



**PERENCANAAN JEMBATAN PONDOK NONGKO
BANYUWANGI MENGGUNAKAN *BOX GIRDER***

SKRIPSI

Oleh
Arifa An Nuur
NIM 131910301108

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**PERENCANAAN JEMBATAN PONDOK NONGKO
BANYUWANGI MENGGUNAKAN *BOX GIRDER***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi S1 Teknik Sipil
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

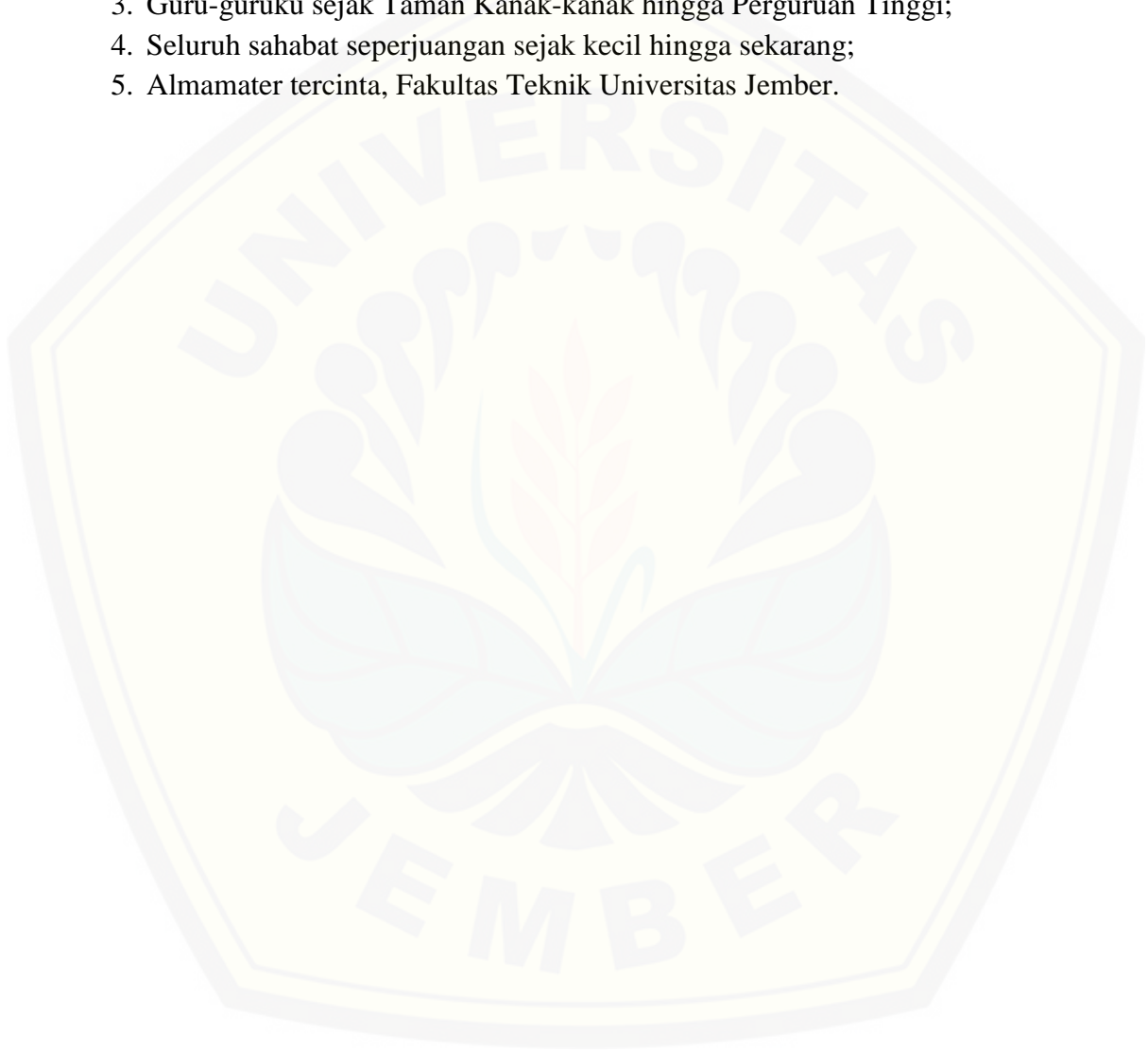
Oleh
Arifa An Nuur
NIM 131910301108

**JURUSAN S1 TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orangtua, Ibunda Maimunah dan Ayahanda Nur Salim;
2. Kakak dan adik tersayang, Rizal Arif Annur dan Silvi Nur Rahayu;
3. Guru-guruku sejak Taman Kanak-kanak hingga Perguruan Tinggi;
4. Seluruh sahabat seperjuangan sejak kecil hingga sekarang;
5. Almamater tercinta, Fakultas Teknik Universitas Jember.



