

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	2
BAB I PENDAHULUAN.....	5
1.1. Tujuan Umum	5
1.2. Tujuan Khusus.....	5
1.3. Diagram Proses.....	5
BAB II PEMASUKAN STRAND KE SELUBUNG STRAND DARI UJUNG CASTING	7
2.1. Penyiapan alat pendorong atau alat penarik strand di depan lubang casting--	7
2.1.1. Pushing	7
2.1.2. Pulling.....	8
2.2. Pemotongan strand dipotong sesuai dengan panjang bentangan dan space antar segmental.....	9
2.3. Penyiapan kebutuhan strand pada setiap lubang casting	9
2.4. Ujung strand yang akan ditusukkan ke lubang casting dibalut dengan masking tape	10
2.5. Strand pada ujung casting ditusukkan sesuai dengan prosedur	10
2.6. Pengetahuan, keterampilan dan sikap.....	11
BAB III PEMASANGAN ANCHOR BLOCK PADA DUA SISI	12
3.1. Pelepasan balutan masking tape pada ujung strand yang akan dimasukkan ke lubang anchor block.	12
3.2. Pemasangan Anchor block yang sudah dibersihkan pada kedua sisi bentangan.	12
3.3. Pemasangan wedges single use pada dudukan anchor block pada setiap strand.	13
3.4. Penyetelan kerataan wedges single use.	13
3.5. Pengetahuan, keterampilan dan sikap.....	13
BAB IV PELAKSANAAN STRESSING STRAND	15
4.1. Pemasangan Jack hidraulic pada gantungan tripod penyangga dengan posisi rapat pada anchor block.	15
4.2. Pemasangan Wedges multi use pada anchor stressing head.	17

4.3. Pengawasan pengolesan epoxy pada setiap permukaan sambungan antara segmental. -----	18
4.4. Penarikan strand secara bertahap sesuai dengan perhitungan dan petunjuk dari engineer. -----	19
4.5. Pemeriksaan sambungan antar segmental secara visual -----	20
4.6. Pencatatan strand elongation, lendutan, dan kelurusan bentangan pada setiap tahapan penarikan strand. -----	21
4.7. Pelaporan hasil pencatatan kepada engineer -----	22
4.8. Pengetahuan, keterampilan dan sikap -----	22
BAB V PELAKSANAAN GROUTING	25
5.1 Pemotongan Strand pada ujung anchor block -----	25
5.2 Pemasangan Selang grouting dengan posisi menghadap ke atas -----	25
5.3 Pemasangan Grout cap/patcing pada anchor block -----	25
5.4 Penyiapan Mesin grouting, aksesoris, dan material baku -----	25
5.4.1. Alat.....	25
5.4.2. Material.....	26
5.4.3. Komposisi.....	26
5.5 Pelaksanaan Flow cone test -----	27
5.6 Pemompaan Grouting -----	27
5.6.1. Umum.....	27
5.6.2. Bahan dan Pengadukan.....	28
5.6.3. Prosedur	28
5.6.4. Langkah-langkah proses grouting	29
5.7 Penutupan Selang grouting pada sisi ujung sebelah bentangan pada kondisi pompa masih beroperasi-----	29
5.8 Pemeriksaan Penutupan selang grouting -----	30
5.9 Penutupan beton dan perataan sisi end block -----	30
5.10 Pengangkatan bentangan -----	31
5.10.1. Tahap awal	31
5.10.2. Tahap antara.....	31
5.10.3. Tahap akhir	32
5.11 Pengetahuan, keterampilan dan sikap -----	32

DAFTAR PUSTAKA.....	35
A. Dasar Perundang-undangan	35
B. Buku Referensi	35
C. Majalah/Buletin	35
D. Referensi Lainnya	35
DAFTAR PERALATAN DAN BAHAN	36
A. Peralatan yang digunakan	36
B. Perlengkapan yang dibutuhkan	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Tujuan Umum

Peserta latih diharapkan mampu menerapkan pengetahuan, keterampilan, dan sikap kerja dengan baik dan teliti.

1.2. Tujuan Khusus

Pada akhir pelatihan peserta latih diharapkan:

1. Mampu memasukkan strand ke selubung strand dari ujung casting
2. Mampu memasang anchor block pada dua sisi
3. Mampu melakukan stressing strand
4. Mampu melakukan grouting

1.3. Diagram Proses

Lingkup materi yang dibahas dalam buku informasi ini dapat dipahami dalam diagram proses yang disajikan dalam bentuk bagan alir, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.1.

Gambar 1. 1. Diagram Proses

BAB II

PEMASUKAN STRAND KE SELUBUNG STRAND DARI UJUNG CASTING

2.1. Penyiapan alat pendorong atau alat penarik strand di depan lubang casting

Pada struktur beton prategang, berdasarkan waktu penarikan baja prategang, metode dibagi dua yaitu; pre tension (pra tarik) dan post tension (pasca tarik). Pada Pelatihan ini yang akan dibahas adalah metode post tension (pasca tarik), adalah konstruksi dimana setelah betonnya cukup keras, barulah diberi gaya kosentris dengan menarik kabel tendon.

Pada proses prestressing ada beberapa metode kerja yang dikenal dan dipakai di perusahaan konstruksi, antara lain:

- DSI (DYWIDAG SYSTEM INTERNASIONAL)
- BBRV (SUSPA-BBR)
- VSL (VORSPANN)

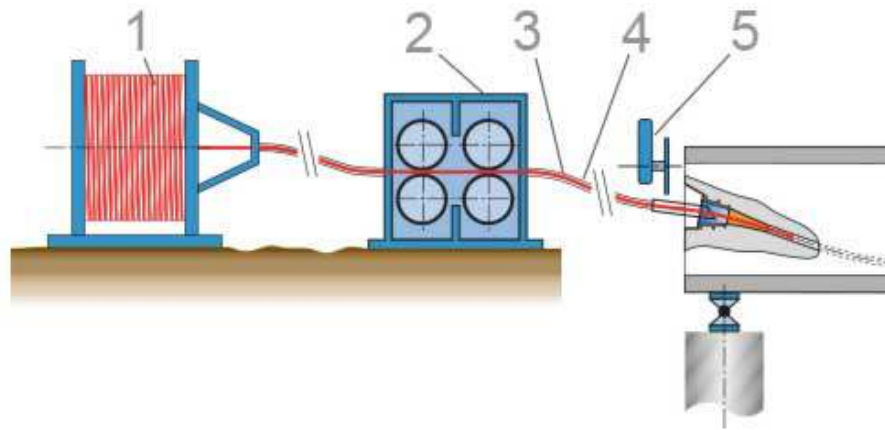
Dalam instalasi strand, DSI maupun VSL membagi dua metode masukkan strand ke duct nya. Kedua metode tersebut dibagi berdasarkan pada kondisi akses struktur dan kondisi kerja.

2.1.1. Pushing

Dalam instalasi strand metode pushing (mendorong) strand kedalam duct, diperlukan alat/ mesin pendorong strand yang dikendalikan oleh remote disertai pipa penghubung fleksibel pada titik pemasukan strand. Kecepatan alat ini cukup tinggi mencapai 8 m/s dan membutuhkan sedikit pekerja.



