



BETON MUTU TINGGI UNTUK KOMPONEN JEMBATAN PRACETAK **(HIGH PERFORMANCE CONCRETE FOR PRECAST BRIDGE COMPONENTS)**

Ir. Lanneke Tristanto

RINGKASAN

Beton mutu tinggi merupakan 'beton yang memenuhi kriteria kinerja majemuk yang lebih ketat dari persyaratan beton struktural biasa'. Sesuai dengan kondisi di Indonesia, beton mutu tinggi sebagai beton kinerja tinggi High Performance Concrete memerlukan persyaratan khusus untuk kinerja plastis (kemudahan penempatan), cara pemadatan (menghindari rongga), dan keawetan (mencegah korosi tulangan).

Desain gelagar beton mutu tinggi memberi penghematan untuk berat dan dimensi struktur. Di satu segi mengurangi berat sendiri struktur dan di segi lain lendutan bertambah besar. Selain ini diperlukan penulangan lebih banyak berupa tulangan baja dan strand/tendon prategang, sedangkan tempat yang tersedia terbatas. Gabungan antara dua sistem yaitu pra penegangan 'pre-tensioned' yang terjangkar oleh ikatan strand dalam beton, dan pasca penegangan 'post-tensioned' yang terjangkar oleh ankur tendon dalam end-block menjadi salah satu solusi dalam mengatasi keterbatasan tempat penjangkaran.

Komponen gelagar jembatan beton pracetak umumnya di-produksi sesuai mutu beton karakteristik 40MPa. Desain standar tersebut di-modifikasi dengan beton mutu tinggi 65 MPa yang terjangkau secara optimal dengan bahan agregat tersedia. Penerapan beton mutu tinggi dalam industri komponen jembatan pracetak telah dikaji dengan pembuatan dan pengujian gelagar skala penuh, yang merupakan hasil penelitian dari kerjasama antara Puslitbang Prasarana Transportasi dan Proyek Pengadaan Komponen Jembatan Pracetak di Buntu.

SUMMARY

High strength concrete is 'a concrete with multi performance criterias compared to normal structural concrete requirements'. Indonesian practice for high strength concrete as high performance concrete HPC involves the implementation of special requirements for plasticity (ease of placement), compaction methods (voidage prevention) and durability (reinforcement corrosion prevention).

The design of HPC girders results in efficiency of structural self weight and dimension. On one aspect the self weight of the structure decreases and on another aspect the deflection increases. Besides this, the need for reinforcement increases in the number of steel reinforcing bars and prestressing strands/tendons, while the provided space is limited. A combination of two systems, 'pre-tensioning' strands that are bonded into the concrete, combined with 'post tensioning' tendons that are anchored into end blocks, is one solution to tackle the restricted space for anchorage placement.

Precast standard concrete girders are in general fabricated according to 40 MPa concrete grade. This standard design is modified by using 65 MPa high performance concrete, that is optimal achieved by using the local available aggregate material. The implementation of HPC in the concrete industry has been investigated through the execution and load test verification of a full scale girder, as a joint research between The Institute of Road Engineering and the Project for Supply of Precast Bridge Components in Buntu.

I. PENDAHULUAN

Dalam perencanaan gelagar beton pracetak umumnya digunakan beton dengan kuat tekan karakteristik 35 - 45 MPa. Dengan meningkatkan kuat tekan sekitar dua kali lipat menjadi 65 - 80 MPa dan mempertahankan kemudahan pengerjaan serta kadar semen ekonomis (450 kg/m^3 sampai maksimum 500 kg/m^3), akan diperoleh penghematan dimensi struktur.

Perpanjangan bentang akibat peningkatan mutu beton berada antara 12-15% dan penghematan berat sendiri gelagar berada antara 18-23%. Hasil kajian dalam negeri ternyata mendekati bila dibandingkan dengan penelitian di luar negeri dimana bentang dapat ditingkatkan 17% dan penghematan berat sendiri sebesar 24%.