MOTTO

Dan apabila dikatakan: “Berdirilah kamu”, maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.

Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.

(terjemahan *Q.S. Adz-Mujaadalah: 11**)

Strength does not come from winning. Your struggles develop your strengths.

*When you go through hardships and decide not to surrender,
that is strength.*

Mahatma Gandhi

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2011. Al-Qur'an dan Terjemahnya. Bandung: CV Penerbit Diponegoro.

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arifa An Nuur

NIM : 131910301108

menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Jembatan Pondok Nongko Banyuwangi Menggunakan *Box Girder*” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah disebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia menerima sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2018

Yang menyatakan,

Arifa An Nuur

NIM. 131910301108

SKRIPSI

**PERENCANAAN JEMBATAN PONDOK NONGKO
BANYUWANGI MENGGUNAKAN *BOX GIRDER***

oleh
Arifa An Nuur
NIM 131910301108

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. RR Dewi Junita Koesoemawati, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Perencanaan Jembatan Pondok Nongko Banyuwangi Menggunakan *Box Girder*” oleh Arifa An Nuur, NIM 131910301108 telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Rabu, 17 Oktober 2018

tempat : Fakultas Teknik, Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I,

Dr. RR Dewi Junita K., S.T., M.T.
NIP 19710610 199903 2 001

Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T.
NIP 760016772

Anggota II,

Anggota III,

Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.
NIP 19710327 199803 1 003

Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M. Sc.
NIP 760015715

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM.
NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Perencanaan Jembatan Pondok Nongko Banyuwangi Menggunakan *Box Girder*; Arifa An Nuur; 131910301108; 2018; 129 halaman; Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Jembatan Pondok Nongko adalah jembatan penghubung Desa Sukojadi dan Desa Pondok Nongko yang berada di Kecamatan Kabat, Kabupaten Banyuwangi. Dalam tugas akhir ini dilakukan studi perencanaan jembatan Pondok Nongko dengan *box girder* sebagai struktur utamanya. Jembatan ini direncanakan dengan bentang 50 meter yang terdiri dari 2 lajur 2 arah dengan lebar per arah 3,5 meter.

Struktur atas utama Jembatan Pondok Nongko direncanakan ulang menggunakan *box girder* pracetak beton pratekan. Beton pratekan dipilih karena memiliki nilai ekonomis dari segi bahan, serta memiliki kemampuan layan (*serviceability*) yang tinggi. Sementara pracetak dipilih karena penggantian dan pemeriksaan tendon dimungkinkan, instalasi tendon memanjang lebih mudah, perlindungan korosi tendon yang baik, berkurangnya beban mati, tidak ada kerugian akibat gesekan bahkan kekuatan prategang dapat diubah setelah konstruksi. Metode prategang yang dipilih adalah metode pascatarik (*post-tension method*). Pada metode pascatarik, terlebih dahulu dilakukan pemasangan saluran tendon dan instalasi tulangan, kemudian beton dicor dan dilakukan penarikan tendon prategang.

Perencanaan jembatan ini dimulai dengan mengumpulkan data-data teknis jembatan yang diperlukan dalam perencanaan. Dasar-dasar perencanaan yang digunakan mengacu pada peraturan perencanaan jembatan SNI T-12-2004 dan pembebanan jembatan SNI 1725-2016.

