

TUGAS AKHIR

**METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN GIRDER
PADA PEMBANGUNAN JEMBATAN BABO**

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Studi
Program Studi Diploma – III Konstruksi Jalan Dan Jembatan
Pada Jurusan Teknik Sipil**

Oleh :

Ricky V. Gandaria

NIM. 11 011 003



KEMENTERIAN RISTEK DAN PENDIDIKAN TINGGI

POLITEKNIK NEGERI MANADO

JURUSAN TEKNIK SIPIL

2016

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan Babo adalah sebuah infrastruktur yang dibuat guna memperlancar jalur transportasi yang menghubungkan Propinsi Sulawesi Utara dengan Propinsi Gorontalo, ataupun dengan Propinsi – Propinsi lainnya, dan juga untuk menggantikan jembatan lama yang sudah rusak karena korosi.

Jenis jembatan yang dibangun adalah jembatan beton prategang atau jembatan girder, dengan menggunakan balok I girder sebagai komponen utamanya.. Jembatan girder dianggap sangat cocok dengan situasi lokasi yang berhubungan langsung dengan air laut dan bentang yang cukup panjang. Jembatan beton prategang ini diharapkan terjamin keutuhan strukturnya selama umur rencana, dan mampu menahan beban yang lebih besar dari kendaraan – kendaraan yang melintasi jalur tersebut.

Pelaksanaan pekerjaan jembatan prategang, khususnya pekerjaan girder pada Proyek Pembangunan Jembatan Babo hendaklah memenuhi syarat dan standar perencanaan yang sudah ada, antara lain Spesifikasi Umum Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, tahun 2010.

Pada saat melakukan praktek kerja lapangan di lokasi pembangunan Jembatan Babo, diperoleh beberapa data yang konkrit yang mendukung pengamatan serta pengetahuan mengenai proses pekerjaan pembuatan jembatan. Manfaat dari topik yang dibahas ini adalah dapat membandingkan antara proses pekerjaan di lapangan, apakah sudah sesuai dengan syarat dan standar perencanaan yang sudah ada, ataupun sebaliknya.

1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan

Penulisan tugas akhir ini mempunyai maksud dan tujuan agar dapat mengetahui, menguasai dan menjelaskan tentang metode / proses pelaksanaan pekerjaan pemasangan girder pada proyek Pembangunan Jembatan Babo Kecamatan Sangtombolang Kabupaten Bolaang Mangondow dan membandingkannya sesuai syarat dan ketentuan yang sudah ada apakah sudah memenuhi syarat atau belum.

1.3 Pembatasan masalah

Dalam pekerjaan pembangunan jembatan Babo, ada beberapa tahap pengerjaan yang dikerjakan, antara lain : pekerjaan pondasi sumuran dan tiang

pancang, pekerjaan *abutment*, pekerjaan pemasangan girder, pekerjaan plat injak, pekerjaan *wing wall*, pekerjaan plat lantai, pekerjaan trotoar dan tiang sandaran, dan pekerjaan *finishing*. Batasan masalah yang diambil adalah hanya pada proses pekerjaan girder.

1.4 Metode Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini dengan mengacu pada ilmu yang didapat dari kampus maupun dari lapangan dan juga dari berbagai referensi atau buku - buku sehingga tugas akhir ini akan mampu dipertanggung jawabkan, dengan menyesuaikan topik dari tugas akhir. Metode - metode yang digunakan sebagai berikut :

1. Metode Interview

Melakukan kegiatan wawancara dengan pihak terkait antara lain pelaksana proyek dan pemilik proyek mengenai pekerjaan tersebut.

2. Cara Konsultasi

Dengan mengadakan konsultasi kepada dosen pembimbing yang telah ditentukan yang berupa arahan, koreksi, beserta bimbingan dan masukan guna mendapat hasil akhir yang baik dalam penyusunan tugas akhir ini.

3. Studi Kepustakaan

Pengumpulan data beserta informasi melalui internet dan buku - buku yang diharapkan dapat menunjang dalam penyusunan tugas akhir ini.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, disajikan sistematika penulisan tugas akhir yang diuraikan dalam bentuk penjelasan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan tentang latar belakang, maksud dan tujuan penulisan, pembatasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II DASAR TEORI

Dalam bab ini menguraikan mengenai dasar teori tentang jembatan secara umum serta menyangkut pekerjaan pemasangan balok girder.

BAB III PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan pembahasan mengenai pelaksanaan pekerjaan pemasangan balok girderyang ada di lapangan yang semuanya dibahas melalui sumber alat, bahan, dan tenaga (manusia)pada tiap pekerjaan.

BAB IV PENUTUP

Bab ini merupakan bagian terakhir dari tugas akhir. Pada bab ini menguraikan mengenai kesimpulan dari metode pelaksanaan pekerjaan disertai saran.

Daftar Pustaka

Berisi tentang sumber – sumber referensi, modul, data pendukung yang membantu penyusunan Tugas Akhir.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Jembatan

Jembatan merupakan suatu struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api, ataupun jalan raya. Jembatan dibangun untuk penyeberangan pejalan kaki, kendaraan atau kereta api di atas halangan. Jembatan juga merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat yang sangat vital dalam aliran perjalanan (*traffic flows*). Jembatan Jembatan mempunyai arti penting bagi setiap orang. Akan tetapi kepentingannya tidak sama bagi setiap orang, sehingga akan menjadi suatu bahan studi yang menarik. Suatu jembatan tunggal di atas sungai kecil akan dipandang berbeda oleh tiap orang, sebab penglihatan / pandangan masing – masing orang yang melihat berbeda pula. Seseorang yang melintasi jembatan setiap hari pada saat pergi bekerja, hanya dapat melintasi sungai bila ada jembatan, dan ia menyatakan bahwa jembatan adalah sebuah jalan yang diberi sandaran pada tepinya. Tentunya bagi seorang pemimpin pemerintahan dan dunia bisnis akan memandang hal yang berbeda pula.

Dari keterangan di atas, dapat dilihat bahwa jembatan merupakan suatu sistem transportasi untuk tiga hal, yaitu :

1. Merupakan pengontrol kapasitas dari sistem.
2. Mempunyai biaya tertinggi per mil dari sistem.
3. Jika jembatan runtuh, sistem akan lumpuh.