Gelagar percontohan skala penuh mencakup aspek berikut :

- Perencanaan campuran beton mutu tinggi untuk *kekuatan dan tingkat pengerjaan* optimal dengan bahan yang tersedia di lapangan : kekuatan tekan karakteristik 65 MPa, kemudahan pengerjaan dengan slump 8-10 cm. Berdasarkan percobaan dan pengujian, kuat tekan beton mutu tinggi target telah mencapai 75 MPa yang dengan deviasi kemungkinan cacat 1% menjadi 65 MPa untuk nilai kuat tekan karakteristik
- Perencanaan gelagar beton prategang tipe I komposit dengan *kombinasi sistem pra dan pasca penegangan (pre & post tensioned)* : mengatasi tempat angkur yang terbatas serta meningkatkan lawan lendut

- Pembuatan gelagar beton prategang dengan bentang 22m serta *mempertahankan dimensi* dari bentang 19m (tinggi gelagar I sebesar 90 cm, mutu beton dalam rencana standar adalah 40 MPa) : tinggi gelagar I sebesar 90 cm untuk mutu beton 65 MPa dapat mencapai bentang 22m
- Pembuatan *portal pengujian* untuk percobaan pembebanan skala penuh dengan memanfaatkan pondasi 'stressing bed' di pabrik komponen jembatan beton pracetak Buntu
- Pengujian gelagar percontohan di pabrik beton pracetak dengan cara pembebanan statis untuk verifikasi *kekuatan batas retak (beban retak) dan kekuatan batas ultimit (beban ultimit)*.

II. GELAGAR BETON PRACETAK

Gelagar I dari proyek pengadaan komponen jembatan pracetak terdapat dalam lima tipe untuk mutu beton 40 MPa (Tabel 1, Gambar 1) sebagai berikut :

- Bentang L = 13,6m – 25,6m dengan tinggi gelagar 90-125 cm
- Bentang L = 25,6m - 31,6m dengan tinggi gelagar 160 cm
- Bentang L = 35,6m – 40,6m dengan tinggi gelagar 170 cm

Dimensi gelagar dapat diperhemat dengan peningkatan mutu beton dari 40 MPa ke 65 MPa (Tabel 1, Gambar 1,2 &3) sebagai berikut :

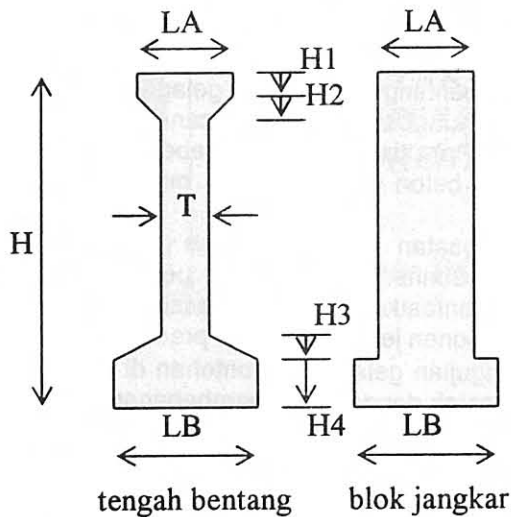
- dimensi gelagar bentang 19,6m untuk bentang 22,6m (tinggi gelagar 90 cm)
- dimensi gelagar bentang 25,6m untuk bentang 28,6m (tinggi gelagar 125 cm)
- dimensi gelagar bentang 31,6m untuk bentang 35,6m (tinggi gelagar 160 cm)

Tabel 1.
STANDAR GELAGAR I BETON PRACETAK SISTEM PASCA PENEGANGAN
(MUTU BETON 40 MPa)

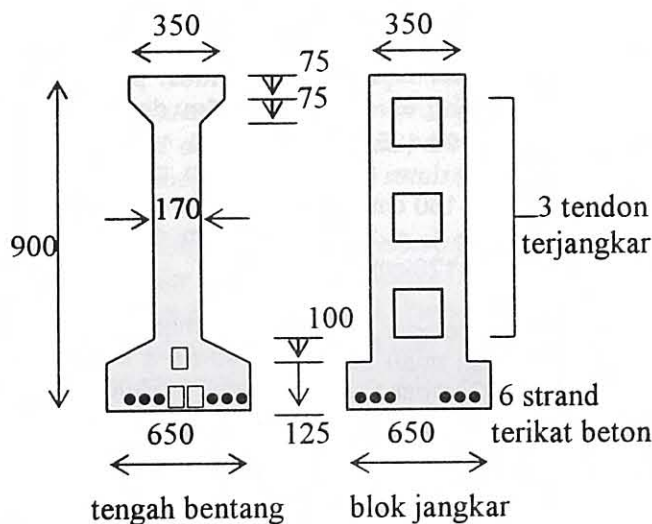
Tipe	Bentang m	H mm	H1 mm	H2 mm	H3 mm	H4 mm	T mm	LA mm	LB mm	Volume m ³	Berat ton	Tendon (nomor)	
												BM100	BMS 1992
I	13,6	900	75	75	100	125	170	350	650	3,52	8,80	2x6	2x6
	16,6	900	75	75	100	125	170	350	650	4,25	10,63	3x6	2x6+1x7
	19,6	900	75	75	100	125	170	350	650	4,99	12,48	3x7	
II	19,6	1250	75	75	100	125	170	350	650	6,56	16,40		3x7
	22,6	1250	75	75	100	125	170	350	650	7,51	18,78	3x7	3x7+1x4
	25,6	1250	75	75	100	125	170	350	650	8,46	21,15	4x7	4x7
III	25,6	1600	125	75	100	225	180	550	650	13,69	34,23		3x7+1x6+1x3
	28,6	1600	125	75	100	225	180	550	650	15,14	37,85	5x7	3x7+3x6
	31,6	1600	125	75	100	225	180	550	650	16,42	41,05	6x7	6x7
IV	35,6	1700	225	75	100	225	180	550	650	22,50	56,25		6x7+1x5
V	40,6	1700	225	75	100	225	180	550	650	24,47	61,18		2x19+2x12