Gambar 2. 1. Mesin pendorong strand (pushing)

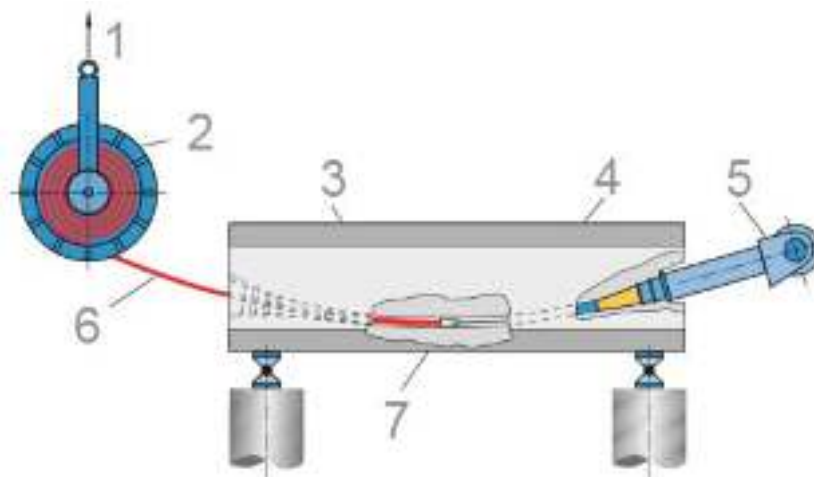


Gambar 2. 2. Proses metode pushing

- Keterangan:
1. Coil
 2. Pushing device
 3. Strand
 4. Tube
 5. Cutting device

2.1.2. Pulling

Saat instal strand dengan metode mendorong strand (pulling) ke dalam duct merupakan cara efisien pada struktur khusus. Sebagai contoh struktur yang menggunakan sistem angkur. Pada kasus lapangan, biasanya gulungan strand ditarik melalui katrol yang terbuat dari sling baja yang digerakkan tenaga listrik.



Gambar 2. 3. Proses metode pulling

- Keterangan:
1. Crane
 2. Reel
 3. Te

4. Tube
5. Cutting device
6. Tendon (Strand)
7. DSI pulling head

2.2. Pemotongan strand dipotong sesuai dengan panjang bentangan dan space antar segmental

Untuk memudahkan transportasi dari pabrik ke site, maka biasanya beton prategang dibuat dengan sistem post tension ini dilaksanakan secara segmental (balok-balok dibagi beberapa bagian , mksalnya dibuat dengan panjang 1,3, 5 m atau bahkan lebih. Untuk itu panjang strand harus sesuai dengan panjang bentangan segmental yang akan di stressing. Memastikan kabel strand dipotong sesuai dengan kebutuhan di lapangan, pemotongan diusahakan seminimal mungkin agar tidak ada kabel yang terbuang. Berikut kegiatan pemotongan kabel strand.



Gambar 2. 4. Pemotongan kabel strand

2.3. Penyiapan kebutuhan strand pada setiap lubang casting

Jumlah strand yang dibutuhkan pada setiap tendon berbeda, sesuai hitungan rencana. Dalam instal strand pada setiap lubang casting yang perlu diperhatikan jumlah strand yang dibutuhkan pada masing-masing lubang tendon. Pada modul sebelumnya telah dibahas spesifikasi kabel strand yang biasa dipakai dalam pekerjaan prestressing. Kabel yang digunakan adalah baja mutu tinggi yang terdiri dari 7 kawat (wire). Berikut spesifikasi tiap-tiap tendon pada post tensioning PC-I Girder:

- a. Tendon 1 terdiri dari 7 strand, \varnothing 12,7 mm

- b. Tendon 2 terdiri dari 20 strand, \varnothing 12,7 mm
- c. Tendon 3 terdiri dari 20 strand, \varnothing 12,7 mm
- d. Tendon 4 terdiri dari 20 strand, \varnothing 12,7 mm



Gambar 2. 5. Letak lubang tendon pada segmental

2.4. Ujung strand yang akan ditusukkan ke lubang casting dibalut dengan masking tape

Penyambungan beton girder segmental bisa mencapai panjang yang beragam antara 20–40 m, Lokasi pembangunan yang sulit akan sangat berbahaya jika mengangkut segmental dengan panjang yang utuh, maka biasanya girder di bagi beberapa segmen dan dilakukan sambungan dengan perekat dan di tegangkan (stressing). Pada saat tahapan instalasi strand, yaitu memasukkan strand ke duct harus dipastikan strand tidak ada yang memuntir sehingga pentingnya memasang lakban atau masking tape pada ujung strand agar mudah memasukkan ke dalam tendon.

2.5. Strand pada ujung casting ditusukkan sesuai dengan prosedur

Tahapan selanjutnya dalam instalasi strand adalah setelah strand dimasukkan kedalam duct sampai ujung casting, maka masking tape yang membalut strand di lepas, kabel strand dibersihkan dari sisa masking tape atau kotoran yang menempel. Ujung strand dipastikan sampai pada ujung casting untuk dilakukan pemasangan wedge plate dan pemasangan angkur hidup. Semua langkah atau tahap instalasi strand harus dilakukan sesuai prosedur atau metode kerja yang ada dan dibuatkan form ceklist atau daftar simak sebagai bahan laporan kepada kepala supervisi yang ada.

2.6. Pengetahuan, keterampilan dan sikap

- 1) Pengetahuan yang dapat dipelajari dalam bab ini adalah:
 - a. Dapat mengetahui cara pengoperasian alat pendorong strand (*pushing*)
 - b. Dapat mengetahui prosedur keselamatan dan kesehatan kerja dan lingkungan (K3-L) pada pekerjaan pemotongan strand
 - c. Dapat memahami spesifikasi baja strand yang dipakai
 - d. Dapat menjelaskan tata cara pemotongan strand
 - e. Dapat memahami ilmu struktur precast segmental girder

- 2) Adapun keterampilan yang diharapkan setelah mempelajari bab ini adalah:
 - a. Mampu menjelaskan cara pengoperasian alat penarik strand (*pulling*)
 - b. Mampu mengoperasikan gerinda potong saat pemotongan strand
 - c. Mampu menyiapkan kebutuhan strand sesuai spesifikasi untuk setiap lubang casting yang telah ditentukan
 - d. Mampu melakukan pembalutan ujung strand dengan masking tape yang akan ditusukkan ke lubang casting
 - e. Mampu melakukan penusukkan strand pada ujung casting sesuai prosedur

- 3) Sikap kerja yang diharapkan setelah mempelajari bab ini adalah:
 - a. Harus teliti dan tanggung jawab dalam menempatkan alat pendorong atau alat penarik strand di depan lubang casting
 - b. Harus teliti dalam mengoperasikan gerinda potong strand sesuai dengan panjang bentangan ditambah space antar segmental
 - c. Harus teliti dalam menyiapkan kebutuhan strand pada setiap lubang casting karena jumlah strand tidak sama sesuai dengan ketentuan
 - d. Harus teliti dan rapi dalam melakukan pembalutan ujung strand dengan masking tape yang akan ditusukkan ke lubang casting
 - e. Harus teliti dan hati-hati agar strand yang ditusukkan tidak tersangkut dan dipastikan masuk dalam selubung strand sesuai panjang bentangnya

BAB III

PEMASANGAN ANCHOR BLOCK PADA DUA SISI

3.1. Pelepasan balutan masking tape pada ujung strand yang akan dimasukkan ke lubang anchor block.

Kabel strand yang dipersiapkan untuk stressing, dipastikan harus bersih dan aman terhadap kerusakan, puntiran, atau bengkokan. Goresan yang disebabkan oleh penyimpanan atau penanganan yang kurang baik dapat berakibat suatu konsentrasi tegangan yang akan menyebabkan terputusnya kawat pada waktu penengangan atau setelah pemasangan selesai. Kabel strand tidak boleh diseret di tanah, diinjak, digilas alat dilokasi atau disimpan di tempat tekena lemak, cat atau pelapis lain. Kabel strand harus tetap bersih pada waktu pemasangan, dan kain lap yang dibasahi pelarut dapat dipakai untuk menghilangkan minyak atau lemak. Ujung- ujung strand harus dibalut dengan masking tape pada saat dimasukkan kedalam selubung strand agar ujung strand tidak menyangkut atau lecet.

