

PEDOMAN

Pd T-12-2005-B

Konstruksi dan Bangunan

**Perencanaan lantai jembatan rangka baja dengan
menggunakan *corrugated steel plate (CSP)***

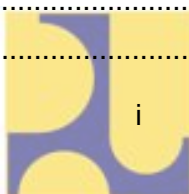


DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM



Daftar isi

Daftar isi	i
Daftar gambar	ii
Daftar tabel	ii
Daftar notasi	iii
Prakata	iv
Pendahuluan	v
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
3.1 Pelat baja bergelombang (<i>corrugated steel plate</i>)	1
3.2 Penghubung geser	1
3.3 Struktur komposit	1
4 Persyaratan-persyaratan	2
4.1 Persyaratan umum	2
4.2 Persyaratan teknis	2
4.2.1 Persyaratan bahan CSP	2
4.2.2 Persyaratan bahan baja tulangan	2
4.2.3 Persyaratan beton	2
5 Perencanaan	3
5.1 Dasar perencanaan	3
5.1.1 Hubungan tidak komposit	3
5.1.2 Hubungan komposit sempurna	3
5.2 Penghubung geser	4
5.2.1 Pendahuluan	4
5.2.2 Cara kerja dari penghubung geser	5
5.2.2.1 Lekatan	5
5.2.2.2 Penghubung geser tipe <i>headed stud</i>	5
5.2.2.3 Penghubung geser pada pelat <i>corrugated</i> yang ditakik	6
5.2.3 Perhitungan penghubung geser	6
5.3 Gaya geser longitudinal pada pelat komposit	7
5.3.1 Metoda m-k	7
5.4 Kapasitas penampang pelat CSP	8
5.4.1 Kapasitas lentur	8
5.4.2 Kapasitas geser pons	10
5.5 Penulangan	11
5.5.1 Pemasangan penghubung geser dengan baja tulangan	11
5.5.2 Pemasangan <i>Shear Connector</i> dengan baut pada CSP	11
6 Pelaksanaan	12
Lampiran A (informatif)	13



Lampiran B (informatif) Contoh perencanaan	14
Lampiran C (informatif) Sketsa gambar benda uji laboratorium	25
Lampiran D (informatif) Tabel hasil pengujian laboratorium	26
Lampiran E (informatif) Daftar nama dan lembaga	28
Bibliografi	29

Daftar gambar

Gambar 1	Struktur balok tidak komposit	3
Gambar 2	Diagram regangan struktur balok tidak komposit	3
Gambar 3	Struktur balok komposit	4
Gambar 4	Diagram tegangan regangan struktur balok komposit	4
Gambar 5	Efek penghubung geser pada tegangan lentur dan geser.	4
Gambar 6	Penghubung geser tipe <i>headed stud</i>	5
Gambar 7	Penampang umum pelat komposit	5
Gambar 8	Penampang kritis untuk pelat komposit	7
Gambar 9	Tahanan lentur dari pelat komposit	7
Gambar 10	Definisi dari m dan k	7
Gambar 11	Bentuk penampang struktur komposit beton dengan pelat baja ...	8
Gambar 12	Idealisasi bentuk penampang struktur komposit.	9
Gambar 13	Keliling kritis dalam geser pons	9
Gambar 14	Pemasangan <i>shear connector</i> besi tulangan pada pelat CSP	11
Gambar 15	Pemasangan <i>shear connector</i> baut pada pelat CSP	11

Daftar Tabel

Tabel 1	Komposisi material untuk CSP	2
---------	------------------------------------	---



Daftar Notasi

B	: lebar <i>Corrugated</i> terpasang
H	: tinggi pelat komposit
b	: lebar pelat baja bagian atas dan bawah
t	: tebal pelat baja
h	: tinggi pelat baja
A_s'	: luas tulangan tekan
A_s	: luas tulangan tarik
d'	: jarak pusat tulangan tekan sampai serat tekan atas beton
d	: jarak pusat tulangan tarik sampai serat tekan atas beton
A_{s1}	: jumlah luas pelat <i>Corrugated</i> bagian bawah
A_{s2}	: jumlah luas pelat <i>Corrugated</i> bagian tengah
A_{s3}	: jumlah luas pelat <i>Corrugated</i> bagian puncak
d_1	: jarak dari titik berat luas A_{s1} sampai serat atas tekan beton
d_2	: jarak dari titik berat luas A_{s2} sampai serat atas tekan beton
d_3	: jarak dari titik berat luas A_{s3} sampai serat atas tekan beton
d_4	: jarak dari pusat tulangan tekan sampai serat atas tekan beton
C_c	: gaya tekan beton
T_{s1}	: gaya tarik tulangan dengan luas A_{s1}
T_{s2}	: gaya tarik tulangan dengan luas A_{s2}
T_{s3}	: gaya tarik tulangan dengan luas A_{s3}
T_{s4}	: gaya tarik tulangan dengan luas A_{s4}



Prakata

Pedoman Perencanaan Lantai Jembatan Rangka Baja Dengan Menggunakan Corrugated Steel Plate (CSP) dipersiapkan oleh Panitia Teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan melalui Gugus Kerja Bidang Rekayasa Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan pada Sub Panitia Teknik Standarisasi Bidang Prasarana Transportasi. Pedoman ini diprakarsai oleh Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang ex. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Pedoman ini membahas masalah perencanaan lantai jembatan pada jembatan rangka dengan menggunakan *Corrugated Steel Plate* (CSP). Dari pedoman ini diharapkan dapat membantu bagi instansi terkait, perencana maupun pelaksana di dalam penggunaan CSP sebagai sistem lantai jembatan pada jembatan rangka baja.

Tata cara penulisan ini disusun mengikuti Pedoman BSN No. 8 Tahun 2000 dan dibahas dalam forum konsensus yang melibatkan narasumber, pakar dan stakeholders Prasarana Transportasi sesuai ketentuan Pedoman BSN No. 9 tahun 2000.



Pendahuluan

Sistem lantai jembatan dengan menggunakan *Corrugated Steel Plate* (CSP) banyak digunakan pada dekade ini. Di Indonesia, sistem lantai jembatan pada jembatan rangka baja yang difabrikasi pada tahun 1995 keatas dapat dijumpai pada banyak tempat, seperti di kawasan Pantura misalnya jembatan Eretan, Kalimenir, Sewo, Cilamaya, Betokan, dan Cilet. Sistem jembatan yang menggunakan CSP ini merupakan sistem komposit apabila struktur pelat beton dengan baja bekerja secara bersamaan dan merupakan satu kesatuan. Dalam sistem komposit, pelat baja (CSP) tersebut berfungsi sebagai tulangan yang dapat memikul tegangan tarik. Tetapi apabila struktur tersebut tidak bekerja sebagai komposit, maka dapat dipastikan bahwa *corrugated steel* tersebut hanya berfungsi sebagai bekisting saja.

Hal yang menarik dari beberapa jembatan sistem CSP tersebut adalah telah terjadi kerusakan lantai secara dini pada lantai. Kerusakan-kerusakan tersebut telah diteliti melalui suatu kegiatan eksperimental dengan membuat beberapa model benda uji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa CSP tidak bekerja secara komposit penuh. Penempatan penghubung geser dan modifikasi tulangan pada CSP telah meningkatkan kapasitas pelat. Sehingga pemakaian CSP untuk lantai jembatan diperlukan adanya modifikasi tulangan dan penempatan penghubung geser pada CSP untuk menjamin bahwa lantai jembatan mampu menerima beban lalu lintas.



Perencanaan lantai jembatan rangka baja dengan menggunakan *corrugated steel plate (CSP)*

1 Ruang lingkup

Pedoman ini membahas masalah perencanaan sistem lantai jembatan rangka baja dengan menggunakan *Corrugated Steel Plate (CSP)*.

2 Acuan normatif

- SNI 03-1725-1989, *Tata cara perencanaan pembebanan jembatan jalan raya*
- SNI 03-2833-1992, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan jalan raya*
- SNI 07-0358-1989, *Baja, peraturan umum pemeriksaan*
- SNI 07-0722-1989, *Baja canai panas untuk konstruksi umum*
- SNI 07-0950-1989, *Pipa dan pelat baja bergelombang lapis seng*
- SNI 07-3014-1992, *Baja untuk keperluan rekayasa umum*
- SNI 07-2052-2002, *Baja tulangan*
- SNI 07-6401-2000, *Spesifikasi kawat baja dengan proses canai dingin untuk tulangan beton*
- SNI 07-6764-2002, *Spesifikasi baja struktural*
- RSNI T-14-2004, *Perencanaan struktur beton untuk jembatan*
- Pd.T-04-2004-B, *Pedoman perencanaan beban gempa untuk jembatan*

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang digunakan dalam pedoman ini sebagai berikut :

3.1

pelat baja bergelombang (*corrugated steel plate*)

pelat baja yang mempunyai bentuk bergelombang yang selanjutnya disingkat CSP

3.2

penghubung geser

suatu bagian struktur yang menghubungkan dua bahan atau lebih yang berbeda sehingga dapat bekerja bersama-sama (komposit)

3.3

struktur komposit

suatu bentuk struktur yang dapat terdiri atas dua bahan atau lebih yang berbeda yang bekerja bersama-sama dalam menahan beban yang bekerja



4 Persyaratan-persyaratan

4.1 Persyaratan umum

Persyaratan umum ini memuat hal-hal yang umum dan sifatnya non teknis namun perlu diperhatikan dalam perencanaan maupun pelaksanaan. Para pelaksana dalam melaksanakan tugasnya untuk membangun jembatan tidak akan terlepas dari kewajiban untuk melaksanakan berbagai analisis, cara atau perhitungan yang dapat menjamin bahwa lantai jembatan yang dibangunnya akan sanggup memikul beban-beban yang ditetapkan pada pedoman perencanaan sistem lantai jembatan rangka baja dengan menggunakan *Corrugated Steel Plate* (CSP).

Sehubungan dengan pesatnya ilmu pengetahuan dan teknologi konstruksi serta transportasi, perencana harus selalu mengikuti perkembangan dan perubahan-perubahan yang terjadi. Bila terdapat perubahan-perubahan yang mendasar dan signifikan maka perencana harus segera mempersiapkan bahan-bahannya dan mendiskusikannya dengan pihak/klien yang berwenang.