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan, diperoleh gelagar utama yang digunakan adalah *Precast Concrete Box Girder* setinggi 2,5 m dengan panjang span 2,5 m, dengan konstruksi beton pratekan $P_t = 24987$ kN dan menggunakan 4 tendon jenis 5-43 *wire super strands ASTM-A-416-06 grade 270*. Sandaran terdiri dari dua buah pipa sandaran menggunakan profil *Circular Hollow Sections* $\varnothing 139,8$ mm BJ 37 dengan tiang sandaran menggunakan profil

baja WF 200.200.8.12 setinggi 50 cm dan dinding sandaran menggunakan beton bertulang dengan tebal 25 cm setinggi 50 cm. Plat landas yang digunakan adalah baja dengan ukuran 10 x 10 x 1 cm dengan menggunakan 8 baut diameter 10 mm. Trotoar menggunakan beton bertulang dengan tebal 25 cm. Kehilangan prategang yang terjadi adalah 15,439 %. Lendutan total yang terjadi 53,585 mm ↓.



SUMMARY

Design of Pondok Nongko Bridge Banyuwangi using Box Girder; Arifa An Nur; 131910301108; 129 pages; Departement of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Pondok Nongko bridge is a bridge connects between Sukojadi and Pondok Nongko villages in Kabat district Banyuwangi regency. This research aims to design Pondok Nongko bridge by using box girder as the main structure. This bridge is designed 50 meters long which consist of tidal flow in which each wide is 3,5 meters.

The main structure of Pondok Nongko bridge is redesign using precast prestressed concrete box girder. Prestressed concrete is chosen not only because it has economic value on its material aspect but also serviceability. Meanwhile, prestressed is chosen due to the replacement and the strands inspection are possible. Besides, it is also because of strands instalation that is easier. Moreover, the strands protection from corrosion is better, its reduses the bridges dead load, there is not friction, and the prestressed can be changed after construction. The selected prategang method is post-tension method. On the post-tension method, tendon duct installation and reinforcement installation are first carried out, then the concrete is casted and the prestressed tendon is withdrawn.

The design of this bridge starts with collecting the technical data of the bridge that are needed. The basics of planning which refer to the SNI T-12-2004 bridge planning regulations and the calculation of the loading based on SNI 1725-2016.

According to the calculation result, it is known that the main girder is using the Precast Concrete Box Girder as high as 2,5 m with 2,5 m span using 4 cable type 5-43 wire super strands of ASTM- A-416-06 grade 270. The pedestrian barrier consists of two pipes using Circullar Hollow Sections profile \varnothing 139,8 mm BJ-37, WF 200.200.8.12 steel column with 500 mm height, and reinforced concrete parapet with 25 cm thickness and 50 cm height. The landing plate uses steel with a size of 10 x 10 x 1 cm using bolt 8 \varnothing 10 mm. trotoar slab uses

reinforced concrete with 25 cm thickness. Total loss of prestress is 15,439 %.
Therefore, this bridge has 53,585 mm ↓ deflection.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Jembatan Pondok Nongko Banyuwangi Menggunakan *Box Girder*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Ir. Hernu Suyoso, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember dan Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Dr. RR Dewi Junita Koesoemawati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T., Dwi Nurtanto, S.T., M.T., dan Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc., atas saran dan evaluasi dalam perbaikan skripsi ini;
5. Januar Fery Irawan, S.T., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik atas segala saran serta bimbingannya selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
6. Seluruh staff pengajar, karyawan dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Jember atas bantuannya;
7. Ibu Maimunah dan Bapak Nur Salim sekeluarga yang telah memberikan dukungan dan doa demi terselesaikannya skripsi ini;
8. Intan Nur J., Shelly leonia S., Nurma laili I., Herni Prawita S., dan Rina Anggraini., sahabat yang selalu memberikan dukungan dan semangat;
9. Rastra A. I., Reni Mareta, Viska Dewinta P., Ika Yuni F., Anila Fadila S., Herdhysmara R.N., Gandhi Kartiko A., Malik Hadi I., dan Ikhwan Tri K

yang telah membantu memberi semangat dan saran dalam pengerjaan skripsi ini;

10. Mar'atus S., Qoniatur R., Wilda A. A., Viki Amalia, dan Diah Ma'rifah teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat dan dukungan;
11. Seluruh teman Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember angkatan 2013, yang telah memberikan dukungan serta perhatian;
12. Pengasuh Pondok Pesantren Mahasiswi Al-Husna yang telah memberikan semangat, dukungan dan perhatian;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini bermanfaat.