2.1.1 Bagian – Bagian Konstruksi Jembatan

1. Konstruksi bangunan atas (*superstructures*)

Bangunan atas berada pada bagian atas jembatan, yang berfungsi menampung beban – beban yang ditimbulkan oleh orang, kendaraan, dan lain – lain, kemudian disalurkan pada bangunan bawah. Konstruksi bangunan atas meliputi :

- a. Trotoar, yaitu jalur pejalan kaki yang umumnya sejajar dengan jalan dan lebih tinggi dari permukaan perkerasan jalan untuk menjamin keamanan pejalan kaki. Bagian trotoar meliputi sandaran dan tiang sandaran, peninggian trotoar, dan konstruksi trotoar.

- b. Lantai kendaraan dan lapis perkerasan.
- c. Balok diafragma / ikatan melintang.
- d. Balok gelagar.
- e. Ikatan pengaku (ikatan angin, ikatan rem, ikatan tumbukan)
- f. Perletakan (rol dan sendi).

2. Konstruksi bangunan bawah (*substructures*)

Bangunan bawah terletak di sebelah bawah bangunan atas. Fungsinya untuk menerima beban – beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian menyalurkannya ke pondasi. Beban tersebut selanjutnya oleh pondasi disalurkan ke tanah. Konstruksi bangunan bawah meliputi :

- a. Pangkal jembatan (*abutment* dan pondasi).
- b. Pilar (*pile cap* dan pondasi)

2.1.2 Jenis jembatan berdasarkan strukturnya

1. Jembatan alang (*beam bridge*)

Jembatan ini hanya digunakan secara sementara, contohnya di tempat – tempat pembalakan, yang mana jalan yang dibuat hanyalah untuk sementara dan kemudian ditinggalkan. Ini dikarenakan bahan kayu yang tidak dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama, terlebih apabila kayu sering mengalami kontak dengan air.



Gambar 2.1. Jembatan alang (*stone arch bridge*)

2. Jembatan lengkung – batu (*stone arch bridge*).

Jembatan pelengkung (busur) dari bahan batu, telah ditemukan pada masa lampau, di masa Babylonia. Pada perkembangannya jembatan jenis ini semakin banyak ditinggalkan, jadi saat ini hanya berupa sejarah.



Gambar 2.2. Jembatan lengkung batu (*stone arch bridge*)

3. Jembatan rangka (*truss bridge*)

Jembatan rangka dapat terbuat dari bahan kayu atau logam. Jembatan rangka kayu (*wooden truss*) termasuk tipe klasik yang sudah banyak tertinggal mekanika bahannya. Pada perkembangannya setelah ditemukan bahan baja, tipe rangka menggunakan rangka baja, dengan berbagai macam bentuk, seperti tipe *howe* dan tipe *pratt*.



Gambar 2.3. Jembatan rangka (*truss bridge*)

4. Jembatan gantung (*suspension bridge*)

Jembatan gantung modern mampu membawa kendaraan menggunakan dua menara penggantian pokok. Kabel yang merentangi jembatan ini perlu

ditambat dengan kuat di kedua belah ujung jembatan, karena sebagian besar beban di atas jembatan akan dipikul oleh tegangan di dalam kabel utama ini. Jembatan seperti ini hanya cocok untuk digunakan untuk jarak yang jauh, karena tidak memungkinkan didirikan tiang penahan karena arus deras dan berbahaya.



Gambar 2.4. Jembatan gantung (*suspension bridge*)

5. Jembatan kabel – penahan (*cable stayed*).

Pada umumnya jembatan *cable stayed* menggunakan gelagar baja, rangka, beton, atau beton pratekan sebagai gelagar utama (Zarkasi dan Rosliansjah, 1995). Kecenderungan sekarang adalah menggunakan gelagar beton, atau *prefabricated (pre cast)*.



Gambar 2.5. Jembatan kabel – penahan (*cable stayed*)

6. Jembatan beton (*concrete bridge*)

Beton telah banyak dikenal dalam dunia konstruksi. Dengan kemajuan teknologi beton dimungkinkan untuk memperoleh bentuk penampang beton

yang beragam. Bahkan dalam kenyataan sekarang jembatan beton tidak hanya berupa beton konvensional saja, tetapi telah dikembangkan berupa jembatan prategang.



Gambar 2.6. Jembatan beton (*concrete bridge*)

2.1.3 Beban – Beban Yang Bekerja Pada Jembatan

- a. Beban primer
 1. Beban mati
 2. Beban hidup
 3. Gaya akibat tekanan tanah
- b. Beban sekunder
 4. Beban angin
 5. Gaya akibat perbedaan suhu
 6. Gaya akibat rangkai dan susut
 7. Gaya rem dan traksi
 8. Gaya – gaya akibat gempa bumi
 9. Gaya gesekan pada tumpuan – tumpuan bergerak

2.2 Beton Prategang

Beton prategang adalah jenis beton dimana tulangan bajanya ditarik / ditegangkan terhadap betonnya. Penarikan ini menghasilkan kesetimbangan pada tegangan dalam (tarik pada baja dan tekan pada beton), yang akan meningkatkan kemampuan beton menahan beban luar dapat ditingkatkan dengan pemberian pratekanan (*Collins & Mitchell, 1991*). Sedangkan menurut komisi ACI, beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan dalam dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang

terjadi akibat beban luar. Pada elemen beton bertulang, sistem prategang dilakukan dengan menarik tulangnya.

Struktur beton prategang atau pratekan didefinisikan sebagai suatu sistem struktur beton khusus dengan cara memberikan tegangan awal tertentu pada komponen sebelum digunakan untuk mendukung beban luar sesuai dengan yang diinginkan. Tujuan memberikan tegangan awal atau prategangan, adalah untuk menimbulkan tegangan awal tekan beton pada lokasi dimana nantinya akan timbul tegangan tarik pada waktu komponen mendukung beban sedemikian rupa sehingga diharapkan sewaktu beban seluruhnya bekerja tegangan tarik total berkurang bahkan lenyap sama sekali. Dalam pemakaian sehari – hari, konsep struktur prategang sudah dikenal sejak lama.

Seperti diketahui bahan beton tidak kuat untuk menahan tegangan tarik, sehingga selalu diusahakan untuk menghindari timbulnya tegangan tarik dalam beton. Berkurang atau lenyapnya tegangan tarik di dalam beton mengurangi masalah retak atau bahkan tercapainya keadaan bebas – retak pada tingkat beban kerja. Usaha menghilangkan retak – retak pada beton lebih lanjut berarti mencegah berlangsungnya proses korosi (pengaratan) tulangan baja melalui proses oksidasi. Tercapainya hal tersebut merupakan salah satu kelebihan beton prategang dibandingkan dengan beton bertulang biasa, khususnya apabila struktur digunakan di tempat terbuka terhadap cuaca atau lingkungan korosif. Penampang balok dalam keadaan tertekan mampu mencegah timbulnya tegangan tarik diagonal di badan balok sehingga mengurangi kecenderungan terjadinya retak – retak miring. Di samping bahwa komponen struktur yang bebas retak memiliki kekakuan lebih besar di bawah beban – beban kerja karena seluruh penampangnya bekerja efektif.