Tipe I,II,III : jarak antara sumbu gelagar 185 cm

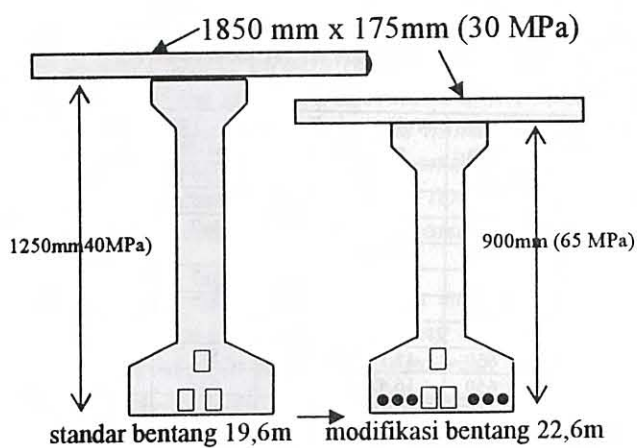
Tipe V : jarak antara sumbu gelagar 144 cm



Gambar 1. Penampang standar gelagar I beton pracetak



Gambar 2. Gelagar beton mutu tinggi (6 strand & 3 tendon @ 7 strand), bentang 22,6m



Gambar 3. Penghematan dimensi pada peningkatan bentang 19,6m ke 22,6m

III. MATERIAL BETON MUTU TINGGI

2.1. Beton Mutu Tinggi Optimal

Beton mutu tinggi dapat dibuat sampai mencapai kuat tekan 100MPa. Walaupun kekuatan beton dapat ditingkatkan secara teoritis, namun dalam praktek pelaksanaan terdapat pertimbangan teknis sebagai berikut :

- Kuat tekan beton tergantung pada mutu pasta yang teoritis dapat ditingkatkan, tetapi didukung oleh mutu agregat yang dalam praktek harus disesuaikan dengan bahan setempat
- Kuat tekan beton yang meningkat umumnya diikuti dengan kemudahan pengerjaan yang berkurang, desain memerlukan kekuatan sedangkan praktek pelaksanaan memerlukan kemudahan pengerjaan
- Kuat tekan yang tinggi menghemat dimensi struktur yang secara teoritis membuat struktur lebih fleksibel berarti lendutan dalam praktek menjadi lebih besar
- Dimensi yang hemat akan mengurangi berat sendiri struktur tetapi dalam praktek diperlukan ruang agar pemasangan tulangan dan tendon tidak terlalu rapat

Beton mutu tinggi optimal untuk komponen jembatan adalah 65-75MPa dengan mana tercapai keuntungan secara seimbang untuk desain dan pelaksanaan.

3.2. Komposisi Campuran Beton Mutu Tinggi

Pembuatan beton mutu tinggi dengan menggunakan agregat setempat serta mempertahankan kemudahan pengerjaan pelaksanaan, menghasilkan kuat tekan target 75,3 MPa yang berarti kuat tekan karakteristik untuk desain adalah 65 MPa – Tabel 2.

