

**EVALUASI PERHITUNGAN STRUKTUR BAGIAN ATAS KONSTRUKSI
JEMBATAN SIDALU-DALU DENGAN PENGGUNAAN BETON
BERTULANG**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana**

Oleh :

ALFONSO SAID M PANJAITAN

NIM. 09.811.0050



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2013

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian - bagian tertentu dalam penulisan Skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Desember 2013

Penulis,


METERAI
TEMPEL
E23F8AFF817284599
6000
ENAM RIBURUPIAH

Alfonso Said M Panjaitan

098110050

**EVALUASI PERHITUNGAN STRUKTUR BAGIAN ATAS KONSTRUKSI
JEMBATAN SEI DALU-DALU DENGAN PENGGUNAAN BETON
PRATEGANG**

TUGAS AKHIR

Oleh :


ALFONSO SAID M PANJAITAN

NIM. 09.811.0050

Disetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II


(Ir. H. Edy Hermanto, MT)


(Ir. Nurmaidah, MT)

Mengetahui :


(Ir. Hj. Haniza, MT)


(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)

ABSTRAK

Bangunan atas merupakan salah satu struktur utama dari suatu Jembatan, disamping struktur lainnya. Dan harus benar-benar dihitung dan dilaksanakan dengan baik .

Ditinjau dari segi pelaksanaannya, bangunan atas terdiri dari , Balok girder, plat lantai, tiang sandaran/handrail dan plat injak.

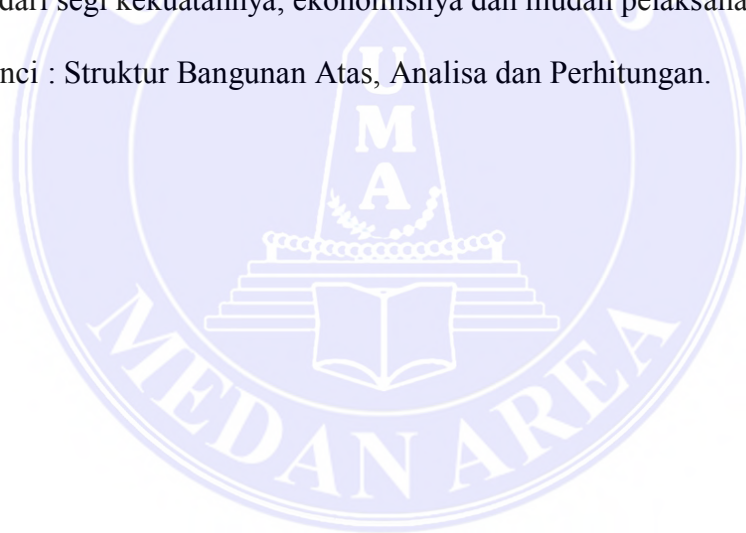
Penyusun mencoba menganalisa perhitungan dan pelaksanaannya dalam suatu laporan yang berjudul : “ **Evaluasi Perhitungan struktur bagian atas konstruksi Jembatan Sei Dalu-dalu, Kabupaten Batubara, Provinsi Sumatera Utara** “

Untuk perhitungan pertama dicoba dengan balok girder yang letaknya dia atas pondasi jembatan. Untuk perhitungan kedua dicoba dengan pekerjaan plat injak.

Setelah dilaksanakan pemasangan balok girder dan dengan data yang didapat di lapangan, dihitung lagi daya dukungnya dengan menggunakan rumus prategang. Hal ini adalah untuk mengetahui berapa besar daya dukung dari tiap-tiap balok girder terhadap beban mati dan bergerak yang diterima balok tersebut.

Disamping itu juga disarankan dalam pemilihan jenis balok girder, terlebih dahulu ditinjau dari segi kekuatannya, ekonomisnya dan mudah pelaksanaannya.

Kata Kunci : Struktur Bangunan Atas, Analisa dan Perhitungan.



THE ABSTRACT

The upper building was one of the main structure from a Bridge, by the structure other. And really must be counted and carried out well.

Inspected from the aspect of his implementation, the upper building consist of, the Beam Girder, the floor plate, the support pole/handrail and the plate step on.

*The compiler tried to analyse the calculation and his implementation a report that be entitled : **The Evaluation of the Calculation of the structure of the part on the construction of Sei Dalu-dalu Bridge, Kabupaten Batubara, of the Provinsi North Sumatera.***

For the first calculation was tried with the beam girder that his location he on the poundation of bridge. For the second calculation was tried with the work of the plate step on.

After being carried out by the beam fitting girder and with the data that was received in the field, was counted again by the power Support him by using the prestressed formula. This was to know how big the power supported from each the beam girder toward the burden died and moved that was received this beam.

Nearby same was suggested in the election of the beam kind girder, before was inspected from the aspect of his strength, economical him and was easy his implementation.

Keyword : The Structure of the Upper Building, analysa and the calculation.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT berkat Karunia dan Kasih SayangNya sehingga kita masih bias berbuat, berkarya dalam mengisi setiap langkah kehidupan ini.

Satu lagi tugas yang telah tiba saatnya bagi penulis untuk melaksanakannya sarjana pada yaitu mengerjakan Tugas Akhir. Tugas ini adalah syarat menyelesaikan perkuliahan un tuk mencapai gelar Sarjana pada Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Dengan kesederhanaan penulis mencoba menyusun Tugas Akhir ini dengan judul : **Perhitungan Struktur Bagian Atas Konstruksi Jembatan Sei Dalu-dalu Kabupaten Batubara Provinsi Sumatera Utara.**

Bagi penulis menyampaikan bahwa dalam mendapatkan data untuk penyusunan Tugas Akhir ini merupakan studi kasus pada proyek Jembatan di Sumatera Utara.

Penulis sadar akan keterbatasan baik meteri maupun ilmu pengetahuan yang penulis miliki, tetapi berkat dorongan dan semangat dari pihak dan bimbingan Dosen serta kemauan, maka penyusunan dapat berjalan dengan baik.

Dan pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak H. Erwin Siregar, SE, Ketua Yayasan Perguruan Haji Agus Salim
2. Bapak Prof. DR. Ya'kub Matondang, MA, Rektor Universitas Medan Area
3. Ir. Hj. Haniza, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik UMA
4. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT, selaku Ketua Jurusan Sipil, Fakultas Teknik UMA

5. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT, selaku Pembimbing I dalam penyusunan skripsi ini
6. Ibu Ir. Nurmaidah, MT, selaku Pembimbing II dalam penyusunan skripsi ini.
7. Bapak/Ibu Dosen Pengajar Teknik Sipil Universitas Medan Area
8. Seluruh Pegawai Administrasi Jurusan Sipil, Fakultas Teknik UMA
9. Seluruh keluarga saya yang telah meluangkan waktunya hingga Skripsi saya selesai.

Penyusun menyadari akan kekurangan ataupun kesimpulan yang mungkin terdapat dalam tulisan, dengan penuh konsekwensi, saya menerima tegur sapa maupun kritik-kritik dan saran yang membangun dari semua pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan agar dapatlah kiranya tulisan berguna bagi penulis maupun yang memerlukannya, untuk dapat dipakai ataupun dikembangkan menjadi suatu tulisan yang berkualitas untuk dapat disambungkan bagi Pembangunan Bangsa.

Hormat saya,

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....		i
KATA PENGANTAR		iii
DAFTAR ISI		v
DAFTAR GAMBAR		vii
DAFTAR TABEL		viii
BAB. I	PENDAHULUAN	
1.1.	Latar Belakang	1
1.2.	Maksud dan Tujuan	2
1.3.	Permasalahan	2
1.4.	Batasan masalah	2
1.5.	Metode Pengambilan data	2
1.5.1.	Cara Primer	3
1.5.2.	Cara Sekunder	3
BAB. II	TINJAUAN PUSTAKA	
2.1.	JEMBATAN.....	4
2.1.1	Klasifikasi Jembatan	5
2.1.2	Bagian Struktur jembatan	7
2.2.	BETON PRATEGANG	7
2.2.1.	Konsep Dasar	7

2.2.2.	Sistem Prategang dan Pengangkeran	17
2.2.3.	Analisa Prategang	18
2.2.4.	Tegangan Tumpu Ijin.....	20
BAB. III	ANALISA DAN PERHITUNGAN	
3.1.	Tinjauan Umum	22
3.2.	Balok Prategang	22
3.3.	Dimensi Balok Prategang	23
3.4.	Daerah Aman Kabel Prategang	24
3.5.	Lay Out Tendon Prategang	27
3.6.	Penentuan Jumlah Tendon.....	29
3.6.1	Menentukan Letak masing-masing tendon	30
3.7.	Penentuan Kehilangan gaya Prategang	36
3.7.1	Perpendekan Elastis Beton (Elastic Shortening)..	36
BAB. IV	KESIMPULAN DAN SARAN	
4.1.	Kesimpulan	37
4.2.	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		39
LAMPIRAN – LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. : Perhitungan Lay Out Tendon



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. : Tipikal Struktur Jembatan

Gambar 2.2. : Distribusi Tegangan sepanjang beton prategang konsentris.

Gambar 2.3. : Momen Penahan Internal pada Beton.

Gambar 2.4. : Balok Prategang dengan Tendon Parabola

Gambar 2.5. : Proses Pengerjaan Beton Pascatarik (Post-tensioning)

Gambar 2.6 : Prategang Konsentris

Gambar 2.7. : Tendon eksentris

Gambar 3.3 : Penampang Balok Prategang

Gambar 3.5. : Grafik daerah aman tendon

Gambar 3.6.1 : Rencana posisi tendon

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Balok Girder adalah salah satu balok yang peletakannya memanjang yang terletak di atas antara 2 buah aboutmend. Balok Girder juga bisa di katakan sebagai bangunan bagian atas jembatan yang berfungsi sangat vital karena balok tersebut sebagai tempat peletakan dari pada lantai jembatan yang menghubungkan antara 2 arah yang berbeda.

Oleh sebab itu, pada saat pembuatan balok girder tersebut sangatlah harus di perhatikan mutu, ukuran, kadar dan material yang akan di pakai untuk mencetak balok girder tersebut. Pencetakan balok girder biasanya di sesuaikan dengan pesanan yang sudah di ukur di lapangan, karna bila terjadi kelebihan ukuran maka akan sulit untuk memasangnya dan begitu juga dengan mutu / kualitas, bila tidak sesuai peruntukannya akan bisa membahayakan bagi pengguna jembatan di kemudian hari. Cara pemasangan balok girder juga harus menggunakan 2 buah alat berat (crain) yang sudah di sesuaikan kapasitas alat dengan beban yang akan di angkat, dan kedua alat berat tersebut juga harus saling bersama mengangkatnya agar tidak terjadi pembagian beban yang tidak merata kepada salah satu alat berat tersebut yang dapat mengakibatkan peletakan balok girder tersebut tidak sempurna dan dapat juga mengakibatkan kerugian material dan waktu.

Jadi sebelum pekerjaan pemasangan balok girder di mulai,haruslah semua peralatan sudah siap di lapangan.Pemasangan balok girder juga sangat lah berkaitan dengan ukuran aboutmend dan kualitas aboutmen tersebut.

1.2 Maksud Dan Tujuan

Maksud dari penulis adalah agar perencanaan balok girder betul betul di hitung mutu bahan campuran yang akan di pakai dan di sesuaikan dengan ukuran aboutmen serta beban yang akan di terima oleh balok girder tersebut serta kapasitas tendon dalam menahan beban yang diterima.

Tujuannya adalah untuk mendapatkan jenis balok girder dan tendon yang sesuai dengan peruntukannya.

1.3 Permasalahan

Bagaimana menentukan ukuran mutu bahan untuk jenis balok girder serta kekuatan daya dukungnya terhadap beban yang di terima nya dengan menggunakan beton prategang.dan kapasitas tendon yang digunakan.

1.4 Batasan Masalah

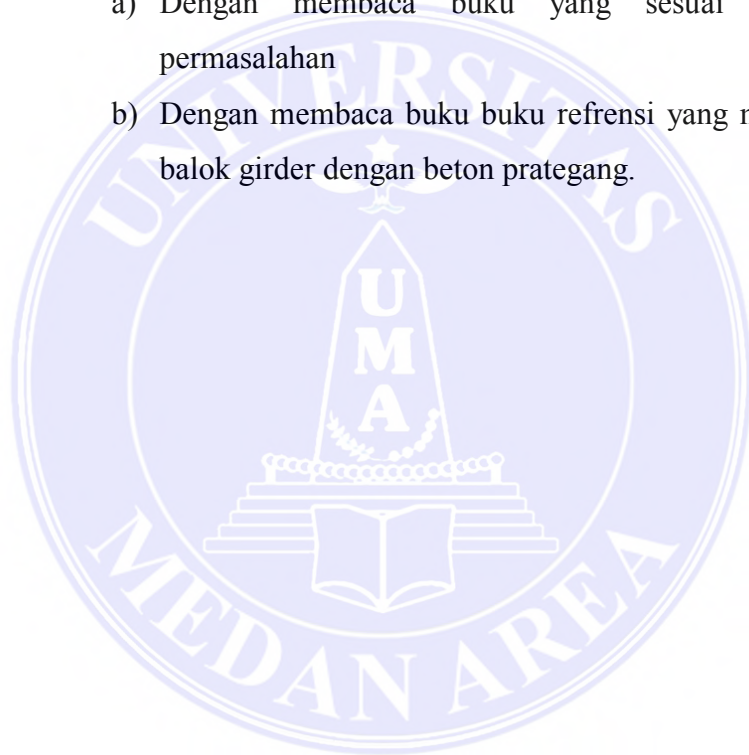
Untuk menghitung kekuatan daya dukung tendon terhadap balok girder

1.5 Metode Pengambilan Data

Cara pengambilan data ada 2 cara yaitu :

- Cara Primer
 - a) Dengan mengadakan kunjungan ke lapangan
 - b) Dengan mengambil data data dari lapangan

- Cara Sekunder
 - a) Dengan membaca buku yang sesuai dengan topic permasalahan
 - b) Dengan membaca buku buku refrensi yang memuat tentang balok girder dengan beton prategang.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jembatan

Konstruksi jembatan adalah suatu konstruksi bangunan pelengkap sarana transportasi jalan yang menghubungkan suatu tempat ke tempat yang lainnya, yang dapat dilintasi oleh sesuatu benda bergerak misalnya suatu lintas yang terputus akibat suatu rintangan atau sebab lainnya, dengan cara melompati rintangan tersebut tanpa menimbun / menutup rintangan itu dan apabila jembatan terputus maka lalu lintas akan terhenti. Lintas tersebut bisa merupakan jalan kendaraan, jalan kereta api atau jalan pejalan kaki, sedangkan rintangan tersebut dapat berupa jalan kendaraan, jalan kereta api, sungai, lintasan air, lembah atau jurang.

Jembatan juga merupakan suatu bangunan pelengkap prasarana lalu lintas darat dengan konstruksi terdiri dari pondasi, struktur bangunan bawah dan struktur bangunan atas, yang menghubungkan dua ujung jalan yang terputus akibat bentuk rintangan melalui konstruksi struktur bangunan atas.