Selain itu, dengan sengaja memasang tendon melengkung mengikuti koordinat yang diinginkan akan menimbulkan komponen gaya vertikal yang sangat membantu untuk memikul geser. Ketahanan terhadap geser yang lebih baik dan efektifitas penampang tersebut memberikan dimensi penampang komponen struktur prategangan menjadi lebih ramping, yang selanjutnya memberikan keuntungan berkurangnya beban mati.

Akan tetapi, di samping kelebihan dan keuntungan tersebut, harus dipertimbangkan pula bahwa penggunaan bahan – bahan yang lebih kuat mengakibatkan naiknya harga satuan pelaksanaan pembangunan, karena

perlengkapan dan peralatan yang mahal seperti tendon baja, angker ujung, plat landasan penahan, acuan yang berkekuatan ekstra, alat pendongkrak, dan sebagainya. karena resiko keamanan yang dihadapi, pengawasan kualitas yang lebih ketat, dan khusus untuk pelaksanaan komponen pracetak memerlukan penanaman investasi awal yang lebih besar di lapangan.

2.2.1 Tahap Pembebanan

Tidak seperti beton bertulang, beton prategang mengalami beberapa tahap pembebanan. Pada setiap tahap pembebanan harus dilakukan pengecekan atas kondisi serat tertarik dari setiap penampang. Pada tahap tersebut berlaku tegangan izin yang berbeda – beda sesuai kondisi beton atau tendon. Ada dua tahap pembebanan pada beton prategang, yaitu transfer dan servis.

Tahap transfer adalah tahap pada saat beton sudah mulai mengering dan dilakukan penarikan kabel prategang. Pada saat ini biasanya yang bekerja hanya beban mati struktur, yaitu berat sendiri struktur ditambah beban pekerja dan alat. Pada saat ini beban hidup belum bekerja sehingga momen yang bekerja adalah minimum, sementara gaya yang bekerja adalah maksimum karena belum ada kehilangan gaya prategang.

Kondisi servis adalah kondisi pada saat beton prategang digunakan sebagai komponen struktur. Kondisi ini dicapai setelah semua kehilangan gaya prategang dipertimbangkan. Pada saat itu, beban luar pada kondisi yang maksimum sedangkan gaya prategang mendekati harga minimum.

2.2.2 Kelebihan Dan Kekurangan Beton Prategang

Kelebihan dari penggunaan beton prategang adalah :

1. Dapat memikul beban lentur yang lebih besar.
2. Dapat dipakai pada bentang yang lebih panjang dengan mengatur defleksinya.
3. Kelebihan geser dan puntirnya bertambah dengan adanya penegangan.
4. Pada penampang yang diberi penegangan, tegangan tarik dapat dieleminasi karena besarnya gaya tekan disesuaikan dengan beban yang akan diterima.

Kekurangan balok prategang relatif lebih sedikit dibanding kelebihan, antara lain :

1. Memerlukan peralatan khusus seperti tendon, angkur, mesin penarik kabel dan lain - lain.
2. Memerlukan keahlian khusus baik dalam perencanaan maupun pelaksanaanya.

2.2.3 Komponen Utama Dalam Sistem Prategang

1. Beton, teknik pembuatan khusus

Beton adalah campuran air, semen, pasir, kerikil, dan bahan tambah lainnya. Setelah beberapa jam dicampur, bahan – bahan tersebut akan langsung mengeras sesuai bentuk pada waktu basah. Campuran tipikal untuk beton dengan perbandingan berat adalah agregat kasar 44 %, agregat halus 31 %, dan air 7 %.

Kekuatan beton ditentukan oleh kuat tekan karakteristik, pada usia 28 hari. Kuat tekan karakteristik adalah tegangan yang melampaui 95 % dari pengukuran kuat tekan unaksial yang diambil dari tes penekanan standar, yaitu dengan kubus ukuran 150 mm x 150 mm, atau silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengukuran kekuatan dengan kubus adalah lebih tinggi daripada dengan silinder. Perbandingan antara kekuatan silinder dan kubus adalah 0,8.

Beton yang digunakan untuk beton prategang adalah beton yang mempunyai kekuatan tekan yang cukup tinggi dengan nilai f'_c antara 30 – 45 Mpa. Kuat tekan yang tinggi diperlukan untuk menahan tegangan tekan pada serat tertekan, mencegah terjadinya keretakan, mempunyai modulus elastisitas yang tinggi dan mengalami rangka lebih kecil.

Kebanyakan teknik pembuatan beton yang baik, baik beton tanpa tulangan atau dengan penulangan, dapat diterapkan pada beton prategang. Tetapi, harus dipelajari beberapa faktor yang berpengaruh pada beton prategang. Pertama – tama tidak boleh mengurangi kekuatan tinggi yang diisyaratkan, kemudian tidak boleh memperbesar susut dan rangkai, tidak boleh menghasilkan efek yang merugikan seperti karat pada kabel baja mutu tinggi.

Memadatkan beton dengan getaran biasa dan diharuskan. Baik getaran dari dalam ataupun dari luar dapat digunakan. Untuk menghasilkan beton mutu tinggi tanpa menggunakan jumlah adukan semen yang berlebihan,

perbandingan air semen yang rendah dan *slump* beton yang rendah harus dipilih. Beton semacam ini tidak dapat ditempatkan dengan baik tanpa pemadatan. Hanya pada beberapa penggunaan tertentu dimana dipakai beton *slump* tinggi dan tidak perlu dipadatkan. Tetapi lebih disukai menggunakan sedikit pemadatan di sudut – sudut dan di sekitar tulangan dan daerah pengangkuran.

Perawatan beton yang baik sangatlah penting. Pengeringan beton yang terlalu cepat dapat mengakibatkan retak – retak akibat susut sebelum penerapan prategang. Di samping itu, hanya dengan perawatan yang demikian kekuatan tinggi yang diisyaratkan pada beton dapat tercapai. Untuk mempercepat proses pengerasan, perawatan (*curing*) dengan uap seringkali dipilih di pabrik pracetak; dapat juga dipakai di lapangan dimana jumlah pekerjaan dapat dipertanggungjawabkan dari segi ekonomis. Bila pekerjaan pengecoran di lapangan harus dilakukan pada cuaca yang dingin, uap dapat menguntungkan bila digunakan untuk menaikkan temperatur bahan – bahan yang dicor untuk tercapainya kekuatan yang tinggi dalam waktu yang cukup.