Tabel 2.
HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT DAN
KOMPOSISI CAMPURAN BETON MUTU TINGGI

Butir pengujian	Hasil pengujian	Catatan
1. Pengujian agregat kasar		Sumber : Buntu
a. analisis saringan , % melalui saringan :	100	
1"	93	
¾"	4	
3/8"	0,2	
no.4	0	
no.8	7,03	
b. modulus kehalusan	2,86	
c. berat jenis semu	2,69	
d. berat jenis dasar kering	2,75	
e. berat jenis dasar jenuh kering permukaan	2,26	
f. peresapan (%)	1,48	
g. berat isi lepas (1/m kubik)	1,58	
h. berat isi padat (1/m kubik)	16,9	
i. nilai abrasi	16,8	
j. nilai crushing	0,1	
k. lolos saringan no. 200		

2. Pengujian agregat halus		Sumber : Buntu
a. analisis saringan , % melalui saringan :		
3/4"	100	
3/8"	99,13	
no.4	94	
no.8	85,3	
no.16	70,76	
no. 30	45,8	
no. 50	16,09	
no.100	3,27	
no.200	0,41	
b. modulus kehalusan	2,86	
c. berat jenis semu	2,85	
d. berat jenis dasar kering	2,64	
e. berat jenis dasar jenuh kering permukaan	2,72	
f. peresapan (%)	2,71	
g. berat isi lepas (1/m kubik)	1,42	
h. berat isi padat (1/m kubik)	1,56	
3. Komposisi campuran (per m kubik)		
a. air (kg)	162	
b. semen (kg)	475	
c. abu terbang (kg)	119	
d. agregat halus (kg)	745	
e. agregat kasar (kg)	892	
f. bahan tambah : plasticizer (kg)	9,5	
g. udara (%)	2	
h. slump (mm)	90	
i. bobot (1/m kubik)	2,32	
j. kuat tekan beton		
umur 7 hari (MPa)	50,4	
umur 14 hari (MPa)	61	
umur 28 hari (MPa)	75,3	

Percobaan campuran beton yang dibuat dalam skala kecil di laboratorium kemudian di-uji-coba dalam skala batching plant, dan dibuktikan dalam pelaksanaan pembuatan gelagar.

IV. EKSPERIMEN BETON MUTU TINGGI

4.1. Ringkasan Data Material

Penelitian aplikasi beton mutu tinggi untuk gelagar beton prategang pracetak menghasilkan data dan masukan sebagai berikut :

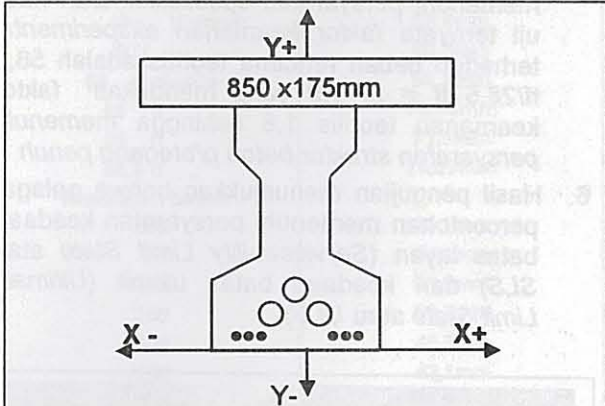
- Kondisi agregat setempat memerlukan kadar semen agak besar (475 kg/m^3) untuk mencapai kuat tekan karakteristik 65 MPa (kuat tekan target 75,3 MPa)
- Mutu beton 65 MPa memenuhi kekuatan dan masih daktail berarti tidak getas
- Peningkatan mutu dan tingkat pengerjaan beton dipacu dengan bahan pengisi berupa abu terbang
- Abu silika tidak dianjurkan untuk produksi beton mutu tinggi karena kepekatan beton segar mempersulit transportasi, penempatan dan pematatan beton
- Tingkat pengerjaan beton segar guna penempatan dan pematatan yang baik dengan transportasi talang berjalan adalah slump 90 mm rata-rata (80-100mm)
- Pelaksanaan pembuatan gelagar menggunakan batching plant yang mewakili skala produksi yang sebenarnya
- Gelagar beton prategang mutu tinggi memanfaatkan mutu tinggi dari beton maupun dari strand prategang.

4.2 Pelaksanaan Gelagar Beton Mutu Tinggi

Model skala penuh berupa gelagar tipe I komposit dengan bentang 22,6m dilaksanakan di pabrik komponen pracetak jembatan – Buntu. Evaluasi terhadap pelaksanaan produksi gelagar beton mutu tinggi yang dibuat dan di-uji-coba di lingkungan ke-PU-an adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan gelagar untuk model skala penuh dibuat dengan kombinasi sistem pra (6 strand @ diameter 12,5mm yang ditarik pada umur beton 7 hari) dan pasca penegangan (3 tendon @ 7 strand diameter 12,5mm yang ditarik pada umur beton 28 hari) – Gambar 4 dan 5. Selama prosedur penegangan (*stressing*) berlangsung diadakan pengukuran lawan lendutan - Tabel 3. Lawan lendutan teoritis akibat strand dan tendon adalah +6,31 cm. Lendutan gelagar akibat berat sendiri adalah -2,39 cm. Sehingga lawan lendutan total pada akhir pekerjaan penegangan adalah teoritis $6,31 - 2,39 = +3,92 \text{ cm}$. *Lawan lendutan teoritis* ternyata $39,2 \text{ mm}$ terhadap *lawan lendutan terukur* $47,25 \text{ mm}$, berarti 20% lebih tinggi yang berada dalam batas toleransi, sehingga pengujian lawan lendutan akibat penegangan strand dan tendon memenuhi persyaratan analisis.