Jembatan adalah jenis bangunan yang apabila akan dilakukan perubahan konstruksi, tidak dapat dimodifikasi secara mudah, biaya yang diperlukan relatif mahal dan berpengaruh pada kelancaran lalu lintas pada saat pelaksanaan pekerjaan. Jembatan dibangun dengan umur rencana 100 tahun untuk jembatan besar, minimum jembatan dapat digunakan 50 tahun. Ini berarti, disamping

kekuatan dan kemampuan untuk melayani beban lalu lintas, perlu diperhatikan juga bagaimana pemeliharaan jembatan yang baik.

Karena perkembangan lalu lintas yang ada relatif besar, jembatan yang dibangun, biasanya dalam beberapa tahun tidak mampu lagi menampung volume lalu lintas, sehingga biasanya perlu diadakan pelebaran. Untuk memudahkan pelebaran perlu disiapkan desain dari seluruh jembatan sehingga dimungkinkan dilakukan pelebaran dikemudian hari, sehingga pelebaran dapat dilaksanakan dengan biaya yang murah dan konstruksi menjadi mudah.

Pada saat pelaksanaan konstruksi jembatan harus dilakukan pengawasan dan pengujian yang tepat untuk memastikan bahwa seluruh pekerjaan dapat diselesaikan, sesuai dengan tahapan pekerjaan yang benar dan memenuhi persyaratan teknis yang berlaku, sehingga dicapai pelaksanaan yang efektif dan efisien, biaya dan mutu serta waktu yang telah ditentukan.

2.1.1 Klasifikasi Jembatan

Seiring dengan perkembangan teknologi dunia konstruksi, telah banyak permodelan konstruksi jembatan yang bertujuan untuk menciptakan suatu konstruksi yang aman, nyaman, ekonomis, dan mudah pelaksanaannya. Berikut adalah beberapa permodelan konstruksi jembatan yang umum dipakai

Ditinjau dari berbagai aspek, maka jembatan diklasifikasikan atas :

1. Ditinjau dari material yang digunakan, jembatan bisa dibedakan, yakni :

- a. Jembatan Kayu
- b. Jembatan Gelagar Baja
- c. Jembatan Beton Bertulang
- d. Jembatan Komposit

2. Ditinjau dari statika konstruksi, jembatan bisa dibedakan antara lain :

Berdasarkan analisa struktur (statika konstruksi) maka jembatan dapat di bagi atas dua bagian yaitu :

- a. Jembatan statis tertentu
- b. Jembatan statis tak tertentu

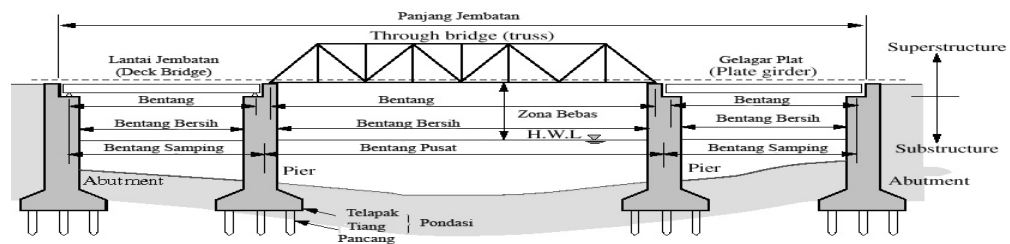
3. Ditinjau dari fungsi atau kegunaannya, jembatan bisa dibedakan antara lain :

- a. Jembatan untuk lalu lintas kereta api (railway bridge)
- b. Jembatan untuk lalu lintas biasa atau umum (highway bridge)
- c. Jembatan untuk pejalan kaki (foot path)
- d. Jembatan berfungsi ganda, misalnya untuk lalu lintas kereta api dan mobil, untuk lalu lintas umum dan air minum, dan sebagainya.
- e. Jembatan khusus, misalnya untuk pipa-pipa air minum, pengairan, pipa gas, jembatan militer dan lain-lain.

4. Ditinjau menurut sifat-sifatnya, jembatan bisa dibedakan antara lain :
- Jembatan sementara atau darurat
 - Jembatan tetap atau permanen
 - Jembatan bergerak, yaitu jembatan yang dapat digerakkan misalnya agar penyeberangan kapal-kapal di sungai tidak terganggu.
5. Ditinjau dari bentuk struktur konstruksi, jembatan bisa dibedakan ,yakni :
- Jembatan gelagar biasa (Beam bridge)
 - Jembatan portal (Rigid frame bridge) c.Jembatan rangka(Truss bridge)
 - Jembatan gantung (Suspension bridge)
 - Jembatan kabel penahan (Cable stayed bridge)

2.1.2 Bagian Struktur Jembatan

Elemen struktur jembatan sebenarnya dapat dibedakan menjadi bagian atas (super- structure) dan bagian bawah (sub-structure). Bangunan bawah jembatan menyalurkan beban dari bangunan atas jembatan ke tapak atau pondasi.



Gambar 2.1 Tipikal Struktur Jembatan (Sumber: Chen & Duan, 2000)

A. Struktur Bangunan Atas Jembatan (Upper/Super-Structure)

Adalah bagian dari struktur jembatan yang secara langsung menahan beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas orang, kendaraan dan lain-lain, untuk selanjutnya disalurkan kepada bangunan bawah jembatan; bagian-bagian pada struktur bangunan atas jembatan terdiri atas struktur utama, sistem lantai, sistem perletakan, dan perlengkapan lainnya seperti bangunan pengaman jembatan. Struktur utama bangunan atas jembatan dapat berbentuk pelat, gelagar, sistem rangka, gantung, jembatan kabel (cable stayed) atau pelengkung.

B. Struktur Bangunan Bawah Jembatan (Sub-Structure)

Adalah bagian dari struktur jembatan yang umumnya terletak di sebelah bawah bangunan atas dengan fungsi untuk menerima dan memikul beban dari bangunan atas agar dapat disalurkan kepada pondasi. Bangunan bawah dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu kepala jembatan (abutment) atau pilar (pier) dan pondasi untuk kepala jembatan atau pilar. Struktur bangunan bawah perlu didesain khusus sesuai dengan jenis kekuatan tanah dasar dan elevasi jembatan.

2.2. Beton Prategang

2.2.1 Konsep Dasar

Beton adalah bahan yang mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, tetapi kekuatan tariknya relative rendah. Kuat tariknya bervariasi dari 8 % sampai 14 % dari kuat tekannya. Sedangkan baja adalah suatu material yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi. Dengan mengkombinasikan beton dan baja sebagai bahan struktur maka

tegangan tekan akan dipikulkan pada beton sedangkan tegangan tarik akan dipikulkan pada baja.

Pada struktur dengan bentang yang panjang, struktur bertulang biasa tidak cukup untuk menahan tegangan lentur sehingga terjadi retak-retak di daerah yang mempunyai tegangan lentur, geser dan punter yang tinggi. Untuk mengurangi atau mencegah berkembangnya retak tersebut, gaya konsentris atau eksentris diberikan dalam arah longitudinal elemen struktural. Gaya ini mencegah berkembangnya retak dengan cara mengeliminasi atau sangat mengurangi tegangan tarik di bagian tumpuan dan daerah kritis pada kondisi beban kerja sehingga dapat meningkatkan kapasitas lentur, geser, dan torsional penampang tersebut. Penampang dapat berperilaku elastis, dan hampir semua kapasitas beton dalam memikul tekan dapat secara efektif dimanfaatkan di seluruh tinggi penampang beton pada saat semua beban bekerja di struktur tersebut.

Gaya longitudinal yang diterapkan tersebut di atas disebut gaya prategang, yaitu gaya tekan yang memberikan prategang pada penampang di sepanjang bentang suatu elemen struktural sebelum bekerjanya beban mati dan beban hidup transversal atau beban hidup horizontal transien. Gaya prategang ini berupa tendon yang diberikan tegangan awal sebelum memikul beban kerjanya, yang berfungsi mengurangi atau menghilangkan tegangan tarik pada saat beton mengalami beban kerja, menggantikan tulangan tarik pada struktur beton bertulang biasa.

Pada beton bertulang biasa, gaya tarik yang berasal dari momen lentur ditahan oleh lekatan yang terjadi antara tulangan dan beton. Akan tetapi, tulangan di dalam komponen struktur beton bertulang tidak memberikan gaya dari dirinya pada komponen struktur tersebut, suatu hal yang berlawanan dengan aksi baja (tendon) prategang yang menghasilkan gaya dari dirinya sehingga memungkinkan pemulihan retak dan defleksi akibat momen lentur tersebut. Pemberian gaya prategang berupa tendon, guna mengurangi atau menghilangkan tegangan tarik, ini yang dikenal sebagai beton prategang.

Beton prategang adalah material yang sangat banyak digunakan dalam konstruksi. Beton prategang pada dasarnya adalah beton di mana tegangan-tegangan internal dengan besar serta distribusi yang sesuai diberikan sedemikian rupa sehingga tegangan-tegangan yang diakibatkan oleh beban-beban luar dilawan sampai suatu tingkat yang diinginkan. Prategang meliputi tambahan gaya tekan pada struktur untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan gaya tarik internal dan dalam hal ini retak pada beton dapat dihilangkan. Pada beton bertulang, prategang pada umumnya diberikan dengan menarik baja tulangan. Gaya tekan disebabkan oleh reaksi baja tulangan yang ditarik, mengakibatkan berkurangnya retak, elemen beton prategang akan jauh lebih kokoh dari elemen beton bertulang biasa. Prategangan juga menyebabkan gaya dalam yang berlawanan dengan gaya luar dan mengurangi atau bahkan menghilangkan lendutan secara signifikan pada struktur.

Beton yang digunakan dalam beton prategang adalah mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi dengan nilai $f'c$ min 30 MPa, modulus elastis yang tinggi dan mengalami rangkai ultimate yang lebih kecil, yang menghasilkan kehilangan prategang yang lebih kecil pada baja. Kuat tekan yang tinggi ini diperlukan untuk menahan tegangan tekan pada serat tertekan, pengangkutan tendon, mencegah terjadinya keretakan. Pemakaian beton berkekuatan tinggi dapat memperkecil dimensi penampang melintang unsur-unsur struktural beton prategang. Dengan berkurangnya berat mati material, maka secara teknis maupun ekonomis bentang yang lebih panjang dapat dilakukan.

Adapun Rumus mencari Gaya Pratekan pada balok girder dan Eksentrisitas Tendon adalah :

- Mencari gaya pratekan

$$\sigma_{cgc} = T_i / A$$

$$T_i = \sigma_{cgc} \times A$$

- Eksentrisitas tendon (e) dapat ditentukan

$$\sigma_{bottom} = \frac{T_i}{A} + \frac{T_i \cdot e}{S_b} = \sigma_{cgc} + \frac{T_i \cdot e}{S_b}$$

$$e = \frac{S_b}{T_i} \times (\sigma_{bottom} - \sigma_{cgc})$$

Rumus menghitung Tendon dengan bentuk Lengkung parabola

$$\bullet Y = AX^2 + BX + C$$

Rumus menghitung Tegangan pada serat teratas Tendon

$$f_{top} = -f_{ti} = \frac{T_i}{A_p} - \frac{(T_i \cdot e)}{S_t} + \frac{M_{D \text{ beam}}}{S_t}$$

$$e_1 = \frac{S_t}{T_i} (f_{ti} + \sigma_{cgc}) + \frac{M_{D\ beam}}{S_t}$$

Rumus menghitung Tegangan pada serat terbawah Tendon

$$f_{top} = -f_{ti} = \frac{T_i}{A_p} - \frac{(T_i \cdot e)}{S_t} + \frac{M_{D\ beam}}{S_t}$$

$$f_{bottom} = f_{ci} = \frac{T_i}{A_p} - \frac{(T_i \cdot e)}{S_t} + \frac{M_{D\ beam}}{S_b}$$

Keuntungan penggunaan beton prategang adalah :

1. Dapat memikul beban lentur yang lebih besar dari beton bertulang
2. Dapat dipakai pada bentang yang lebih panjang dengan mengatur defleksinya
3. Ketahanan geser dan puntirnya bertambah dengan adanya penegangan
4. Dapat dipakai pada rekayasa konstruksi tertentu, misalnya pada konstruksi jembatan segmental
5. Berbagai kelebihan lain pada penggunaan struktur khusus, seperti struktur pelat dan cangkang, struktur tangki, struktur pracetak, dan lain-lain

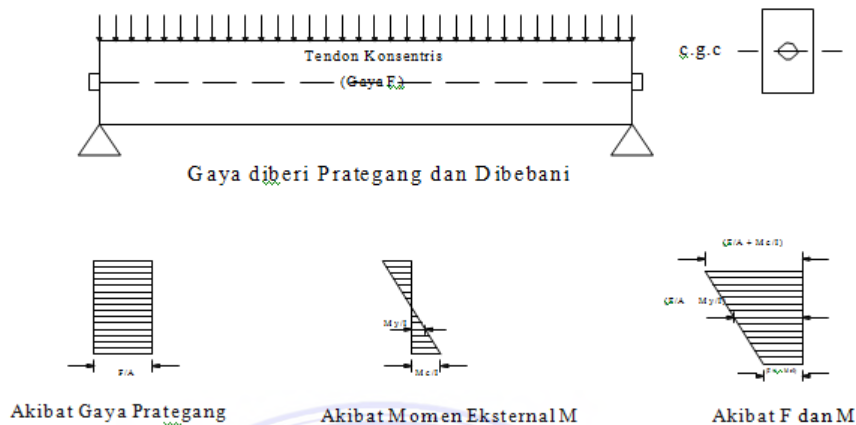
Kekurangan struktur beton prategang relative lebih sedikit dibandingkan berbagai keuntungannya, diantaranya :

1. Memerlukan peralatan khusus seperti tendon, angkur, mesin penarik kabel,dll
2. Memerlukan keahlian khusus baik didalam perencanaan maupun pelaksanaanya

Ada tiga konsep yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat- sifat dasar dari beton prategang. Hal ini dapat diterangkan sebagai berikut :

Konsep pertama, sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis. Konsep ini memperlakukan beton sebagai bahan yang elastis. Ini merupakan sebuah pemikiran dari Eugene Freyssnet yang memvisualisasikan beton prategang yang pada dasarnya adalah beton dari bahan yang getas menjadi bahan yang elastis dengan memberikan tekanan (desakan) terlebih dahulu (pratekan) pada bahan tersebut. Beban yang tidak mampu menahan tarikan dan kuat memikul tekanan (umumnya dengan baja mutu tinggi yang ditarik) sedemikian sehingga beton yang getas dapat memikul tegangan tarik. Dari konsep inilah lahir kriteria “tidak ada tegangan tarik” pada beton. Umumnya telah diketahui bahwa jika tidak ada tegangan tarik pada beton, berarti tidak akan terjadi retak, dan beton tidak merupakan bahan yang getas lagi melainkan bahan yang elastis.

Dalam bentuk yang sederhana, ditinjau sebuah balok persegi panjang yang diberi gaya prategang oleh sebuah tendon melalui sumbu yang melalui titik berat dan dibebani oleh gaya eksternal.