3.2. Pemasangan Anchor block yang sudah dibersihkan pada kedua sisi bentangan.

Secara umum disebut angkur atau penjangkaran. Penjangkaran harus mampu menahan paling sedikit 95% kuat tarik minimum baja prategang dan harus memberikan penyebaran tegangan yang merata dalam beton pada ujung kabel prategang. Perlengkapan harus disediakan untuk perlindungan jangkar dari korosi. Perkakas penjangkaran untuk semua sistem pasca-penegangan (post-tension) akan dipasang tepat tegak lurus terhadap semua arah sumbu kabel untuk pasca penegangan. Jangkar harus dilengkapi dengan selongsong atau penghubung yang cocok lainnya untuk memungkinkan penyuntikan (grouting). Pada prestressing yang menggunakan metode VSL, anchor block merupakan bagian dari angkur hidup yang berfungsi untuk mengikat atau mengunci strand pada tiap titik pengangkeran baik saat maupun setelah dilakukan stressing



Gambar 3. 1. Angkur hidup VSL

3.3. Pemasangan wedges single use pada dudukan anchor block pada setiap strand.

Terdiri dari sepasang baji berbentuk kerucut terbelah dan bagian dalamnya bergerigi. Wedges dipasang sesaat sebelum dilakukan pekerjaan stressing. Prosedur yang dipakai untuk pemasangan wedges pada wedges plate:

- 1) Tekan wedges plate sampai menyentuh casting
- 2) Tekan wedges dengan tangan kedalam lubang wedges plate
- 3) Kencangkan posisi wedges dengan memukul wedges biasanya menggunakan pipa besi

Penting: setelah wedge plate dan wedges terpasang, periksa semua wedges telah terpasang dengan baik dan tidak ada yang kendur.

3.4. Penyetelan kerataan wedges single use.

Pemasangan dan penyetelan wedges single use pada setiap strand harus dipastikan terkunci dan semua rata pada setiap tendon. Untuk meminimalisir kegagalan pada proses stressing.

3.5. Pengetahuan, keterampilan dan sikap

- 1) Pengetahuan yang dapat dipelajari dalam bab ini adalah:
 - a. Dapat mengerti cara melepaskan balutan masking tape pada ujung strand dengan benar
 - b. Dapat menjelaskan apa yang dimaksud anchor block
 - c. Dapat melakukan pemasangan anchor block pada dua sisi bentang sesuai prosedur
 - d. Dapat memahami apa yang dimaksud wedges single use
 - e. Dapat mengetahui penyetelan kerataan wedges single use

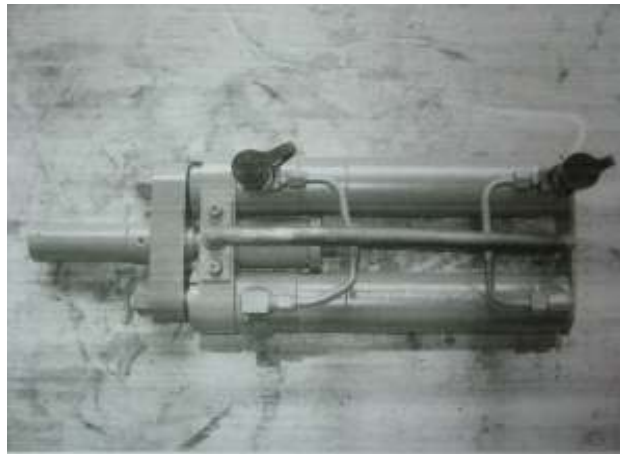
- 2) Adapun keterampilan yang diharapkan setelah mempelajari bab ini adalah:
- a. Mampu melakukan pelepasan balutan masking tape pada ujung strand dengan benar dipastikan tidak ada sisa yang menempel
 - b. Mampu melakukan instalasi pemasangan anchor block sesuai prosedur
 - c. Mampu melakukan pemasangan wedges single use pada setiap strand dengan teliti
 - d. Mampu disiplin dan teliti dalam penyetelan kerataan wedges single use pada kedudukan anchor block setiap strand
- 3) Sikap kerja yang diharapkan setelah mempelajari bab ini adalah:
- a. Harus memastikan bahwa semua masking tape sudah dilepas semua pada ujung strand
 - b. Harus teliti saat melepaskan balutan masking tape pada ujung strand yang akan dimasukkan ke lubang anchor block sesuai dengan ketentuan
 - c. Harus memastikan bahwa wedges single use yang digunakan bersih dari karat dan dilumuri dengan grease
 - d. Harus teliti dan cermat memastikan semua wedges single use sudah disetel kerataanya

BAB IV

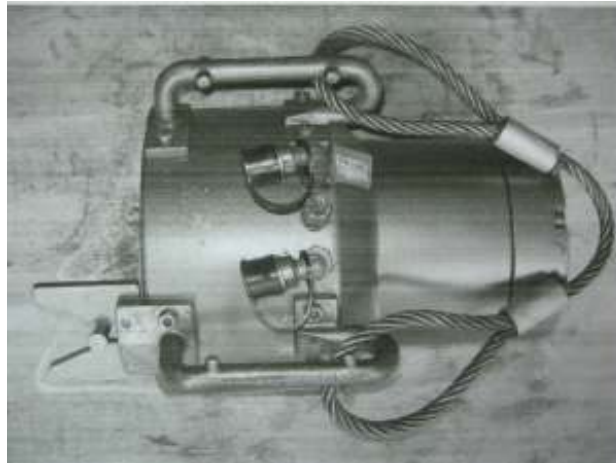
PELAKSANAAN STRESSING STRAND

4.1. Pemasangan Jack hidraulic pada gantungan tripod penyangga dengan posisi rapat pada anchor block.

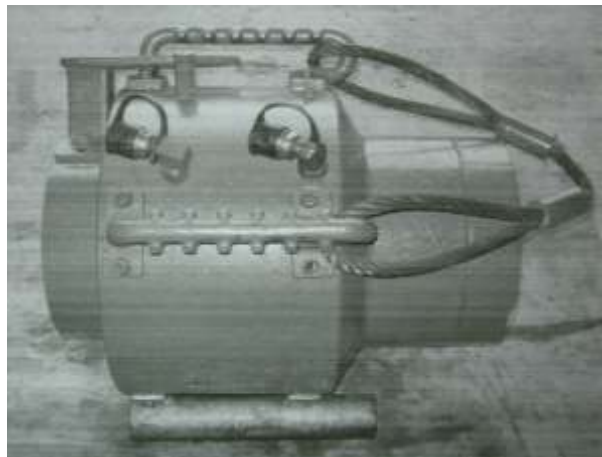
Jack hidraulic/stressing jack adalah alat yang berfungsi sebagai alat untuk stressing strand, jack hydraulic tersedia untuk berbagai kapasitas mulai dari jumlah strand 9 dan 19. Stressing jack dipasang dan dirapatkan ke arah casting sehingga posisi casting, anchor head dan stressing head rapat. Sehingga penting jack hydraulic harus dipasangan menggantung tegak lurus dengan posisi anchor block. Sehingga setiap strand terpasangn pada jack hydraulic, sehingga stressing bisa dilakukan. Dalam penyetingan strand ke jack hydraulic harus benar-benar diperhatikan dan dikerjakan oleh tenaga atau teknisi yang terlatih dan pengalaman di bidangnya. Berikut alat yang dipakai untuk melakukan stressing (Hydraulic jack) dan alat yang menggerakkan atau memberikan tenaga pada hydraulic jack (Hydraulic pump) terlihat pada gambar 4.1 – 4.5.