Pengerasan beton yang lebih awal seringkali dibutuhkan, baik untuk mempercepat produksi atau untuk mempercepat konstruksi di lapangan. Beton mutu tinggi yang lebih awal dapat dihasilkan oleh salah satu dari beberapa cara atau kombinasi dari beberapa cara. Semen yang mempunyai kemampuan mengeras yang tinggi (*high – early strength cement*) atau *curing* dengan uap seringkali digunakan. Bahan tambahan untuk mempercepat kekuatan seharusnya digunakan dengan hati – hati. Sebagai contoh, kalsium klorida paling sering digunakan sebagai akselerator meskipun digunakan dalam jumlah yang normal akan menambah penyusutan. Terbukti bahwa hal tersebut akan menyebabkan karat, yang akan menjadi serius untuk baja prategang. Bila akselerator digunakan, harus diperhatikan agar pengerasan awal tidak terjadi terlalu cepat.

Zat tambahan dalam proses pengeringan untuk memperbaiki kemampuan kerja beton mungkin menguntungkan, karena pengecoran beton mutu tinggi dapat mudah dilakukan tanpa kadar semen yang terlalu tinggi. Beberapa dari bahan tambahan ini cenderung untuk menambah susut dan mungkin berimbang dengan keuntungan penghematan semen. Masing – masing harus

dipertimbangkan keuntungannya dalam kaitannya dengan sifat agregat dan semen. Penambahan udara (*air entrainment*) 3 sampai 5 % dapat memperbaiki kemampuan kerja dan mengurangi *bleeding*. Bila bahan campuran tersebut sudah biasa dipakai, maka tidak nampak tanda – tanda penambahan susut atau rangkak. Oleh karena itu, penggunaan *air entrainment* dianggap menguntungkan beton prategang.

Konstruksi segmen pracetak telah dikembangkan belakangan ini untuk jembatan – jembatan prategang. Membagi struktur atas jembatan menjadi segmen – segmen transversal mengurangi berat masing – masing dan mempermudah pengangkatan dan pengecoran. Segmen – segmen ini dapat diproduksi secara massal di pabrik dimana pemeriksaan dan pengawasan dilakukan dengan ketat atau dapat dicor di tempat pada kereta yang berjalan. Segmen – segmen tersebut dapat digunakan untuk bentang – bentang yang lebih panjang daripada sebuah balok yang dicetak satu bagian, sehingga dapat bersaing dengan baja struktural dengan bentang – bentang yang besar. Pertemuan antara segmen – segmen pracetak di ujung – ujung segmen berupa rongga – rongga yang diisi dengan epoksi yang tipis. Tendon pasca – tarik diberi ulir untuk menyambung segmen – segmen bersama – sama dan membentuk sebuah jembatan.

2. Baja untuk memberikan gaya prategang.

Baja yang dipakai untuk beton prategang ada 4 macam , yaitu :

- a. Kawat tunggal (*wires*), biasanya digunakan untuk baja prategang pada beton prategang dengan sistem pratarik.
- b. Untaian kawat (*strand*), biasanya digunakan untuk baja prategang untuk beton prategang dengan sistem pascatarik.
- c. Kawat batangan (*bars*), biasanya digunakan untuk baja prategang pada beton prategang dengan sistem pratarik.
- d. Tulangan biasa sering digunakan untuk tulangan non prategang (tidak ditarik), seperti tulangan memanjang , sengkang , tulangan untuk pengangkuran dan lain-lain.

Baja mutu tinggi merupakan bahan yang umum untuk menghasilkan gaya prategang dan mensuplai gaya tarik pada beton prategang. Pendekatan yang jelas tentang produksi baja mutu tinggi adalah dengan pencampuran

(*alloying*), yang memungkinkan pembuatan baja semacam itu pada operasi normal. Karbon adalah unsur yang paling ekonomis untuk pencampuran karena murah untuk dikerjakan. Campuran lain mengandung manga dan silicon. Pendekatan lain adalah pendinginan yang terkontrol dari baja setelah digulung dan dengan proses panas seperti *quenching* dan *tempering*. Hasil – hasil yang menguntungkan telah diperoleh dengan *quenching* dari *rolling heat* pada temperatur tertentu dan juga dengan menginterupsi proses *quenching* pada temperatur tertentu. Cara yang paling umum untuk menambah kekuatan tarik baja prategang adalah dengan *cold – drawing*, baja mutu tinggi melalui serangkaian pencelupan. Proses *cold – drawing* cenderung untuk menyusun kembali kristal – kristal dan kekuatan bertambah setiap kali *drawing*. Jadi, makin kecil diameter kawat makin tinggi kekuatan batasnya. Daktilitas kawat berkurang sedikit akibat *cold – drawing*.

Baja mutu tinggi untuk sistem prategang biasanya merupakan salah satu dari ketiga bentuk kawat (*wire*), untai kawat (*strand*), dan batang (*bar*). Untuk sistem pasca tarik, banyak dipakai kawat yang digabungkan secara parallel menjadi kabel. *Strand* dibuat di pabrik dengan memuntir kawat bersama – sama; jadi mengurangi jumlah satuan yang harus dikerjakan pada operasi penarikan. *Strand*, seperti juga baja mutu tinggi, digunakan pula untuk sistem pasca - tarik.

Untuk sistem pratarik, strand dengan 7 kawat (*7 - wire strand*) secara eksklusif digunakan di Amerika Serikat dan di negara lain telah menggantikan banyak kawat pratarik. Meskipun *strand* harganya sedikit lebih mahal daripada kumpulan kawat dengan kekuatan tarik yang sama, karakteristik rekatannya yang lebih baik membuatnya cocok untuk sistem pratarik.

Sementara kekuatan batas untuk baja mutu tinggi dapat dengan mudah ditentukan dengan percobaan, batas elastisnya atau titik lelehnya tidak dapat semudah itu untuk ditentukan, karena tidak ada titik leleh ataupun batas proporsional yang pasti. Berbagai cara telah diajukan untuk menentukan titik leleh baja mutu tinggi, seperti pergeseran (*set*) 0,1 %, pergeseran 0,2 %, regangan 0,7 %, atau regangan 1 %.