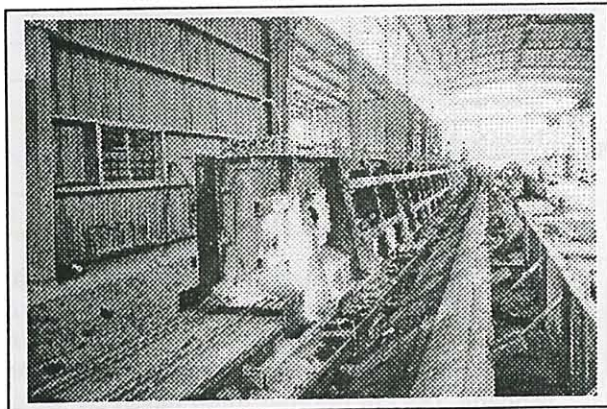
Tabel 3.
LAWAN LENDUTAN GELAGAR
PERCONTOHAN SETELAH PENEGANGAN
STRAND DAN TENDON



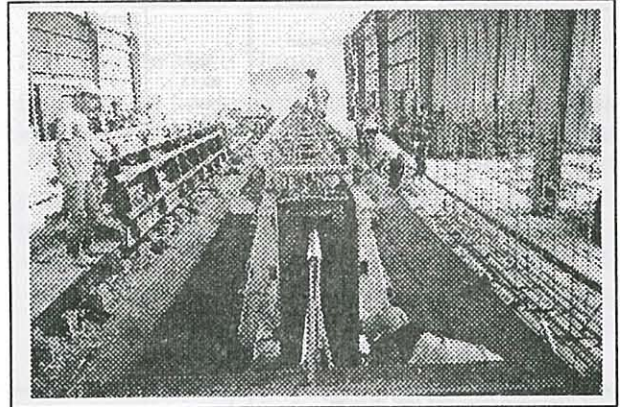
Strand pra-penegangan (90 tonf)	Arah Y 15 mm	Arah X 0
Tendon tengah (105 tonf)	Arah Y 10,95 mm	Arah X -5,32mm
Tendon bawah (105 tonf)	Arah Y 15 mm	Arah X 5,55 mm
Tendon atas (105 tonf)	Arah Y 6,3 mm	Arah X -0,4mm
Lawan lendutan total :	Arah Y 47,25 mm	Arah X -0,17mm-0

2. Setelah tendon pasca-penegangan di-graut maka di hari berikutnya diadakan pengecoran *lantai komposit* dengan beton mutu tinggi 65 MPa selebar *flens* 85 cm yang mewakili *flens rencana* 185 cm dengan mutu beton 30 MPa – Gambar 6. Dengan demikian pemodelan gelagar mewakili struktur sebenarnya.

