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

bila diambil harga,

$$k_1 = \frac{1}{\pi d_b k} \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

maka persamaan 4.3. menjadi :



$$l_d = k_1 \frac{A_b F_y}{\sqrt{f'c}} \dots\dots\dots (4.5)$$

Untuk batang tulangan baja D-36 atau lebih kecil, SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.5.2. memberikan harga  $k_1 = 0,02$  (dalam persamaan 4.5) sebagai fungsi dari panjang penyaluran dasar. Dengan memasukkan harga  $k_1$  ke dalam persamaan 4.4. maka diperoleh harga  $k$ , sehingga didapat tegangan lekat rata-ratanya.

bila diketahui :  $bf = 50 \text{ mm}$

$t_f = 7,5 \text{ mm}$

$l = 900 \text{ mm}$

$\varnothing_{\text{connector}} = 8 \text{ mm}$

keliling =  $\pi d_b$  dimana,  $d_b = \frac{\text{keliling}}{\pi}$

maka dari persamaan 4.4. didapat  $k = \frac{1}{\text{keliling} \cdot k_1}$

Sesuai dengan benda uji yang digunakan, keliling disini diartikan sebagai  $bf$ .

maka ; .....

**a. Tinjauan benda uji I**

Luas bidang singgung ( $\Delta$ ),  $\Delta_1 = (bf \cdot l) - n (1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2)$   
 $= (50 \cdot 900) - 12 (1/4 \cdot \pi \cdot 8^2)$   
 $= 44396,8142 \text{ mm}^2$

maka  $bf$  ekivalen,  $bf' = \Delta_1 / l = 44396,8142 / 900 = 49,3298 \text{ mm}$

$k = \frac{1}{49,3968 \cdot 0,02} = 1,0122$

$$\begin{aligned} \text{maka tegangan lekat batas, } \mu &= k \sqrt{f'c} = 1,0122 \sqrt{26,4458} = 5,20528 \text{ Mpa} \\ &= 52,0528 \text{ Kg/Cm}^2 \end{aligned}$$

#### **b. Tinjauan benda uji III**

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang singgung } (\Delta), \Delta_3 &= [bf + (2tf)]l = [50 + (2 \cdot 7,5)] 900 \\ &= 58500 \end{aligned}$$

$$\text{maka } bf \text{ ekuivalen, } bf' = \Delta_3 / l = 58500 / 900 = 65 \text{ mm}$$

$$k = \frac{1}{65 \cdot 0,02} = 0,7692$$

$$\begin{aligned} \text{maka tegangan lekat batas, } \mu &= k \sqrt{f'c} = 0,7692 \sqrt{26,4458} = 3,95565 \text{ Mpa} \\ &= 39,5565 \text{ Kg/Cm}^2 \end{aligned}$$

### **4.3. Chek Kapasitaas Tampang Ultimit**

Dalam penentuan kapasitas batas penampang komposit, secara tersirat dianggap bahwa interaksi antara balok baja dan plat beton harus memadai.<sup>[1]</sup>

- Gaya geser,  $V_h$  yang harus ditahan :

$$C = 0,85 \cdot f'c \cdot b_e \cdot t_s = 0,85 \cdot 264,458 \cdot 25 \cdot 6 = 33718,395 \text{ Kg}$$

$$T = A_s \cdot F_y = 11,85 \cdot 4000 = 47400 \text{ Kg}$$

$$\text{diambil harga terkecil, yaitu : } V_h = \underline{33718,395 \text{ Kg}}$$

- Tegangan lekatan diambil berdasarkan hasil pengujian, yaitu sebesar :

$$\mu = \underline{10,3587 \text{ Kg/Cm}^2}$$

#### **4.3.1. Tinjauan Benda Uji I**

- Tahanan geser yang tersedia :

$$Vh' = (n \cdot q_{\text{connector}}) + (\mu \cdot \Delta_1) = (12 \cdot 2515,26) + (10,3587 \cdot 443,9681) \\ = 34102,2348 \text{ Kg}$$

$$Vh' = 34782,0524 \text{ Kg} > Vh = 33718,395 \text{ Kg} \dots\dots\dots \text{ Ok} \\ \text{(komposit penuh)}$$

a. Dianggap plat beton memadai (garis netral jatuh pada plat beton)

$$a = \frac{As \cdot Fy}{0,85 \cdot f'c \cdot be} = \frac{11,85 \cdot 4000}{0,85 \cdot 264,458 \cdot 25} = 8,43 \text{ Cm} > ts = 6 \text{ Cm} \\ \text{( anggapan salah )}$$