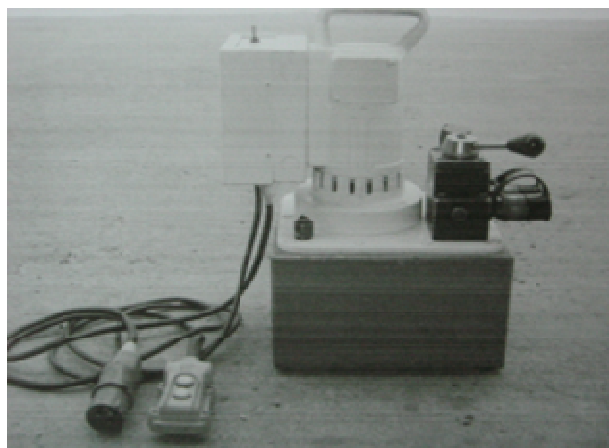
Gambar 4. 1. Hydraulic Jack TCH kapasitas 20 ton



Gambar 4. 2. Hydraulic Jack 12 S kapasitas 200 ton



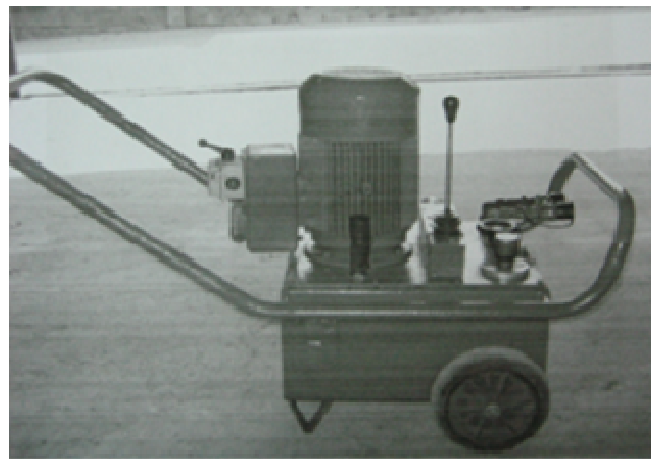
Gambar 4. 3. Hydraulic Jack SA 519/ZPE 19 (19 S)



Gambar 4. 4. Hydraulic Pump PE 550 (1 Phase)



Gambar 4. 5. Hydraulic Pump PQ 1204 (3 Phase)



Gambar 4. 6. Hydraulic Pump EHPS 3/4

4.2. Pemasangan Wedges multi use pada anchor stressing head.

Tahapan persiapan stressing selanjutnya adalah pemasangan wedges multi use atau wedges plate. Wedges plate dipasang setelah sesaat sebelum dilakukan stressing. Persiapan pemasangan wedges plate, memastikan pelindung masking tape pada ujung strand sudah dibuka, agar setiap strand bisa masuk pada lubang wedges plate dan dipastikan tidak memuntir atau menyilang yang dapat mengakibatkan strand terjepit waktu stressing. Wedges plate harus bersih dari debu, lemak atau serpihan beton maupun karat. Kemudian Anchor stressig head/barrel ini dipasang dengan cara memasukkan ujung stressing length ke lobang pada anchor head/barrel dan mendorongnya ke arah casting sedekat mungkin. Selanjutnya wedges dipasang sesuai

jumlah strand yang ada. Berikut gambar pemasangan wedges multi use saat sebelum stressing dilakukan, bisa dilihat pada gambar Gambar 4.1.



Gambar 4. 7. Pemasangan wedges multi use/ wedges plate

4.3. Pengawasan pengolesan epoxy pada setiap permukaan sambungan antara segmental.

Pengolesan dengan epoxy pada setiap permukaan sambungan antara segmental dilakukan sebagai tindakan pengeleman antar sambungan segmental, bertujuan ketika dilakukan stressing antar sambungan akan merekat dan tersambung dengan baik. Lem epoxy adalah lem yang biasa digunakan untuk merekatkan antar segmental beton, biasa digunakan saat proses stressing akan berlangsung. Karena epoxy merupakan bahan kimia yang berbahaya, sehingga pelaksanaan pengolesan epoxy pada permukaan sambungan segmental harus dilakukan hati-hati, yaitu menggunakan alat pelindung diri (APD) dan masker untuk mencegah terhirup maupun terkena tangan. Pengolesan epoxy dilakukan secara manual, dilakukan oleh teknisi maupun asisiten teknisi yang berpengalaman.

Untuk mengenal sedikit epoxy yang sering dipakai dalam perekatan sambungan segmental beton ataupun kegunaan yang lain, Epoxy merupakan suatu kopolimer, terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda. Ini disebut sebut resin dan pengeras.

- 1) Sifat- sifat epoxy antara lain:
 - a. Terdiri dari 2 komponen: resin dan hardener
 - b. Super low viscosity
 - c. Dapat digunakan dalam keadaan kering dan lembab
 - d. Memiliki adhesive dan mekanik yang tinggi
 - e. Keras namun tidak getas

- 2) Sifat- sifat epoxy antara lain:
 - a. Mengisi celah,keretakan struktur beton dan perekat antar sambungan beton
- 3) Contoh lem epoxy yang dipakai, banyak sekali merek lem epoxy yang biasa dipakai. Disini akan kita berikan satu contoh lem epoxy yang biasa dipakai,bisa dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 8. Contoh lem epoxy

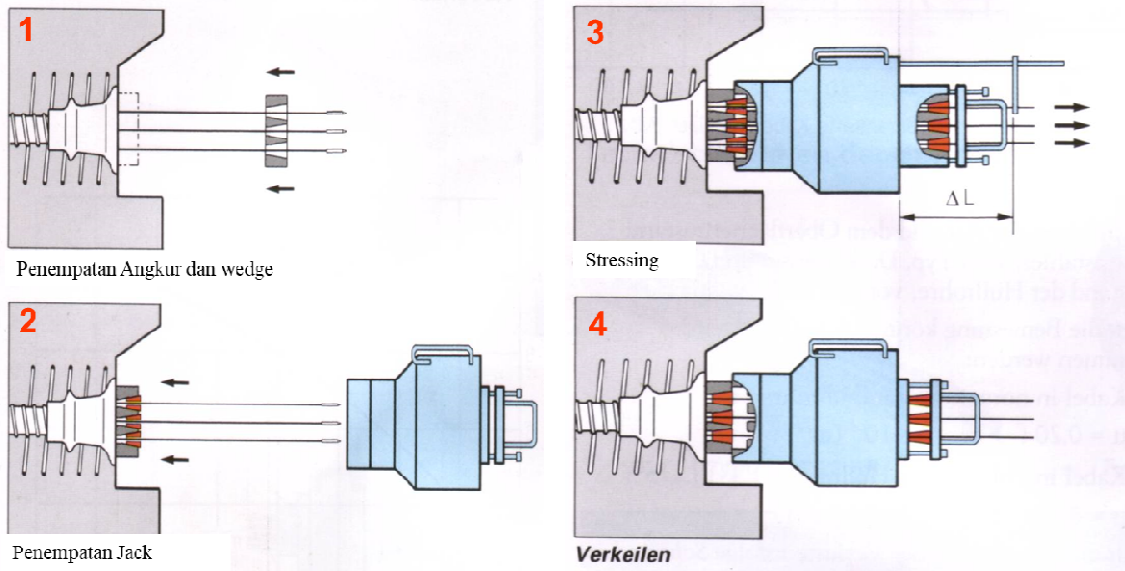
4.4. Penarikan strand secara bertahap sesuai dengan perhitungan dan petunjuk dari engineer.