Gambar 2.2 Distribusi tegangan sepanjang penampang beton prategang konsentris

Gaya partegang F pada tendon menghasilkan gaya tekan F yang sama pada beton yang juga bekerja pada titik berat tendon. Akibatnya gaya prategang tekan secara merata sebesar

$$f = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

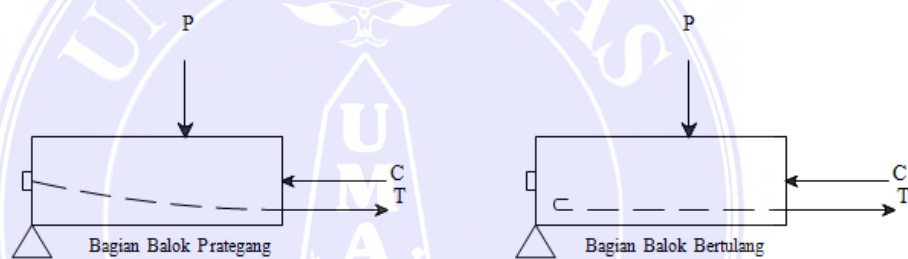
akan timbul pada penampang seluas A . jika M adalah momen eksternal pada penampang akibat beban dan berat sendiri balok, maka tegangan pada setiap titik sepanjang penampang akibat M adalah

$$f = \frac{My}{I} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana y adalah jarak dari sumbu yang melalui titik berat dan I adalah momen inersia penampang. Jadi distribusi tegangan yang dihasilkan adalah

$$f = \frac{F}{A} \pm \frac{My}{I} \dots\dots\dots(2.3)$$

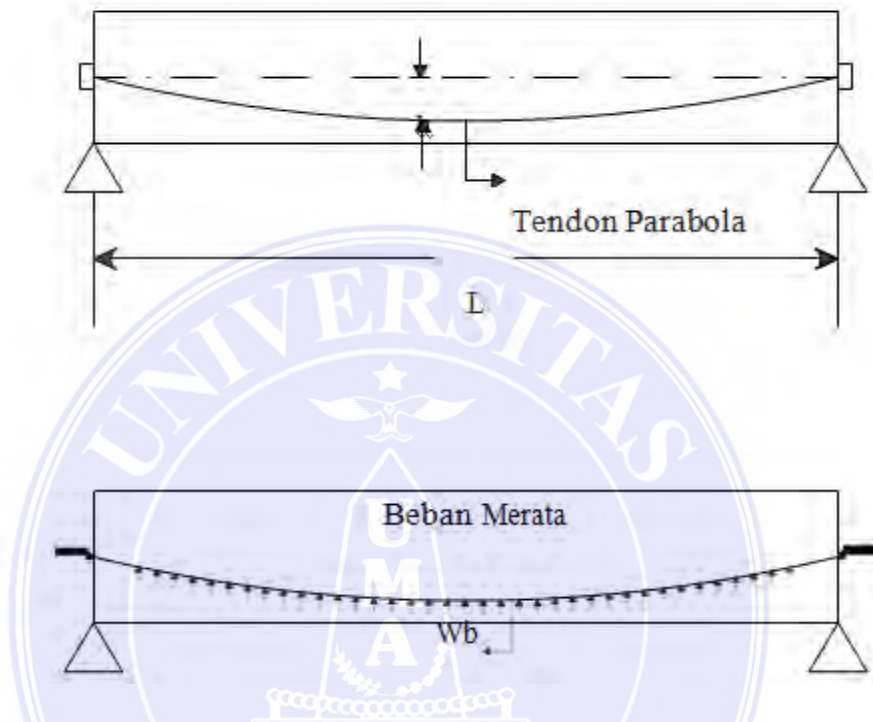
Konsep kedua, Sistem Prategang Untuk Kombinasi Baja Mutu Tinggi Dengan Beton. Konsep ini mempertimbangkan beton prategang sebagai kombinasi (gabungan) dari baja dan beton, seperti pada beton bertulang, dimana baja menahan tarikan dan beton menahan teknan. Dengan demikian kedua bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen eksternal, gambar II.3. Hal ini merupakan konsep yang mudah. Dengan beton bertulang, dimana baja menahan gaya tarik dan beton menahan gaya tekan, dan kedua gaya membentuk momen kopel dengan momen diantaranya.



Gambar 2.3 Momen Penahan Internal Pada Beton Prategang dan Beton Bertulang
(Sumber: Desain Struktur Beton Prategang, T.Y. Lin & Ned H. Burns)

Konsep ketiga, Sistem Prategang untuk Mencapai Keseimbangan Beban. Konsep ini terutama menggunakan prategang sebagai suatu usaha untuk membuat seimbang gaya-gaya pada sebuah batang. Pada keseluruhan desain struktur beton prategang, pengaruh dari prategang dipandang sebagai keseimbangan berat sendiri sehingga batang yang mengalami lenturan seperti pelat (slab), balok, dan gelagar (girder) tidak akan mengalami tegangan lentur pada kondisi pembebanan yang terjadi. Ini memungkinkan transformasi dari batan lentur menjadi batang yang mengalami tegangan langsung dan sangat menyederhanakan persoalan baik didalam

desain maupun analisis dan struktur yang rumit. Penerapan dari konsep ini menganggap beton diambil sebagai benda bebas dan menggantikan tendon dengan gaya-gaya yang bekerja pada beton sepanjang bentang.



Gambar 2.4 Prategang dengan tendon parabola

Sebagai contoh, sebuah balok prategang diatas dua tumpuan (simple beam) tendon berbentuk parabola seperti Gambar 2.4 Balok Prategang Dengan Tendon Parabola (Sumber: Desain Struktur Beton Prategang, T.Y. Lin & Ned H. Burns)

2.2.2 Sistem Prategang Dan Pengangkeran

Untuk memberikan tekanan pada beton prategang dilakukan sebelum atau setelah beton dicor/dicetak. Kedua kondisi tersebut membedakan system prategang, yaitu Pre-tension (pratarik) dan Post-tension (pasca tarik)

A. Pratarik

Metode ini digunakan untuk beton-beton pracetak dan biasanya digunakan untuk konstruksi-konstruksi kecil. Pada cara ini , tendon pertama – tama ditarik dan diangkur pada abutment tetap. Beton dicor pada cetakan yang sudah disediakan dengan melingkupi tendon yang sudah ditarik tersebut. Jika kekuatan beton sudah mencapai yang disyaratkan maka tendon dipotong dan angkurnya dilepas. Pada saat baja yang ditarik berusaha untuk berkontraksi, beton akan tertekan. Pada cara ini tidak digunakan selongsong beton.

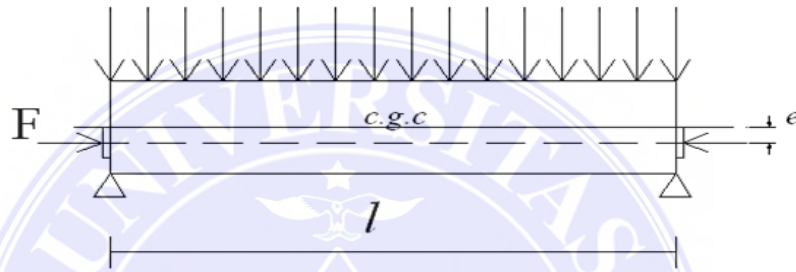
B. Pasca tarik

Adapun metode dalam pelaksanaan pengerjaan beton pasca tarik (Post-tensioning) adalah selongsong kabel tendon dimasukkan dengan posisi yang benar pada cetakan beton beserta atau tanpa tendon dengan salah satu ujungnya diberi angkur hidup dan ujung lainnya angkur mati atau kedua ujungnya dipasang angkur hidup. Beton dicor dan dibiarkan mengeras hingga mencapai umur yang mencukupi. Selanjutnya, dongkrak hidrolik dipasang pada angkur hidup dan kabel tendon ditarik hingga mencapai tegangan atau gaya yang direncanakan. Untuk mencegah kabel tendon Kehilangan tegangan akibat slip pada ujung angkur terdapat



B. Tendon Eksentris

Sebuah balok yang mengalami suatu gaya prategang eksentris sebesar P yang ditempatkan dengan eksentrisitas e . Tendon ditempatkan secara eksentris terhadap titik berat penampang beton. Eksentrisitas tendon akan menambah kemampuan untuk memikul beba



Gambar 2.7 Tendon eksentris

Metode Analisis Elastis Linier untuk Menentukan Tulangan Pengekang daerah angkur mengalami tiga level tegangan, yaitu

- Tegangan tumpu besar di depan alat angkut. Pengekangan beton yang memadai dibutuhkan untuk mencegah kegagalan tekan
- Tegangan tumpu tarik besar di daerah kontur tarik, tegak lurus sumbu tendon
- Tekan besar di medan (pusat) tegangan.

Daerah penulangan tarik dihitung untuk memikul gaya tarik total yang diperoleh melalui integrasi tegangan tarik di beton. Di daerah tegangan tekan, jika gaya tekan sangat besar, adanya tulangan tekan tambahan menjadi keharusan. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung luas total tulangan baja yang dibutuhkan adalah :

$$A_t = \frac{T}{f_s}$$

Dimana : $T = \frac{M_{max}}{h-x}$

2.2.4 Tegangan Tumpu Izin

Tegangan tumpu izin maksimum di dudukan alat angkut tidak boleh melebihi yang terkecil diantara dua nilai yang diperoleh dari kedua persamaan berikut :

$$f_b \leq 0.7 \phi f'_{ci} \sqrt{\frac{A}{A_g}}$$

$$f_b \leq 2.25 \phi f'_{ci}$$

dimana :

f_b = beban tendon terfaktor maksimum Pu dibagi dengan luas tumpu efektif A_b

f'_{ci} = kuat tekan beton pada saat diberi tegangan

A = luas maksimum pada bagian dari permukaan pendukung yang secara geometris sama dengan luas yang dibebani dan konsentris dengannya

A_g = luas bruto plat tumpu

Kedua persamaan diatas hanya berlaku jika penulangan di zona umum digunakan dan jika banyaknya sumbu tendon didepan ankur sedikitnya dua kali panjang zona local.



BAB III

ANALISA DAN PERHITUNGAN

3.1 Tinjauan Umum

Pada pembangunan struktur jembatan ini, sebelumnya harus dilakukan perhitungan perencanaan. Yang dimaksud perencanaan adalah berupa perhitungan-perhitungan elemen-elemen struktural pembentuk struktur jembatan secara keseluruhan. Perhitungan dimaksudkan agar struktur jembatan dapat dibangun sesuai dengan rancangan awal baik dari segi mutu / kualitas bangunan, umur rencana, segi keamanan dan kestabilan struktur serta alokasi biaya pembangunan struktur tersebut.

3.2 Balok Prategang

Direncanakan :

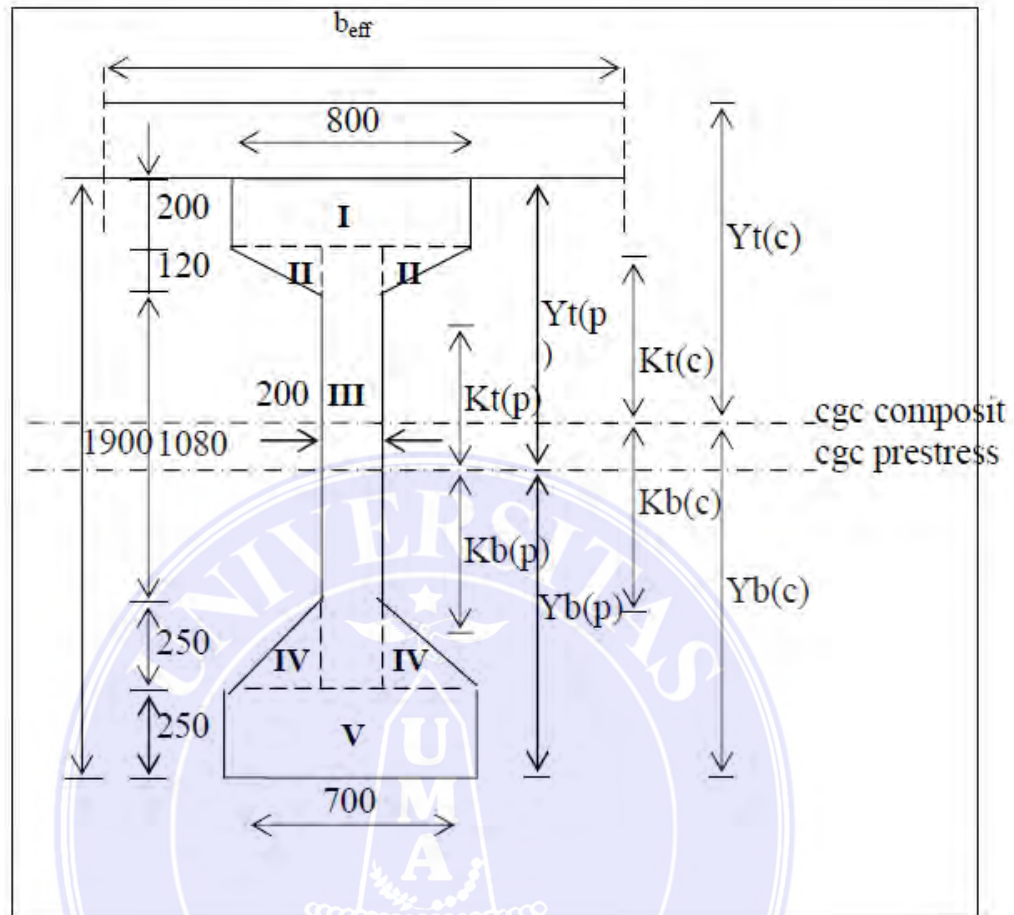
Mutu beton prategang ($f'c$) = 60 MPa

Berat jenis beton (BJ) = 2500 kg/m³

Mutu baja (f_y) = $\begin{cases} < 13 \text{ mm } f_y = 240 \text{ MPa} \\ \geq 13 \text{ mm } f_y = 400 \text{ MPa} \end{cases}$

Type kabel prategang = Uncoated Seven-wire Stress-relieved *High Grade*
Low Relaxation ASTM A-416

3.3 Dimensi Balok Prategang



Gambar 3.3. Penampang Balok Prategang

- Mencari gaya pratekan

$$\sigma_{cgc} = T_i / A$$

$$T_i = \sigma_{cgc} \times A$$

- Eksentrisitas tendon (e) dapat ditentukan

$$\sigma_{bottom} = \frac{T_i}{A} + \frac{T_i \cdot e}{S_b} = \sigma_{cgc} + \frac{T_i \cdot e}{S_b}$$

$$e = \frac{S_b}{T_i} \times (\sigma_{bottom} - \sigma_{cgc})$$

3.4 Daerah Aman Kabel Prategang

Gaya pratekan $T_i = 9400$ kN dianggap konstan sepanjang tendon. Letak kabel prategang di dalam beton mengikuti lengkung parabola. Agar konstruksi tetap aman maka konstruksi kabel harus terletak di antara kedua garis aman kabel.