Untaian kawat untuk sistem prategang umumnya disesuaikan dengan Spesifikasi ASTM A – 416 “*Uncoated Seven – wire Stress – relieved for Prestressed Concrete*”. Yang digunakan adalah dua derajat, 1724 Mpa dan 1862 Mpa, dimana kata “derajat” menunjukkan tegangan putus minimum yang dijamin. Spesifikasi ini ditujukan untuk konstruksi beton prategang pratarik yang terekat. Juga dapat dipakai untuk konstruksi pasca - tarik, baik jenis terekat maupun tidak terekat. *Strand* dengan 7 kawat mempunyai sebuah kawat yang di tengah yang sedikit lebih besar dari keenam kawat sebelah luarnya yang membungkusnya dengan erat dalam bentuk heliks dengan *pitch* antara 12 dan 16 kali diameter nominal *strand*. setelah dibuat *strand*, semua strand di – *treatment* dengan *stress relieving continuous heat* untuk menghasilkan sifat mekanis yang telah ditetapkan.

Untaian tujuh kawat biasanya digunakan untuk sistem prategang menurut Spesifikasi ASTM A – 416, yang mempunyai kekuatan batas 1720 MPa atau 1860 Mpa. Sifat – sifatnya didaftarkan pada tabel 2.1. Sejak tahun 1962, baja yang lebih kuat yang dikenal sebagai derajat 1860 MPa mempunyai luas baja yang lebih besar daripada ATM A – 416 derajat 1720 MPa dan 15 % lebih kuat. Baja derajat 1860 MPa sekarang umum digunakan untuk *strand* 7 kawat di Amerika Serikat, baik untuk struktur pratarik maupun pasca - tarik.

Tabel 2.1. Sifat – Sifat *Strand Stress – Relieved* Dengah Tujuh Kawat Tanpa Pelapisan (ASTM A – 416)

Diameter Nominal mm	Kekuatan Putus kN	Luas Nominal <i>Strand</i> mm ²	Beban Minimum Pada Pemuaian 1 % kN
		Derajat 1720 Mpa	
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

Diameter Nominal mm	Kekuatan Putus kN	Luas Nominal <i>Strand</i> mm ²	Beban Minimum Pada Pemuaian 1 % kN
12,70	160,1	92,90	136,2
		Derajat 1720 Mpa	
15,24	240,2	139,35	204,2
		Derajat 1860 Mpa	
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

3. Tendon Kaca Serat.

Kaca serat (*fiberglass*) dibuat dengan cara menarik *fluid glass* menjadi serat – serat halus. Kemungkinan dipakainya kaca serat di dalam prategang masih di dalam penelitian sejak beberapa tahun ini. Walaupun kaca serat belum dipakai secara komersial di dunia konstruksi beton prategang, bahan tersebut mempunyai kualitas yang sangat baik yang memungkinkan untuk dipakai sebagai prategang. Kekuatan tarik batas 6900 MPa cukup bisa dicapai. Untuk serat silica dengan diameter 0,003 mm dicapai kekuatan setinggi 35.000 MPa dan diketahui bahwa diperkirakan kekuatannya berubah – ubah berbanding terbalik dengan diameter serat.

Kaca serat dapat dibuat dalam tiga bentuk : batang – batang sejajar (*parallel cord*), *strand* yang dipuntir, dan serat sejajar yang ditanamkan di dalam plastik. Bentuk batang kaca serat yang terakhir disebutkan dianggap yang paling cocok untuk prategang karena relatif sederhana untuk diangkat, dijepit, dan diangkurkan. Di Universitas Princeton, tiga macam damar telah dicoba sebagai bahan perekat di dalam pembuatan batang – batang kaca serat : damar polyester, damar epoksi, dan damar polyamida. Sekarang ini, batang yang dilapisi dengan memakai damar epoksi memperlihatkan hasil yang

terbaik. Kekuatan tarik waktu singkat (*short duration*) ternyata lebih dari 1500 MPa, yang didasarkan pada luas penampang bruto dari batang.

4. Bahan Pelengkap – *Grouting*.

Di antara bahan pelengkap yang dibutuhkan untuk beton prategang antara lain adalah bahan pengisi untuk selubung tendon. Untuk sistem pratarik, tidak ada selubung yang diperlukan. Untuk sistem pasca Tarik, ada dua macam selubung (*conduit*), yaitu untuk sistem prategang dengan rekatan (*bonded*), dan yang untuk tanpa rekatan (*unbonded*).

Jika tendon harus diberi rekatan, selubung terbuat dari logam besi yang digalvanisasi. Jika tendon harus tanpa rekatan, biasanya dipakaipplastik atau kertas tebal sebagai pembungkus dan diberi minyak (*grease*) untuk mempermudah penarikan dan mencegah karat.

Untuk merekatkan tendon ke beton setelah penarikan (untuk keadaan pasca tarik), semen *grout* disuntikkan, hal ini juga untuk mencegah baja terhadap karat. *Grouting* dapat masuk ke dalam kabel dengan cara memberikan lubang pada kepala ankur dan konus atau pipa yang ditanam ke dalam balok beton. Penyuntikkan dikerjakan pada salah satu ujung sampai *grouting* keluar pada ujung yang lain. Untuk balok yang panjang, dilakukan melalui kedua ujung balok sampai *grouting* dari lubang di tengah – tengah.

Baik semen biasa ataupun semen yang mempunyai kemampuan mengeras yang tinggi dapat dipakai dengan dicampur air atau kadang – kadang pasir halus. Campuran semen tambahan yang tersedia di pasaran dikembangkan untuk menjamin terjadinya *grouting* yang sempurna.

Tekanan *grouting* umumnya berkisar antara 550 – 700 kPa dengan tekanan maksimum ditentukan sebesar 1700 kPa. Setelah *grouting* keluar pada ujung yang jauh, ujung tersebut ditutup dan tekanan diberikan kembali pada ujung tempat penyuntikan untuk memadatkan *grouting* yang telah dilakukan. *Grouting* tidak boleh dilakukan pada cuaca dingin karena kemungkinan masuknya es ke dalam selubung akan menjadi air dan membuat rongga yang mengakibatkan karat pada kabel. Spesifikasi *grouting* oleh PCI menentukan bahwa temperatur minimum untuk melaksanakan *grouting* adalah 1,7 °C.

