

LAMPIRAN C

**FABRIKASI SEGMENT GELAGAR BETON
PRATEKAN, PENGGABUNGAN SEGMENT
GELAGAR BETON PRATEKAN**

FABRIKASI SEGMENT GELAGAR BETON PRATEKAN

1. Persiapan Material

(1) Agregat

Agregat yang digunakan terdiri dari dua macam, yaitu agregat halus yang berasal dari ex. Galunggung dan agregat kasar berasal dari Maloko yang diproduksi oleh PT. Sido Manik berlokasi di Tangerang.

(2) Semen

Semen yang digunakan diproduksi oleh PT. Semen Cibinong Tbk. yang berlokasi di Cibinong, Bogor.

(3) Air

Air untuk fabrikasi beton ini berasal dari sumur bor yang ada di pabrik.

(4) Bahan Tambahan Cair (*Admixture*)

Bahan tambahan cair yang digunakan adalah Daracem, yang diproduksi oleh PT. Grace Specialty Chemicals Indonesia yang berlokasi di Cikarang, Bekasi.

(5) Cetakan, terbuat dari plat baja dengan tebal ± 10 cm.

(6) Bahan Grouting

(7) Kabel Prategang

a. Kabel (*strand*) ex. Walsin.

- Jenis : *Uncoated seven – wire stress relieved*
ASTM A – 416, *grade 270 low relaxation*
- Diameter : 0,5” (12,7 mm)
- Luas Penampang eff : 98,70 mm²

Strand didatangkan dalam bentuk potongan, sesuai dengan panjang kabel yang dibutuhkan. Penempatan dilakukan pada ruang yang bebas dari air dan diletakkan di atas balok penumpu. *Strand* yang dikirim disertai lampiran sertifikat dari pabrik pembuatnya.

b. *Wedges*

Terdiri dari sepasang baji berbentuk kerucut terbelah dan bagian dalamnya bergerigi.

c. *Casting*

Bagian dari angkur yang tertanam dalam beton. Permukaan luar *casting* berfungsi untuk meneruskan gaya prategang ke dalam beton. Sama halnya dengan angkur hidup, ukuran *casting* ini sesuai dengan besar gaya yang ditanam. Pasangan angkur hidup dengan *casting* biasa dikenal sebagai angkur hidup.

d. Kepala Angkur (*anchor head*)

Bagian dari angkur yang berfungsi untuk mengikat atau mengunci baja prestressed setelah dilakukan pekerjaan stressing.

e. *Dead End* (ankur mati)

Berfungsi untuk menahan gaya stressing dan bukan sebagai pengunci.

f. *Bursting Steel*

Berupa rangkaian tulangan besi dipasang dan tertanam dibelakang *casting*, yang berfungsi sebagai perkuatan untuk menahan penyebaran gaya arah radial yang terjadi akibat prategang yang bekerja pada *casting*.

g. Selubung (*duct*), diameter 65 dan 68 (*coupler*)

Berbentuk seperti pipa berfungsi sebagai tempat kedudukan baja *prestressed* sehingga posisi sesuai dengan yang direncanakan setelah beton dicor, juga untuk menjaga agar baja *prestressed* bebas dari ikatan dengan beton. Sambungan antara bagian saluran merupakan sambungan logam dan harus disegel dengan menggunakan pita tahan air untuk mencegah kebocoran adukan. Sambungan harus bebas dari retak, dan saling mengikat rapat dengan adukan.

h. Grout vent

Pipa untuk lubang memasukkan bahan grouting atau dapat juga sebagai lubang ventilasi pada saat pekerjaan grouting dilakukan. Biasanya dipasang pada posisi tertinggi dan terendah.