4.2 Persyaratan teknis

Persyaratan teknik membahas ketentuan-ketentuan teknik yang harus diperhatikan dalam perencanaan atau pelaksanaan. Dimana setiap bagian struktur jembatan harus tahan terhadap beban rencana, gaya yang bekerja dan berbagai pengaruhnya. Seluruh gaya/beban yang mungkin terjadi pada lantai jembatan selama umur rencana harus diterapkan.

4.2.1 Persyaratan bahan CSP

Bahan baja CSP yang digunakan mempunyai tegangan leleh tarik minimum 230 MPa dengan panjang elongasi (*elongation gauge length*) minimum 16 % pada pajang benda uji 200 mm. Ketebalan minimum pelat CSP adalah 4,5 mm. Komposisi bahan pembentuk CSP selain besi adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Komposisi material untuk CSP

No.	Bahan	Maks. %
1.	Karbon	0,15
2.	Phosphor	0,05
3.	Sulfur	0,05
4.	Manganese	0,60
5.	Silicon	0,35

Pelapisan anti karat dengan cara galvanis celup panas (*hot dip galvanized*) dengan ketebalan lapisan 610 gr/m² (ASTM A – 123 atau AS 1650). Komposisi bahan galvanis maksimum adalah untuk Zn 99,88 % dan Al 0,02 %.

4.2.2 Persyaratan bahan baja tulangan

Bahan baja tulangan yang digunakan sesuai dengan ketentuan pada SNI 07 – 2052 – 2002. Kuat leleh minimum baja tulangan polos 240 MPa dan untuk tulangan ulir 390 MPa. Modulus elastisitas diambil sebesar 200000 MPa. Kawat untuk mengikat tulangan harus berupa kawat ikat baja lunak sesuai dengan SNI 07 – 6401 - 2000.

4.2.3 Persyaratan beton

Kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum sebesar 30 MPa berdasarkan uji tekan silinder.



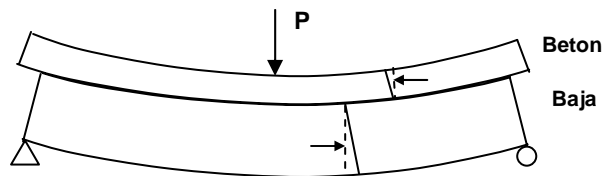
5 Perencanaan

5.1 Dasar perencanaan

5.1.1 Hubungan tidak komposit

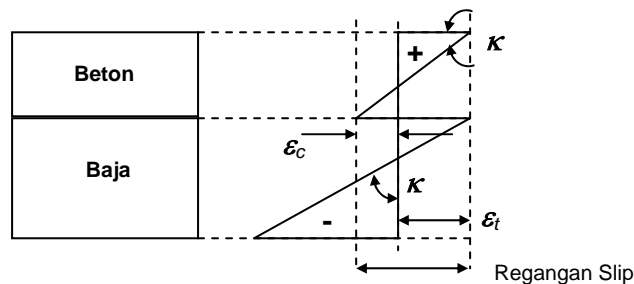
Struktur komposit adalah struktur yang terdiri dari dua jenis bahan konstruksi yang berbeda yang disatukan dengan bagian penyambung, yang lebih dikenal dengan penghubung geser (*shear connector*). Penghubung geser ini dipasang untuk menghubungkan dua bahan tersebut sehingga secara bersama-sama dapat memikul beban yang bekerja pada struktur.

Untuk memahami konsep perilaku komposit, pertama-tama tinjaulah suatu balok yang tidak komposit berikut ini:



Gambar 1 Struktur balok tidak komposit

Jika gesekan antara beton dan pelat baja diabaikan, maka beton dan pelat baja masing-masing memikul momen secara terpisah. Permukaan bawah beton mengalami perpanjangan akibat deformasi tarik, sedangkan permukaan atas baja akan mengalami perpendekan akibat deformasi tekan. Apabila lekatan beton terhadap pelat baja diabaikan, maka tidak ada gaya geser horisontal yang bekerja pada bidang kontak tersebut. Diagram tegangan - regangan yang bekerja pada struktur tidak komposit disajikan dalam Gambar 4. sebagai berikut:



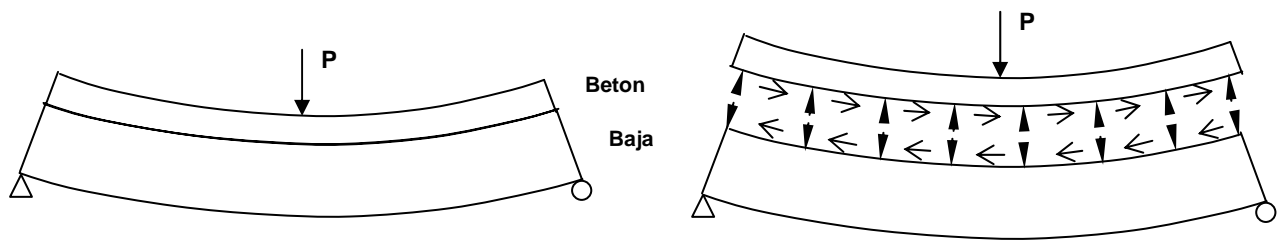
Gambar 2 Diagram regangan struktur balok tidak komposit

Dengan memperhatikan distribusi regangan yang terjadi, terlihat bahwa pada kasus ini terdapat dua garis netral. Garis netral pertama terletak pada titik berat pelat beton, dan garis netral yang kedua terletak pada titik berat pelat baja.

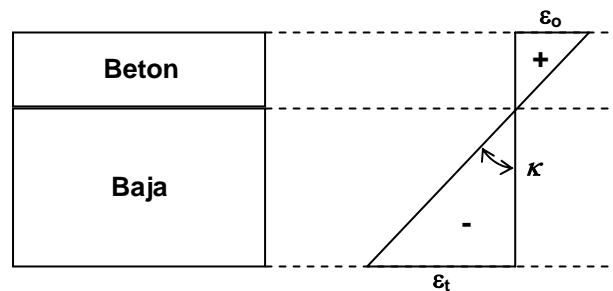
5.1.2 Hubungan komposit sempurna

Apabila struktur bekerja komposit sempurna, maka slip antara beton dengan pelat baja tidak akan terjadi. Konsep analisis penampang komposit penuh didasarkan pada dua kondisi, yaitu kondisi elastis dan non elastis. Kondisi elastis adalah kondisi dimana baik beton maupun pelat baja masih berada dalam batas-batas elastis. Pada kondisi inelastis, pembahasan dibatasi pada keadaan plastis. Beberapa batasan dalam analisis struktur komposit ini diantaranya adalah:

- 1) defleksi vertikal mempunyai nilai yang sama untuk kedua elemen, hal ini berarti tidak ada gap antara beton dengan pelat baja;
- 2) penampang tetap rata baik sebelum atau sesudah dibebani, deformasi geser antara dua elemen diabaikan;
- 3) perilaku bahan yang digunakan adalah tidak elastis linier sehingga retak dan keplastisan beton diperhitungkan;
- 4) jarak antar penghubung geser adalah sama;
- 5) friksi antara beton dengan pelat baja tidak diperhitungkan. Gaya geser pada bidang batas sepenuhnya diambil oleh penghubung.



Gambar 3 Struktur balok komposit

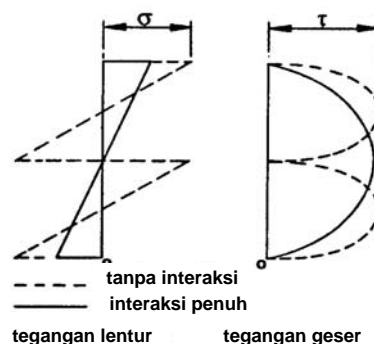


Gambar 4 Diagram tegangan regangan struktur balok komposit

5.2 Penghubung geser

5.2.1 Pendahuluan

Gaya yang terjadi pada hubungan beton dengan baja disebut gaya geser longitudinal. Penghubung tersebut dapat berupa sistem baut atau las. Pengaruh pemasangan penghubung geser pada perilaku tegangan lentur dan geser dapat dilihat pada Gambar berikut :



Gambar 5 Efek penghubung geser pada tegangan lentur dan geser

5.2.2 Cara kerja dari penghubung geser

5.2.2.1 Lekatan

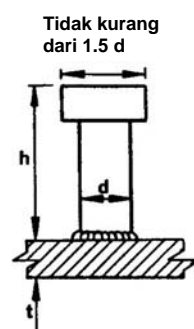
Gaya geser yang tersalurkan dari baja ke beton diasumsikan terjadi oleh adanya lekatan atau adesi pada permukaan baja-beton. Hasil uji menunjukkan bahwa tegangan lekatan antara baja dengan beton relatif rendah, sehingga untuk keperluan perencanaan nilai tersebut dibatasi. Pembatasan ini dimaksudkan untuk mengadakan margin keamanan tambahan terhadap pengaruh yang tak dapat diperhitungkan dengan baik seperti susut beton, lekatan yang rendah pada permukaan bagian bawah baja dan tegangan akibat perubahan suhu.

Penelitian pada kekuatan batas sistem lekatan memperlihatkan bahwa pada beban yang tinggi, tegangan lekat yang terhitung relatif kecil, yang diakibatkan oleh perkembangan retak dan keruntuhan lekatan lokal^[9]. Jika terjadi keruntuhan geser longitudinal, maka hal itu terjadi pada permukaan sangat bervariasi, dan tidak terjadi pada seluruh keliling permukaan penampang baja. Daya lekat pada antar muka (*interface*) baja-beton dapat bekerja pada beban rendah, namun pada beban tinggi akan terjadi kerusakan dan kerusakan ini tidak dapat dibentuk lagi. Selain itu daya lekat juga dapat dirusak oleh adanya pelumasan pada saat sebelum pengecoran beton.

Dengan alasan tersebut maka pada beberapa peraturan tidak mengijinkan perencanaan dengan metoda kekuatan batas digunakan untuk sistem komposit tanpa menggunakan penghubung geser^[7].

5.2.2.2 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.