2.3 Girder

Jembatan girder adalah sebuah bangunan jembatan yang komponen utamanya adalah sebuah balok berbentuk girder. Girder dapat terbuat dari beton bertulang, beton prategang, baja atau kayu. Panjang bentang jembatan girder beton bertulang dapat mencapai 25 meter, dan untuk jenis girder yang menggunakan beton prategang umumnya memiliki panjang 20 meter hingga 40 meter.

Balok girder adalah sebuah balok di antara dua penyangga yang dapat berupa *pier* ataupun *abutment* pada suatu jembatan. Umumnya girder merupakan balok baja dengan profil I, namun girder juga dapat berbentuk *box* (*box girder*), atau bentuk lainnya. Menurut material penyusunnya girder dapat terdiri dari girder beton dan girder baja. Sedangkan menurut system perancangannya, girder terdiri dari girder *precast* dan *on site* girder.

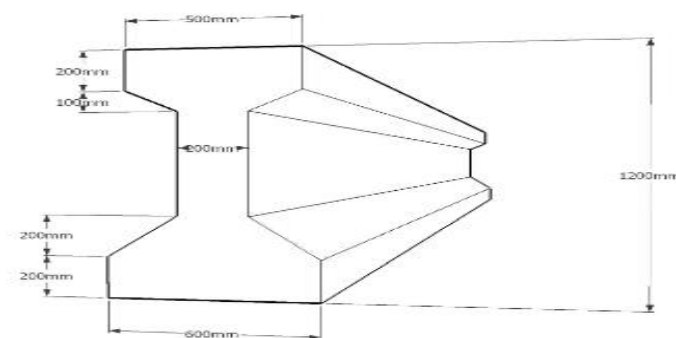
Setiap bentuk girder memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing. Girder dengan profil I memiliki kelebihan pada pengerjaannya yang mudah serta cepat dalam berbagai jenis kasus. Namun, jika jembatan yang akan dibangun memiliki kurva, girder balok I menjadi lemah karena kurang kuat terhadap kekuatan puntir / memutar, yang sering disebut sebagai torsi.

Jenis – Jenis Girder

a. Berdasarkan bentuknya.

1. Balok I

Girder dengan bentuk balok I sering disebut dengan PCI Girder (yang dibuat dari material beton). Girder ini dapat terbuat dari bahan komposit ataupun bahan non komposit, dalam memilih hal ini perlu dipertimbangkan berbagai hal seperti jenis kekuatan yang diperlukan dan biaya yang akan dikeluarkan.



Gambar 2.7. Balok I girder

2. Box Girder

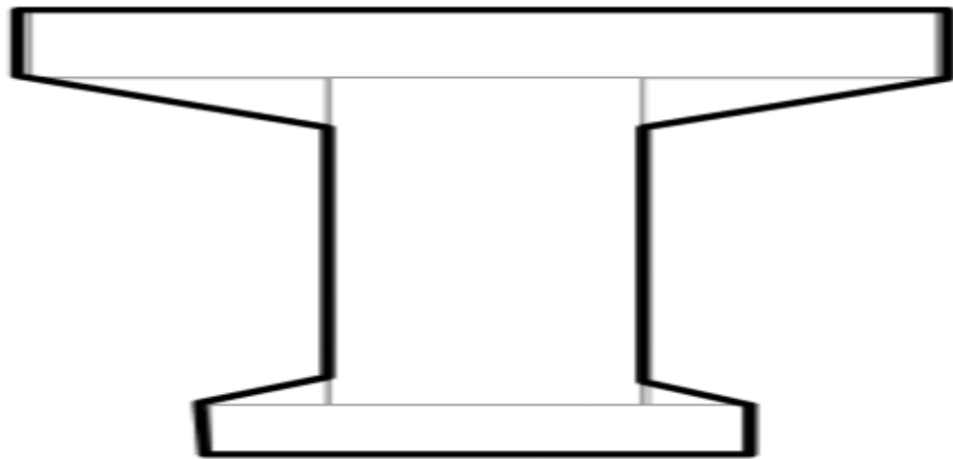
Box girder sangat cocok digunakan untuk jembatan bentang panjang. Biasanya *box girder* didesain sebagai struktur menerus di atas pilar karena *box girder* dengan beton prategang dalam desain biasanya akan menguntungkan untuk bentang menerus. *Box girder* sendiri dapat berbentuk trapesium ataupun kotak. Namun, bentuk trapesium lebih digemari penggunaannya karena akan memberikan efisiensi yang lebih tinggi dibanding bentuk kotak.



Gambar 2.8. *Box girder*

3. Balok T

Balok T ekonomis untuk bentang 40 – 60 kaki. Namun pada struktur jembatan miring, perancangan balok T memerlukan rangka kerja yang lebih rumit. Perbandingan tebal dan bentang struktur pada balok T yang dianjurkan adalah sebesar 0,07 untuk struktur bentang sederhana dan 0,065 untuk struktur bentang menerus.



Gambar 2.9. Balok T girder

b. Berdasarkan sistem perancangannya.

1. Girder *precast*

Girder *precast* / pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen – komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*off site fabrication*), terkadang komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (*pre-assembly*), dan selanjutnya dipasang di lokasi (*installation*), dengan demikian sistem pracetak ini akan berbeda dengan konstruksi monolit terutama pada aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan pula oleh metode pelaksanaan dari pabrikasi, penyatuan dan pemasangannya, serta ditentukan pula oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen join. Umumnya digunakan pada struktur bangunan tingkat rendah sampai menengah.

2. *On site* girder.

On site girder adalah girder yang dicor di tempat pelaksanaan pembangunan jembatan. Girder ini dirancang sesuai dengan perancangan beton pada umumnya yaitu dengan menggunakan bekisting sebagai cetakannya.

c. Menurut material penyusunnya, terbagi atas :

1. Girder beton.
2. Girder baja.

2.4 Ketentuan Pelaksanaan Pemasangan Balok Prategang Khusus Metode Penegangan Setelah Pengecoran (*Post Tension*)

2.4.1 Persetujuan

Penyedia jasa dapat menentukan prosedur prategang yang dikehendakinya, dimana prosedur dan rencana pelaksanaan tersebut harus diserahkan kepada direksi pekerjaan untuk mendapat persetujuan sebelum setiap pekerjaan untuk unit penegangan setelah pengecoran dimulai.