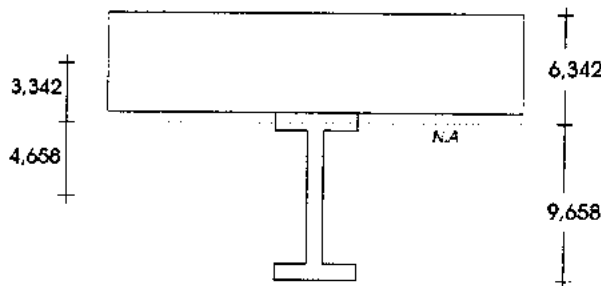
b. Dianggap garis netral jatuh pada flens profil baja

$$Cc = C = 33718,395 \text{ Kg}$$

$$Cs = \frac{(As \cdot Fy) - Cc}{2} = \frac{(11,85 \cdot 4000) - 33718,395}{2} = 6840,8025 \text{ Kg}$$

Dengan menganggap hanya sayap profil ( $bf = 5 \text{ Cm}$ ) yang tertekan, bagian sayap

$$df \text{ ke garis netral adalah : } df = \frac{Cs}{Fy \cdot bf} = \frac{6840,8025}{4000 \cdot 5} \\ = 0,342 \text{ Cm} < ts = 0,75 \text{ Cm} \\ \text{( anggapan benar )}$$



Gambar 4.3. Sifat penampang komposit (cara-ultimit)

Maka jarak titik berat bagian penampang baja yang tertarik ke dasar balok adalah :

$$y = \frac{As \left[ \frac{d}{2} \right] - (df \cdot bf) \left[ \frac{df}{2} + Yb \right]}{As - (df \cdot bf)}$$



$$y = \frac{11,85 \left[ \frac{10}{2} \right] - (0,342 \cdot 5) \left[ \frac{0,342}{2} + 9,658 \right]}{11,85 - (0,342 \cdot 5)} = 4,1858 \text{ Cm}$$

maka, .....  $d' = (d + ts) - ts/2 - y$   
 $= (10 + 6) - 6/2 - 4,1858 = 8,8142 \text{ Cm}$

$$d'' = d - df/2 - y$$

$$= 10 - 0,342/2 - 4,1848 = 5,6432 \text{ Cm}$$

$$Mu = (Cc \cdot d') + (Cs \cdot d'')$$

$$= (33718,395 \cdot 8,8148) + (6840 \cdot 5,6432)$$

$$= 335804,6939 \text{ Kg.Cm } \ggg M_1 = 152359 \text{ Kg.Cm}$$

**4.3.2. Tinjauan Benda Uji II**

- Tahanan geser yang tersedia

$$Vh' = n \cdot q_{connector} = 12 \cdot 2515,26 = 301883,12 \text{ Kg}$$

$Vh' = 30183,12 \text{ Kg} < Vh = 33718,395 \text{ Kg}$  ..... No  
 ( Komposit parsial )

Untuk menghitung seberapa besar kapasitas tampang ultimit pada struktur komposit interaksi parsial seperti ini, dibutuhkan penurunan persamaan yang sangat rumit, karenanya kami tidak dapat menghitung berapa kapasitas tampang ultimit benda uji pada tinjauan II. Tetapi yang pasti bahwa besarnya kapasitas tampang ultimit pada interaksi parsial harus lebih kecil dari kapasitas tampang struktur komposit yang mampu mengembangkan interaksi penuh.

**4.3.3. Tinjauan Benda Uji III**

Dianggap besarnya tegangan lekat batas dari benda uji pada tinjauan III, sama dengan

yang didapat dari benda uji pada tinjauan I, yaitu sebesar  $10,3587 \text{ Kg/Cm}^2$ .