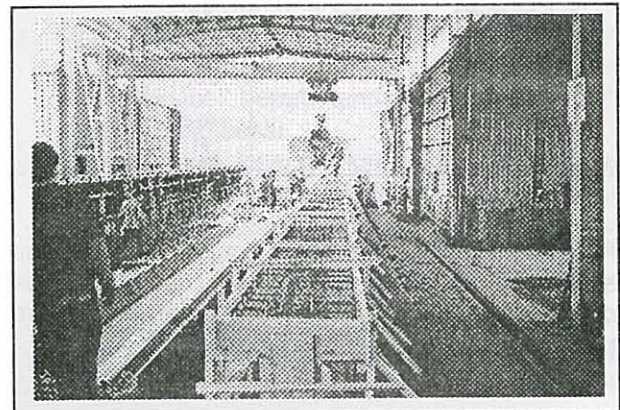
3. Dalam rangka pengujian gelagar dibuat rangka uji di pabrik beton pracetak Buntu yang merupakan lanjutan kerjasama antara Pustran, Proyek Pengadaan Komponen Jembatan Pracetak Buntu dan PU Pusat Jakarta. Besar *beban maksimum* di tengah bentang untuk menguji kekuatan ultimit runtuh teoritis gelagar adalah 700 kN , dengan demikian *rangka uji* harus memiliki kapasitas minimum $125\% \times 700 = 875 \text{ kN}$.
4. Percobaan pembebanan dilakukan pada gelagar I komposit secara statis – Gambar 7 - dengan kenaikan beban sebesar 1 ton setiap kali, sehingga terukur *beban rencana (utuh tidak retak)* dan *beban awal retak tarik (regangan tarik 15.10^{-5})* yang mewakili *momen retak (cracking moment)*. *Retak lentur awal* terjadi pada *beban 45 tf yaitu 158 % beban rencana* atau *92 % beban ultimit rencana*. Pembebanan berhasil ditingkatkan 10% diatas beban ultimit rencana (*70% beban ultimit runtuh teoritis*), jadi sampai $56,5 \text{ tf} = 80\% \text{ beban ultimit runtuh teoritis}$ ($70\text{tf} = 700\text{kN}$), dan tidak terjadi keruntuhan pada pengujian.
5. Faktor keamanan eksperimental harus berdekatan dengan faktor keamanan teoritis agar sesuai persyaratan spesifikasi. Kekuatan rencana teoritis adalah kekuatan ultimit yang dibagi oleh *faktor keamanan teoritis 1,8@2,5*. Hasil uji harus memberikan *faktor keamanan (fk) eksperimental maksimal 2,5* agar memenuhi persyaratan spesifikasi. Dari hasil uji ternyata *faktor keamanan eksperimental terhadap beban rencana teoritis* adalah $56,5 \text{ tf} / 28,5 \text{ tf} = \text{fk } 1,9$ yang mendekati faktor keamanan teoritis 1,8 sehingga *memenuhi persyaratan struktur beton prategang penuh*.
6. Hasil pengujian menunjukkan bahwa gelagar percontohan memenuhi persyaratan keadaan batas layan (*Serviceability Limit State* atau *SLS*) dan keadaan batas ultimit (*Ultimate Limit State* atau *ULS*).



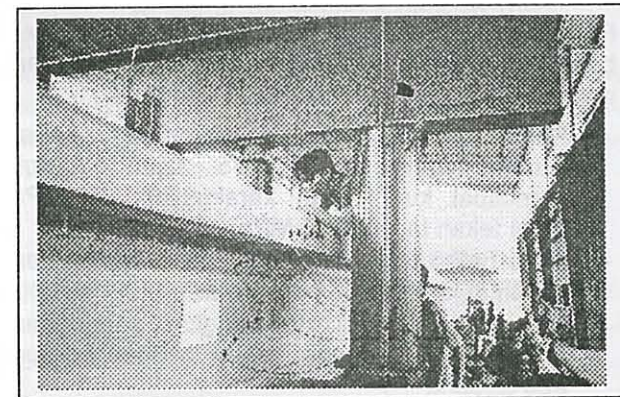
Gambar 4. Sistem pra-penegangan (*pretensioned*)



Gambar 5. Sistem pasca-penegangan (*post-tensioned*)



Gambar 6. Pembuatan lantai komposit



Gambar 7. Pengujian gelagar percontohan beton mutu tinggi

4.3. Uji Beban Gelagar Percontohan Beton Mutu Tinggi
Uji beban telah dilakukan secara eksperimental teoritis dengan uraian sebagai berikut :

1. Modulus elastisitas beton mutu tinggi 65 MPa adalah teoritis $E = 36000 \text{ MPa}$ yang memberikan rumus lendutan tengah bentang teoritis $1,03 \text{ P (tf)} = \Delta \text{ mm}$. Dalam eksperimen lendutan ternyata lebih besar 17% sehingga sesuai dengan rumus $1,206 \text{ P (tf)}$. Kesimpulan

modulus elastisitas E hasil eksperimen adalah 30750 MPa untuk kondisi elastis. Pada pencapaian beban diatas batas ultimit 56,5 tf terjadi penurunan modulus elastisitas E, berarti mutu beton menurun akibat retakan struktural menjadi kondisi plastis dengan $E = 27930$ MPa. Pada pencapaian beban ultimit rencana 49 tf tidak terjadi penurunan modulus elastisitas E karena mutu beton bertahan utuh. Pengujian menunjukkan bahwa kapasitas keadaan batas layan SLS dan ultimit ULS secara eksperimental memenuhi perhitungan perencanaan teoritis.