Dalam proses tahapan pekerjaan, segmental beton terlebih dahulu sudah mengalami proses erection (post tension) dan diangkat per segmental. Proses stressing dilakukan setelah tahapan erection. Stressing dibagi dalam tiga tahapan:

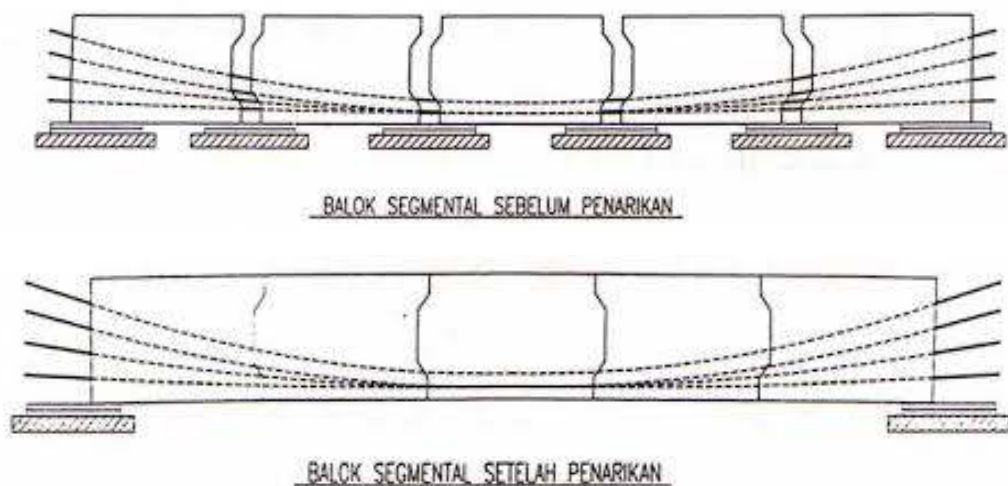
- a. Tahapan pertama adalah stressing pengikatan, tujuannya agar girder tidak terlepas dari pier head setelah proses erection
- b. Tahapan kedua adalah stressing pemberian beban kerja pada beban prategang. Pada tahapan ini proses stressing berfungsi juga sebagai pengikat antar segmen box girder, dan beban kerja yang diberikan merupakan beban kerja sebagian
- c. Tahapan ketiga adalah stressing pemberian beban kerja penuh. Pada tahap ini lah beban kerja penuh diperhitungkan sekaligus mengikat seluruh segmen box girder per delatasi rencana

Semua pekerjaan penarikan kabel (stressing) harus dihadiri oleh Direksi pekerjaan atau wakilnya. Pelepasan dongkrak harus bertahap dan menerus. Penarikan kabel harus sesuai dengan urutan yang telah ditentukan dalam gambar. Pemberian gaya pra-tegang sebagian (partially prestressed) hanya boleh diberikan bilamana ditunjukkan dalam

gambar atau diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan. Penegangan (stressing) dilakukan sampai dengan tegangan 8000 Psi dengan dilakuakn pengontrolan tegangan dan perpanjangan kabel. Pencatatan dilakukan pada setiap kenaikan tegangan 1000-2000 Psi. dan hasilnya dibandingkan dengan hitungan teoritis yang dilakukan sebelum penarikan. Adapun tahap stressing pada balok segmental bisa dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 9. Tahapan stressing



Gambar 4. 10. Hasil stressing balok segmental post tensioning

4.5. Pemeriksaan sambungan antar segmental secara visual

Stressing proses merupakan bagian yang penting dalam penggunaan precast segmental girder. Proses ini memerlukan monitoring dan pengendalian secara terus menerus.

Kurangnya monitoring dan pengendalian supervisi akan mempengaruhi hasil akhir instalasi segmen. Selama kurangnya monitoring dan pengendalian terjadi, kemungkinan besar terjadinya kesalahan akan menjadi besar. Dalam suatu pelaksanaan konstruksi, biasanya ada prosedur pengawasan dan pengendalian. Tidak berjalannya prosedur pengawasan akan berdampak pada waktu, dan kemungkinan terjadinya kesalahan akan semakin besar. Pelaksaaan stressing perlu diawasi oleh orang yang berpengalaman dibidangnya, terutama tentang sambungan yang sangat penting dalam stressing post tensioning. Memastikan sambungan antar segmental lurus agar saat stressing antar segmental merekat kuat dan tidak menjadi gagal saat dipakai dalam komponen struktur.

4.6. Pencatatan strand elongation, lendutan, dan kelurusan bentangan pada setiap tahapan penarikan strand.

Struktur beton balok girder yang akan di stressing harus mencapai minimum kuat tekan karakteristik yang disyaratkan oleh konsultan perencana yaitu kelas A-1 (K-450). Stressing harus dilakukan oleh petugas yang berpengalaman dan mempunyai pengetahuan yang baik terhadap alat-alat yang digunakan. Kabel harus ditarik pada ujung dan gaya jack yang ditentukan oleh gambar kerja atau instruksi direksi. Tidak boleh ada kabel yang ditarik sebagian kecuali atas petunjuk gambar kerja atau direksi. Tegangan pada kabel harus diukur dari perpanjangan kawat untai (elongasi) dan selama proses penarikan dapat dikendalikan dengan pembacaan alat ukur tekanan. Alat ukur tekanan menunjukkan gaya yang telah diberikan ke tendon sementara elongasi berfungsi sebagai counter check. Elongasi yang terjadi harus berada dalam interval yang diijinkan yaitu antara -7% sampai +7% (sesuai ACT 318 pasal 18.18 dan SK SNI T-15 psl. 3.11.18)

a. Pembacaan strand elongasi

Apabila hasil stressing yang dilakukan tidak memenuhi toleransi yang disyaratkan, hal-hal yang harus dilakukan:

- Jika hasil elongasi secara grafis masih lebih besar dan +7%, maka dilakukan lift-off atau memeriksa gaya yang bekerja pada angkur kemudian dibandingkan dengan gaya angkur hasil perhitungan. Jika masih belum memenuhi maka harus di release dan dilakukan penarikan ulang.
- Jika hasil elongasi secara grafis lebih kecil dari -7%, maka dilakukan penarikan tambahan sampai batas gaya jacking force yang disyaratkan.
- Proses pengukuran perpanjangan strand dimulai pada pressure 50 Mpa
- Tiap kelipatan 50 Mpa ukur perpanjangan strand

- Pada pressure 150 MPa di check beda panjang strand gunanya untuk kontrol
- Pressure strand dengan jack force sampai 382,60 Mpa. Pressure 382,60 Mpa didapat dari data dan perhitungan sub penyedia jasa sebelum melaksanakan pekerjaan stressing balok girder
- Setelah semua selesai baru hitung elongasi dari tiap lubang girder

4.7. Pelaporan hasil pencatatan kepada engineer

Setelah proses stressing selesai dan pencatatan elongasi sudah dilakukan. Kemudian data elongasi itu di serahkan kepada konsultan pengawas untuk dibandingkan atau sebagai counter check terhadap perhitungan elongasi dan jacking force sebelum stressing dilakukan dan sudah mendapat persetujuan konsultan pengawas. Hasil data elongasi dari pekerjaan stressing yang didapat akan dianalisis oleh engineer dan harus memenuhi toleransi yang dipersyaratkan. Dan memberikan hasil apakah stressing yang dilakukan gagal atau berhasil setelah dianalisis engineer.