2.4.2 Penempatan Jangkar

Setiap jangkar harus ditempatkan tegak lurus terhadap garis kerja gaya prategang, dan dipasang sedemikian hingga tidak akan bergeser selama pengecoran beton. Bilamana ditentukan dalam gambar bahwa plat baja digunakan sebagai jangkar, maka bidang permukaan beton yang kontak langsung dengan plat baja tersebut harus rata, daktil (*ductile*) dan diletakkan tegak lurus terhadap arah gaya prategang. Jangkar pelat baja dapat ditanam pada adukan semen sebagaimana yang disetujui atau diperintahkan oleh direksi pekerjaan. Sesudah pekerjaan prategang dan penyuntikan selesai, jangkar harus ditutup dengan beton dengan tebal paling sedikit 3 cm.

2.4.3 Penempatan Kabel

Lubang jangkar harus ditutup untuk menjamin bahwa tidak terdapat adukan semen atau bahan lainnya masuk ke dalam lubang selama pengecoran. Segera sebelum penarikan kabel, penyedia jasa harus menunjukkan bahwa semua kabel bebas bergerak antara titik - titik penjangkaran dan elemen - elemen tersebut bebas untuk menampung pergerakan horisontal dan vertikal sehubungan dengan gaya prategang yang diberikan.

2.4.4 Kekuatan Beton Yang Diperlukan

Gaya prategang belum boleh diberikan pada beton sebelum mencapai kekuatan beton yang diperlukan seperti yang disyaratkan, dan tidak boleh kurang dari 14 hari setelah pengecoran jika perawatan dengan pembasahan digunakan, atau kurang dari 2 hari setelah pengecoran jika perawatan dengan uap digunakan.

Bilamana unit - unit terdiri dari elemen - elemen yang disambung, kekuatan yang dipindahkan ke bahan sambungan paling sedikit harus sama dengan kekuatan yang dipindahkan pada unit beton.

2.4.5 Besarnya Gaya Prategang Yang Diperlukan

Pengukuran gaya prategang yang dilakukan dengan cara langsung mengukur tekanan dongkrak atau tidak langsung dengan mengukur pemuluran. Kecuali disebutkan lain dalam gambar, direksi pekerjaan akan menentukan prosedur yang diambil setelah pengamatan kondisi dan ketelitian yang dapat dicapai oleh kedua prosedur tersebut.

Direksi pekerjaan akan menentukan perkiraan pemuluran dan tekanan dongkrak. Penyedia jasa harus menetapkan titik duga untuk mengukur perpanjangan dan tekanan dongkrak samapai dapat diterima oleh direksi pekerjaan.

Penyedia Jasa harus menambahkangaya prategang yang diperlukan untuk mengatasi kehilangan gaya akibat gesekan dan penjangkaran. Besar gaya total dan perpanjangan yang dihitung harus disetujui oleh direksi pekerjaan sebelum penegangan dimulai.

Segera setelah penjangkaran, maka tegangan dalam kabel prategang tidak boleh melampaui 70 % dari beban yang ditetapkan. Selama penegangan, maka nilai tersebut tidak boleh melampaui 80 %.

Kabel harus ditegangkan secara bertahap dengan kecepatan yang tetap. Gaya dalam kabel harus diperoleh dari pembacaan pada dua buah arloji atau alat pengukur tekanan yang menyatu dengan peralatan tersebut. Perpanjangan kabel dalam gaya total yang disetujui tidak boleh melampaui 5 % dari perhitungan perpanjangan yang disetujui. Bilamana perpanjangan yang diperlukan tidak dapat dicapai maka gaya dongkrak dapat ditingkatkan sampai 75 % dan beban yang ditetapkan untuk kabel. Bilamana perbedaan pemuluran antara yang diukur dengan yang dihitung, lebih dari 5 %, maka tidak perlu dilakukan penarikan lebih lanjut sampai perhitungan dan peralatan tersebut diperiksa. Penegangan harus dari salah satu ujung, kecuali disebutkan lain dalam gambar atau disetujui oleh direksi pekerjaan.

Bilamana penegangan pada kabel dilakukan dengan pendongkrakan pada kedua ujungnya, maka tarikan ke dalam (*pull - in*) pada ujung yang jauh dari dongkrak harus diukur dengan akurat dengan memperhitungkan kehilangan gaya untuk perpanjangan yang diukur pada ujung dongkrak.

Bilamana pekerjaan prategang telah dilakukan sampai diterima oleh direksi pekerjaan, maka kabel harus dijangkarkan. Tekanan dongkrak kemudian harus

dilepas dengan sedemikian rupa sehingga dapat menghindari goncangan terhadap jangkar atau kabel tersebut.

Bilamana tarikan ke dalam (*pull - in*) kabel pada penjangkaran akhir lebih besar dari yang disetujui oleh direksi pekerjaan, maka beban harus dilepas secara bertahap dengan kecepatan tetap dan penarikan kabel dapat diulangi.

2.4.6 Prosedur Penarikan Kabel

Semua pekerjaan penarikan kabel 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 prategang sebagian (*partially prestressed*) hanya boleh diberikan bilamana ditunjukkan dalam gambar atau diperintahkan oleh direksi pekerjaan. Pemberian gaya prategang yang melampaui gaya maksimum yang telah dirancang untuk mengurangi gesekan dapat diijinkan asal sepengetahuan dan sesuai dengan petunjuk direksi pekerjaan, untuk mengatasi penurunan gaya yang diperlukan. Dalam keadaan apapun, perhatian khusus harus diberikan agar kabel tidak ditarik melebihi 85 % dari kekuatan maksimumnya, dan dongkrak tidak dipaksa sampai melebihi batas kapasitas maksimumnya.

Sebelum penegangan, kabel harus dibersihkan dengan cara meniupkan udara bertekanan ke dalam selongsong. Jangkar juga harus dalam keadaan bersih.

Bagian kabel yang menonjol harus dibersihkan dari bahan - bahan yang tidak dikehendaki, karat / korosi, sisa - sisa adukan semen, lemak, minyak atau kotoran debu lainnya yang dapat mempengaruhi perlekatan dengan pekerjaan penjangkaran. Kabel dicoba untuk ditarik keluar dan masuk ke dalam selongsong agar dapat kelengkutan akibat kebocoran selongsong dapat segera diketahui dan diambil langkah - langkah seperlunya.

Gaya tarik pendahuluan, untuk menegangkan kabel dari posisi lepasnya, harus diatur agar besarnya cukup akan tetapi tidak mengganggu besarnya gaya yang diperlukan yang akan digunakan untuk setiap prosedur.