Diketahui :

$$f_{ci} = 32 \text{ MPa}$$

$$f_{ti} = 3,640 \text{ MPa} \quad f_c = 27 \text{ MPa}$$

$$f_t = 4,337 \text{ MPa}$$

$$A(p) = 723500 \text{ mm}^2$$

$$A(c) = 981564 \text{ mm}^2$$

$$S_b(p) = 353607531 \text{ mm}^3$$

$$S_t(p) = 339382989 \text{ mm}^3$$

$$S_t(c) = 616295135 \text{ mm}^3$$

$$S_b(c) = 451824982 \text{ mm}^3$$

$$Y_t(p) = 969,5 \text{ mm}$$

$$Y_t(c) = 888,32 \text{ mm}$$

$$Y_b(p) = 930,5 \text{ mm}$$

$$Y_b(c) = 1211,68 \text{ mm}$$

$$I_x(p) = 32903180,8 \text{ cm}^4$$

$$I_x(c) = 54746729,39 \text{ cm}^4$$

Akibat Gaya Pratekan T_i Dan Berat Sendiri Balok $M_{D \text{ beam}}$:

$$\sigma_{cgc} = T_i / A$$

$$= 9,4 \times 10^6 / 723500 = 12,992 \text{ MPa}$$

✚ Pada serat teratas akan terjadi tegangan :

$$f_{top} = -f_{ti} = \frac{T_i}{A_p} - \frac{(T_i \cdot e)}{S_t} + \frac{M_{D \text{ beam}}}{S_t}$$

$$e_1 = \frac{S_t}{T_i} (f_{ti} + \sigma_{cgc}) + \frac{M_{D \text{ beam}}}{S_t}$$

$$e_1 = \frac{339382989}{9,4 \times 10^6} (3,640 + 12,992) + \frac{M_{D \text{ beam}}}{9,4 \times 10^6}$$

$$e_1 = 600,491 + \frac{M_{D \text{ beam}}}{9,4 \times 10^6}$$

$$M_0 = 0 \text{ kNm} \quad e_1(0) = 600,491 \text{ mm}$$

$$M_2 = 651,120 \text{ kNm} \quad e_1(2) = 669,759 \text{ mm}$$

$$M_4 = 1215,424 \text{ kNm} \quad e_1(4) = 729,791 \text{ mm}$$

$$M_6 = 1692,912 \text{ kNm} \quad e_1(6) = 780,588 \text{ mm}$$

$$M_8 = 2083,584 \text{ kNm} \quad e_1(8) = 822,149 \text{ mm}$$

$$M_{10} = 2387,440 \text{ kNm} \quad e_1(10) = 854,474 \text{ mm}$$

$$M_{12} = 2604,480 \text{ kNm} \quad e_1(12) = 877,563 \text{ mm}$$

$$M_{14} = 2734,704 \text{ kNm} \quad e_1(14) = 891,417 \text{ mm}$$

$$M_{16} = 2778,112 \text{ kNm} \quad e_1(16) = 896,035 \text{ mm}$$

✚ Pada serat terbawah akan terjadi tegangan

$$f_{bottom} = f_{ci} = \frac{T_i}{A_p} - \frac{(T_i \cdot e)}{S_t} + \frac{M_{D \text{ beam}}}{S_b}$$

$$e_2 = \frac{S_b}{T_i} (f_{ci} + \sigma_{cgc}) + \frac{M_{D \text{ beam}}}{S_t}$$

$$e_2 = \frac{353607531}{9,4 \times 10^6} (32 + 12,992) + \frac{M_{D \text{ beam}}}{9,4 \times 10^6}$$

$$e_2 = 715,040 + \frac{M_{D \text{ beam}}}{9,4 \times 10^6}$$

$$M_0 = 0 \text{ kNm} \quad e_2(0) = 715,040 \text{ mm}$$

M2 = 651,120 kNm	e2(2) = 784,308 mm
M4 = 1215,424 kNm	e2(4) = 844,340 mm
M6 = 1692,912 kNm	e2(6) = 895,137 mm
M8 = 2083,584 kNm	e2(8) = 936,698 mm
M10 = 2387,440 kNm	e2(10) = 969,023 mm
M12 = 2604,480 kNm	e2(12) = 992,112 mm
M14 = 2734,704 kNm	e2(14) = 1005,966 mm
M16 = 2778,112 kNm	e2(16) = 1010,583 mm

Setelah beban hidup bekerja dan terjadi kehilangan tegangan

❖ Pada serat terbawah akan terjadi tegangan :

$$f_{bottom} = -f_t = \frac{R \cdot T_i}{A_p} - \frac{R \cdot (T_i \cdot e) \cdot Y_{tp}}{S_b} + \frac{M_{Dtot} + M_L}{S_{bp}} + \frac{ML}{S_{bc}}$$

$$e_3 = \frac{353607531}{0.85 \times 9,4 \cdot 10^6} [(-4,337 - 0,85 \times 12,992) + \frac{M_{Dtot}}{353607531} + \frac{M_L}{451824982}]$$

$$e_3 = -680,670 + \frac{M_{Dtot}}{7,99 \times 10^6} + \frac{M_L}{10,209 \times 10^6}$$

$$e3(0) = -680,670 \text{ mm}$$

$$e3(2) = -412,578 \text{ mm}$$

$$e3(4) = -178,718 \text{ mm}$$

$$e3(6) = 17,666 \text{ mm}$$

$$e3(8) = 179,819 \text{ mm}$$

$$e3(10) = 304,496 \text{ mm}$$

$$e3(12) = 394,941 \text{ mm}$$

$$e3(14) = 447,911 \text{ mm}$$

$$e3(16) = 466,648 \text{ mm}$$

❖ Pada serat teratas akan terjadi tegangan :

$$f_{top} = f_c = \frac{R \cdot T_i}{A_p} - \frac{R \cdot (T_i \cdot e) \cdot Y_{tp}}{S_t} + \frac{M_{D \text{ tot}}}{S_{tp}} + \frac{ML}{Slc}$$

$$e_4 = \frac{339382989}{0,85 \times 9,4 \cdot 10^6} [(-27 + 0,85 \times 12,992) + \frac{M_{D \text{ tot}}}{339382989} + \frac{M_L}{795367407,5}]$$

$$e_4 = -667,780 + \frac{M_{D \text{ tot}}}{7,99 \times 10^6} + \frac{M_L}{18,725 \times 10^6}$$

$$e_4(0) = -677,780 \text{ mm}$$

$$e_4(2) = -457,832 \text{ mm}$$

$$e_4(4) = -265,697 \text{ mm}$$

$$e_4(6) = -104,618 \text{ mm}$$

$$e_4(8) = 28,648 \text{ mm}$$

$$e_4(10) = 130,858 \text{ mm}$$

$$e_4(12) = 205,255 \text{ mm}$$

$$e_4(14) = 248,596 \text{ mm}$$

$$e_4(16) = 264,124 \text{ mm}$$

Trace dari e1, e2, e3 dan e4 dapat dilukis dan akan memberikan daerah aman bagi tendon. Batas – batas ini dapat disederhanakan menjadi e1 dan e4 saja.

3.5 Lay Out Tendon Prategang

Bentuk lay out tendon memanjang adalah parabola. Untuk menentukan posisi tendon digunakan persamaan parabola :

$$Y = AX^2 + BX + C$$

Untuk $x = 0$; $y = 0$, maka $c = 0$

Titik balik $dy/dx = 0$

Maka $2AX + B = 0$

Untuk $x = 16000$, maka $B = -32000$ A Untuk $y = 700$ mm, maka :

$$Y = AX^2 - 32000 AX$$

$$700 = A \cdot 16000^2 - 32000 \cdot 16000A$$

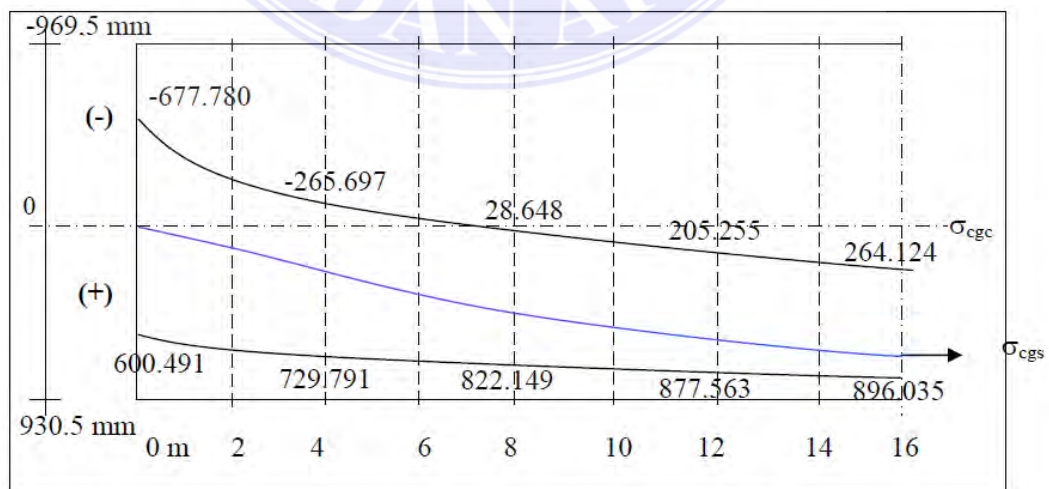
didapat nilai $A = -0,000002734$ $B = 0,087488$

Persamaan parabola untuk cgs tendon ialah :

$$Y = -0,000002734 X^2 + 0,087488 X$$

Dari persamaan di atas diperoleh hasil sebagai berikut :

$X = 0$	$Y = 0$
$X = 2000$ mm	$Y = 164,040$ mm
$X = 4000$ mm	$Y = 306,208$ mm
$X = 6000$ mm	$Y = 426,504$ mm
$X = 8000$ mm	$Y = 524,928$ mm
$X = 10000$ mm	$Y = 601,480$ mm
$X = 12000$ mm	$Y = 656,160$ mm
$X = 14000$ mm	$Y = 688,968$ mm
$X = 16000$ mm	$Y = 700$ mm



Gambar 3.5. Grafik daerah aman tendon

3.6 Penentuan Jumlah Tendon

Dipakai Uncoated Seven-wire Stress relieved for Prestressed Concrete Highgrade-Low Relaxation ASTM – 416 dengan pengankuran sistem Freyssinet.

Spesifikasi dari Freyssinet :

Diameter nominal : 12,7 mm

Luas nominal : 98,71 mm²

Minimal UTS : 184000 N (Ultimate Tension Strength)

Modulus Elastisitas (E) : 195000 MPa

Tegangan putus (f_{pu}) : $184000 / 98,71 = 1864$ MPa

$As = Ti / 0,7 f_{pu} = 9,4 \times 10^6 / 0,7 \cdot 1864 = 7204,169$ mm²

Jumlah strand = $7204,169 / 98,71 = 72,98 \Rightarrow 76$ buah

Tipe ankur (T.Y. Lin , Desain Struktur Beton Prategang Jilid 2 hal. 254)

7 K 5 jumlah tendon = $76 / 7 = 10,86 \Rightarrow 11$ buah

12 K 5 = $76 / 12 = 6,33 \Rightarrow 7$ buah

19 K 5 = $76 / 19 = 4$ buah

Dipilih :

Tipe ankur : 19 K 5

Tipe dongkrak : K 350

Jumlah tendon : 4 buah

Jumlah strand : 19 buah per tendon

As terpasang : $76 \times 98,71 = 7501,96$ mm²

Diameter selongsong : 8,57 cm

Tegangan tendon (fsi) : $Ti / As = 9,4 \times 10^6 / 7501,96 = 1253,006$ MPa

Ti per tendon : $9,4 \times 10^6 / 4 = 2,35 \times 10^6$ N

Checking lebar badan :

$$2 \times \text{penutup} + 2 \times \varnothing_{\text{tul.}} + 2 \times \varnothing_{\text{tul.begel}} + \varnothing_{\text{tendon.}}$$

$$(2 \times 4) + (2 \times 0,8) + (2 \times 0,8) + 8,57 \leq b$$

$$19,77 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \Rightarrow \text{OK}$$

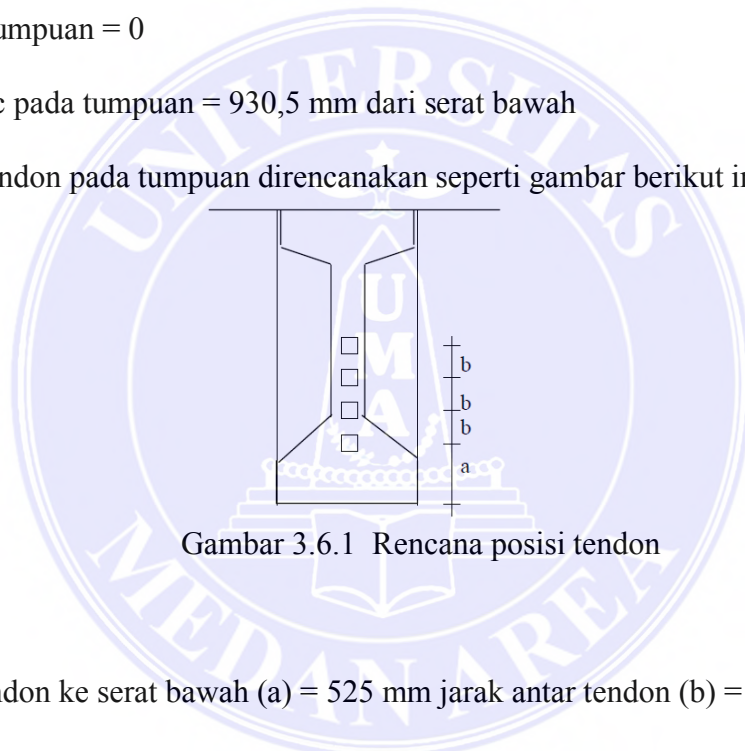
3.6.1 Menentukan Letak Masing – Masing Tendon

a. Posisi tendon pada end block / tumpuan ($x = 0$) Diketahui :

e pada tumpuan = 0

letak cgc pada tumpuan = 930,5 mm dari serat bawah

posisi tendon pada tumpuan direncanakan seperti gambar berikut ini :



Gambar 3.6.1 Rencana posisi tendon

Misal :

jarak tendon ke serat bawah (a) = 525 mm jarak antar tendon (b) = 325 mm

maka diperoleh posisi tendon yang dihitung dari serat bawah sebagai berikut :

Tendon 1 = 525 mm

Tendon 2 = 850 mm

Tendon 3 = 1175 mm

Tendon 4 = 1500 mm

b. Posisi tendon pada tengah bentang ($x = 16 \text{ m}$) Diketahui :

e pada tengah bentang = 700 mm

letak cgs pada tengah bentang = $930,5 - 700 = 230,5 \text{ mm}$ dari serat bawah

Misal diambil $a = 230,5 \text{ mm}$, maka posisi tendon pada tengah bentang menjadi :

Tendon 1 = 230,5 mm

Tendon 2 = 230,5 mm

Tendon 3 = 230,5 mm

Tendon 4 = 230,5 mm

c. Posisi tendon pada jarak x meter dari tumpuan

Dengan mengetahui posisi tendon pada tumpuan dan tengah bentang, maka dapat dihitung posisi tendon pada jarak x meter dari tumpuan dengan menganggap masing-masing tendon membentuk lengkung parabola.