- Tahanan geser yang tersedia :

$$Vh' = \mu \cdot \Delta_3 = 10,3587 \cdot 585 = 6059,84 \text{ Kg} \lll Vh = 33718,395 \text{ Kg}$$

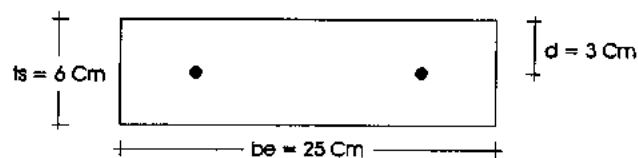
( bukan komposit )

Karena tegangan lekatan hanya mampu menciptakan tahanan geser yang jauh lebih kecil dari yang diperlukan untuk aksi komposit penuh, maka benda uji pada tinjauan III ini dianggap bukan merupakan stuktur komposit. Maka untuk menghitung besarnya kapasitas tampang ultimit, benda uji pada tinjauan III ini dianggap dua bahan yaitu plat beton dan balok baja yang disusun menjadi satu tetapi bekerja secara terpisah saat menerima beban.

$$M_{tu} = \Sigma M_{tu} = M_{plat} + M_{balok\ baja}$$

#### a. Perhitungan $M_{plat}$

Diketahui tulangan plat beton  $\varnothing 8 \text{ mm}$ . dengan tegangan luluh,  $F_y = 2400 \text{ Kg/Cm}^2$



$$A_s = 2 \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \right)$$

$$= 2 \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 \right) = 1,0053 \text{ Cm}$$

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot be \cdot a = 0,85 \cdot 264,458 \cdot 25 \cdot a$$

$$= 5619,7325 a$$

$$T = A_s \cdot F_y = 1,0053 \cdot 2400 = 2412,72 \text{ Kg}$$

$$C = T \rightarrow 5619,7325 a = 2412,72$$

$$\text{maka, } a = \frac{2412,72}{5619,7325} = 0,4293$$

$$\begin{aligned}
 M_{plat} &= C \left( d - \frac{a}{2} \right) = 2412,72 \left( 3 - \frac{0,4293}{2} \right) \\
 &= \underline{6720,2697 \text{ Kg.Cm}}
 \end{aligned}$$

#### b. Perhitungan $M_{balok\ baja}$

Diketahui,  $\sigma = M/S$  atau  $M = \sigma \cdot S$

$M_{ultimit}$  dicapai pada saat tegangan yang terjadi mencapai luluh baja,  $\sigma = Fy$

maka  $M_{balok\ baja} = Fy \cdot S = 4000 \cdot 37,5 = \underline{150000 \text{ Kg.Cm}}$

Jadi  $Mu = 15152,9219 + 150000$

$= 165152,9219 \text{ Kg.Cm} \ggg 105099 \text{ Kg.Cm}$

## 4.4. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian lentur, didapat tegangan lekat batas sebesar  $10,3587 \text{ Kg/Cm}^2$ . Bila diambil angka aman sebesar 1,5 maka didapat tegangan lekat yang diizinkan untuk struktur komposit baja-beton seperti pada penelitian ini, yaitu sebesar  $6,906 \text{ Kg/Cm}^2$ . Masing-masing buku yang ditulis oleh **John P. Cook** dan **Jack Mc. Cormac** menyebutkan bahwa tegangan lekat yang diizinkan antara beton dan puncak flens baja dari profil baja yang ditanam seluruhnya ke dalam beton yaitu sebesar  $\mu = 0,03 f'c$ . Seperti yang telah dijelaskan pada sub-bab 4.2.2, sesuai dengan mutu beton yang digunakan sebagai benda uji dalam penelitian ini didapat tegangan lekatan izin sebesar  $7,9337 \text{ Kg/Cm}^2$ .