Setelah kabel ditegangkan, kedua ujungnya diberi tanda untuk memulai pengukuran pemuluran. Bilamana direksi pekerjaan menghendaki untuk menentukan kesalahan pembacaan pemuluran (*zero error in measuring elongation*) selama proses penegangan, data bacaan *dynamometer* dan pengukuran pemuluran harus dicatat dan dibuat grafiknya untuk setiap tahap penegangan..

Bilamana *slip* terjadi pada satu kabel atau lebih dari sekelompok kabel, direksi pekerjaan dapat mengizinkan untuk menaikkan pemuluran kabel yang belum ditegangkan asalkan gaya yang diberikan tidak akan melebihi 85 % kekuatan maksimumnya.

Bilamana kabel *slip* atau putus, yang mengakibatkan batas toleransi yang diijinkan dilampaui, kabel tersebut harus dilepas, atau diganti jika perlu, sebelum ditarik ulang.

1. Penarikan Kabel Dengan 2 Dongkrak

Umumnya operasi prategang harus dilaksanakan dengan dongkrak pada setiap ujung secara bersama - sama. Setiap usaha yang dilakukan untuk mencatat semua gaya pada setiap dongkrak selama operasi penarikan kabel harus diteruskan sampai gaya yang diperlukan pada dongkrak tercapai atau sampai jumlah pemuluran sama dengan jumlah pemuluran yang diperlukan.

Penegangan pada salah satu ujung harus dilakukan untuk menentukan kehilangan gesekan (*friction loss*), jika diperintahkan oleh direksi pekerjaan. Kedua dongkrak dihubungkan pada kedua ujung dari setiap kabel. Salah satu dongkrak diberikan perpanjangan paling tidak 2,5 cm sebelum dongkrak lainnya dihubungkan. Kabel yang masih kendur harus dikencangkan, dan kabel yang pertama - tama ditegangkan adalah pada dongkrak yang tidak diberi perpanjangan (disebut *leading jack*).

Dongkrak yang tidak diberi gaya (disebut *trailing jack*) harus dipasang sedemikian hingga gaya yang dipindahkan pada ujung ini dapat dicatat. Penegangan ujung ini harus dilanjutkan sampai pemuluran mendekati 75 % dari total pemuluran yang diperkirakan pada ujung *jack*. Penegangan kemudian dilanjutkan dengan memberi gaya hanya pada *jack*, sampai pada kedua dongkrak tersebut tercatat gaya yang sama. Kedua dongkrak selanjutnya dikerjakan dengan mempertahankan gaya yang sama pada kedua dongkrak, sampai mencapai besar gaya yang dikehendaki.

2. Penegangan Dengan 1 Dongkrak

Bilamana ditunjukkan dalam gambar bahwa kabel harus ditarik pada satu ujung (biasanya bentang pendek), maka hanya satu dongkrak yang digunakan. Setelah kabel ditegangkan, kedua ujung ditandai untuk mengukur pemuluran masuknya kabel (*draw - in*).

2.4.7 Lubang Penyuntikan (*Grouting Hole*)

Lubang penyuntikan harus disediakan pada jangkar, pada titik atas dan bawah profil kabel dan pada titik - titik lainnya yang cocok. Jumlah dan lokasi titik - titik ini harus disetujui oleh direksi pekerjaan tetapi tidak boleh lebih dari 30 meter pada bagian dari panjang selongsong. Lubang penyuntikan dan lubang pembuangan udara paling tidak harus berdiameter 10 mm dan setiap lubang harus ditutup dengan katup atau perlengkapan sejenis yang mampu menahan tekanan 10 kg / cm^2 tanpa kehilangan air, suntikan atau udara.

2.4.8 Penyuntikan dan Penyelesaian Akhir Setelah Pemberian Gaya Prategang

Kabel harus disuntik dalam waktu 24 jam sesudah penarikan kabel selesai dilakukan kecuali jika ditentukan lain oleh direksi pekerjaan. Lubang penyuntikan harus diuji dengan diisi air bertekanan 8 kg / cm^2 selama satu jam sebelum penyuntikan. Selanjutnya selongsong harus dibersihkan dengan air dan udara bertekanan.

Peralatan pencampur harus dapat menghasilkan adukan semen dengan kekentalan yang homogen dan harus mampu memasok secara menerus pada peralatan penyuntikan. Peralatan penyuntikan tersebut harus mampu beroperasi secara menerus dengan sedikit variasi tekanan dan harus mempunyai sistem untuk mengalirkan kembali adukan bilamana penyuntikan sedang tidak dijalankan. Udara bertekanan tidak boleh digunakan. Peralatan tersebut harus mempunyai tekanan tetap yang tidak melebihi 8 kg / cm^2 . Semua pipa yang disambungkan ke pompa penyuntikan harus mempunyai suatu lengkung minimum, katup dan sambungan penyesuai antar diameter. Semua pengatur arus ke pompa harus disetel dengan saringan 1,0 mm. Semua peralatan, terutama pipa, harus dicuci sampai bersih dengan air bersih setelah setiap rangkaian operasi dan pada akhir operasi setiap hari.

Interval waktu antar 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. Pertama - tama air dimasukkan ke dalam alat pencampur, kemudian semen. Bilamana telah dicampur sampai merata, jika digunakan, maka adiktif akan ditambahkan. Pengadukan harus dilanjutkan sampai diperoleh suatu kekentalan yang merata. Rasio air semen pada campuran tidak akan melebihi 0,45 menurut takaran berat kecuali ditentukan lain oleh direksi pekerjaan.

Pencampuran tidak boleh dilakukan secara manual. Penyuntikan harus dikerjakan dengan cukup lambat untuk menghindari timbulnya segregasi adukan. Cara penyuntikan adukan harus sedemikian hingga dapat menjamin bahwa seluruh selongsong terisi penuh dan penuh di sekeliling kabel. *Grouting* harus dapat mengalir dari ujung bebas selongsong sampai kekentalannya ekuivalen dengan *grouting* yang disuntikkan. Lubang masuk harus ditutup dengan rapat. Setiap lubang *grouting* harus ditutup dengan cara yang serupa secara berturut - turut dalam arah aliran. Setelah suatu jangka waktu yang semestinya, maka penyuntikan selanjutnya harus dilaksanakan untuk mengisi setiap rongga yang mungkin ada.

Setelah semua lubang ditutup, tekanan penyuntikan harus dipertahankan pada 8 kg / cm² paling tidak selama satu menit. Selongsong penyuntikan tidak boleh terpengaruh oleh goncangan atau getaran dalam waktu 1 hari setelah penyuntikan.

Tidak kurang dari 2 hari setelah penyuntikan, 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 block*).