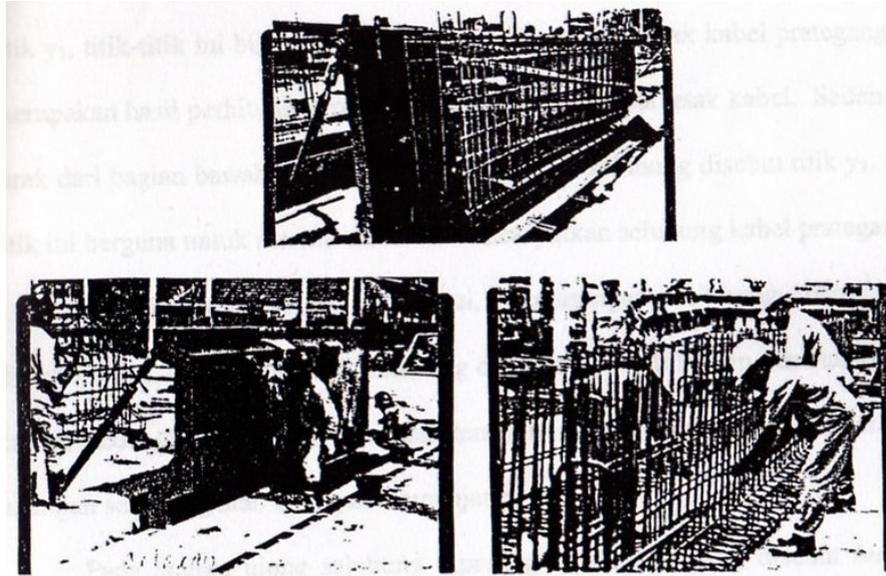
(8) Besi tulangan, yang digunakan adalah besi dengan diameter 13 mm, 10 mm, dan 8 mm.

2. Perakitan Tulangan atau Selubung

Alat-alat yang digunakan untuk perakitan adalah alat potong besi, mesin las, meteran, alat pembengkok, gegep, dan batu gurinda. Sedangkan materialnya adalah besi beton, selubung, masking tape, minyak cetak, kawat ikat, kawat las, dan mesin gurinda.

Pekerjaan perakitan tulangan dan selubung ini adalah sebagai berikut : besi beton dipotong atau dibengkokkan menurut keperluan (bentuk dan ukurannya) sesuai dengan daftar rakitan tulangan. Kemudian dirakit sesuai dengan gambar rencana di atas cetakan yang terbuat dari plat baja yang sebelumnya dibersihkan serta diolesi atau dilapisi minyak cetak, agar beton tidak lengket pada cetakan.

Besi penyangga selubung dipasang (las) pada rakitan tulangan dengan posisi/elevasi sesuai dengan gambar kerja. Kemudian potong atau sambung selubung sesuai gambar kerja dan disesuaikan dengan kebutuhan panjang segmen.



Perakitan, Pemasangan Tulangan dan Cetakan

3. Posisi/Elevasi Selubung Kabel

Untuk menentukan posisi selubung dilakukan pengukuran perpanjangan segmen yang telah ditentukan. Pengukuran dilakukan dari bagian bawah struktur beton ke bagian tengah dan bawah dari selubung.

Jarak dari bagian bawah struktur ke bagian tengah selubung disebut titik-titik y_1 . Titik-titik ini bila dihubungkan merupakan garis letak kabel prategang dan merupakan hasil perhitungan pada perencanaan dari perencanaan untuk tata letak kabel. Sedangkan jarak dari bagian bawah selubung disebut titik y_2 , dimana titik ini berguna untuk menentukan dan menempatkan selubung kabel prategang.

Setelah titik-titik y_2 diketahui, pemasangan selubung baru dapat dilaksanakan. Pada setiap titik, selubung diikatkan pada tulangan penahan dengan

kawat, sedangkan tulangan penahan tersebut diikat juga dengan kawat pada tulangan sengkang atau tulangan memanjang.

Pada bagian ujung selubung dipasang baja spiral yang disebut bursting steel, yang berfungsi untuk menahan gaya prategang pada daerah blok ujung (*end block*) untuk mencegah beton pada daerah tersebut tidak hancur. Kemudian pada ujung selubung dipasang casting yang merupakan tempat dipasangnya angkur.

4. Pemasangan Tulangan dan Selubung

Alat-alat yang digunakan adalah cetakan (*end plate*), gegep, dan obeng/kunci. Sedangkan materialnya adalah bendrat, beton decking (*spacer*), selubung, minyak cetak, casting, baut seng, dan besi beton.