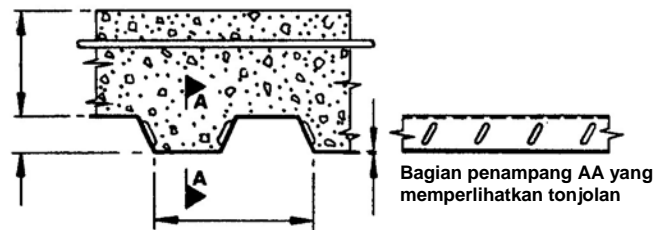


Gambar 6 Penghubung geser tipe *headed stud*

Ada dua hal yang berpengaruh dalam menentukan diameter *stud*. Pertama adalah proses pengelasan, yang mana akan semakin sulit dan mahal jika dilakukan pada diameter diatas 20 mm, dan yang lain adalah tebal pelat (t) dimana *stud* akan dilaskan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *stud* akan mencapai kekuatan penuh jika rasio d/t lebih kecil dari 2,7. Sedangkan pada struktur pelat yang mengalami fluktuasi tegangan tarik, d/t tidak boleh lebih besar dari 1,5. Bahkan peraturan Inggris, BS5400 Part 5, penghubung geser tipe *stud* ini tidak diperbolehkan digunakan pada pelat beton komposit^[2].

5.2.2.3 Penghubung geser pada pelat *corrugated* yang ditakik

Bahan pelat ini sering digunakan sebagai *form work* permanen pada pelat lantai dan dikenal sebagai pelat komposit. Tipikal penampang dapat dilihat pada Gambar 7. Penghubung geser dapat berupa takikan, tonjolan pada pelat atau pemasangan penghubung lain.



Gambar 7 Penampang umum pelat komposit

5.2.3 Perhitungan penghubung geser

Kekuatan dari sistem penghubung geser dipengaruhi oleh beberapa hal seperti :

- 1) jumlah penghubung geser;
- 2) tegangan longitudinal rata-rata dalam pelat beton disekeliling penghubung;
- 3) ukuran, penataan dan kekuatan tulangan pelat disekitar penghubung;
- 4) ketebalan beton disekeliling penghubung;
- 5) derajat kebebasan dari setiap dasar pelat untuk bergerak secara lateral dan kemungkinan terjadinya gaya tarik ke atas (*up lift force*) pada penghubung;
- 6) daya lekat pada antar muka beton-baja;
- 7) kekuatan pelat beton;
- 8) tingkat kepadatan pada beton disekeliling pada setiap dasar penghubung.

Kuat geser rencana penghubung geser diambil dari nilai terendah yang didapat dari hubungan berikut :

$$P_{Rd} = \frac{\phi_v 0,8 f_u \pi d^2}{4} \quad (1)$$

dan

$$P_{Rd} = \phi_v 0,29 d^2 \sqrt{f'_c E_{cm}} \quad (2)$$

dengan pengertian :

- P_{Rd} : kuat geser rencana penghubung geser (N)
 ϕ_v : faktor reduksi kekuatan geser (0.8)
 f_u : kuat tarik ultimit baja (N/mm²)
 f'_c : kuat tekan beton silinder (N/mm²)
 E_{cm} : modulus elastisitas beton (N/mm²)
 d : diameter stud (mm)
 h : tinggi stud (mm)

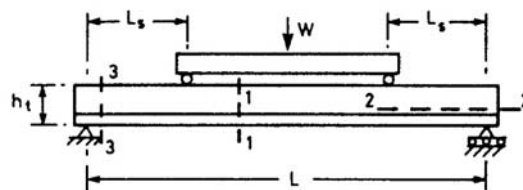


5.3 Gaya geser longitudinal pada pelat komposit

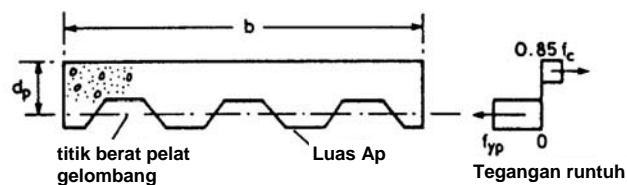
5.3.1 Metoda m-k

Efektifitas penghubung geser dapat dipelajari melalui uji beban pada pelat komposit yang ditumpu sederhana, seperti pada Gambar 8. Panjang span geser, L_s , biasanya diambil $L/4$ dimana L adalah panjang benda uji. Terdapat tiga bentuk kegagalan yang mungkin terjadi, yaitu :

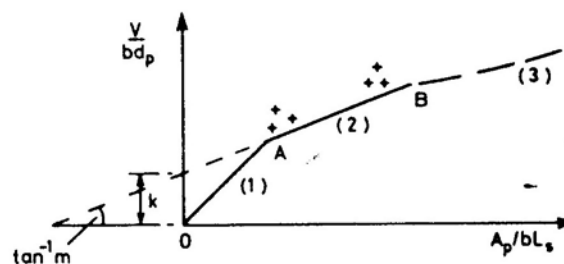
1. pada lentur
2. pada geser longitudinal
3. pada geser vertikal



Gambar 8 Penampang kritis untuk pelat komposit



Gambar 9 Tahanan lentur dari pelat komposit



Gambar 10 Definisi dari m dan k

Prakiraan bentuk kegagalan struktur bergantung pada rasio L_s terhadap tebal efektif pelat d_p (Gambar 11). Hasil uji diplotkan dalam diagram V/bd_p dan A_p/bL_s (Gambar 10).

Pada nilai L_s/d_p yang tinggi, akan terjadi kegagalan lentur. Momen lentur maksimum M_u , diberikan oleh

$$M_u = VL_s \quad (3)$$

dengan pengertian :

M_u : momen lentur maksimum

V : gaya geser vertikal maksimum

Keruntuhan geser dimodelkan oleh teori plastis, dimana semua tulangan telah mengalami leleh dan sebagai persyaratan kesetimbangan terdapat tegangan pada beton sebesar $0,85f_c'$. Lengan momen lebih kecil dari pada d_p , tetapi sebagai prakiraan besarnya momen lentur maksimum diambil:

$$M_u \propto A_p f_{yp} d_p \quad (4)$$

Dari persamaan (3) akan diperoleh :

$$\frac{V}{bd_p} = \frac{M_u}{bd_p L_s} \propto \frac{A_p f_{yp}}{bL_s} \quad (5)$$

Pada nilai L_s/d_p yang rendah, kegagalan geser akan terjadi. Tegangan vertikal rata-rata pada beton secara pendekatan kasar sebesar V/bd_p . Kegagalan geser vertikal direpresentasikan oleh garis miring pada Gambar 10.

Kegagalan geser longitudinal yang terjadi pada nilai antara L_s/d_p , didekati oleh hubungan,

$$\frac{V}{bd_p} = m \left(\frac{A_p}{bL_s} \right) + k \quad (6)$$

atau dalam bentuk lain, persamaan (5) dapat dituliskan,

$$V = bd_p \sqrt{f_c'} \left[m \frac{A_p}{bL_s \sqrt{f_c'}} + k \right] \quad (7)$$

dengan pengertian :

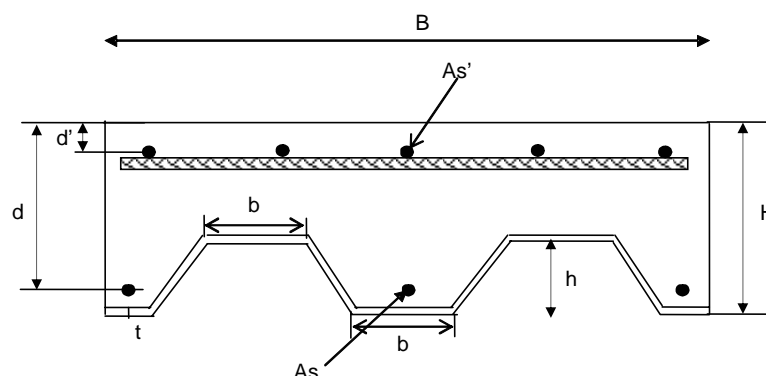
f_c' : mutu beton

m, k : konstanta yang diperoleh dari pengujian

5.4 Kapasitas penampang pelat CSP

5.4.1 Kapasitas lentur

Bentuk penampang struktur pelat komposit yang akan dibuat sebagai model perhitungan adalah sebagai berikut:

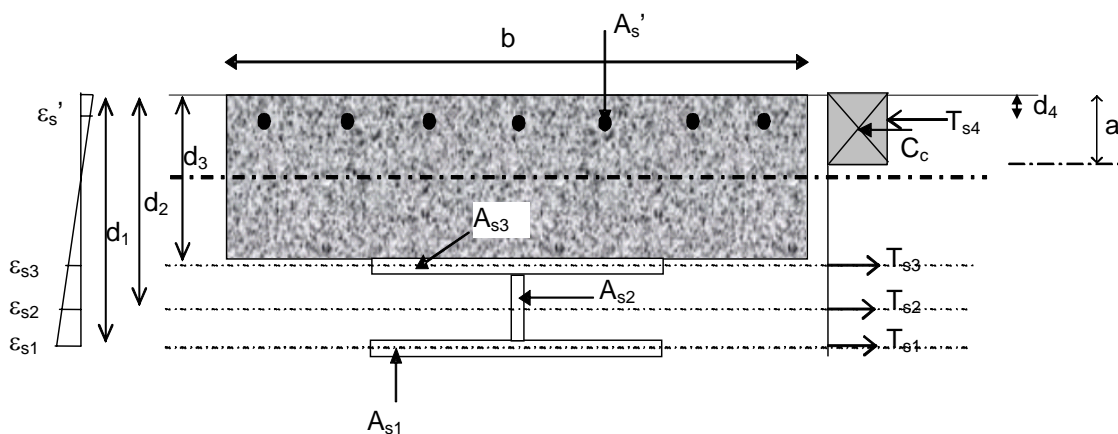


Gambar 11 Bentuk penampang struktur komposit beton dengan pelat baja

dengan pengertian :

- B = lebar *corrugated* terpasang
 H = tinggi pelat komposit
 b = lebar pelat baja bagian atas dan bawah
 t = tebal pelat baja
 h = tinggi pelat baja
 A_s' = luas tulangan tekan
 A_s = luas tulangan tarik
 d' = jarak pusat tulangan tekan sampai serat tekan atas beton
 d = jarak pusat tulangan tarik sampai serat tekan atas beton

Untuk analisis, bentuk penampang komposit pada Gambar 5 diidealisasikan sebagai berikut:



Gambar 12 Idealisasi bentuk penampang struktur komposit

dimana:

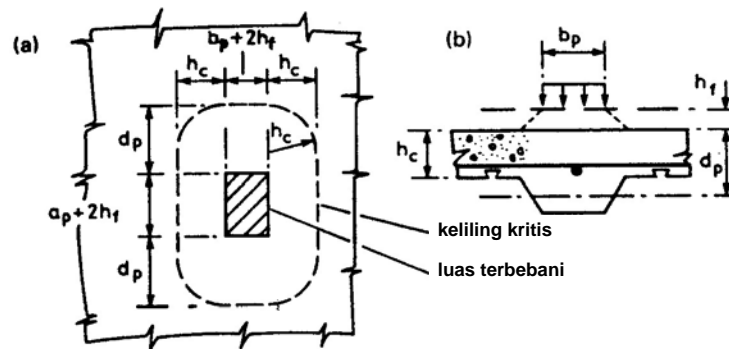
- b = lebar efektif pelat
 A_s' = jumlah luas tulangan tekan
 A_{s1} = jumlah luas pelat *corrugated* bagian bawah
 A_{s2} = jumlah luas pelat *corrugated* bagian tengah
 A_{s3} = jumlah luas pelat *corrugated* bagian puncak
 d_1 = jarak dari titik berat luas A_{s1} sampai serat atas tekan beton
 d_2 = jarak dari titik berat luas A_{s2} sampai serat atas tekan beton
 d_3 = jarak dari titik berat luas A_{s3} sampai serat atas tekan beton
 d_4 = jarak dari pusat tulangan tekan sampai serat atas tekan beton
 C_c = gaya tekan beton
 T_{s4} = gaya tekan tulangan dengan luas A_{s4}
 T_{s3} = gaya tarik tulangan dengan luas A_{s3}
 T_{s2} = gaya tarik tulangan dengan luas A_{s2}
 T_{s1} = gaya tarik tulangan dengan luas A_{s1}

Kapasitas momen ultimit M_u dapat diperoleh dari hubungan sebagai berikut :

$$M_u = \phi \left(0.85 f'_c b a \left\{ d - \frac{a}{2} \right\} + A_s' f'_s \{ d - d' \} \right) \quad (8)$$

5.4.2 Kapasitas geser pons

Pelat komposit haruslah direncanakan untuk mampu menerima beban terpusat, seperti beban roda, dan ada kemungkinan ketahanan terhadap geser pons merupakan hal yang kritis dan menentukan.



Gambar 13 Keliling kritis dalam geser pons

Kegagalan diasumsikan terjadi pada keliling kritis, C_p , yang mana didefinisikan sebagai pelat beton bertulang. Dengan luas beban a_p kali b_p dan tersebar melewati lapisan diatas pelat h_f sebesar 45° , seperti pada Gambar 13, maka besar C_p dihitung dari :

$$C_p = 2\pi h_c + 2(2d_p + a_p - 2h_c) + 2b_p + 8h_f \quad (8)$$

Kuat geser nominal (V_n) pelat lantai akibat beban pons diperoleh dari hubungan sebagai berikut :

$$V_n = C_p h_c f_{cv} \quad (9)$$

dan

$$f_{cv} = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{2}{\beta_h} \right) \sqrt{f'_c} \leq 0,34 \sqrt{f'_c} \quad (10)$$

dengan pengertian :

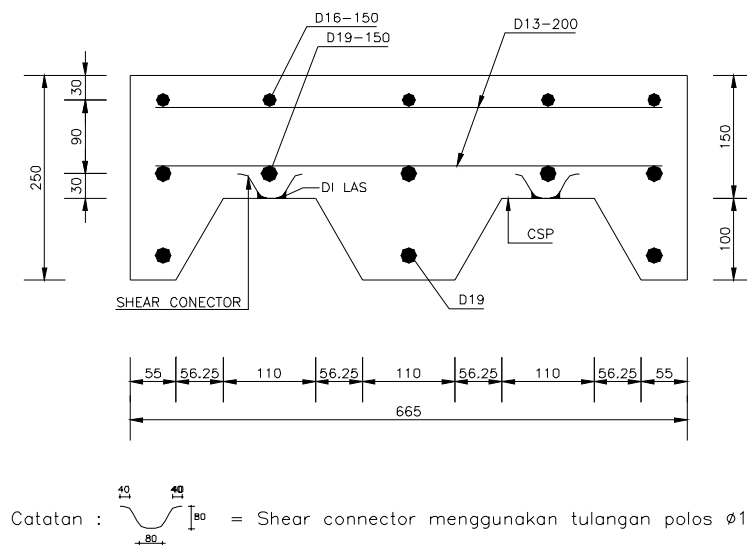
- V_n : kuat geser nominal terhadap beban pons (N)
- C_p : keliling kritis yang didefinisikan oleh Persamaan (8) (mm)
- h_c : tebal pelat (mm)
- f_{cv} : kuat geser beton yang didefinisikan oleh Persamaan (10) (N/mm²)
- f'_c : kuat tekan beton silinder (N/mm²)
- β_h : perbandingan antara ukuran terpanjang dari luas efektif geser penampang yang dibebani, terhadap ukuran penampang yang diukur tegak lurus pada ukuran terpanjang tersebut.

Variabel-variabel lain dapat dilihat pada Gambar 13.

5.5 Penulangan

5.5.1 Pemasangan penghubung geser dengan baja tulangan

Hasil penelitian mengenai kerusakan lantai jembatan sistem CSP menunjukkan bahwa salah satu penyebab kerusakan lantai jembatan adalah karena antara lantai beton dengan CSP tidak bekerja komposit penuh, dimana pada beban tertentu hubungan beton dengan CSP lepas. Untuk menjamin beton dengan CSP bekerja komposit penuh maka diperlukan sambungan geser (*shear connector*) seperti pada Gambar 14.

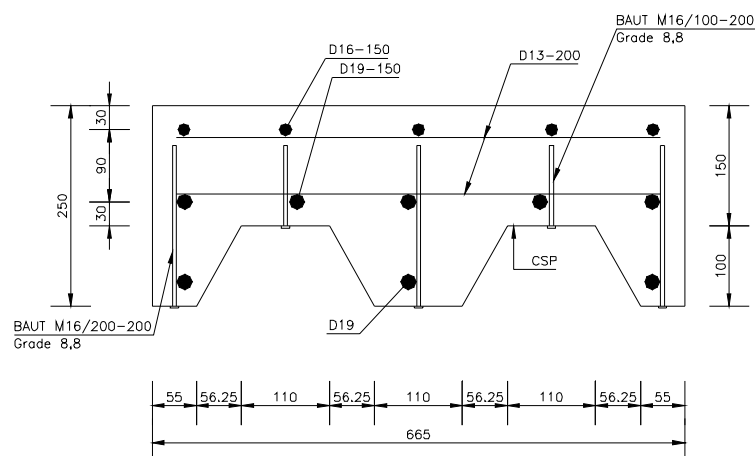


Gambar 14 Pemasangan *shear connector* besi tulangan pada CSP

Penghubung geser dapat terbuat dari besi tulangan ulir D16 yang dilengkungkan dilaskan ke pelat CSP. Dengan pemasangan ini maka antara beton dengan pelat CSP akan bekerja bersama-sama dalam merespon beban yang bekerja.

5.5.2 Pemasangan *shear connector* dengan baut pada CSP

Alternatif lain dalam pemasangan sambungan geser dapat digunakan baut diameter M16 grade 8.8, seperti pada Gambar 15.

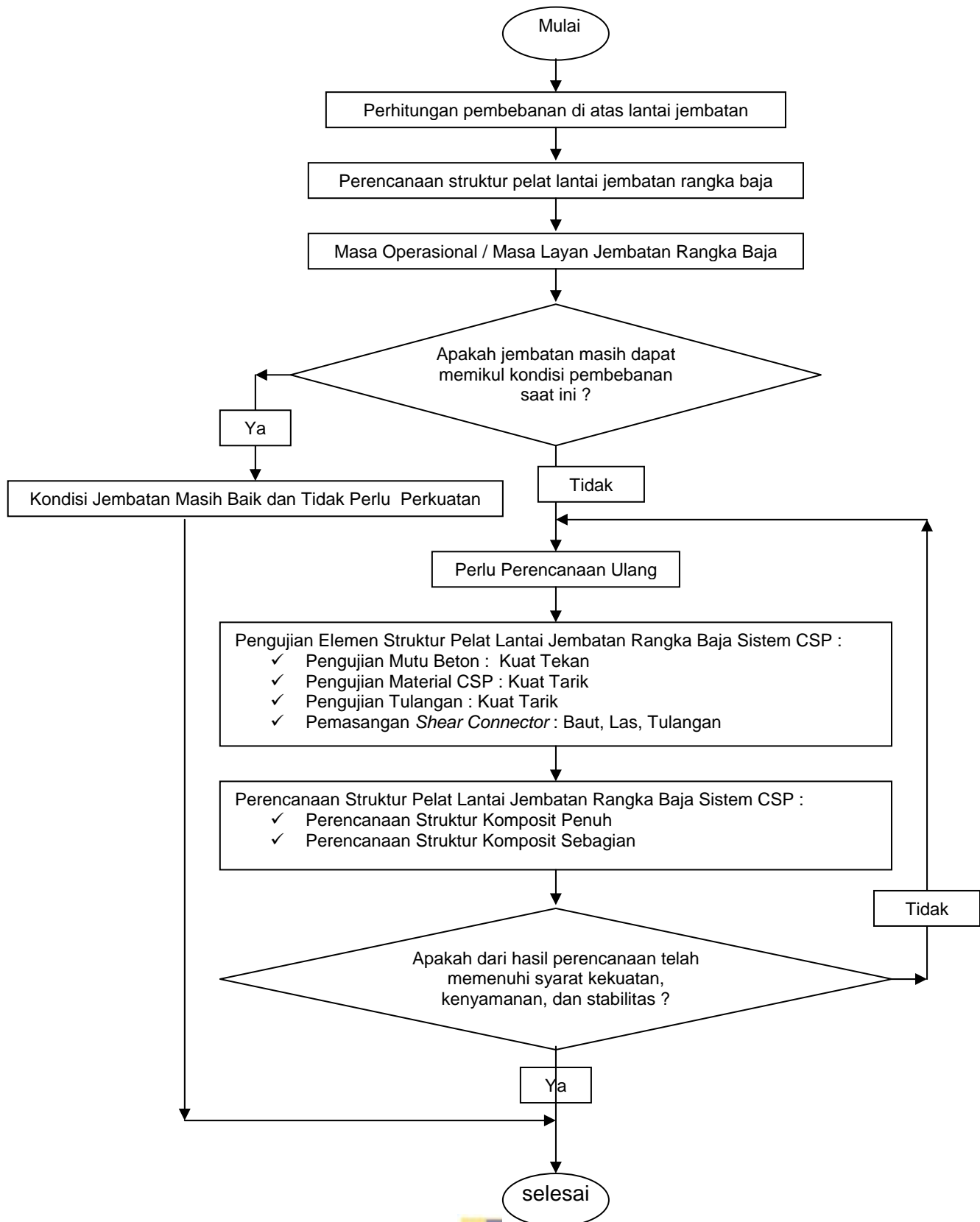


Gambar 15 Pemasangan *shear connector* baut pada CSP

6 Pelaksanaan

Pelat CSP yang akan digunakan harus telah diproteksi terhadap karat dengan cara galvanis celup panas (*hot dip galvanized*), seperti yang diuraikan pada Bagian 4.2.1. Pelat CSP dipasang melintang terhadap arah memanjang jembatan rangka baja dan menumpu pada balok melintang (*stringer*).