Dari hasil penelitian ini, belum dapat diambil suatu persamaan yang dapat menghitung berapa besar tegangan lekat batas pada struktur komposit dimana profil baja sebagai balok penyanggah platbeton-nya. Tetapi, jika kita melihat perbandingan

besarnya tegangan lekatan bila kita menggunakan persamaan  $\mu = 0,03 f'c$ , sedikit lebih besar (12,95 %) dari hasil yang diperoleh melalui pengujian. Untuk membuat persamaan yang sekaligus membuktikan apakah persamaan di atas dapat diterapkan untuk mencari besarnya tegangan lekatan pada struktur komposit baja-beton dimana profil baja sebagai balok penyanggah plat beton-nya diperlukan penelitian lanjutan dengan dimensi dan mutu beton yang bervariasi.

Dari analisa di atas, ternyata kuat lentur benda uji saat dilakukan pengujian jauh lebih kecil, mengapa ? Diketahui bahwa profil baja yang digunakan sebagai benda uji dalam penelitian ini tidak diuji terlebih dahulu, sehingga mutunya tidak diketahui dengan jelas. Maka sebab yang paling memungkinkan dari pernyataan di atas adalah mutu (tegangan luluh) profil baja yang digunakan lebih kecil dari yang diperhitungkan semula ( $F_y$  sesungguhnya  $< F_y = 4000 \text{ Kg/Cm}^2$ ).

Jika ternyata benar, bahwa profil baja yang digunakan lebih kecil dari yang diperhitungkan semula, maka ada kemungkinan dalam perencanaan *shear connector* yang semula berdasarkan anggapan luluh beton-nya adalah salah. Atau logikanya, *shear connector* belum luluh pada saat pengujian menyatakan bahwa benda uji sudah luluh.

#### 4.4.1. Perkiraan Kuat Luluh Baja

Sebagai pendekatan untuk mengetahui berapa mutu profil baja sesungguhnya dapat dianalisa dari benda uji pada tinjauan III, dimana benda uji dianggap bukan komposit. Dari data hasil pengujian lentur didapat momen ultimit rata-rata untuk benda uji III yaitu sebesar,  $M_{III} = 105099 \text{ Kg.Cm}$ . Sedangkan berdasarkan analisa dari benda uji III ini (lihat sub-bab 4.3.3) diketahui bahwa plat beton sendiri memiliki

kapasitas momen ultimit sebesar,  $M_{plat} = 6720,2697 \text{ Kg.Cm}$ . Maka balok baja sendiri mampu menahan momen batas sebesar,

$$M_{batok} = M_{III} - M_{plat} = 105099 - 6720,2697 = 98378,7303 \text{ Kg.Cm}$$

Diketahui,  $\sigma = M/S$

$M_{ultimit}$  dicapai apabila tegangan ( $\sigma$ ) yang terjadi mencapai tegangan luluh ( $F_y$ )

maka,  $F_y = Mu/S$

$$= \frac{98378,7303}{37,5} = 2623,4 \text{ Kg/Cm}^2 \approx 2623 \text{ Kg/Cm}^2$$

#### 4.4.2. Gaya Geser Yang Terjadi Pada *Shear Connector*

Diketahui bahwa pada benda uji II, bidang singgung antara profil baja dan plat beton diberi plastik. Meskipun ada gesekan (*friction*) antara profil baja dan plastik tetapi sangat kecil, sehingga gaya geser yang terjadi pada bidang singgung antara plat beton dan profil baja seluruhnya ditahan oleh *shear connector*.

Pada sub-bab 4.2.1.c. (gambar diagram yang terjadi pada benda uji II) dapat dilihat bahwa ada perbedaan bidang gaya geser yang harus ditahan oleh *shear connector* sebelah dalam.