4.8. Pengetahuan, keterampilan dan sikap

- 1) Pengetahuan yang dapat dipelajari dalam bab ini adalah:
 - a. Dapat memahami sistem prestressing
 - b. Dapat melakukan stressing jack dan hydraulic pump
 - c. Dapat melakukan pemasangan jack hydraulic sesuai prosedur
 - d. Dapat memahami fungsi wedges multi use dengan benar dan sesuai ketentuan
 - e. Dapat menjelaskan apa yang dimaksud epoxy
 - f. Dapat menjelaskan kegunaan epoxy
 - g. Dapat memahami dan memiliki pengetahuan alat stressing dengan baik
 - h. Dapat mempersiapkan alat- alat pendukung agar penarikan strand berlangsung lancar dan sukses
 - i. Dapat memahami hasil secara visual bahwa sambungan antar segmental tersambung dengan rapat
 - j. Dapat mengetahui cara pencatatan dan pengisian data strand elongation, lendutan serta pengukuran kelurusan bentang pada setiap tahap penarikan strand
 - k. Dapat melakukan dokumentasi tahapan pekerjaan dan hasil kerja
 - l. Dapat membuat laporan hasil pencatatan yang benar sesuai prosedur
 - m. Dapat mengetahui tata cara pemotongan strand

2) Adapun keterampilan yang diharapkan setelah mempelajari bab ini adalah:

- a. Mampu mengoperasikan stressing jack
- b. Mampu memilih lokasi stressing yang clear area
- c. Mampu melakukan pemasangan wedges multi use pada anchor stressing head sesuai ketentuan
- d. Mampu melakukan pengawasan saat pengolesan epoxy pada setiap sambungan antara segmental
- e. Mampu melakukan stressing strand dengan benar dengan tahapan beban yang sudah ditentukan
- f. Mampu mengawasi dengan cermat bahwa sambungan antar segmen tersambung rapat saat stressing
- g. Mampu membaca manometer dan strand elongation pada alat dengan teliti
- h. Mampu mencatat dan mengisikan data strand elongation, lendutan dan pengukuran kelurusan bentangan pada formulir daftar simak
- i. Mampu menjelaskan hasil pencatatan kepada engineer untuk dievaluasi apakah pekerjaan stressing dapat diterima dan berlanjut ke pekerjaan berikutnya

3) Sikap kerja yang diharapkan setelah mempelajari bab ini adalah:

- a. Harus teliti saat pemasangan jack hidraulic
- b. Harus memastikan bahwa jack hydraulic tergantung pada tripod dan terpasang rapat pada anchor block
- c. Harus teliti dan cermat dalam pemasangan wedges multi use agar posisinya rapat pada anchor stressing head
- d. Harus bertanggung jawab saat melakukan pengawasan pengolesan epoxy pada sambungan antara segmental
- e. Mampu melakukan stressing strand dengan benar dengan tahapan beban yang sudah ditentukan
- f. Mampu mengawasi dengan cermat bahwa sambungan antar segmen tersambung rapat saat stressing
- g. Mampu membaca manometer dan strand elongation pada alat dengan teliti

- h. Mampu mencatat dan mengisikan data strand elongation, lendutan dan pengukuran kelurusan bentangan pada formulir daftar simak
- i. Mampu menjelaskan hasil pencatatan kepada engineer untuk dievaluasi apakah pekerjaan stressing dapat diterima dan berlanjut ke pekerjaan berikutnya

BAB V

PELAKSANAAN GROUTING

5.1 Pemotongan Strand pada ujung anchor block

Setelah proses stressing selesai dan terjadi elongasi pada strand. Setelah data elongasi didapat barulah stressing jack/ hydraulic dilepas. Pastikan semua tahapan mulai dari instalasi alat sampai pelepasan alat dilakukan sesuai prosedur dan dilakukan oleh operator dan teknisi yang berpengalaman dibidangnya. Kemudian strand yang mengalami elongasi dipotong dan disisakan maksimal 3 cm dari ujung anchor block. Bertujuan agar mudah melakukan patching atau penutupan ujung segmental.

5.2 Pemasangan Selang grouting dengan posisi menghadap ke atas

Grout vent bertujuan untuk lubang inlet/outlet saat grouting. Grout vent merupakan pipa untuk lubang memasukkan bahan grouting atau dapat juga sebagai lubang ventilasi apabila saat pekerjaan grouting dilakukan, biasanya dipasang pada posisi tertinggi dan terendah. Pemasangan selang grouting dibuat menghadap keatas untuk mencegah pada saat grouting, pasta grouting tidak tumpah.

5.3 Pemasangan Grout cap/patching pada anchor block

Awal dari pekerjaan grouting adalah perpotongan kabel baja prategang (strand) yang berada pada angkur. Strand dipotong minimum 3 cm dari tepi terluar baji. Jika pemotongan telah selesai dilaksanakan, maka angku ditutup dengan adukan semen dan pasir (patching) untuk mencegah keluarnya suhu grouting dari sela-sela strand. Setelah pelaksanaan atau pemasangan patching satu hari (24 jam), maka pekerjaan grouting dapat dilaksanakan.

5.4 Penyiapan Mesin grouting, aksesoris, dan material baku

Sebelum pekerjaan grouting dilakukan, perlu dipersiapkan alat dan material pendukung dalam pelaksanaan grouting. Adapun tahap persiapan grouting antara lain:

5.4.1. Alat

- a. Gerinda
- b. Grout pump

- c. Drum air
- d. Generator
- e. Alat pembersih

5.4.2. Material

a. Semen

Dalam dunia konstruksi tidak bisa lepas dari satu material ini. Semen adalah sebagai bahan untuk grouting. Grouting adalah proses pengisian rongga udara antara strand dengan duct pada bagian dalam casting. Semen bisa berpotensi menimbulkan pencemaran udara serta gangguan pernafasan.

b. Air bersih

Air yang digunakan untuk pencucian, pengeboran, pengetesan, dan campuran grouting harus sesuai dengan persyaratan

c. Additive

Additive atau admixture merupakan bahan aditif atau bahan tambahan yang dicampur dalam campuran grouting sesuai dengan persyaratan

d. Pasir (fine agregat)

Pasir yang digunakan dalam persiapan campuran grouting harus sesuai dengan persyaratan yang ada.

5.4.3. Komposisi

Semen : additive (interplast) : air = 50 kg: 250 grm: 20 liter



Gambar 5. 1. Grout pump (delivery 40 liter/menit)

5.5 Pelaksanaan Flow cone test

Dalam pelaksanaan grouting, perlu adanya pelaksanaan test yang bertujuan untuk mengetahui metode pengukuran yang paling cocok untuk mengukur workabilitas semen grout. Metode pengukuran ini yang dipakai adalah standart marsh flow cone. Yaitu dengan mengisikam semen grout ke dalam aspal porus dengan cara dituangkan (gravitasi) dalam alat berbentuk kerucut. Saat pengisian (grouting) semen grout dirancang sedemikian rupa agar dapat mengalir dan mengisi seluruh rongga yang pada lubang grout sepanjang bentang balok segmental, sehingga workabilitas adalah mutlak untuk diperhitungkan. Workabilitas adalah sifat semen grout segar dalam hal kemudahan pengerjaan untuk dicampur, diangkut, dituang, dipadatkan dan mengisi rongga tanpa mengurangi sifat keseragaman dari campuran untuk mencapai kekuatan yang direncanakan. Berikut gambar alat grout flow cone test, bisa dilihat pada gambar 5.2.



Gambar 5. 2. Grout flow cone set

5.6 Pemompaan Grouting

5.6.1. Umum

Grouting adalah proses pengisian rongga udara antara strand dengan duct dan rongga pada bagian dalam casting dengan bahan grout. Tujuannya adalah untuk menjaga bahaya korosi juga untuk mengikat strand dengan beton disekelilingnya menjadi satu kesatuan. Digunakan campuran semen dengan air dan ditambahkan non shrinkage

additives. Oleh karena itu grouting disarankan segera setelah penegangan suatu unit selesai, dan tidak lebih dari dua hari setelah penyelesaian. Dalam keadaan khusus grouting dapat ditunda, akan tetapi harus dipikirkan perlindungan tendon terhadap korosi pada waktu ini.

5.6.2. Bahan dan Pengadukan

Grout adalah campuran semen dan air dan bahan tambahan yang disetujui. Desain campuran harus mengandung air hanya secukupnya untuk memungkinkan campuran mengalir bebas dan menembus rongga. Grout biasa dari semen dan air merembes dan menyusut, dan bahan tambahan pemuai atau bahan tambahan jenis gel atau palsticiser dapat disetujui untuk memperbaiki kelemahan ini. Pengaduk standar (tumble action) kurang sesuai untuk mengaduk grout an pengaduk putar (rotary) berkecepatan tinggi lebih sesuai, dimana air selalu pertama-tama yang diasukkan.