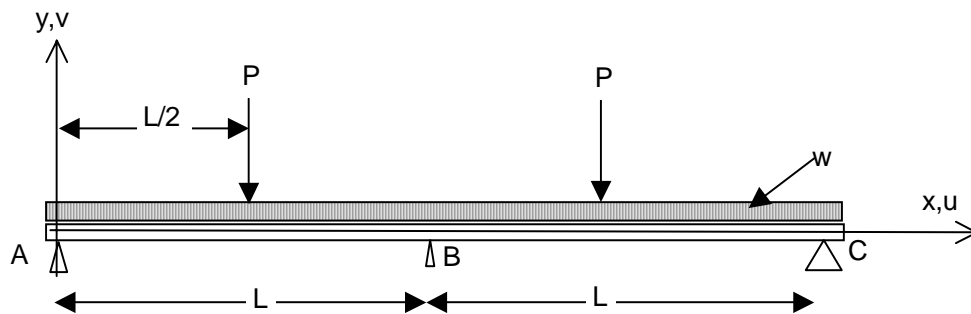
Lampiran A (normatif)



Lampiran B (informatif)

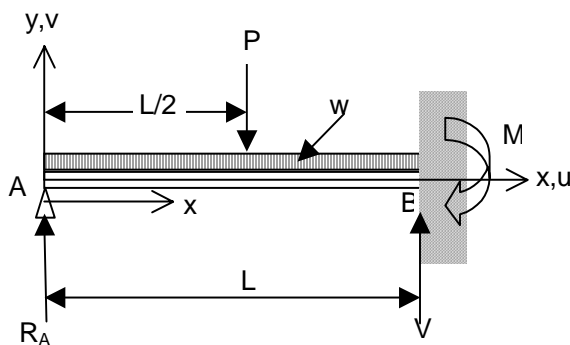
Contoh perencanaan

Perhitungan Mekanika Teknik Balok Di Atas Tiga Tumpuan



GAMBAR 1 BALOK DI ATAS TIGA TUMPUAN

karena struktur dan pembebanan simetris, maka model diatas disederhanakan sbb:



GAMBAR 2 STATIS TAK TENTU ORDE 1

w adalah berat sendiri balok = 1,792 t/m'
P adalah beban kendaraan = 20,000 t
L = 1,700 m

Penurunan rumus untuk mencari defleksi, momen lentur, gaya geser, dan reaksi perletakan:

Berdasarkan GAMBAR 2, akibat beban merata w:

$$M_x = \frac{wL^2}{8} \left\{ \frac{3x}{L} - \frac{4x^2}{L^2} \right\} \quad Q = \frac{wL}{8} \left\{ 3 - 8 \frac{x}{L} \right\}$$

jarak x (m)	w (t/m')	Mx TM	Q (t)
0,000	1,792	0,000	1,142
0,425	1,792	0,324	0,381
0,638	1,792	0,364	0,000
0,850	1,792	0,324	-0,381
1,275	1,792	0,000	-1,142
1,700	1,792	-0,647	-1,904
2,125	1,792	0,000	-1,142
2,550	1,792	0,324	-0,381
2,763	1,792	0,364	0,000
2,975	1,792	0,324	0,381
3,400	1,792	0,000	1,142

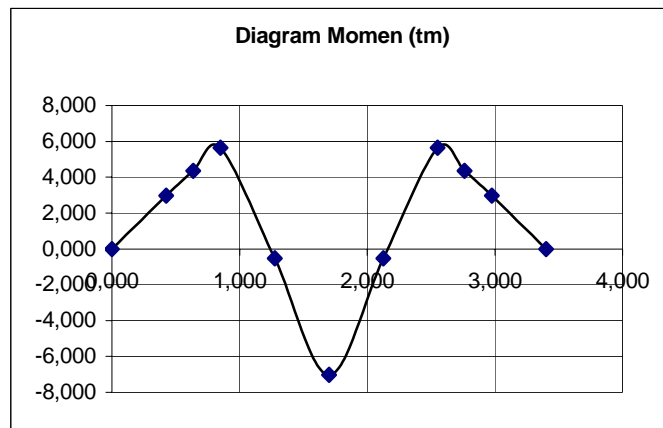
Berdasarkan GAMBAR 2, akibat beban kendaraan P:

$$0 \leq x < \frac{L}{2} \Rightarrow M = \frac{5Px}{16} \Rightarrow Q = \frac{5P}{16} \quad \frac{L}{2} \leq x \leq L \Rightarrow M = P \left\{ \frac{L}{2} - \frac{11}{16}x \right\} \Rightarrow Q = \frac{11P}{16}$$

jarak x (m)	P (t)	Mx TM	Q (t)
0,000	20,000	0,000	6,250
0,425	20,000	2,656	6,250
0,638	20,000	3,984	6,250
0,850	20,000	5,313	-13,750
1,275	20,000	-0,531	-13,750
1,700	20,000	-6,375	-13,750
2,125	20,000	-0,531	-13,750
2,550	20,000	5,313	-13,750
2,763	20,000	3,984	6,250
2,975	20,000	2,656	6,250
3,400	20,000	0,000	6,250

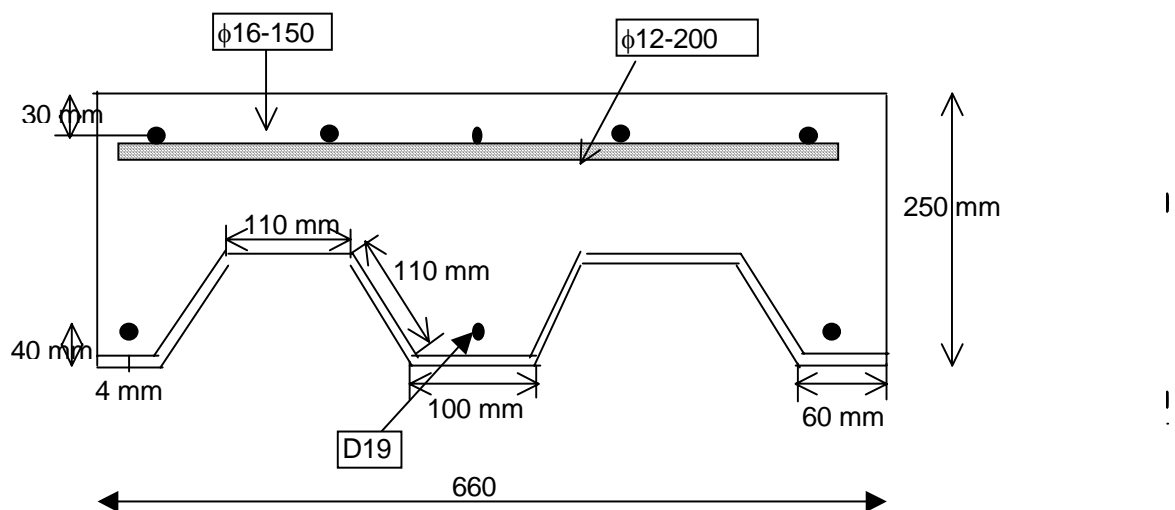
Momen akibat pembebanan:

jarak x (m)	w (t/m')	Mx TM	Q (t)	P (t)	Mx TM	Q (t)	jarak x (m)	Mx TM
0,000	1,792	0,000	1,142	20,000	0,000	6,250	0,000	0,000
0,425	1,792	0,324	0,381	20,000	2,656	6,250	0,425	2,980
0,638	1,792	0,364	0,000	20,000	3,984	6,250	0,638	4,348
0,850	1,792	0,324	-0,381	20,000	5,313	-13,750	0,850	5,636
1,275	1,792	0,000	-1,142	20,000	-0,531	-13,750	1,275	-0,531
1,700	1,792	-0,647	-1,904	20,000	-6,375	-13,750	1,700	-7,022
2,125	1,792	0,000	-1,142	20,000	-0,531	-13,750	2,125	-0,531
2,550	1,792	0,324	-0,381	20,000	5,313	-13,750	2,550	5,636
2,763	1,792	0,364	0,000	20,000	3,984	6,250	2,763	4,348
2,975	1,792	0,324	0,381	20,000	2,656	6,250	2,975	2,980
3,400	1,792	0,000	1,142	20,000	0,000	6,250	3,400	0,000