Tendon 1

$$Y = AX^2 + BX + C$$

Untuk $x = 0$; $y = 525 \text{ mm}$, maka $c = 525 \text{ mm}$

Titik balik $dy/dx = 0$

Maka $2AX + B = 0$

Untuk $x = 16000$, maka $B = -32000 A$ Untuk $y = 230,5 \text{ mm}$, maka :

$$Y = AX^2 - 32000 AX + 525$$

$$230,5 = A \cdot 16000^2 - 32000 \cdot 16000A + 525 \text{ didapat nilai } A = 1,150390625 \cdot 10^{-6}$$

$$B = -0,0368125$$

Persamaan parabola tendon 1 adalah :

$$Y = 1,150390625 \cdot 10^{-6} X^2 - 0,0368125 X + 525$$

Tendon 2

$$Y = AX^2 + BX + C$$

Untuk $x = 0$; $y = 850$ mm , maka $c = 850$ mm

Titik balik $dy/dx = 0$

Maka $2AX + B = 0$

Untuk $x = 16000$, maka $B = -32000 A$ Untuk $y = 230,5$ mm, maka :

$$Y = AX^2 - 32000 AX + 850$$

$$230,5 = A \cdot 16000^2 - 32000 \cdot 16000A + 850 \text{ didapat nilai } A = 2,419921875 \cdot 10^{-6}$$

$$B = -0,0774375$$

Persamaan parabola tendon 2 adalah :

$$Y = 2,419921875 \cdot 10^{-6} X^2 - 0,0774375 X + 850$$

Tendon 3

$$Y = AX^2 + BX + C$$

Untuk $x = 0$; $y = 1175$ mm , maka $c = 1175$ mm

Titik balik $dy/dx = 0$

Maka $2AX + B = 0$

Untuk $x = 16000$, maka $B = -32000 A$ Untuk $y = 230,5$ mm, maka :

$$Y = AX^2 - 32000 AX + 1175$$

$$230,5 = A \cdot 16000^2 - 32000 \cdot 16000A + 1175 \text{ didapat nilai } A = 3,689453125 \cdot 10^{-6}$$

$$B = -0,1180625$$

Persamaan parabola tendon 3 adalah :

$$Y = 3,689453125 \cdot 10^{-6} X^2 - 0,1180625 X + 1175$$

Tendon 4

$$Y = AX^2 + BX + C$$

Untuk $x = 0$; $y = 1500$ mm , maka $c = 1500$ mm

Titik balik $dy/dx = 0$

$$\text{Maka } 2AX + B = 0$$

Untuk $x = 16000$, maka $B = -32000 A$ Untuk $y = 230,5$ mm, maka :

$$Y = AX^2 - 32000 AX + 1500$$

$230,5 = A \cdot 16000^2 - 32000 \cdot 16000A + 1500$ didapat nilai $A = 4,958984375 \cdot 10^{-6}$

$$B = -0,1586875$$

Persamaan parabola tendon 4 adalah :

$$Y = 4,958984375 \cdot 10^{-6} X^2 - 0,1586875 X + 1500$$

Tabel 3.1 Perhitungan Layout Tendon (dari serat bawah)

Jarak (mm)	Tendon 1 (mm)	Tendon 2 (mm)	Tendon 3 (mm)	Tendon 4 (mm)
0	525	850	1175	1500
2000	455,977	704,805	953,633	1202,461
4000	396,156	578,969	761,781	944,594
6000	345,539	472,492	599,445	726,398
8000	304,125	385,375	466,625	547,875
10000	271,914	317,617	363,320	409,023
12000	248,906	269,219	289,531	309,844
14000	235,101	240,180	245,258	250,336
16000	230,5	230,5	230,5	230,5

Kontrol Terhadap Lendutan

❖ Akibat Gaya Prategang Akhir (RTi)

$$T_i = 9,4 \times 10^6 \text{ N E} = 700 \text{ mm}$$

$$I_x = 54746729,39 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$M = RT_i \times e = 0,85 \times 9,4 \cdot 10^6 \times 700 = 5,593 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

$$M = 1/8 \times q \times L^2$$

$$q = 8 \times M / L^2 = 8 \times 5,593 \times 10^9 / 32000^2 = 43,695 \text{ N/mm}$$

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \times \frac{q \cdot L^4}{Ec \cdot I} = \frac{5}{384} \times \frac{43,695 \times 32000^4}{36638,42 \times 5474729,39 \times 10^4} = 29,742 \text{ mm } (\uparrow)$$

❖ Akibat Berat Sendiri Balok Prategang

$$q = 21,704 \text{ kN/m} = 21,704 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \delta_2 &= \frac{5}{384} \times \frac{q \cdot L^4}{Ec \cdot I} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{21,704 \times 32000^4}{36638,42 \times 32903180,80 \times 10^4} = 24,581 \text{ mm } (\downarrow) \end{aligned}$$

❖ Akibat beban mati tambahan

$$q = 18,480 \text{ kN/m} = 18,480 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \delta_3 &= \frac{5}{384} \times \frac{q \cdot L^4}{Ec \cdot I} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{18,480 \times 32000^4}{36638,42 \times 54746729,39 \times 10^4} = 12,579 \text{ mm } (\downarrow) \end{aligned}$$

❖ Akibat beban terpusat diafragma

$$M = 414,72 \text{ kNm} = 414,72 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$I_x = 54746729,39 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$q = 8 \times M / L^2 = 8 \times 414,72 \times 10^6 / 32000^2 = 3,24 \text{ N/mm}$$

$$\delta_4 = \frac{5}{384} \times \frac{q \cdot L^4}{Ec \cdot I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{3,24 \times 32000^4}{36638,42 \times 54746729,39 \times 10^4} = 2,205 \text{ mm } (\downarrow)$$

❖ Akibat Beban Hidup

Muatan Terbagi Rata

$$q = 25,168 \text{ N/mm}$$

Muatan Terpusat

$$P = 108,558 \text{ kN} = 108558 \text{ N}$$

$$\delta_5 = \frac{5}{384} \times \frac{q \cdot L^4}{Ec \cdot I} + \frac{1}{48} \times \frac{P \cdot L^3}{Ec \cdot I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{25,168 \times 32000^4}{36638,42 \times 54746729,39 \times 10^4} + \frac{1}{48} \times \frac{108558 \times 32000^3}{36638,42 \times 54746729,39 \times 10^4}$$

$$= 2,205 \text{ mm } (\downarrow)$$

Lendutan pada Keadaan Akhir

$$\delta_{ijin} = (1 / 360) \times L = (1 / 360) \times 32000 = 88,889 \text{ mm}$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5$$

$$= 29,742 - 24,581 - 12,579 - 2,205 - 20,826$$

$$= 30,449 \text{ mm } (\downarrow) < \delta_{ijin} = 88,889 \text{ mm}$$

Kesimpulan : konstruksi memenuhi syarat

3.7. Penentuan Kehilangan Gaya Prategang

3.7.1 Perpendekan Elastis Beton (Elastic Shortening)

Pada postensioning, untuk pemasangan tendon lebih dari satu kehilangan tegangan terbesar terjadi pada tendon yang diberi tegangan pertama, dan kehilangan ini akan menurun pada tendon-tendon yang diberi tegangan berikutnya. Pada tendon yang diberi tegangan terakhir, kehilangan tegangan sama dengan nol. Kehilangan tegangan rata-rata sama dengan 0,50 dari kehilangan tegangan yang terbesar.

Diketahui :

$$\text{Jumlah tendon} = 4 \text{ tendon}$$

$$\text{As 1 strand} = 98,71 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah strand 1 tendon} = 19 \text{ buah}$$

$$\text{As per tendon} = 1875,49 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ti per tendon} = 2,35 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$f_s = 2,35 \cdot 10^6 / 1875,49 = 1253,006 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4730 \sqrt{60} = 36638,42 \text{ MPa}$$

$$E_s = 195000 \text{ MPa}$$

$$n = E_s / E_c = 195000 / 36638,42 = 5,32$$

$$A_p = 723500 \text{ mm}^2$$

Tendon I :

$$T' = 3 \times 1875,49 \times 1253,006 = 7050000,669 \text{ MPa}$$

$$\Delta f_s = n T' / A_p = 5,32 \times (7050000,669 / 723500) = 51,840 \text{ MPa}$$

Tendon II :

$$T' = 2 \times 1875,49 \times 1253,006 = 4700000,446 \text{ MPa}$$

$$\Delta f_s = n T' / A_p = 5,32 \times (4700000,446 / 723500) = 34,560 \text{ MPa}$$

Tendon III :

$$T' = 1 \times 1875,49 \times 1253,006 = 2350000,223 \text{ MPa}$$

$$\Delta f_s = n T' / A_p = 5,32 \times (2350000,223 / 723500) = 17,280 \text{ MPa}$$

Tendon IV :

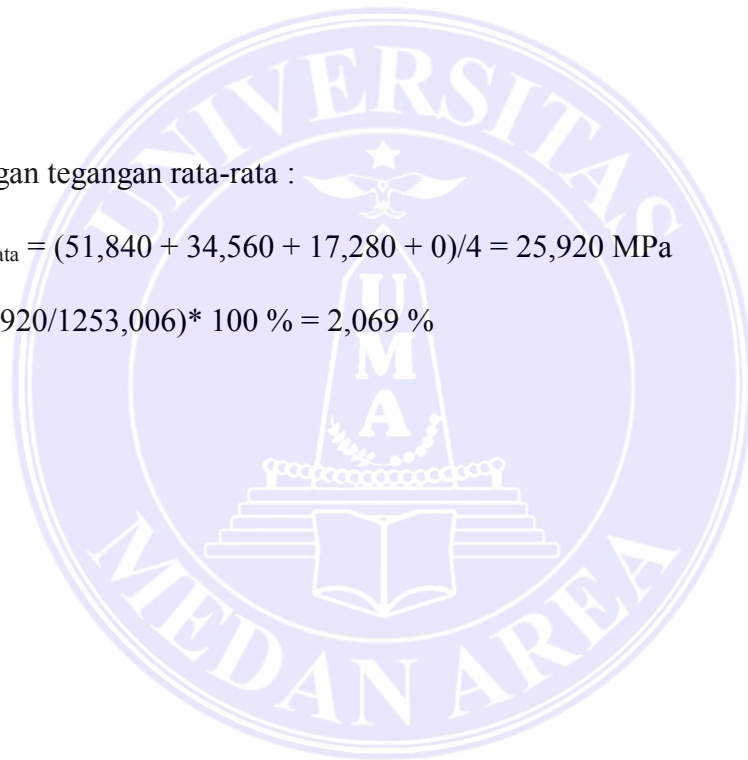
$$T' = 0$$

$$\Delta f_s = 0$$

Kehilangan tegangan rata-rata :

$$ES_{\text{rata-rata}} = (51,840 + 34,560 + 17,280 + 0) / 4 = 25,920 \text{ MPa}$$

$$\Delta f = (25,920 / 1253,006) \times 100 \% = 2,069 \%$$



BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari uraian bab – bab sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Sejak ditemukan, system konstruksi beton prategang eksternal menjadi system konstruksi yang mayoritas digunakan dalam struktur bentang panjang seperti jembatan. Disamping itu, kabel tendon eksternal juga digunakan untuk memperkuat struktur jembatang eksisting.
2. Penggunaan struktur beton pratengan ekstrnal (secara signifikan) dapat mengurangi berat sendiri struktur jembatan box-girder yang disebabkan oleh reduksi ketebalan badan struktur. Reduksi tebal badan struktur ini mengakibatkan momen batas yang diakibatkan beban layan (berat sendiri, baban mati tambahan, dan beban hidup) juga dapat direduksi.
3. Sebagai implikasi dari reduksi tebal badan struktur, ditinjau dari aspek biaya konstruksi, penggunaan struktur beton prategang eksternal dinilai lebih ekonomis dibandingkan dengan struktur beton prategang internal biasa dan beton bertulang.
4. Perkuatan struktur jembatan dengan perpanjangan kabel tendon di ujung angkur memiliki kemampuan yang memungkinkan penarikan ulang tendon juga dapat dilakukan setiap saat.

4.2 Saran

Adapun saran dari penulis dalam mengevaluasi perhitungan struktur bagian atas jembatan yaitu :

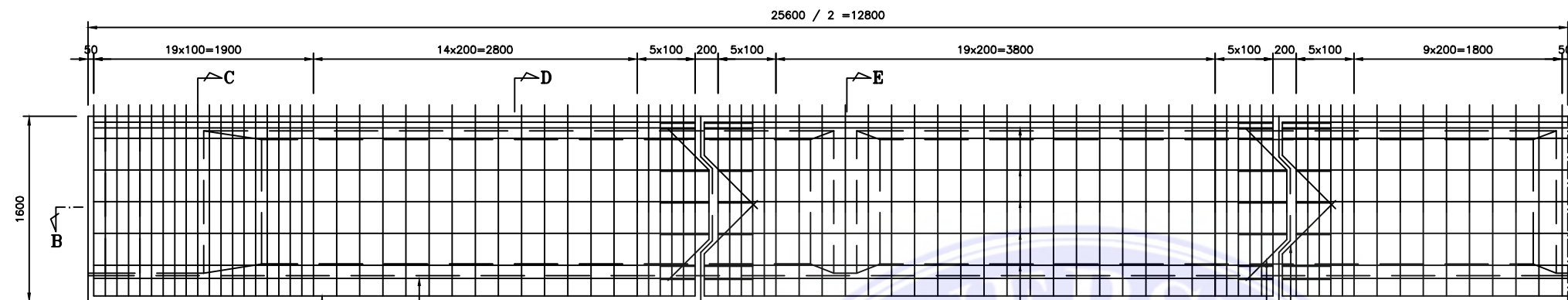
1. Penampang box – girder rongga tunggal hanya dapat digunakan untuk struktur jembatan bentang panjang dengan beban layan yang tidak besar, sedangkan untuk beban layan lalu lintas yang padat dengan lebar lantai kendaraan yang besar harus menggunakan box – girder rongga ganda atau lebih.
2. Perencanaan letak deviator harus diatur sedemikian rupa sehingga gaya prategang awal yang diberikan tidak terlalu besar dan masih dalam batas izin penegangan. Perencanaan letak deviator dipengaruhi oleh radius kelengkungan pada alihan profil tendon.
3. Dalam perencanaan pemasangan kabel tendon eksternal sebaiknya jumlah tendon yang akan dipasang adalah genap, sehingga distribusi gaya – gaya dalam yang bekerja menjadi seimbang diantara kedua sisi (kiri dan kanan).