Jember, Oktober 2018

Penulis

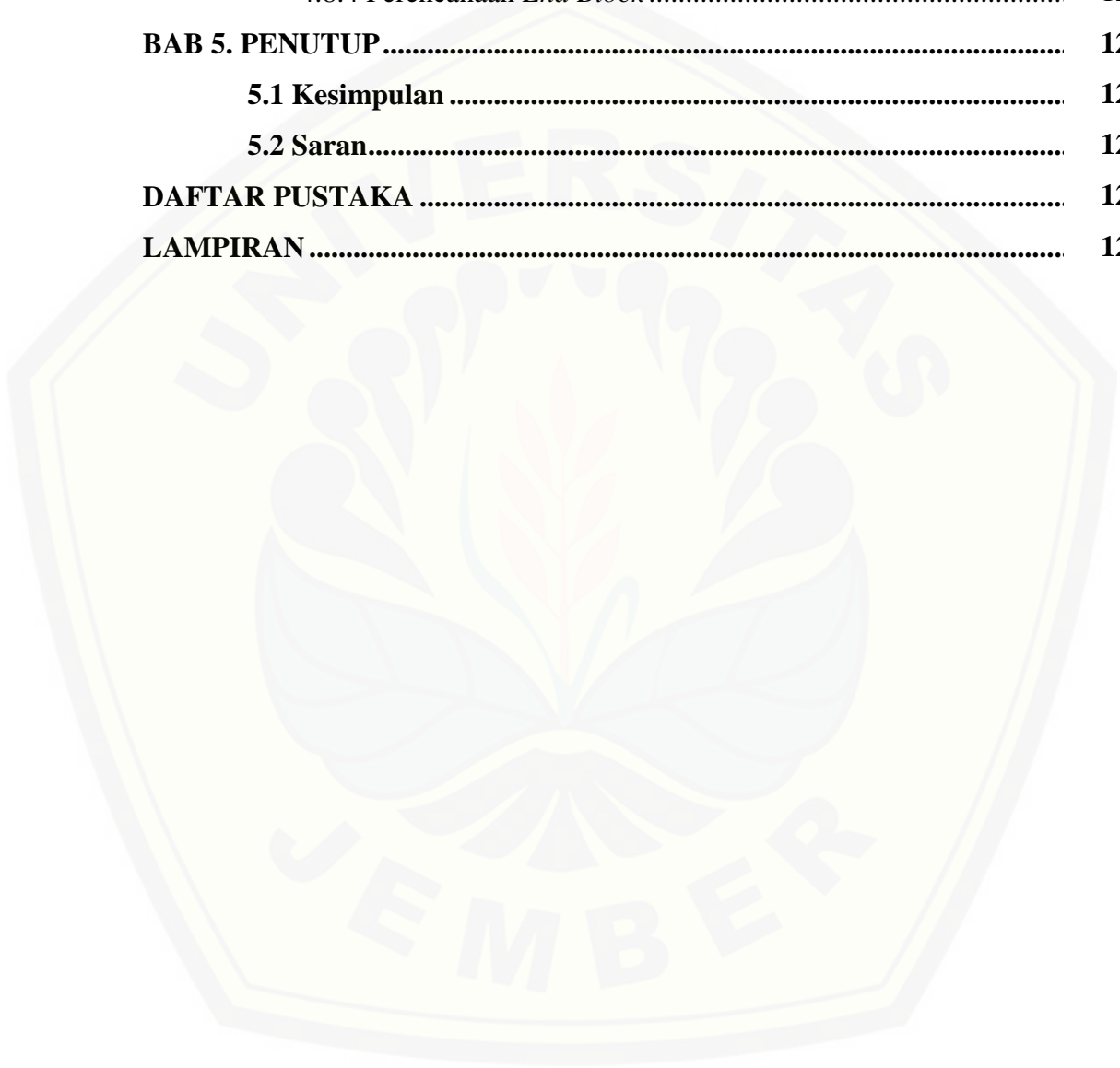
DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Sifat dan Karakteristik Material	3
2.1.1 Beton	3
2.1.2 Baja Prategang	3
2.1.3 Angkur.....	5
2.1.4 Baja Non Prategang.....	6
2.2 Beton Prategang	7
2.2.1 Pengertian Beton Prategang	7
2.2.2 Keuntungan Beton Prategang.....	7
2.2.3 Sistem Prategang.....	7