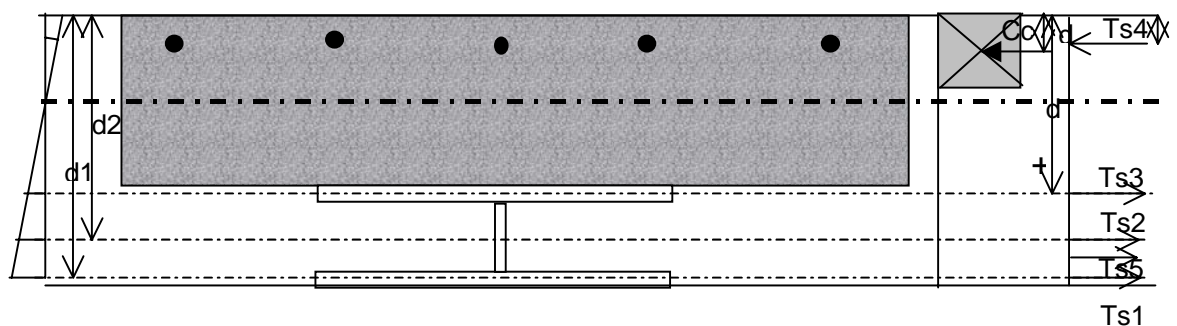
GAMBAR 3 DIAGRAM MOMEN BALOK DI ATAS TIGA TUMPUAN

Perhitungan Kapasitas Penampang Komposit
asumsi: penampang struktur bekerja sebagai komposit



GAMBAR 4 PENAMPANG MELINTANG PELAT KOMPOSIT

bentuk penampang di atas dapat diidealisasikan sebagai berikut



GAMBAR 5 BENTUK IDEALISASI PENAMPANG PELAT

data material beton: $f_c' = 28,7 \text{ Mpa}$
 $E_c = 25179 \text{ Mpa}$

data material tulangan:

$f_y \text{ D19} =$	300 Mpa;	$E_s =$	210000 Mpa
$f_y \text{ D16} =$	300 Mpa;	$E_s =$	210000 Mpa
$f_y \phi 12 =$	300 Mpa;	$E_s =$	210000 Mpa

data material CSP:

$f_{y1} =$	240 Mpa
$f_{y2} =$	240 Mpa
$f_{y3} =$	240 Mpa
$E_{s1} =$	166667 Mpa
$E_{s2} =$	135135 Mpa
$E_{s3} =$	196679 Mpa

1) Analisis (menentukan moment)

diberikan: $b = 660 \text{ mm}$
 $d = 248 \text{ mm}$
 $A_{s'} = 1005,31 \text{ mm}^2$
 $A_{s1} = 880 \text{ mm}^2$
 $A_{s2} = 1600 \text{ mm}^2$
 $A_{s3} = 880 \text{ mm}^2$
 $\epsilon_u = 0,003$

ditanyakan: M_u , f_s' , ϵ_s' , dan a

* Persamaan gaya untuk menentukan f_s'

$$A_s f_y = 0.85 f_c' b a + A_{s'} f_s' \quad (a)$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} + A_{s3} \quad (b)$$

$$A_s = 3360 \text{ N}$$

* Persamaan momen

$$M_u = \phi \left(0.85 f_c' b a \left\{ d - \frac{a}{2} \right\} + A_{s'} f_s' \{ d - d' \} \right) \quad (c1)$$

* Persamaan keseimbangan regangan

$$\frac{\epsilon_s'}{\epsilon_u} = \frac{c - d'}{c} \quad (c2)$$

$$f_s' = E_s \epsilon_s' \text{ untuk } \epsilon_s' \leq \epsilon_y$$

$$f_s' = f_y \text{ untuk } \epsilon_s' > \epsilon_y$$

$$\epsilon_y \text{ tulangan} = 0,001429$$



1a) Metoda trial and error:

$$\begin{aligned}
 * \quad \beta_1 &= 0,85 \\
 d' = d_4 &= 30 \text{ mm} \\
 \text{asumsi: } a &= 37,5 \text{ mm} \quad c = 44,118 \text{ mm} \\
 \epsilon_s' &= 0,00096 \text{ (tulangan belum leleh)} \\
 * \quad f_s' &= 201,6 \text{ Mpa} \\
 * \quad A_s f_y &= 806400 \text{ N} \\
 * \quad \frac{0,85}{M_n} f_c' b a + A_s' f_s' &= 806446,675 \text{ N} \\
 M_n &= 1,83\text{E}+08 \text{ Nmm} = 18,260 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

1b) Menyederhanakan persamaan kuadrat:

$$\begin{aligned}
 a &= 0,85 f_c' b \beta_1 = 13685,595 \\
 b &= (A_s' E_s - A_s f_y) = 210308626 \\
 c &= -A_s' E_s d' = -6333450790 \\
 c_1 \text{ (NA)} &= 30,056 \text{ mm} \\
 f_s' &= 392,9758 \text{ N} \\
 M_n &= 1,83\text{E}+08 \text{ Nmm} = 18,288 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

2) Desain (menentukan luas tulangan tarik dan tekan)

$$\begin{aligned}
 \text{diberikan:} \quad b &= 660 \text{ mm} \\
 d &= 248 \text{ mm} \\
 \epsilon_u &= 0,003 \\
 \text{misal} \quad M_u &= -11,744 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

$$\text{ditanyakan: } A_s, A_s', f_s' \text{ dan } \epsilon_s$$

$$M_u = M_1 + M_2$$

$$A_s = A_{s1} \text{ (untuk } M_1) + A_{s2} \text{ (untuk } M_2)$$

M1 adalah kontribusi dari blok tegangan tekan beton

M2 adalah kontribusi dari tegangan tekan beton

2a) Momen couple pertama:

$$\text{* Persamaan gaya: } A_{s1} f_y = 0,85 f_c' b a =$$

$$\text{* Persamaan momen: } M_1 = \phi 0,85 f_c' b a \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

2b) Momen couple kedua:

$$\text{* Persamaan gaya: } A_{s2} f_y = A_s' f_s'$$

$$\text{* Persamaan momen: } M_2 = \phi A_{s2} f_y (d - d')$$

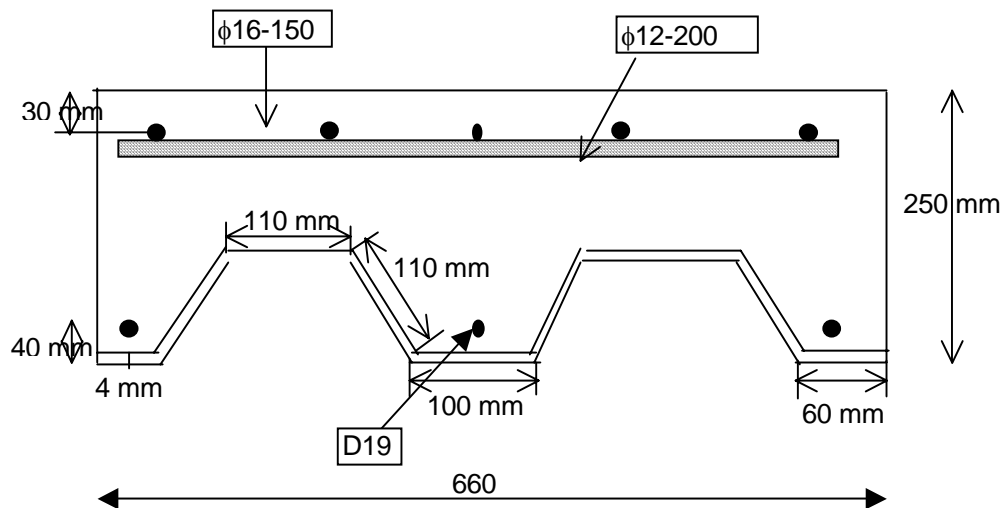
$$\begin{aligned}
 \text{*Kompatibilitas:} \quad \frac{\epsilon_s'}{\epsilon_u} &= \frac{c - d'}{c} & f_s' &= E_s \epsilon_s' \text{ untuk } \epsilon_s' \leq \epsilon_y \\
 & & f_s' &= f_y \text{ untuk } \epsilon_s' > \epsilon_y
 \end{aligned}$$



Perhitungan:

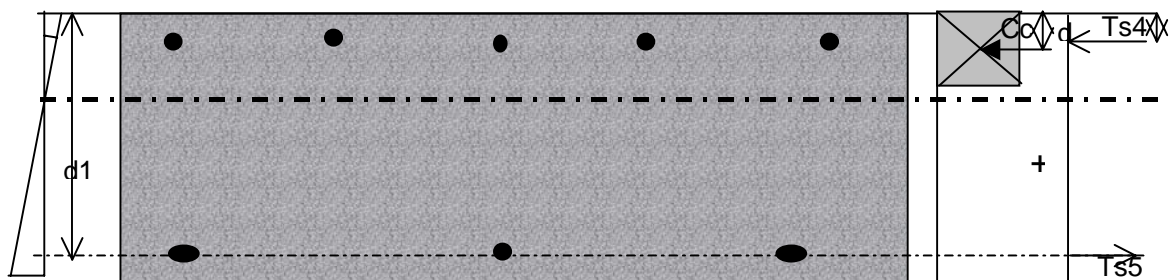
ambil $a = a_{maks.} = 37,5 \text{ mm}$
 $A_{s1}f_y = 603776,3 \text{ N}$
 $M_1 = M_{n1} = 1,38E+08 \text{ Nmm} = 13,842 \text{ tm}$
 $M_{u1} = 16,2842 \text{ tm} > M_u \text{ akibat beban} = -11,744 \text{ tm}$
 (sehingga tidak diperlukan tulangan bawah apabila struktur bersifat komposit)

asumsi: penampang struktur tidak bekerja sebagai komposit



GAMBAR 6 PENAMPANG MELINTANG PELAT KOMPOSIT

bentuk penampang di atas dapat diidealisasikan sebagai berikut



GAMBAR 7 IDEALISASI PENAMPANG TIDAK KOMPOSIT

data material beton: $f_c' = 28,7 \text{ Mpa}$
 $E_c = 25179 \text{ Mpa}$

data material tulangan:

$f_y \text{ D19} =$	300 Mpa;	$E_s =$	210000 Mpa
$f_y \text{ D16} =$	300 Mpa;	$E_s =$	210000 Mpa
$f_y \phi 12 =$	300 Mpa;	$E_s =$	210000 Mpa

data material CSP:

f_{y1}	=	240 Mpa
f_{y2}	=	240 Mpa
f_{y3}	=	240 Mpa
E_{s1}	=	166667 Mpa
E_{s2}	=	135135 Mpa
E_{s3}	=	196679 Mpa