DAFTAR PUSTAKA

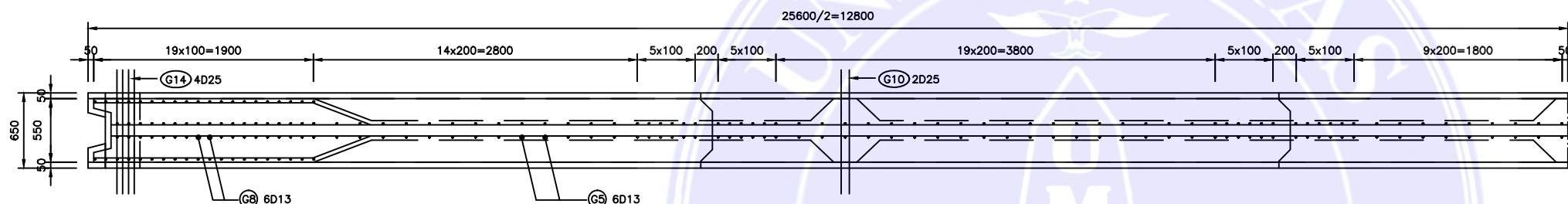
- Abendroth, Robert E, et al. 1989. *Abutment Pile Design for jointless Bridges*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2007. *Laporan Perencanaan Teknik Tipikal Konstruksi Lantai Menerus Pada Sistem Jembatan Balok di Atas Dua Tumpuan dan Integral Bridhge (paket B-7)*. Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Pembebasan Untuk jembatan.RSNI. No.T-02-2005* Jakarta Departemen PU.
- Ir Suyono Sosrodarsono. *Teknik Pondasi*. Cetakan ketiga tahun 1984. Jakarta.
- L.D Wesley. *Mekanika Tanah* . Penerbit PU, cetakan ke empat tahun 1977. Jakarta.
- Noorany, Iraj. 1970. *Thew Soil Mechanics And Foundations*.



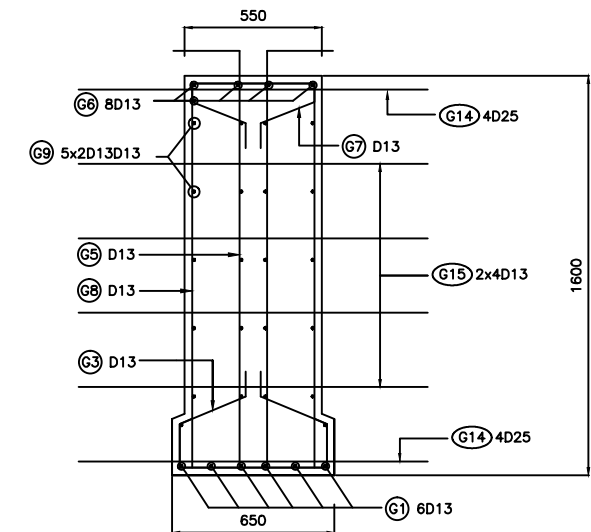
LAMPIRAN-LAMPIRAN



POTONGAN A - A
 SKALA 1:50



POTONGAN B - B
 SKALA 1:50

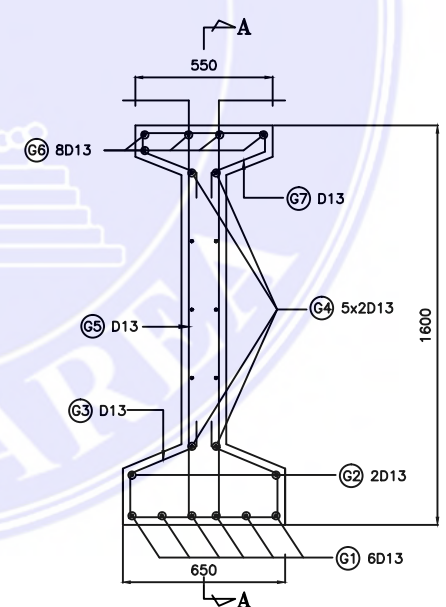
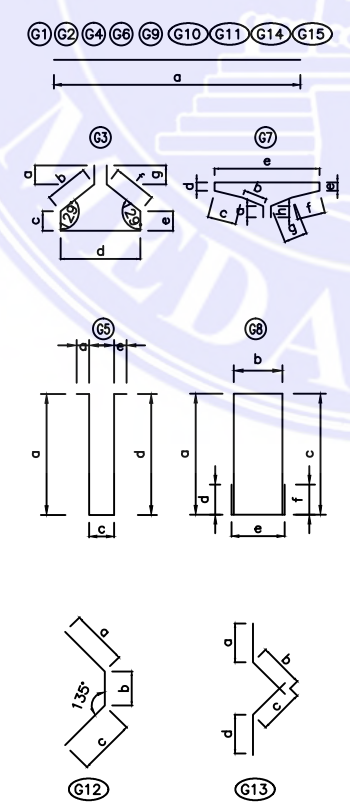


POTONGAN C - C
 SKALA 1 : 30

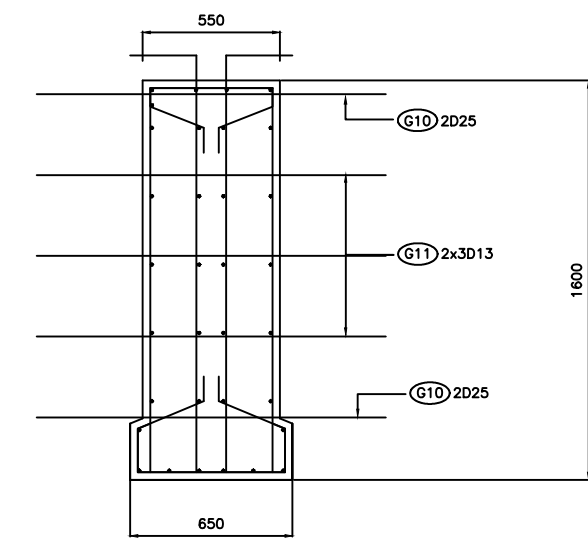
DAFTAR PENULANGAN per GIRDER

No. TUL	Ø (MM)	DIMENSI (mm)							TOTAL PANJANG (m)	UNIT SATUAN (Kg/m)	JUMLAH	TOTAL BERAT (Kg)	KET.
		a	b	c	d	e	f	g					
SEGMENT 1 & 5													
G1	13	5200						5.20	1.04	12	64.80		
G2	13	5200						5.20	1.04	4	21.63		
G3	13	100	285	175	590	175	285	100	1.71	1.04	78	138.72	
G4	13	5200						5.20	1.04	20	108.16		
G5	16	270	1670	110	1670	270			3.99	1.58	78	491.73	
G6	13	5200						5.20	1.04	16	86.53		
G7	13	100	230	75	490	75	230	100	1.30	1.04	78	105.46	
G8	16	1540	490	1540	380	490	380		4.82	1.58	10	304.62	
G9	13	5200						5.20	1.04	20	108.16		
G12	16	500	600	500					1.60	1.58	2	5.06	
G14	25	1400							1.40	3.85	16	64.68	
G15	13	1400							1.40	1.04	16	17.47	
SEGMENT 2 & 4													
G1	13	4920						4.92	1.04	12	61.40		
G2	13	4920						4.92	1.04	4	20.47		
G3	13	100	285	175	590	175	285	100	1.71	1.04	60	106.70	
G4	13	4920						4.92	1.04	20	102.34		
G5	16	270	1670	110	1670	270			3.99	1.58	60	378.25	
G6	13	4920						4.92	1.04	16	81.87		
G7	13	100	230	75	490	75	230	100	1.30	1.04	60	81.12	
G8	16	1540	490	1540	380	490	380		4.82	1.58	10	76.60	
G9	13	4920						4.92	1.04	20	102.34		
G10	25	1400							1.40	3.85	8	43.12	
G11	13	1400							1.40	1.04	12	17.47	
G12	16	500	600	500					1.60	1.58	2	5.06	
G13	16	290	650	650	360				1.95	1.58	2	6.16	
SEGMENT 3													
G1	13	4940						4.94	1.04	6	30.83		
G2	13	4940						4.94	1.04	2	10.28		
G3	13	100	285	175	590	175	285	100	1.71	1.04	30	53.35	
G4	13	4940						4.94	1.04	10	51.38		
G5	16	270	1670	110	1670	270			3.99	1.58	30	188.13	
G6	13	4940						4.94	1.04	8	41.10		
G7	13	100	230	75	490	75	230	100	1.30	1.04	30	40.56	
G8	16	1540	490	1540	380	490	380		4.82	1.58	5	38.08	
G9	13	4940						4.94	1.04	10	51.38		
G11	25	1400							1.40	3.85	4	21.56	
G12	13	1400							1.40	1.04	6	8.74	
G14	16	290	650	650	360				1.95	1.58	2	6.16	
											D13 =	2351.32 Kg	
											D16 =	1119.63 Kg	
											D25 =	129.36 Kg	
											BERAT TOTAL =	3600.31 Kg	

BAR BENDING DIAGRAM



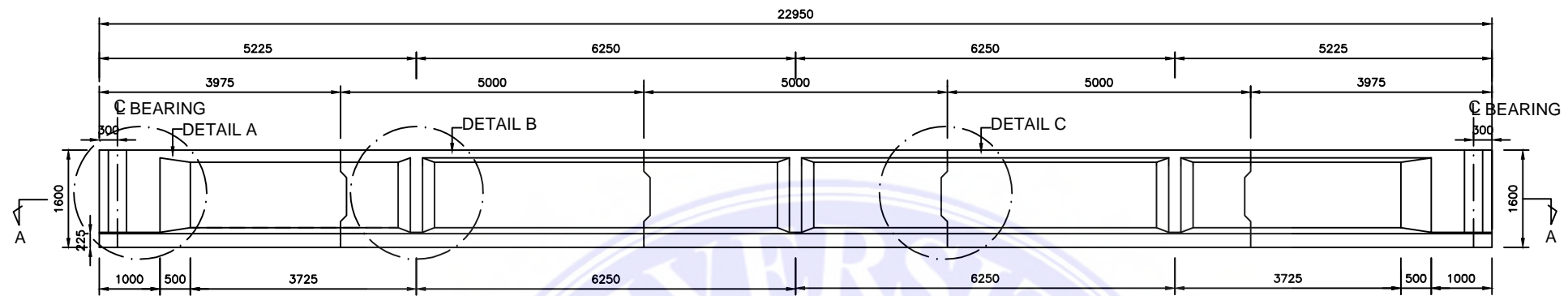
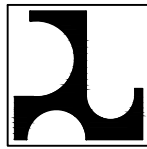
POTONGAN D - D
 SKALA 1 : 30



POTONGAN E - E
 SKALA 1 : 30

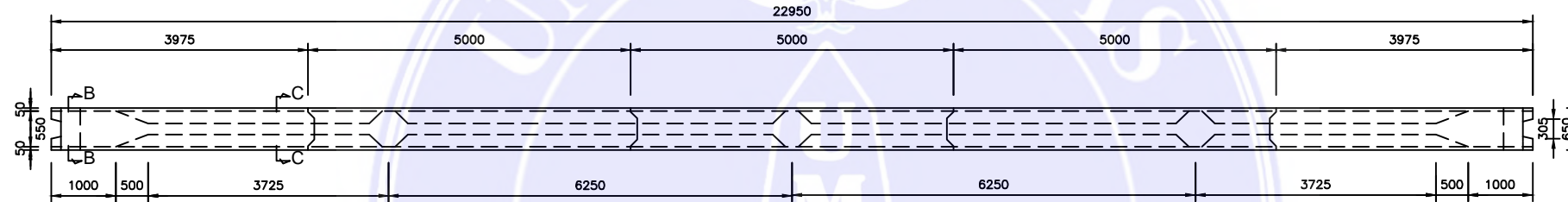
CATATAN :

- MUTU BETON K-500/fc'=41.50 MPa (KELAS A).
- KABEL PRATEGANG MENGACU PADA STANDARD ASTM A 416-80. DENGAN KETENTUAN SEBAGAI BERIKUT :
 - JENIS ASTM A416 ATAU JIS G 3536
 - NOMINAL DIAMETER = 12.71 (mm).
 - MINIMUM TEGANGAN PUTUS = 190 (Kg/mm²).
 - MINIMUM TEGANGAN LELEH = 160 (Kg/mm²).
 - NOMINAL LUAS PENAMPANG = 98.71 (mm²).
- GAYA PENARIKAN (JACKING FORCE) = 75% UTS.
- MUTU BAJA TULANGAN BURSTING BJTD-40/fy=400 MPa (U-39).
- SEMUA UKURAN DALAM MILIMETER KECUALI DISEBUTKAN LAIN.