Pemasangan tulangan dan selubung dilakukan secara berselang-seling dalam dua tahap, yaitu sebagai berikut :

Tahap I : Pada landasan I, dipasang untuk selubung segmen nomor ganjil.

Pada landasan II, dipasang untuk segmen nomor genap.

Tahap II : Pada landasan I, dipasang untuk selubung segmen nomor genap.

Pada landasan II, dipasang untuk nomor ganjil.

Untuk landasan III dan IV, dan seterusnya, proses pemasangan tulangan dan selubung sama seperti landasan I dan II.

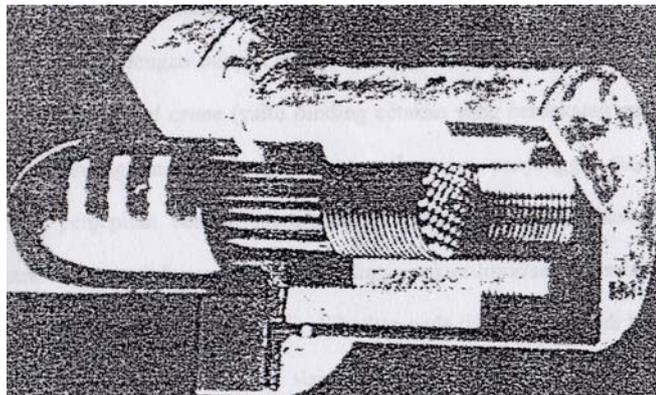
Landasan cetakan dibersihkan dan diolesi minyak cetak, kemudian ditempatkan rakitan tulangan diatas landasan cetakan sesuai tahapan tersebut diatas.

Untuk pemasangan selubung kabel (*duct*), mula-mula tulangan penyangga (*support rebar*) diikat dengan kawat beton dan dipasang/dirakit pada tulangan

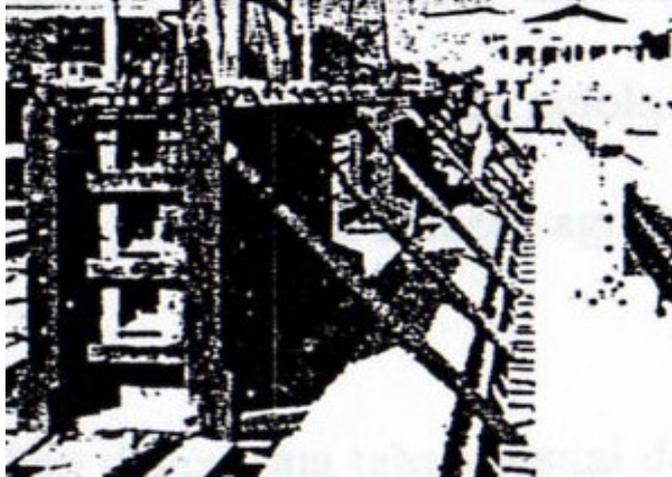
senggang dengan ketinggian menurut profil kabel pada gambar kerja. Jarak antara tulangan penyangga dibuat maksimum satu meter. Setelah pemasangan tulangan penyangga selesai dikerjakan dan diperiksa, selubung kabel (*duct*) dipasang diatas tulangan penyangga tersebut dan diikat dengan kawat pengikat pada tulangan penyangga tersebut.

Pasang casting pada *end plate* pada kedua ujung segmen untuk pengecoran tahap kedua (yaitu antara dua segmen yang telah dicor sebelumnya, tidak diperlukan *end plate*), dan pasang ujung segmen gambar kerja.

Pada sambungan antara selubung kabel (*duct*) digunakan coupler (lihat Gambar, yaitu selubung kabel dengan diameter sedikit lebih besar dari diameter selubung terpasang, dan dilengkapi dengan pita perekat (*seal tape*) untuk menghindari masuknya air atau adukan beton ke dalam selubung. Demikian juga digunakan pita perekat pada sambungan antara selubung kabel (*duct*) dengan terompet ankur (*anchorage guide*).