1) Analisis (menentukan moment)

diberikan:	b	=	660 mm
	d	=	210 mm
	$A_{s'}$	=	1005,31 mm ²
	A_s	=	850,586 mm ²

$$\varepsilon_u = 0,003$$

ditanyakan: M_u , f_s' , ε_s' , dan a

* Persamaan gaya untuk menentukan f_s'

$$A_s f_y = 0.85 f_c' b a + A_{s'} f_s' \quad (a)$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} + A_{s3} \quad (b)$$

$$A_s = 850,5862 \text{ mm}^2$$

* Persamaan momen

$$M_u = \phi \left(0.85 f_c' b a \left\{ d - \frac{a}{2} \right\} + A_{s'} f_s' \{ d - d' \} \right) \quad (c1)$$

* Persamaan keseimbangan regangan

$$\frac{\varepsilon_s'}{\varepsilon_u} = \frac{c - d'}{c} \quad (c2)$$

$$\varepsilon_u = \frac{c}{\varepsilon_s'}$$

$$f_s' = E_s \varepsilon_s' \text{ untuk } \varepsilon_s' \leq \varepsilon_y$$

$$f_s' = f_y \text{ untuk } \varepsilon_s' > \varepsilon_y$$

$$\varepsilon_y \text{ tulangan} = 0,001429$$

1a) Metoda trial and error:

*	β_1	=	0,85	
	$d' = d_4$	=	30 mm	
	asumsi: a	=	22 mm	$c = 25,882 \text{ mm}$
	ε_s'	=	-0,0005	(tulangan belum leleh)
*	f_s'	=	-100,227 Mpa	
*	$A_s f_y$	=	255175,9 N	
	$0.85 f_c' b a + A_{s'} f_s'$	=		253455,956 N
*	M_n	=	52352165 Nmm	= 5,235 tm



1b) Menyederhanakan persamaan kuadrat:

$$a = 0,85 f'_c b \beta_1 = 13685,595$$

$$b = (A'_s E_s - A_s f_y) = 210859850$$

$$c = -A'_s E_s d' = -6333450790$$

$$c1 \text{ (NA)} = 29,97798 \text{ mm}$$

$$f_s' = -154,271 \text{ N}$$

$$M_n = 53012592 \text{ Nmm} = \mathbf{5,301 \text{ tm}}$$

2) Desain (menentukan luas tulangan tarik dan tekan)

diberikan:

b	=	660 mm
d	=	210 mm
ϵ_u	=	0,003
misal M_u	=	-11,744 tm

ditanyakan: A_s, A_s', f_s' dan ϵ_s

$$M_u = M_1 + M_2$$

$$A_s = A_{s1} \text{ (untuk } M_1) + A_{s2} \text{ (untuk } M_2)$$

M_1 adalah kontribusi dari blok tegangan tekan beton

M_2 adalah kontribusi dari tegangan tekan beton

2a) Momen couple pertama:

* Persamaan gaya: $A_{s1} f_y = 0,85 f'_c b a =$

* Persamaan momen: $M_1 = \phi 0,85 f'_c b a \left(d - \frac{a}{2} \right)$

2b) Momen couple kedua:

* Persamaan gaya: $A_{s2} f_y = A'_s f'_s$

* Persamaan momen: $M_2 = \phi A_{s2} f_y (d - d')$

*Kompatibilitas: $\frac{\epsilon'_s}{\epsilon_u} = \frac{c - d'}{c}$

$$f_s' = E_s \epsilon_s' \text{ untuk } \epsilon_s' \leq \epsilon_y$$

$$f_s' = f_y \text{ untuk } \epsilon_s' > \epsilon_y$$



Perhitungan:

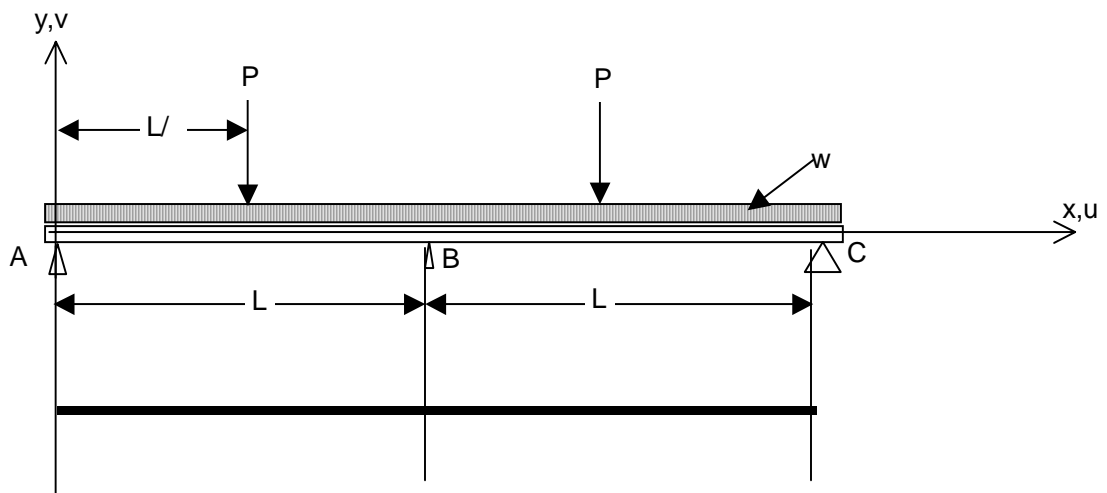
ambil $a = a_{maks.} = 22 \text{ mm}$
 $A_{s1}f_y = 354215,4 \text{ N}, A_{s1} = 1180,718$
 $M_1 = M_{n1} = 70488865 \text{ Nmm} = 7,049 \text{ tm}$
 $M_{u1} = 8,292808 \text{ tm} < M_u \text{ akibat beban} = -11,744 \text{ tm}$
 (sehingga diperlukan tulangan bawah)

$$M_2 = M_u - M_{m1} = 3,451 \text{ tm}$$

$$A_{s2} = 751,7996 \text{ mm}^2, A_s = 1932,52 \text{ mm}^2 \text{ (diperlukan untuk tulangan tarik)}$$

$$A_s \text{ yang ada} = 1855,896 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gunakan tulangan D19 sehingga } A_s = 2268,230 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Shear Connector

GAMBAR 8 DIAGRAM MOMENT BALOK DI ATAS TIGA TUMPUAN

*** Material:**

Shear connector harus dipasang pada beton dengan berat jenis tidak kurang dari 1,44 t/m³

*** Gaya Geser Horizontal:**

Geser horisontal dan Interface antara CSP (Corrugated Steel Plate) dengan slab beton harus diasumsikan ditransfer oleh shear connector.

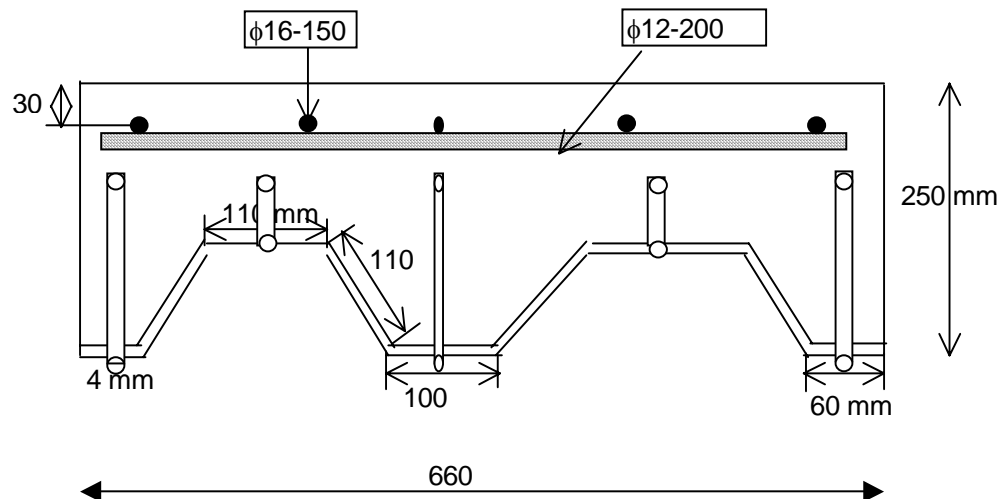
Untuk aksi komposit beton yang dibebani tekan lentur, gaya geser horisontal pada titik tumpuan balok sampai pada titik dimana momen positif mencapai maksimum (M^+ maks.) harus diambil nilai terkecil dari gaya-gaya sebagai berikut:

$$0,85f'_c A_c = 3258276 \text{ N}$$

$$A_s f_y = 437760 \text{ N}$$



dimana f_c' adalah kuat tekan beton (Mpa)
 A_c adalah luas slab beton dengan lebar efektif (mm²)
 A_s adalah luas penampang melintang baja (mm²)
 F_y adalah tegangan leleh minimum (Mpa)
 $\sum Q_n$ adalah jumlah tegangan nominal dari shear connector pada tumpuan sampai momen positif maksimum.