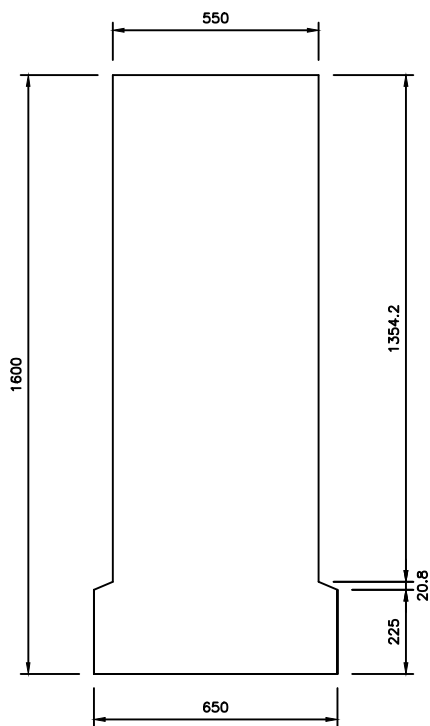
TAMPAK MEMANJANG

SKALA 1:100



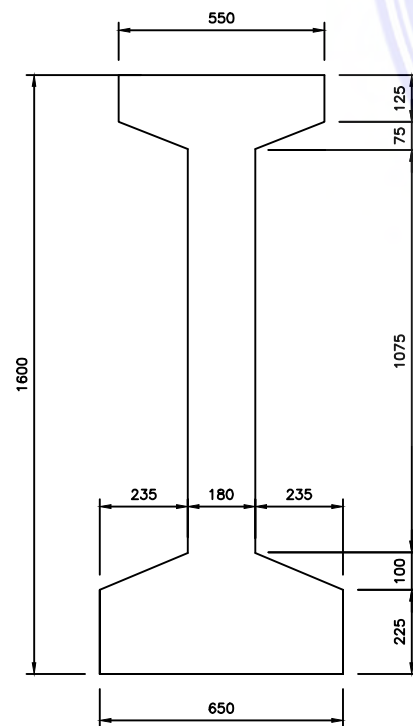
POTONGAN A - A

SKALA 1:100



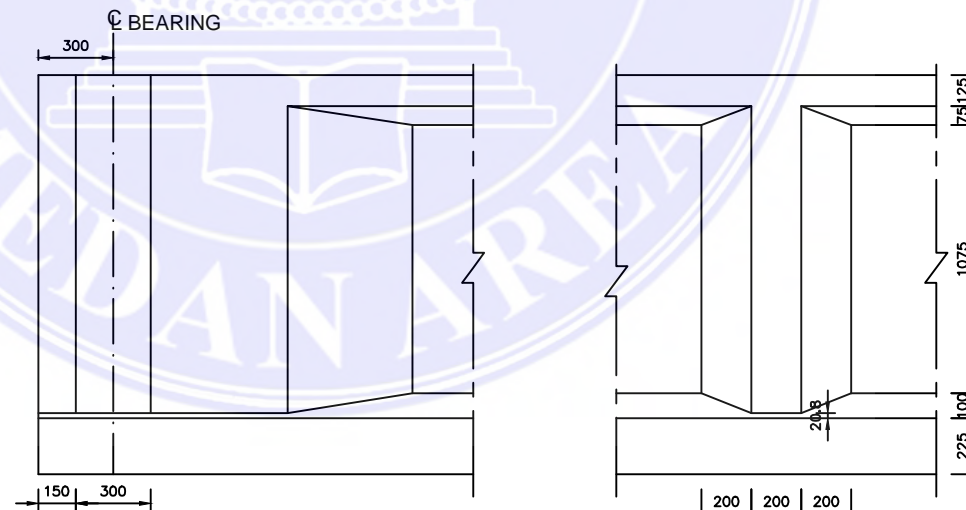
POTONGAN B - B

SKALA 1:20



POTONGAN C - C

SKALA 1:20

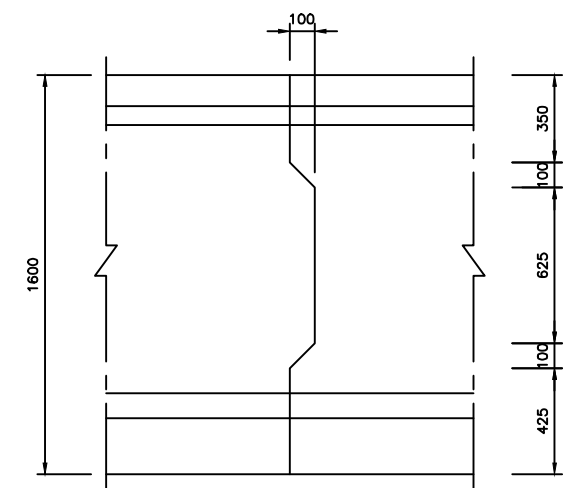


DETAIL - A

SKALA 1:30

DETAIL - B

SKALA 1:30

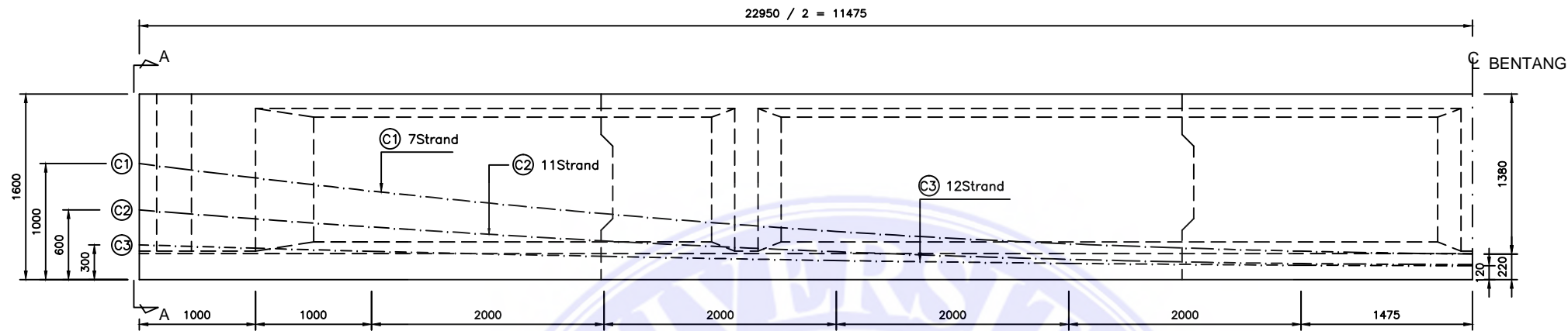


DETAIL - C

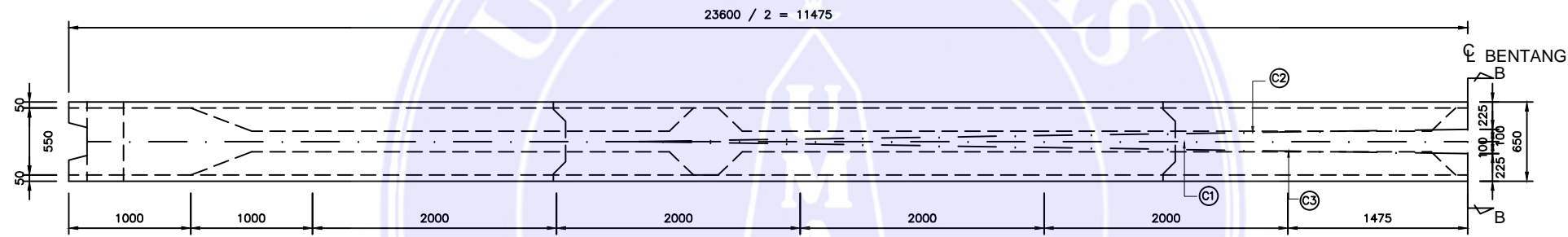
SKALA 1:30

CATATAN :

- MUTU BETON K-500/ $f_c' = 41.50$ MPa (KELAS A).
- KABEL PRATEGANG MENGACU PADA STANDARD ASTM A 416-80. DENGAN KETENTUAN SEBAGAI BERIKUT :
 - JENIS ASTM A416 ATAU JIS G 3536
 - NOMINAL DIAMETER = 12.71 (mm).
 - MINIMUM TEGANGAN PUTUS = 190 (Kg/mm²).
 - MINIMUM TEGANGAN LELEH = 160 (Kg/mm²).
 - NOMINAL LUAS PENAMPANG = 98.71 (mm²).
- GAYA PENARIKAN (JACKING FORCE) = 75% UTS.
- MUTU BAJA TULANGAN BURSTING BJTD-40/ $f_y = 400$ MPa (U-39).
- SEMUA UKURAN DALAM MILIMETER KECELAU DISEBUTKAN LAIN.

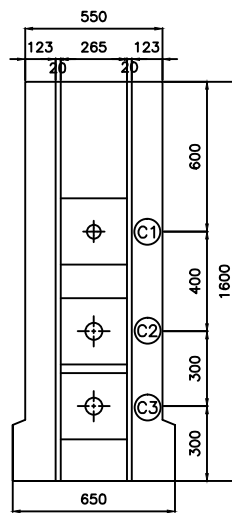


TENDON TAMPAK SAMPIING
 SKALA 1 : 50

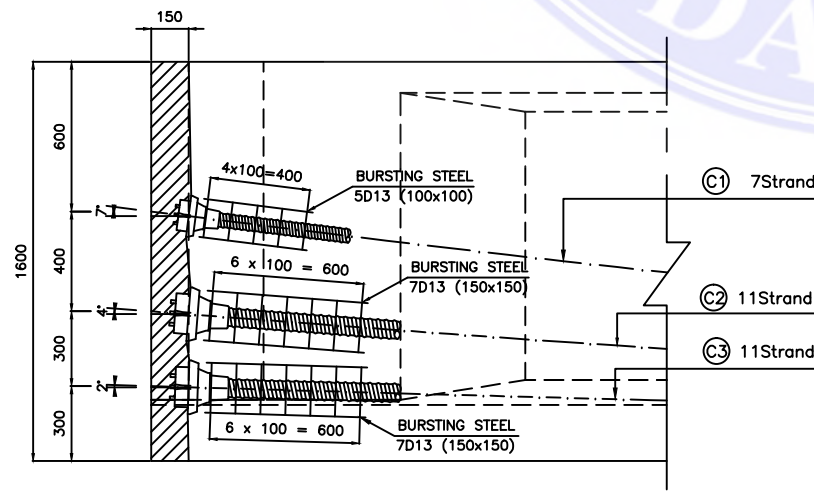


TENDON TAMPAK ATAS
 SKALA 1 : 50

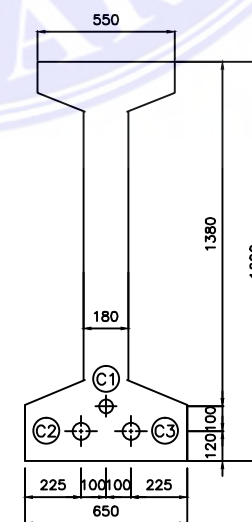
			0	1000	2000	4000	6000	8000	10000	11475
TENDON 1 (C1)	7	Y	1000	874	758	561	408	300	238	220
		X	0	0	0	0	0	0	0	0
TENDON 2 (C2)	11	Y	600	522	451	330	236	170	131	120
		X	0	0	0	0	0	35	71	100
TENDON 3 (C3)	11	Y	300	271	244	200	164	140	124	120
		X	0	0	0	0	0	-35	-71	-100



POTONGAN A - A
 SKALA 1:30



DETAIL UJUNG GIRDER
 SKALA 1:30

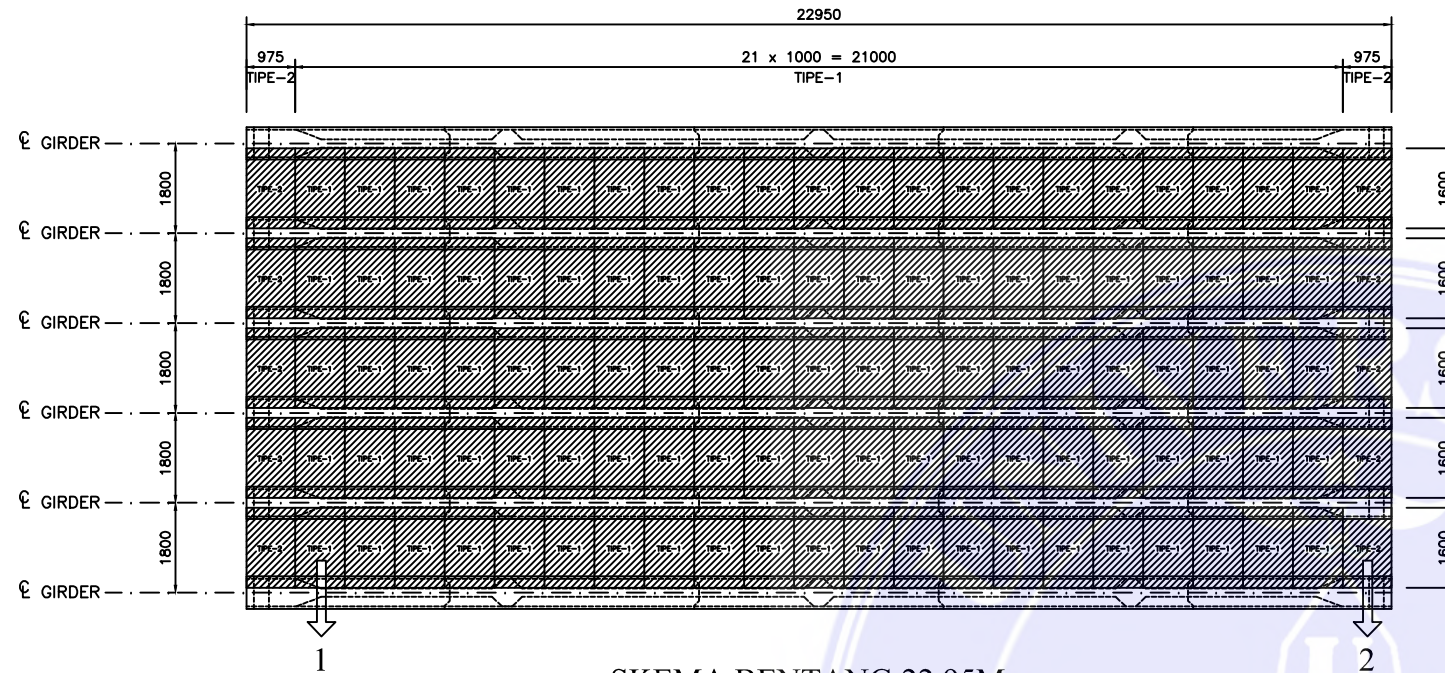


POTONGAN B - B
 SKALA 1:30

TENDON No.	JACKING ORDER	JACKING STRESS (Kg/mm ²)	ELONGATION (mm)
C1	1	142.5	173
C2	2	142.5	173
C3	3	142.5	173

CATATAN :

- MUTU BETON K-500/fc'=41.50 MPa (KELAS A).
- KABEL PRATEGANG MENGACU PADA STANDARD ASTM A 416-80. DENGAN KETENTUAN SEBAGAI BERIKUT :
 - JENIS ASTM A416 ATAU JIS G 3536
 - NOMINAL DIAMETER = 12.71 (mm).
 - MINIMUM TEGANGAN PUTUS = 190 (Kg/mm²).
 - MINIMUM TEGANGAN LELEH = 160 (Kg/mm²).
 - NOMINAL LUAS PENAMPANG = 98.71 (mm²).
- GAYA PEWARIKAN (JACKING FORCE) = 75% UTS.
- MUTU BAJA TULANGAN BURSTING BJTD-40/fy=400 MPa (U-39).
- SEMUA UKURAN DALAM MILIMETER KECEUALI DISEBUTKAN LAIH.