Coupler sebagai Alat Penyambung Tendon



Pemasangan Selubung

5. Pemasangan Dinding Cetakan

Alat-alat yang digunakan adalah dinding cetakan, kunci ring pas, martil/palu, benang, portal crane, dan penyangga (*jack brace*). Sedangkan materialnya adalah spons, lem, dan minyak cat.

Pemasangan dinding cetakan dilakukan selang-seling dalam dua tahap yaitu sesuai tahapan pemasangan tulangan dan selubung. Bersihkan dan olesi dinding cetakan dengan minyak cetak. Pasang dinding cetakan satu sisi dengan menggunakan portal crane (yaitu dinding cetakan yang berdekatan antara kedua landasan, saling membelakangi) dengan bantuan penyangga (*jack brace*). Lakukan penjepitan dengan menggunakan klem pada bagian bawah dinding cetakan. Atur *jack brace* sehingga dinding cetakan lurus/segaris satu sama lain dan vertikal. Gunakan benang yang diikatkan pada tiang pengarah di kedua ujung cetakan. Lalu pasang cetakan sisi lain dengan menggunakan portal crane. Hubungkan kedua sisi dinding cetakan bagian atas dengan menggunakan besi pengikat (*separator*), dan atur sampai sejajar dan tegak lurus dengan jarak sesuai ukuran balok.

6. Pemasangan Angkur

Bagian angkur yang tertanam dalam beton (casting) dipasang sesuai dengan ordinat pada kerja, dibaut pada box formwork dan bagian tepi sambungan ditutup dengan masking tape yang bertujuan untuk mencegah masuknya air semen ke dalam angkur. Di belakang angkur dipasang pembesian bursting steel yang sesuai dengan gaya prategang yang bekerja.

7. Pengeluaran Produk dari Cetakan

Setelah kekuatan beton dicapai sesuai dengan yang direncanakan, maka dinding cetakan dan sekat pemisah dibuka. Alat-alat yang digunakan adalah kunci ring pas, mertil/palu, portal crane, mal penandaan. Sedangkan materialnya yang digunakan adalah cat.

Urutan pelaksanaan pengeluaran produk dari cetakan adalah sebagai berikut :

- 1) Buka separator, jack brace, dan baji
- 2) Buka baut-baut pengikat cetakan dan end plate
- 3) Angkat dinding cetakan, tempatkan pada tempat yang telah disediakan
- 4) Periksa dan kualifikasikan produk berdasarkan instruksi kerja
- 5) Beri tanda atau identitas masing-masing segmen produk
- 6) Jika landasan ada segmen gelagar yang cacat maka segmen tersebut diperbaiki diluar.
- 7) Lepas masing-masing gelagar dan pindahkan produk jadi keluar landasan

PENGGABUNGAN SEGMENT GELAGAR BETON PRATEKAN

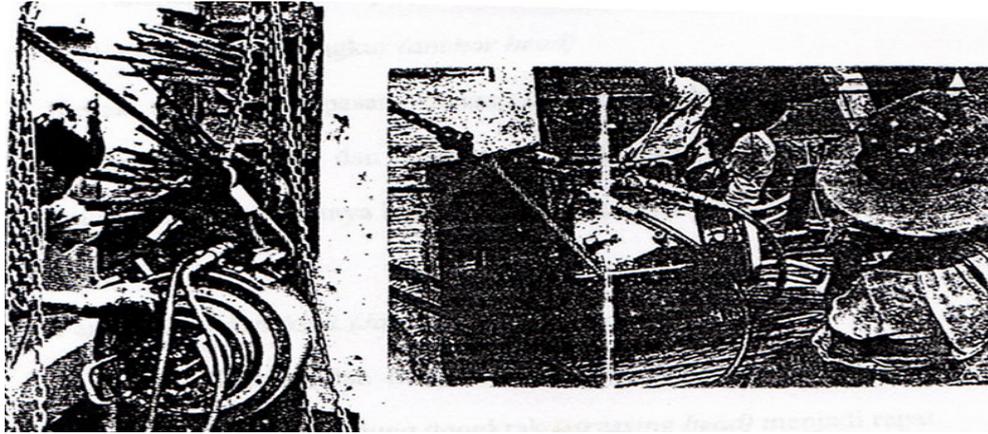
1. Setting dan Stressing Gelagar Segmental

Sebelum dilakukan mobilisasi gelagar, maka lahan untuk stressing bed diratakan dahulu kemudian dibuatkan bantalan beton. Untuk pelaksanaan Fly Over Cimindi ini menggunakan badan jalan aspal yang ada.