Tabel 4.
BEBAN UJI VS LENDUTAN TENGAH BENTANG

Beban uji (tf)	Lendutan (mm)	$\Delta=1,03 P$ mm E=36000MPa	$\Delta=1,206 P$ mm E=30750 MPa	E uji beban MPa
28,5 tf rencana	34,4mm	29mm	34,4mm	30750 elastis
45 tf retak	53,5mm	46,4mm	54,3mm	31213 elastis
49 tf ultimit	58,9mm	50,5mm	59,1mm	30870 elastis
53 tf	65,3mm	54,6mm	63,9mm	30118 plastis
55 tf	70,05mm	56,7mm	66,33mm	29135 plastis
56 tf	71,3mm	57,7mm	67,5mm	29145 plastis
56,5 tf	75,07mm	58,2mm	68,1mm	27929 plastis

- Pada pencapaian beban uji *didasarkan ultimit (56,5tf)* tidak terdapat retakan geser, dan retakan lentur terbatas dalam daerah sepanjang ~1,5m di tengah bentang, dengan ketinggian retakan dibawah garis netral penampang komposit. Berarti retakan berada dalam daerah tarik dimana regangan tarik beton terlampaui. Regangan tarik beton 15×10^{-5} adalah batas kemampuan tarik beton tanpa tulangan dan bila regangan lebih besar maka akan dipikul oleh tulangan. Retak lentur awal dalam pengujian beban telah terjadi pada regangan tarik 63×10^{-5} - Tabel 5.

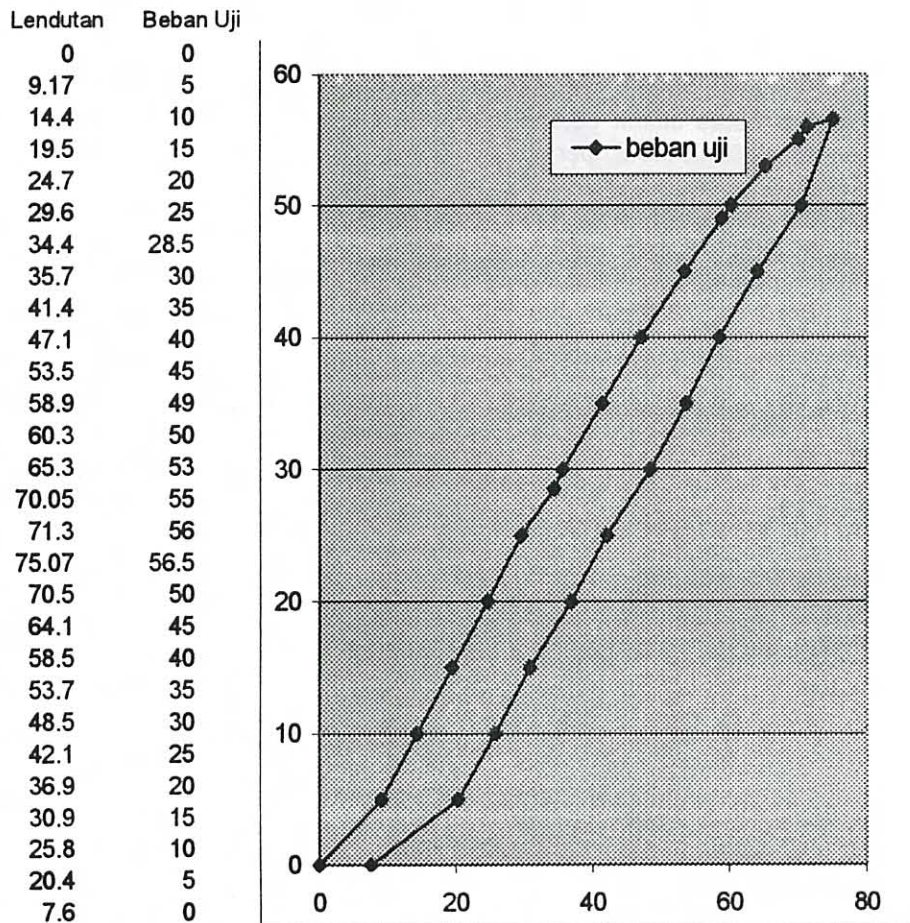
Tabel 5.
BEBAN UJI VS REGANGAN TARIK TENGAH BENTANG GELAGAR

Beban uji	Regangan tarik tepi bawah gelagar
28,5 tf beban rencana	$44,3 \times 10^{-5}$ utuh
45 tf beban retak awal	63×10^{-5} retak rambut
49 tf beban ultimit rencana	$59,1 \times 10^{-5}$
53 tf	$59,1 \times 10^{-5}$
55 tf	295×10^{-5}
56,5 tf	371×10^{-5} lebar retak 0,2mm