- Gaya geser yang diterima oleh masing-masing connector adalah :

$$V_i = \tau_i \cdot \text{luas bidang geser}$$

$$\text{maka, ..... } V_1 = 73,0844 \cdot 30 = 2192,532 \text{ Kg.}$$

$$V_2 = 73,0391 \cdot 30 = 2191,173 \text{ Kg.}$$

$$V_3 = 72,9938 \cdot 30 = 2189,814 \text{ Kg.}$$

$$V_4 = 72,9485 \cdot 30 = 2188,455 \text{ Kg.}$$

$$V_5 = 72,9032 \cdot 30 = 2187,096 \text{ Kg.}$$

$$V_6 = 0,0189 \cdot 75 = 1,4174 \text{ Kg.}$$

Sesuai bidang gaya gesernya, yang menerima beban terbesar adalah *shear connector* yang paling tepi yaitu sebesar  $V_1 = 2192,532 \text{ Kg.}$  masih lebih kecil dari gaya geser ultimit-nya,  $q = 2515,26 \text{ Kg.}$

#### 4.4.3. Pengaruh Tegangan Lekatan

Melihat perbandingan hasil pengujian kuat lentur antara benda uji tinjauan I dan II, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan adanya tegangan lekatan, dapat menambah tahanan geser pada bidang singgung antara plat beton dan balok baja sebesar :  $VI = \mu \cdot \Delta_1 = 10,3587 \cdot 443,9681 = 4598,9324 \text{ Kg.}$

yang pengaruhnya dapat menambah kuat lentur benda uji pada tinjauan I, sebesar :

$$M_I - M_{II} = 152359 - 133421,5 = 18937,5 \text{ KgCm}$$

$$\begin{aligned} \text{atau : } & \frac{M_I - M_{II}}{M_{II}} \cdot 100 \% \\ & = \frac{152359 - 133421,5}{133421,5} \cdot 100 \% = 14,19 \% \end{aligned}$$

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sebenarnya besarnya tegangan lekat batas rata-rata di sepanjang bentang pada tinjauan benda uji I sama yaitu  $10,3587 \text{ Kg/Cm}^2$ . Dari analisa tegangan lekatan yang meninjau perbedaan geser antara tinjauan benda uji I dan II diperoleh  $\mu_{VI} = 0$  (hal. 44). karena gaya geser yang terjadi sangat kecil dan masih mampu ditahan oleh shear connector, sehingga lekatan sepanjang daerah VI (lihat diagram gaya geser hal. 43) belum mempengaruhi gaya geser yang terjadi.
2. Dari tinjauan benda uji III tidak dapat dihitung tegangan lekatannya karena benda uji bukan komposit.
3. Karena selisih hasil yang diperoleh sangat jauh berbeda, maka untuk mencari berapa besarnya tegangan lekatan, permukaan singgung antara plat beton dan profil baja tidak bisa diasumsikan sebagai keliling tulangan seperti pada struktur beton bertulang.
4. Setelah dilakukan pengujian lentur, terlihat perbedaan antara benda uji tinjauan I dan II, yaitu pada benda uji tinjauan II, shear connectornya tertekuk ke arah luar

lebih besar bila dibandingkan benda uji tinjauan I, dan balok baja pada benda uji tinjauan II lebih melengkung dibandingkan benda uji tinjauan I.

5. Setelah dilakukan penelitian dari seluruh benda uji, ternyata pengaruh lekatan dapat menambah tahanan geser pada bidang singgung antara plat beton dan profil baja yang akibatnya mampu meningkatkan kapasitas momen lentur balok komposit hingga 14,15 %

## 5.2. Saran-saran

Dari pengalaman selama melaksanakan penelitian di laboratorium dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut :

1. Dalam pelaksanaan penelitian ini sebaiknya perlu diperhatikan antara lain :
  - a. Profil baja yang digunakan sebelumnya harus ditest terlebih dahulu sehingga mutunya dapat diketahui dengan jelas.
  - b. Sebelumnya harus dilakukan uji pendahuluan terhadap kuat desak beton dengan perbandingan yang telah dihitung berdasarkan kriteria bahan yang digunakan, sehingga tidak berpengaruh terhadap hitungan awal perencanaan shear connector
2. Sebaiknya digunakan metode yang baik dalam menentukan campuran adukan, sehingga didapat mutu beton yang mendekati yang diinginkan.
3. Seharusnya juga dilakukan pengujian geser langsung sebagai perbandingan untuk menentukan besarnya tegangan lekatan.
4. Adanya tindak lanjut pada penelitian ini, terutama variasi mutu beton dan profil baja yang digunakan.