5.6.3. Prosedur

Saluran (duct) dibilas pertama-tama dengan menggunakan aliran air yang banyak, kemudian ditiup dengan udara bertekanan yang bebas minyak. Air yang tertinggal dalam saluran (duct) akan dipaksa keluar melalui lubang (vent) oleh grout yang masuk. Persediaan grout dihubungkan dengan lubang paling bawah. Lubang-lubang sisa lainnya secara berturutan ditutup pada waktu grout, yang bebas dari udara dan air yang mengalir keluar. Setelah duct terisi penuh, pompa masih melanjutkan tekanan yaitu sekitar 700 kPa, pada sistem tertutup selama satu menit. Jika dianggap perlu, konsistensi grout dapat diperiksa dengan hidrometer. Perlu diperhatikan sambungan duct, bebas dari kebocoran dan bahwa peralatan bersih serta terpelihara. Jika terdapat kebocoran yang tidak dapat dihentikan pada waktu grouting, grout di dalam saluran (duct) harus dibilas keluar dengan air dan kegiatan dimulakembali setelah kebocoran diperbaiki. Jika ada pemampatan (block-age) kemungkinan seluruh duct dapat diisi dengan memindahkan kegiatan pengadukan dan pemompaan pada sisi lain dari unit. Jika tidak pemampatan harus dibuka dengan menggunakan air dan uadar bertekanan. Dimana ada resiko kebocoran menyilang (cross bleeding) dari grout ke dalam saluran (duct) yang berdekatan, yang juga akan digrout, kadang-kadang lebih baik mengisi kedua saluran (duct) secara bersamaan. Pekerja yang bekerja dekat unit itu harus sadar

akan kemungkinan terjadinya semprotan tiba-tiba dari campuran udara-air-grout. Pada umumnya pekerja harus menjauhi kabel sampai grout mengeras. Unit tidak boleh dipindahkan selama 7 hari sampai grout menjadi kuat. Dimana unit digROUT pada lokasi akhirnya pada jembatan, unit itu tidak boleh dibebani lalu lintas atau beban berat untuk 7 hari setelah grouting. Peralatan, prosedur dan sifat-sifat campuran grout harus diuji sebelum dan selama pelaksanaan dan contoh dapat diambil untuk pengujian kekuatan. Kekuatan grout sebesar 30 Mpa (300 kg/cm²) adalah kekuatan 28 hari yang lazim.

5.6.4. Langkah-langkah proses grouting

- a. Ijin pelaksanaan grouting
- b. Persiapan material grouting diantaranya semen PC, air bersih dan additive. Banyaknya material disesuaikan dengan komposisi yang telah disetujui
- c. Persiapan lubang-lubang inlet dan outlet serta membersihkan jika ada sumbatan pada lubang tersebut
- d. Air dimasukkan kedalam mixer, disusul semen PC dan additive kemudian diaduk hingga mencapai campuran yang homogen
- e. Grout pump dihubungkan dengan lubang inlet dengan menggunakan hose dan selang grouting
- f. Mortar grouting dipompa kedalam tendon melalui lubang inlet hingga keluar melalui lubang outlet benar-benar kental lalu tutup lubang tersebut beberapa saat
- g. Setelah tekanan pada manometer grout pump mencapai 5 Mpa, tekuk PE grout pada lubang inlet dan ikat dengan kawat ikat sehingga rapat
- h. Setelah hasil grouting diterima maka strand pada stressing length dapat dipotong setelah 12 jam

5.7 Penutupan Selang grouting pada sisi ujung sebelah bentangan pada kondisi pompa masih beroperasi

Pada saat proses grouting berlangsung, perlu diperhatikan lubang inlet dan outlet pada selubung strand. Prinsip pekerjaan grouting, bagaimana agar mortar bisa mengisi seluruh celah atau rongga pada lubang grouting yang ada dari lubang inlet sampai outlet. Biasanya dalam pekerjaan grouting yang dilakukan, mortar grouting dipompa kedalam tendon melalui lubang inlet hingga keluar melalui lubang outlet benar-benar kental lalu tutup lubang tersebut. Dan setelah tekanan pada manometer grout pump

mencapai 5 Mpa, tekuk PE grout pada lubang inlet dan ikat dengan kawat ikat sehingga rapat, agar suhu dalam lubang grouting tidak keluar.



Gambar 5. 3. Proses grouting pada balok segmental

5.8 Pemeriksaan Penutupan selang grouting

Interval waktu antara pencucian tidak boleh melebihi dari 3 jam. Peralatan tersebut harus mampu mempertahankan tekanan pada selongsong yang telah disuntik sampai penuh dan harus dilengkapi dengan katup yang dapat terkunci tanpa kehilangan tekanan dalam selongsong. Grouting harus dapat mengalir dari ujung bebas selongsong sampai kekentalanya ekuivalen dengan grouting yang disuntikkan oleh operator/teknisi. Teknisi harus memastikan lubang masuk harus ditutup dengan rapat. Teknisi harus memastikan setiap lubang grouting harus ditutup dengan cara yang serpa secara berturut-turut dalam arah aliran.

5.9 Penutupan beton dan perataan sisi end block

Teknisi atau pengawas harus memastikan penyuntikan grouting yang dilaksanakan sudah mengisi setiap rongga yang mungkin ada. Setelah semua lubang ditutup, tekanan penyuntikan harus dipertahankan pada 5 kg/cm² paling tidak selama satu menit. Selongsong penyuntikan tidak boleh terpengaruh oleh guncangan atau getaran dalam waktu 1 (satu) setelah penyuntikan. Tidak kurang dari 2 hari setelah penyuntikan, permukaan, permukaan adukan dalam penyuntikan dan lubang pembuangan udara harus diperiksa dan diperbaiki sebagaimana diperlukan. Kabel tidak boleh dipotong dalam waktu 7 hari setelah penyuntikan. Ujung kabel harus dipotong sedemikian rupa sehingga minimum terdapat selimut beton setebal 3 cm pada ujung balok (end balok).

5.10 Pengangkatan bentangan

Sejak pekerjaan grouting selesai sampai 3 hari kemudian, gelagar pratekan tidak boleh dibebani dan setelah 3 hari baru dapat dipasang. Dalam beton prategang terdapat 3 tahap, yaitu tahap awal, tahap antara, dan tahap akhir.

5.10.1. Tahap awal

Pembebanan tahap awal merupakan pemberian gaya prategang terhadap girder tetapi belum dibebani oleh beban eksternal. Tahap ini dibagi dalam beberapa tahap.

1) Sebelum diberi gaya prategang

Pada masa belum diberi gaya prategang, beton girder masih lemah dalam memikul beban, oleh karena itu harus dicegah agar tidak terjadi kehancuran pada ujung girder. Harus diperhitungkan susut beton, dan retakan yang timbul akibat susut tersebut. Curing beton harus diperhatikan sebelum peralihan gaya prategang

2) Pada saat diberi gaya prategang

Besarnya gaya prategang yang bekerja pada tendon saat proses stressing dapat membuat kabel strand putus jika pemberian gaya melebihi tegangan maksimum strand atau jika strand dalam kondisi rusak. Beton bermutu rendah atau belum cukup umur juga dapat hancur pada tahapan ini.

3) Pada saat peralihan gaya prategang

Untuk komponen struktur post-tension peralihan beban berlangsung secara bertahap, gaya prategang pada tendon dialihkan ke beton satu per satu tendon. Pada keadaan ini gaya eksternal belum bekerja kecuali berat sendirinya. Gaya prategang awal setelah terjadi kehilangan juga ikut menentukan desain girder. Girder dengan panjang bentang tersebut diatas yang terletak diatas dua tumpuan, akibat berat sendirinya akan menimbulkan momen positif ditengah bentang. Oleh karena itu maka gaya yang diberikan pada girder harus dapat mengimbangi kondisi seperti ini.