- Regangan tekan beton di tepi atas penampang komposit pada beban ultimit rencana (49 tf) terukur sebesar $86,7 \times 10^{-5}$ ($\sim 27\text{MPa} \sim 0,4 f_c'$ $\sim 0,4 \times 65$ MPa). Pada beban 56,5 tf terjadi regangan tekan $104,4 \times 10^{-5}$ (~ 29 MPa $\sim 0,44 f_c'$) di tepi atas penampang komposit. Di daerah tekan belum terjadi regangan batas ultimit runtuh 2,5 per mil yang diperkirakan akan terjadi pada beban 70 tf. Dalam pengujian ini terukur regangan tekan sebesar 1,04 per mil pada beban uji maksimum tercapai sebesar 56,5 tf.
- Hubungan beban uji terhadap lendutan tengah bentang dijelaskan secara grafis dalam Tabel 6 dan Gambar 8.

Tabel 6.
BEBAN UJI VS LENDUTAN TENGAH BENTANG

Beban uji (tf)	Lendutan (mm)
Kenaikan beban :	
5tf	9,17mm
10tf	14,4mm
15tf	19,5mm
20tf	24,7mm
25tf	29,6mm
28,5 tf rencana	34,4mm
30tf	35,7mm
35tf	41,4mm
40tf	47,1mm
45 tf retak	53,5mm
49 tf ultimit	58,9mm
50tf	60,3mm
53 tf plastis	65,3mm
55 tf "	70,05mm
56 tf "	71,3mm
56,5 tf "	75,07mm
Penurunan beban :	
50tf	70,5mm
45tf	64,1mm
40tf	58,5mm
35tf	53,7mm
30tf	48,5mm
25tf	42,1mm
20tf	36,9mm
15tf	30,9mm
10tf	25,8mm
5tf	20,4mm
0tf	7,6mm



Gambar 8. Grafik beban uji (tonf) vs lendutan tengah bentang (mm)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian beton mutu tinggi dalam aplikasi di pelaksanaan produksi telah menghasilkan kesimpulan berikut :

1. Penerapan beton mutu tinggi menghemat berat sendiri jembatan sehingga menghemat bangunan atas, bangunan bawah dan pondasi jembatan
2. Fleksibilitas struktur beton mutu tinggi tidak berlebih bila digunakan mutu beton 65-75MPa yang juga mungkin terlaksana dengan agregat yang umum tersedia di lapangan
3. Perhitungan/analisis struktur beton mutu tinggi 65-75 MPa dapat dilakukan dengan cara SLS dan ULS yang lajim berlaku untuk mutu beton 50 MPa sesuai peraturan SKSNI beton struktural
4. Penghematan berat sendiri beton dalam reduksi dimensi gelagar pada penggunaan beton mutu tinggi 65MPa adalah 20% terhadap penggunaan beton mutu 40 MPa.

5. Peningkatan bentang mencapai 20 % bila dimensi gelagar dengan mutu beton 40 MPa diterapkan pada mutu beton 65 MPa.
6. Hasil pengujian gelagar percontohan dengan bentang 22,6m menunjukkan kapasitas daya layan dan ultimit yang sesuai persyaratan perencanaan
7. Pabrik beton pracetak adalah lokasi tepat guna untuk produksi, pengujian dan pemasaran komponen struktur jembatan dari beton mutu tinggi

5.2 Saran

Beberapa saran yang perlu disampaikan adalah sebagai berikut :

1. Perluasan desain gelagar beton mutu tinggi pracetak untuk berbagai tipe gelagar monolitik dan segmental dengan bentang 16 - 35m serta untuk tipe pelat berongga dengan bentang 10-15m.
2. Penyuluhan penggunaan beton mutu tinggi perlu dibina dalam meningkatkan teknologi pelaksanaan, produksi dan cara-cara pengujian komponen struktur jembatan

3. Kerjasama antara badan penelitian, produsen dan pengguna komponen jembatan beton mutu tinggi perlu ditingkatkan

DAFTAR PUSTAKA

1. Analysis and Design of Reinforced Concrete Structures – Report ACI Committee 343
2. High Performance Concrete - Proceedings ACI International Conference, 1994, Singapore
3. Prestressed Concrete Bridges – Indonesian Australian Concrete Bridge Project – Construction Drawings and Details
4. Peraturan beban – BMS – 1992
5. Peraturan perencanaan beton struktural – BMS – 1992
6. Rangkaian penelitian beton mutu tinggi – 1995 - Laporan Pustran – J. Dachtar
7. Structural Concrete - Theory and its application – 1991 - ASG Bruggeling – Balkema Publishers Brookfield USA.

Penulis :

Ir. Lanneke Tristanto, Ahli Peneliti Muda, pada Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Kimpraswil, Departemen Kimpraswil