Pekerjaan setting dan stressing dilakukan di lapangan (site) diambil lokasi terdekat dengan lokasi erection. Karena proyek Fly Over Cimindi ini berada di kawasan pasar dan ramai kendaraan, maka untuk pekerjaan setting dan stressing ini perlu menutup satu jalur kendaraan sehingga penduduk masih dapat beraktifitas seperti biasanya walaupun sedikit terganggu dengan adanya proyek tersebut.

Pekerjaan yang dilakukan dan waktu yang dibutuhkan untuk pelaksanaan stressing adalah sebagai berikut :

- Penyusunan gelagar	= 3 hari
- Pemasangan strand	= 2 hari
- Stressing dan grouting	= 2 hari
- Umur grouting	= 3 hari
- lain-lain	= <u>2 hari</u>
Total Waktu	= 12 hari



Penarikan Strand (stressing)

2. Pemasangan kabel Baja Prategang

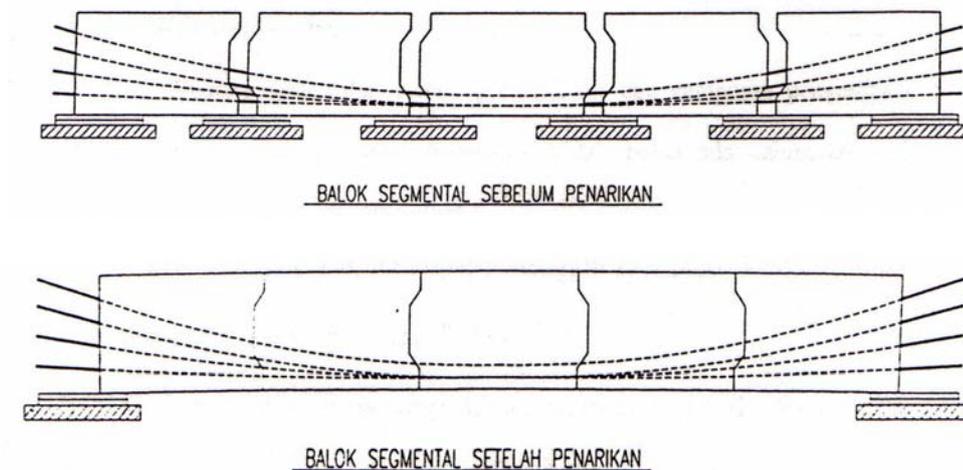
Strand dimasukkan ke dalam selubung (*duct*) dengan cara ditusukkan satu per satu secara manual, setelah gelagar-gelagar segmental disusun dengan baik. Pemasangan dilakukan pada saat pekerjaan penarikan kabel akan dimulai.

3. Pekerjaan Penarikan (*Stressing*)

Hal penting yang harus diperhatikan dalam pembuatan PCI Girder ini adalah elevasi stressing bed. Lokasi post tensioning harus diusahakan sedatar mungkin agar tidak menyebabkan girder mengalami perpindahan dalam arah lateral. Setelah itu ketujuh segmen balok girder yang telah menjadi satu kesatuan, dijajarkan sesuai bagiannya. Sebelumnya dipersiapkan terlebih dahulu perletakan sementara untuk masing-masing segmen. Di bagian ujung pertemuan harus diberi oli atau pelumas agar balok dapat bergerak mengimbangi gaya pratekan yang diberikan.