SKEMA BENTANG 22.95M
 SKALA 1:150

DAFTAR PENULANGAN per-BENTANG

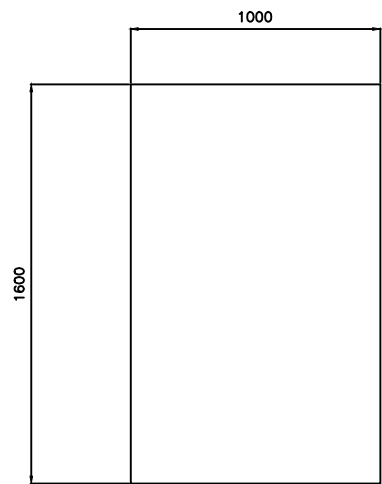
No. TUL	Ø (MM)	DIMENSI (mm)					TOTAL PANJANG (m)	UNIT SATUAN (Kg/m)	JUMLAH	TOTAL BERAT (Kg)	KET.
		a	b	c	d	e					
P1	10	1500					1.50	0.617	630	583.07	
P2	10	900					0.90	0.617	945	524.76	
P3	10	1500					1.50	0.617	60	55.53	
P4	10	875					0.88	0.617	90	48.59	

D10 = 1211.94 Kg
 BERAT TOTAL D10 = 1211.94 Kg

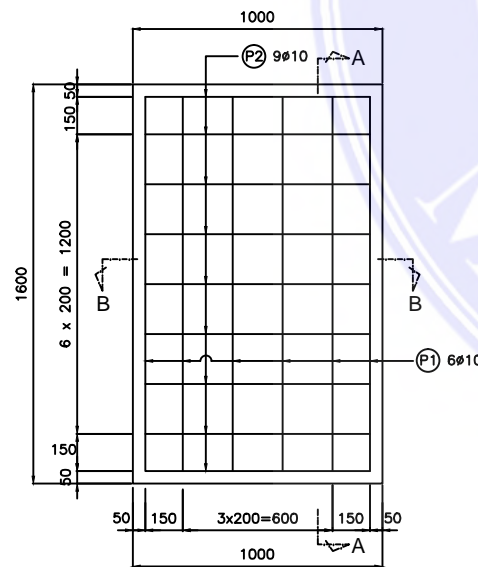
BAR BENDING DIAGRAM



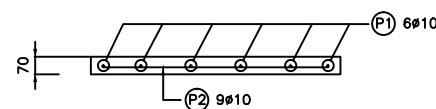
HURUF YANG DICETAK MIRING ADALAH PANJANG RATA-RATA



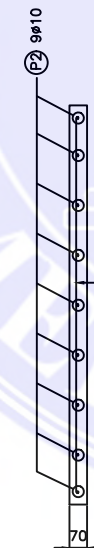
DETAIL-1 (TIPE-1)
 SKALA 1:30



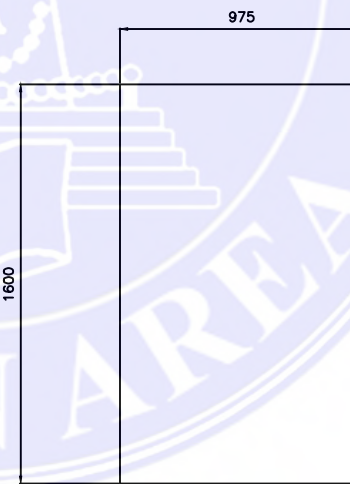
PENULANGAN TIPE-1
 SKALA 1:30



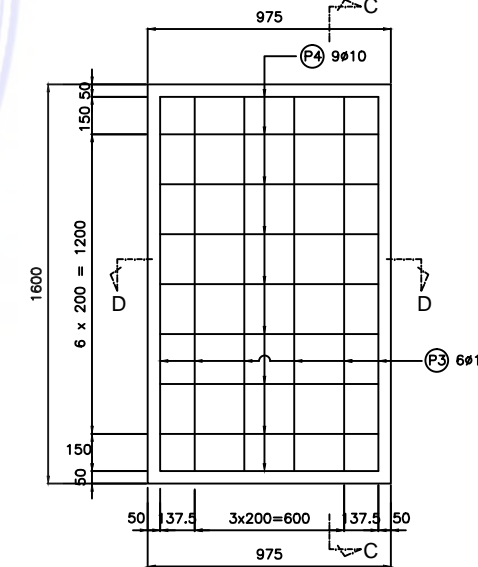
POTONGAN B - B
 SKALA 1:30



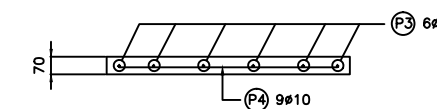
POTONGAN A - A
 SKALA 1:30



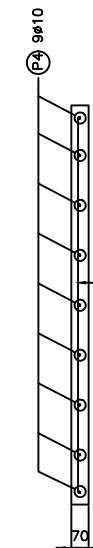
DETAIL-2 (TIPE-2)
 SKALA 1:30



PENULANGAN TIPE-2
 SKALA 1:30



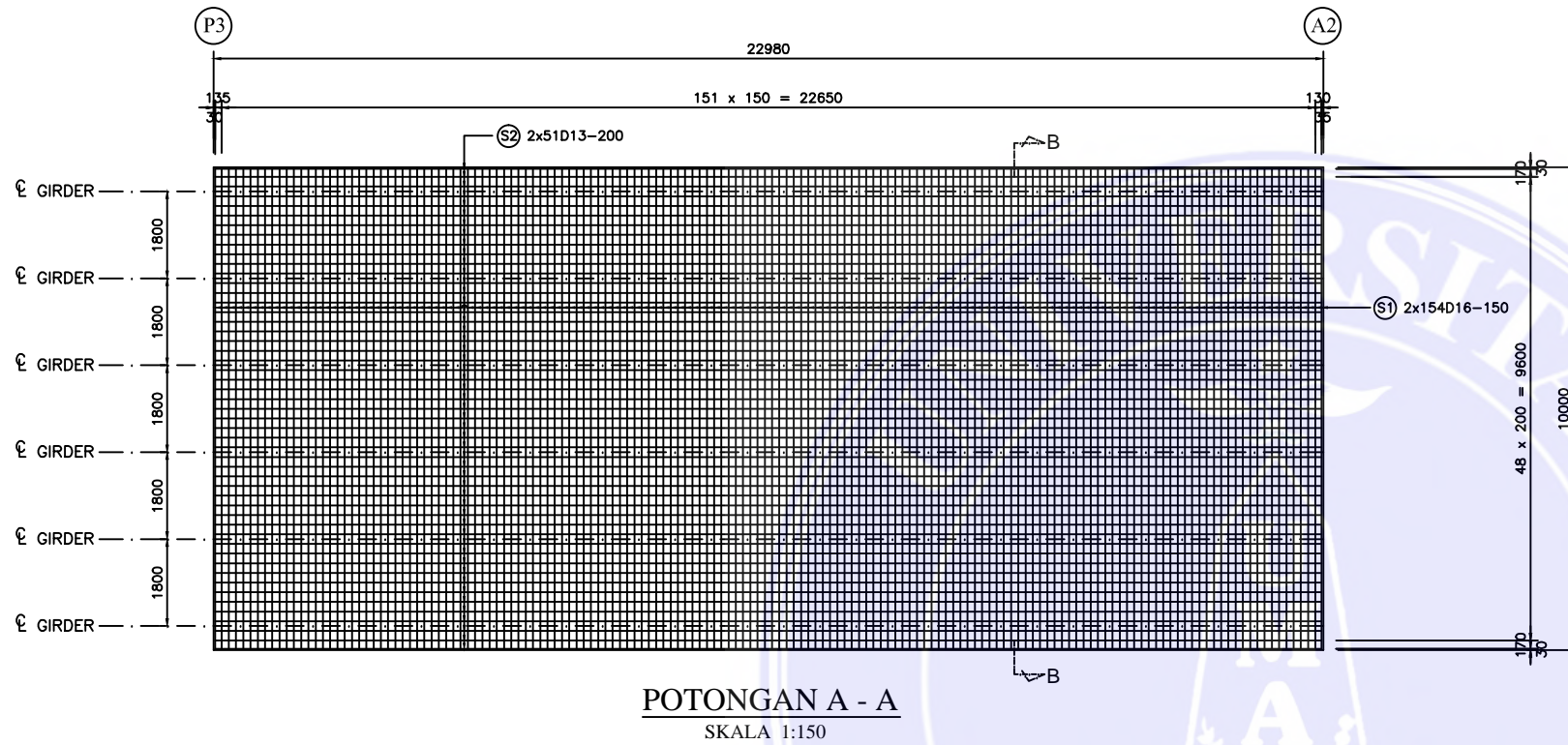
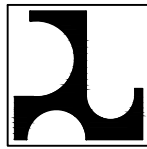
POTONGAN D - D
 SKALA 1:30



POTONGAN C - C
 SKALA 1:30

CATATAN :

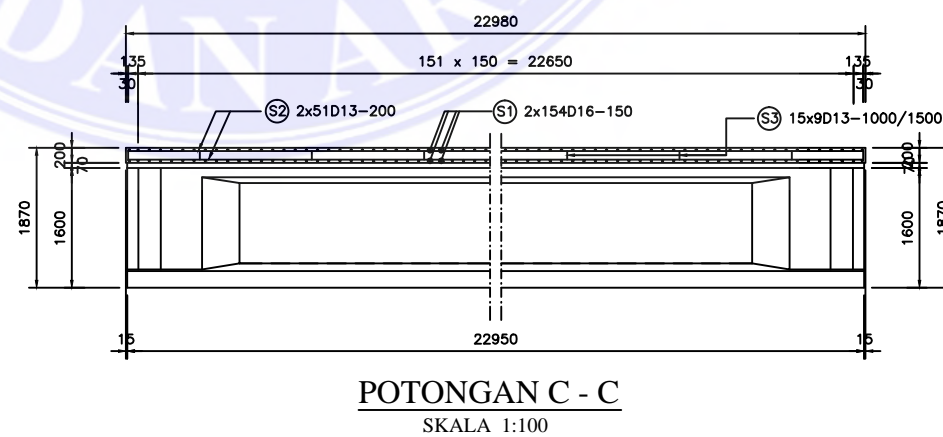
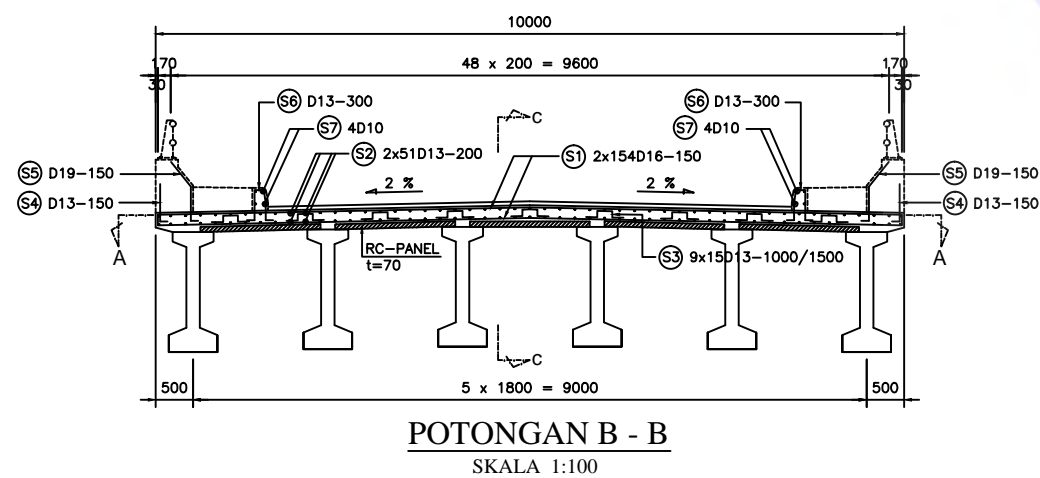
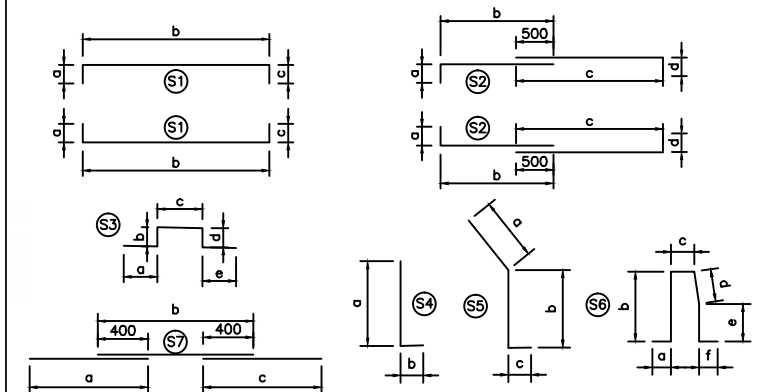
- MUTU BETON K-350 / $f_c=29$ MPa
- SELIMUT BETON NOMINAL = 30
- MUTU BAJA TULANGAN BJTD-40/ $f_y=400$ MPa (U-39).
- SEMUA UKURAN DALAM MILIMETER KECUALI DISEBUTKAN LAIN.



DAFTAR PENULANGAN per-PELAT

No. TUL	# (MM)	DIMENSI (mm)						TOTAL PANJANG (m)	UNIT SATUAN (Kg/m)	JUMLAH	TOTAL BERAT (Kg)	KET.
		a	b	c	d	e	f					
S1	16	140	4970	4970	140		10.22	1.58	308	4973.46		
S2	13	140	11860	11560	140		23.70	1.04	102	2514.10		
S3	13	150	100	200	100	150	0.70	1.04	135	98.28		
S4	13	500	100				0.60	1.04	308	192.19		
S5	13	420	460	100			0.98	1.04	308	313.91		
S6	13	100	400	125	175	230	1.13	1.04	154	180.98		
S7	10	12000	11420				23.42	0.617	8	115.60		
										D10 = 115.60 Kg		
										D13 = 3299.46 Kg		
										D16 = 4973.46 Kg		
										BERAT TOTAL = 8388.52 Kg		

BAR BENDING DIAGRAM



CATATAN :

- MUTU BETON K-350 / f'c=29 MPa
- SELIMUT BETON NOMINAL = 30
- MUTU BAJA TULANGAN BJTD-40/fy=400 MPa (U-39).
- SEMUA UKURAN DALAM MILIMETER KECUALI DISEBUTKAN LAIN.



DAFTAR PENULANGAN per GIRDER

No. TUL	Ø (MM)	DIMENSI (mm)							TOTAL PANJANG (m)	UNIT SATUAN (Kg/m)	JUMLAH	TOTAL BERAT (Kg)	KET.
		a	b	c	d	e	f	g					
SEGMENT 1 & 5													
G1	13	3875						3,875	1,04	12	48,36		
G2	13	3875						3,875	1,04	4	16,12		
G3	13	100	285	175	590	175	285	1,71	1,04	66	117,37		
G4	13	3875						3,875	1,04	20	80,60		
G5	16	270	1670	110	1670	270		3,99	1,58	66	416,08		
G6	13	3875						3,875	1,04	16	64,48		
G7	13	100	230	75	490	75	230	1,30	1,04	66	89,23		
G8	16	1540	490	1540	380	490	380	4,82	1,58	10	304,62		
G9	13	3875						3,875	1,04	20	80,60		
G12	16	500	600	500				1,60	1,58	2	5,06		
G14	25	1400						1,40	3,85	16	64,68		
G15	13	1400						1,40	1,04	16	17,47		
SEGMENT 2 & 4													
G1	13	4920						4,92	1,04	12	61,40		
G2	13	4920						4,92	1,04	4	20,47		
G3	13	100	285	175	590	175	285	1,71	1,04	60	106,70		
G4	13	4920						4,92	1,04	20	102,34		
G5	16	270	1670	110	1670	270		3,99	1,58	60	378,25		
G6	13	4920						4,92	1,04	16	81,87		
G7	13	100	230	75	490	75	230	1,30	1,04	60	81,12		
G8	16	1540	490	1540	380	490	380	4,82	1,58	10	76,60		
G9	13	4920						4,92	1,04	20	102,34		
G10	25	1400						1,40	3,85	8	43,12		
G11	13	1400						1,40	1,04	12	17,47		
G12	16	500	600	500				1,60	1,58	2	5,06		
G13	16	290	650	650	360			1,95	1,58	2	6,16		
SEGMENT 3													
G1	13	4940						4,94	1,04	6	30,83		
G2	13	4940						4,94	1,04	2	10,28		
G3	13	100	285	175	590	175	285	1,71	1,04	30	53,35		
G4	13	4940						4,94	1,04	10	51,38		
G5	16	270	1670	110	1670	270		3,99	1,58	30	189,13		
G6	13	4940						4,94	1,04	8	41,10		
G7	13	100	230	75	490	75	230	1,30	1,04	30	40,56		
G8	16	1540	490	1540	380	490	380	4,82	1,58	5	38,08		
G9	13	4940						4,94	1,04	10	51,38		
G11	25	1400						1,40	3,85	4	21,56		
G12	13	1400						1,40	1,04	6	8,74		
G14	16	290	650	650	360			1,95	1,58	2	6,16		
											D13 =	1375,56 Kg	
											D16 =	1425,20 Kg	
											D25 =	129,36 Kg	
											BERAT TOTAL =	2930,12 Kg	

BAR BENDING DIAGRAM