GAMBAR 9 PENAMPANG PELAT DENGAN SHEAR CONNECTOR

diketahui: data material beton: $f_c' = 28,7$ Mpa
 $E_c = 25179,019$ Mpa

data material tulangan:

f_y D16 = 300 Mpa; $E_s = 210000$ Mpa
 f_y f 12 = 300 Mpa; $E_s = 210000$ Mpa

data material CSP:

$f_{y1} = 240$ Mpa
 $f_{y2} = 240$ Mpa
 $f_{y3} = 240$ Mpa
 $E_{s1} = 166666,5$ Mpa
 $E_{s2} = 135135,1$ Mpa
 $E_{s3} = 196678,5$ Mpa

data penampang:

$b = 660$ mm
 $d = 248$ mm
 $A_s' = 1005,30965$ mm²
 $A_{s1} = 880$ mm²
 $A_{s2} = 1600$ mm²
 $A_{s3} = 880$ mm²
 $A_c = 133563,278$ mm²
 $A_s = 1824$ mm²



* **Kekuatan Dari Shear Connector**

Tegangan nominal satu *stud* shear connector yang ditanam pada slab beton adalah sbb:

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

dimana A_{sc} adalah luas penampang melintang sebuah shear connector (mm²)

f'_c adalah kuat tekan beton (Mpa)

F_u adalah tegangan tarik minimum sebuah shear connector (Mpa)

E_c adalah modulus elastisitas beton (Mpa)

asumsi shear connector berupa baut M16 A325 dengan kuat tarik min. baut =
N dan A_{sc} : 201,0619 mm²

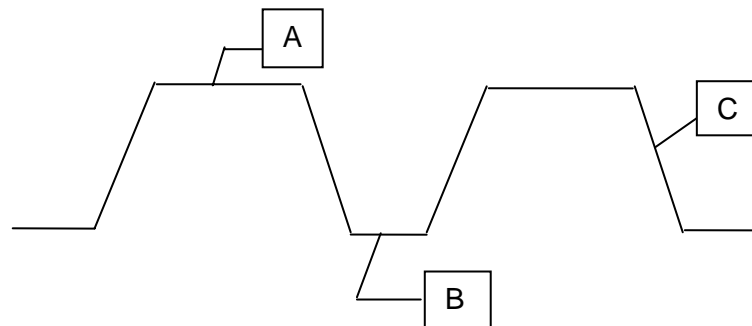
91000

$$0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c E_c} = 85459,47 \text{ N dan } A_{sc} F_u = 18296635,6 \text{ N (OK)}$$

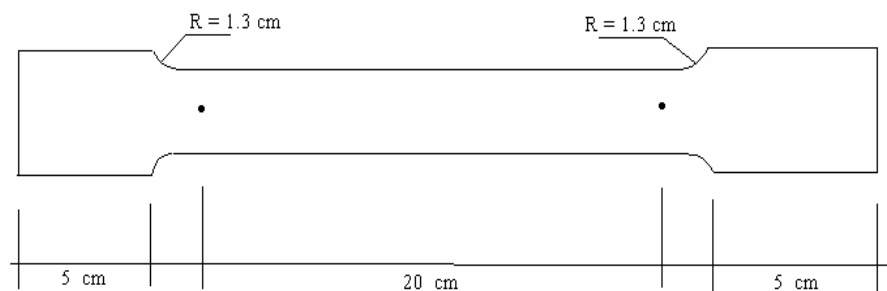
banyaknya baut yang diperlukan = 5,12243 dari tumpuan sampai momen maksimum
lapangan (yaitu jarak 850 mm = 165,936931 mm, diambil jarak shear
connector 200 mm



**Lampiran C
(informatif)
Sketsa Gambar Benda Uji Laboratorium**

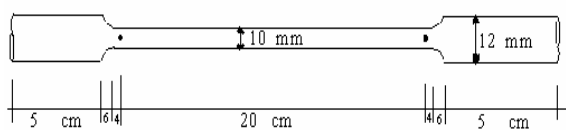


Gambar 1 Bagian-bagian dari CSP yang diambil untuk pengujian tarik CSP

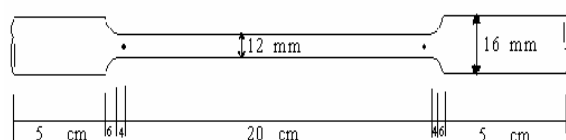


Benda Uji CSP

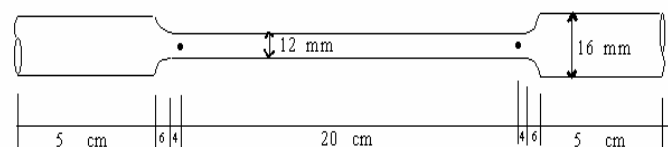
Gambar 2 Bentuk profil untuk pengujian kuat tarik CSP



Benda Uji Tulangan Dengan Diameter 12

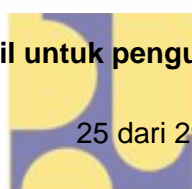


Benda Uji Tulangan Dengan Diameter 16



Benda Uji Tulangan Dengan Diameter 19

Gambar 3 Bentuk profil untuk pengujian kuat tarik tulangan beton



Lampiran D (informatif)

Tabel Hasil Pengujian Laboratorium

Tabel 1 Hasil pengujian kuat tarik CSP

No. Sampel	L _{awal} (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Luas (cm ²)	P _{leleh} (t)	P _{putus} (t)	L _{akhir} (cm)	f _y (kg/cm ²)	f _y (putus)	Reg. (mm)
1A	4.5	0.48	0.46	0.2208	0.8	0.82	4.8	3623.188	3713.768	0.067
2A	20	3.92	0.46	1.8032	6.3	7.1	24.2	3493.789	3937.445	0.210
3A	20	3.92	0.46	1.8032	6.1	7	25.2	3382.875	3881.988	0.260
1B	20	3.92	0.46	1.8032	5.3	6.35	24	2939.219	3521.517	0.200
2B	20	3.92	0.46	1.8032	6	7.05	24.8	3327.418	3909.716	0.240
3B	20	3.92	0.46	1.8032	6.3	7.15	24.4	3493.789	3965.173	0.220
1C	20	3.92	0.46	1.8032	5.2	6.3	24.8	2883.762	3493.789	0.240
2C	20	3.92	0.46	1.8032	6.3	7.2	24.5	3493.789	3992.902	0.225
3C	20	3.92	0.46	1.8032	6.1	7.1	24.6	3382.875	3937.445	0.230

Tabel 2 Hasil pengujian kuat tarik tulangan beton

No.	Dia (mm)	Pjg. Awal (mm)	Berat (gram)	Dia. Bubut (mm)	Luas (mm ²)	Beban Leleh (ton)	Beban Putus (ton)	Pjg. Akhir (mm)	Teg. Leleh (fy, N/mm ²)	fy, rata2	Teg. Putus (fpu, N/mm ²)	fpu, rata2	Regangan
1	19	200	601,5	12	113,097	4,1	5,6	235	355,27		485,25		
2	19	200	601,1	12	113,097	4,0	5,6	238	346,60	349,49	483,51	484,09	0,001747
3	19	200	603,4	12	113,097	4,0	5,6	239	346,60		483,51		
4	16	200	433,0	12	113,097	3,4	4,4	243	294,61		381,26		
5	16	200	435,8	12	113,097	3,0	4,7	245	259,95	291,73	407,26	396,28	0,001459
6	16	200	442,0	12	113,097	3,7	4,6	241	320,61		400,33		
7	12	200	277,6	10	78,540	3,1	4,0	239	386,81		499,11		
8	12	200	279,2	10	78,540	2,8	3,9	237	349,38	374,33	489,13	494,12	0,001872
9	12	200	279,3	10	78,540	3,1	4,0	236	386,81		494,12		

Tabel 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7, 14 dan 28 hari

Jenis	B I	Slump (mm)	Luas (cm ²)	Berat Kering (gram)			Gaya Tekan (ton)			Kuat Tekan Beton (kg/cm ²)		
				7 hari	14 hari	28 hari	7 hari	14 hari	28 hari	7 hari	14 hari	28 hari
Camp 1	22	80	78.5	3662	3650	3660	19.3	22.0	27.5	245.22	280.25	350.32
Camp 2	22	85	78.5	3683	3700	3697	18.6	21.2	26.5	236.31	270.06	337.58
Camp 3	22	100	78.5	3670	3667	3671	19.3	22.0	27.5	245.22	280.25	350.32
Camp 4	22.1	100	78.5	3688	3715	3702	21.2	24.2	30.3	269.75	308.28	385.35
Camp 5	22.1	50	78.5	3688	3681	3685	21.4	24.4	30.5	271.97	310.83	388.54
Camp 6	22.2	60	78.5	3670	3683	3680	21.2	24.2	30.3	269.75	308.28	385.35

Tabel 4 Dimensi Truk 1.22

No	No. Polisi	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	PB (mm)	LB (mm)	TB (mm)	BD (mm)
1	BG 4065 AP	1150	4000	1300	1650	5500	2350	1300	1950
2	BG 4728 AL	1150	4170	1300	1700	5500	2250	1300	1950
3	BG 4963 AL	1100	4180	1380	1700	5600	2300	1200	1900

Tabel 5 Berat Truk 1.22

No.	No. Polisi	Timb.	1		2		3		Total (kN)	Rata- rata
			Ka (kN)	Ki (kN)	Ka (kN)	Ki (kN)	Ka (kN)	Ki (kN)		
1	BG 4065 AP	1	32	37	71	73	62,5	68	343,5	350,5
		2	32,5	37,5	75,5	74,5	65	72,5	357,5	
2	BG 4728 AL	1	37	33	67,5	67,5	67	62,5	334,5	343,75
		2	40	34,5	67	74,5	71	66	353	
3	BG 4963 AL	1	42,5	34,5	72	65	73,6	63	350,5	356,25
		2	47	34	71	67,5	72,5	70	362	



**Lampiran E
(informatif)****Daftar nama dan lembaga****1) Pemrakarsa**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Badan Penelitian dan Pengembangan ex. Departemen Kimpraswil.

2) Penyusun

Nama	Instansi
Setyo Hardono, Ir., MT.	Puslitbang Prasarana Transportasi
N. Retno Setiati, ST., MT.	Puslitbang Prasarana Transportasi
Nana Sumarna, ST., MM.	Puslitbang Prasarana Transportasi



Bibliografi

1. American Institute of Steel Construction, Inc., "*Metric Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings*", 1994.
2. British Standards Institution., "*Steel, Concrete and Composite Bridge*", 1988.
3. Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, "*Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, Bagian 2 Beban Jembatan*", BMS 1992.
4. Gajanan M. Sabnis, "*Handbook of Composite Construction Engineering*", Van Nostrand Reinhold Company, 1979.
5. Hardono, Setyo., "*Pengkajian Kerusakan Lantai Jembatan Rangka Baja Sistem Corrugated Steel Plate*", Laporan Penelitian, Puslitbang Prasarana Transportasi, Dep. Kimpraswil, 2002
6. Highway Engineering., "*Bridge Design*", Japan International Cooperation Agency, 1977.
7. Irawan, R., "*Studi Perilaku Balok Komposit Kayu-Beton dengan Penghubung Geser Baja Polos Akibat Pembebanan Lentur Statis*", Tesis Magister, ITB, 2001.
8. Ivan M. Viest., Joseph P. Colaco., et. All, "*Composite Construction Design for Buildings*", McGraw Hill, 1997.
9. Johson, R. P., "*Composite Structures of Steel and Concrete*", Volume 1 & 2, Blackwell Scientific Publications, 2nd edition, 1994
10. Thomas T. C. Hsu, "*Unified Theory of Reinforced Concrete*", CRC Press Boca Raton Ann Arbor, London-Tokyo, 1993.