5.10.2. Tahap antara

Pembebanan tahap ini ada karena segmental ini merupakan beton precast yang mengalami proses perpindahan dari pabrik ke lokasi terakhirnya. Tahapan antara merupakan tahapan pembebanan selama girder dalam masa pengangkutan dan pengangkatan, termasuk masa saat girder dalam proses erection. Cara pengangkatan dan pengangkutan balok girder harus diperhitungkan dengan baik. Pengangkatan

dengan cara yang salah dapat mengakibatkan balok girder retak atau bahkan mungkin patah.

5.10.3. Tahap akhir

Pembebanan tahap akhir merupakan tahapan dimana beban rencana telah bekerja pada struktur. Pada beton prategang, ada tiga jenis beban kerja yang dialami:

1) Beban kerja tetap

Lendutan ke atas atau kebawah girder akibat beban kerjastetap konstruksi tersebut merupakan salah satu faktor penentu dalam desain, karena pengaruh dari rangkaian akibat lentur akan memperbesar nilainya. Sehingga diberikan batasan tertentu besarnya lendutan akibat beban tetap

2) Beban kerja

Girder juga didesain berdasarkan beban kerja yang akan ditanggungnya. Beban kerja yang berlebihan harus ikut dipertimbangkan.

3) Beban retak

Retak pada komponen beton prategang berarti perubahan mendadak pada tegangan

4) Beban batas

Beban batas struktur merupakan beban maksimum yang dapat dipikul struktur tersebut sebelum hancur, atau disebut juga ultimate strength. Beban batas diperhitungkan melalui factor beban yang dikalikan pada beban kerja

5.11 Pengetahuan, keterampilan dan sikap

1) Pengetahuan yang dapat dipelajari dalam bab ini adalah:

- a. Dapat mengetahui tata cara pemotongan strand
- b. Dapat mengetahui apa yang dimaksud pekerjaan grouting
- c. Dapat mengetahui tujuan dari pekerjaan grouting
- d. Dapat menjelaskan tahapan pemasangan grout cap/patcing ada anchor block sesuai dengan prosedur
- e. Dapat mengetahui alat grouting dan aksesoris yang akan dipakai
- f. Dapat mengetahui material apa saja yang diperlukan
- g. Dapat mengetahui tujuan flow cone test sebelum grouting dilakukan
- h. Dapat mengetahui apa flow cone test
- i. Dapat mengetahui tahapan-tahapan persiapan sebelum grouting dipompakan

- j. Dapat mengetahui cara penutupan selang grouting pada sisi ujung sebelah bentangan sesuai spesifikasi
- k. Dapat mengetahui prosedur yang benar saat enutupan selang grouting
- l. Dapat mengetahui waktu yang tepat sesuai prosedur dalam melakukan penutupan sisi end block
- m. Dapat mengetahui sifat dan mutu beton terakit waktu yang diperbolehkan untuk mengangkat bentangan

2) Adapun keterampilan yang diharapkan setelah mempelajari bab ini adalah:

- a. Mampu melaksanakan pemotongan strand pada ujung anchor block sesuai dengan prosedur
- b. Mampu menentukan letak pemasangan selang grouting
- c. Mampu melakukan pemasangan selang grouting dengan posisi menghadap keatas
- d. Mampu melakukan pemasangan grout cap/patcing pada anchor block sesuai dengan prosedur
- e. Mampu mengoperasikan mesin grouting dan aksesorisnya sesuai prosedur
- f. Mampu membuat mix design grouting sesuai yang dipersyaratkan
- g. Mampu melakukan flow cone test sesuai mix design groutung yang dibuat apakah memenuhi syarat
- h. Mampu mempersiapkan lubang inlet dan outlet yang sudah dibersihkan dari halangan agar pasta grout bisa memenuhi seluruh rongga
- i. Mampu melakukan penutupan selang grouting pada sisi ujung sebelah bentangan, setelah mortar grouting keluar melalui lubang outlet
- j. Mampu melakukan pemeriksaan penutupan selang grouting, sudah dilakukan sesuai prosedur atau belum
- k. Mampu melakukan pekerjaan penutupan sisi end block dengan rata dan ketebalan yang dipersyaratkan
- l. Mampu melakukan pekerjaan pengangkatan sesuai persyaratan dan ketentuan pada balok precast

3) Sikap kerja yang diharapkan setelah mempelajari bab ini adalah:

- a. Harus hati-hati dan cermat pada saat pemotongan strand
- b. Harus menggunakan APD yang dipersyaratkan sebagai penerapan K3-L
- c. Harus teliti dan cermat memastikan selang grouting terpasang menghadap keatas
- d. Harus teliti dan tanggung jawab saat penutupan anchor block dengan semen dan pasir (patcing) untuk mencegah keluarnya suhu grouting dari sela-sela strand
- e. Harus bertanggung jawab dan teliti dalam penyiapan kelengkapan mesin grouting, aksesoris dan material baku sesuai prosedur
- f. Harus mampu melakukan flow cone test sesuai dengan prosedur, untuk menghasilkan grouting yang memenuhi syarat
- g. Harus teliti saat grout pump dihubungkan dengan lubang inlet dengan menggunakan hose dan selang grouting
- h. Harus memompakan grouting sesuai persyaratan dengan tekanan sekitar 0,5 N/mm² sampai mortar grouting keluar pada grout vent dan grout inlet
- i. Harus cermat dalam menutup selang grouting pada sisi ujung sebelah bentangan pada kondisi pompa masih beroperasi sesuai dengan spesifikasi
- j. Harus teliti dan cermat saat memeriksa penutupan selang grouting untuk menghindarkan terjadi kebocoran
- k. Harus memastikan ujung kabel strand dipotong sedemikian rupa sehingga minimum terdapat selimut beton setebal 3 cm pada ujung balok (end block)
- l. Harus memastikan pengangkatan bentangan dilakukan setelah 2-3 hari proses grouting dan penutupan end block dengan selimut beton
- m. Harus memastikan dalam 2-3 hari segmental tidak menrima dan mengalami pembebanan

DAFTAR PUSTAKA

A. Dasar Perundang-undangan

1. Undang-undang Nomor 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, dan Perubahannya
2. Undang-undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dan perubahannya.

B. Buku Referensi

1. Putra Jefri, 2009. Identifikasi Faktor-Faktor Risiko Penggunaan Precast Segmental Girder Terhadap Aspek Waktu Pada Proyek Flyover di DKI Jakarta, (Skripsi). Depok: Universitas Indonesia
2. Masnul CR, 2009. Analisa *Prestress (post-tension)* pada Precast Concrete U Girder Studi Kasus pada Jembatan Flyover Amplas, (Tugas Akhir). Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara
3. Kemen-PU, Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi, Pelatihan Inspektur Lapangan Pekerjaan Jembatan, Modul tentang Metode Kerja Pelaksanaan Pekerjaan Jembatan, Jakarta, 2006
4. Ristyawan Dwi R, 2013. Pengukuran Workabilitas Semen Grout untuk Aplikasi Grouted, (Jurnal). Jakarta

C. Majalah/Buletin

1. -

D. Referensi Lainnya

1. Browsing Internet, *Tahapan pekerjaan balok girder jembatan* (www.situstekniksipil.com), 26 Juli 2019 pukul 09.00
2. Browsing Internet, *Metode post-tension jembatan beton prategang* (sahdieng.blogspot.com), 26 Juli 2019 pukul 10.25
3. Browsing Internet, *Proses pelaksanaan stressing PCI girder* (baturisit.blogspot.com), 29 Juli 2019 pukul 11.00

DAFTAR PERALATAN DAN BAHAN

A. Peralatan yang digunakan:

-

B. Perlengkapan yang dibutuhkan:

1. Alat Pelindung Diri (APD)
2. Alat Pengaman Kerja (APK) termasuk rambu-rambu K3 dan rambu lalu lintas
3. Formulir daftar simak (*check list*) penyiapan sumber daya