Kabel strand dipotong sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Pemotongan diusahakan seminimal mungkin agar tidak ada kabel yang terbuang. Berikutnya

kabel strand dimasukkan ke dalam duct secara manual pada tiap-tiap tendon sesuai dengan perencanaan. Lalu di pasang pengunci kabel strand di ujung kabel. Penegangan (stressing) dilakukan sampai tegangan 8.000 Psi dengan dilakukan pengontrol tegangan dan perpanjangan kabel. Pencatatan dilakukan pada setiap kenaikan tegangan 1.000-2.000 Psi. Dan hasilnya dibandingkan dengan perhitungan teoritis yang dilakukan sebelum penarikan.



Hasil Stressing Balok Segmental Postensioning (Gelagar 26,5 meter, 29,2 meter, dan 31,9 meter)

4. Grouting

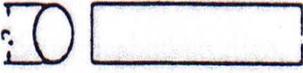
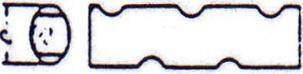
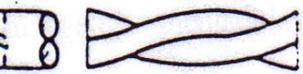
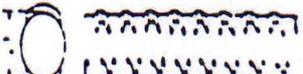
Grouting dilakukan setelah penarikan tendon, dimaksudkan untuk memberi perlindungan terhadap korosi dan membuat suatu lekatan antara tendon dan beton di sekelilingnya.

Grouting terdiri dari semen portland, air, dan campuran pengembang (expansive) ditambah pelambat (retarder). Tidak boleh ada campuran yang mengandung klor (chloride) atau nitrat.

Langkah-langkah pekerjaan grouting adalah sebagai berikut :

- 1) Setelah hasil stressing mendapat persetujuan dari pihak konsultan, maka pekerjaan grouting baru dapat dilaksanakan.
- 2) Awal dari pekerjaan grouting adalah perpotongan kabel baja prategang (strand) yang berada pada angkur. Strand dipotong minimum 3 cm dari tepi terluar baji.
- 3) Jika pemotongan telah selesai dilaksanakan, maka angkur ditutup dengan adukan semen dan pasir (patching) untuk mencegah keluarnya suhu grouting dari sela-sela strand.
- 4) Satu hari = 24 jam setelah pekerjaan patching, maka pekerjaan grouting dapat dilaksanakan.
- 5) Sebelum pekerjaan grouting dilaksanakan, selubung (duct) yang berisi strand dibersihkan dengan mengalirkan air bersih ke dalamnya, kemudian dengan menggunakan kompresor, selubung tersebut dikeringkan.
- 6) Pada pelaksanaan pekerjaan grouting, semen, air, campuran pengembang dan pelambat diaduk dengan menggunakan electrical mixer sebelum dipompakan ke dalam selubung dengan electrical grouting pump. Bahan grouting dipompakan dengan tekanan sekitar $0,5 \text{ N/mm}^2$ dan setelah keluar pada grout vent dan grout inlet, maka grout outlet dan grout inlet ditutup dan pekerjaan grouting selesai.
- 7) Sejak pekerjaan grouting selesai sampai 3 hari kemudian, gelagar pratekan tidak boleh dibebani dan setelah 3 hari baru dapat dipasang

Jenis-jenis Kawat (Wire)

Jenis	Diameter (mm)	Bentuk
Plain round wire	2,0 - 9,0	
Indented wire	5,0 - 7,0	
Semi-twist	7,3 - 19,0	
Two-ply wire	2,9 x 2	
Seven-wire strand	6,2 - 15,2	
Nineteen-wire strand	17,8 - 21,8	
Round bar	9,2 - 92,0	
Threaded bar	23,0 - 92,0	

Sifat-sifat Strand Stress – Relieved dengan Tujuh Kawat
Tanpa Pelapisan (ASTM A – 416)

Diameter Nominal mm	Kekuatan Putus kN	Luas Nominal Strand mm ²	Beban Minimum pada Pemuaian 1% kN
<i>Derajat 1720 MPa</i>			
6,35	40,0	23,22	34,0
7,94	64,5	37,42	54,7
9,53	89,0	51,61	75,6
11,11	120,1	69,68	102,3
12,70	160,1	92,90	136,2
15,24	240,2	139,35	204,2
<i>Derajat 1860 MPa</i>			
9,53	102,3	54,84	87,0
11,11	137,9	74,19	117,2
12,70	183,7	98,71	156,1
15,24	260,7	140,00	221,5