2.2.4 Kehilangan Gaya Prategang	8
2.3 Jembatan	13
2.3.1 Pembebanan pada Jembatan.....	13
2.3.2 Jembatan <i>Box Girder</i>	20
2.3.3 <i>Precast Segmental Box Girder</i>	21
BAB 3. METODE PENELITIAN	25
3.1 Data dan Literatur	25
3.1.1 Lokasi Penelitian	25
3.1.2 Data Perencanaan	25
3.1.3 Literatur	26
3.2 Tahap Perencanaan	26
3.2.1 Tahap Persiapan Penelitian	26
3.2.2 Tahap Pengumpulan Data	26
3.2.3 <i>Preliminary Design</i>	27
3.2.4 Perhitungan Struktur Sekunder	27
3.2.5 Perhitungan Pembebanan Jembatan	27
3.2.6 Analisis Struktur Jembatan	27
3.2.7 Analisis Penampang	27
3.2.8 Perhitungan Kehilangan Prategang	28
3.2.9 Perencanaan Terhadap Geser	28
3.2.10 Perhitungan Lendutan	28
3.2.11 Perencanaan Tulangan	28
3.2.12 Penggambaran Detail Elemen Jembatan.....	28
3.3 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	28
BAB 4. PEMBAHASAN	31
4.1 Data Perencanaan	31
4.1.1 Jembatan Rencana.....	31
4.1.2 Bahan dan Karakteristik Bahan.....	31
4.2 <i>Preliminary Design</i>	32
4.2.1 Tipe Jembatan	32
4.2.2 Dimensi dan Spesifikasi <i>Box Girder</i>	33

4.2.3 Beton Prategang	35
4.2.4 Baja Prategang	36
4.2.5 <i>Section Properties Prestress Box Girder</i>	36
4.3 Perencanaan Struktur Sekunder	38
4.3.1 Pipa Sandaran.....	38
4.3.2 Tiang Sandaran.....	40
4.3.3 Plat Landas	41
4.3.4 Dinding Sandaran.....	43
4.3.5 Trotoar	44
4.3.6 Rekapitulasi Beban Struktur Sekunder	46
4.4 Pembebanan pada <i>Box Girder</i>.....	47
4.4.1 Berat Sendiri (MS)	47
4.4.2 Beban Mati Tambahan (MA)	47
4.4.3 Beban Lajur “D” (TD)	47
4.4.4 Beban Pejalan Kaki (TP).....	48
4.4.5 Beban Gempa (EQ)	49
4.4.6 Beban Angin (EW).....	50
4.4.7 Gaya Rem dan Traksi (TB)	51
4.5 Analisis Beban	51
4.6 Analisis Struktur Utama Jembatan.....	55
4.6.1 Perhitungan Gaya Prategang Awal	55
4.6.2 Perencanaan Jumlah Tendon.....	56
4.6.3 Perencanaan Posisi Tendon.....	56
4.6.4 Analisa Tegangan.....	58
4.6.5 Kehilangan Gaya Prategang	77
4.6.6 Hasil Pemodelan SAP	81
4.7 Kontrol Terhadap Kekuatan dan Kestabilan.....	84
4.7.1 Kontrol Tegangan Akhir	84
4.7.2 Kontrol Momen Retak.....	103
4.7.3 Kontrol Momen Batas	104
4.7.4 Kontrol Lendutan	106

4.8 Perhitungan Tulangan	108
4.8.1 Tulangan Geser Badan	108
4.8.2 Pembesian <i>Box Girder</i>	112
4.8.3 Perencanaan <i>Shear Key</i>	115
4.8.4 Perencanaan <i>End Block</i>	121
BAB 5. PENUTUP	126
5.1 Kesimpulan	126
5.2 Saran.....	126
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN	129



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kawat-kawat untuk beton prategang	4
Tabel 2.2	Strand standar untuk beton prategang	4
Tabel 2.3	Strand 7 kawat yang dipadatkan untuk beton prategang	5
Tabel 2.4	Detail angkur <i>VSL Type Sc LIVE END</i>	6
Tabel 2.5	Sifat-sifat tulangan nonprategang.....	6
Tabel 2.6	Koefisien gesekan untuk tendon pascatarik	10
Tabel 2.7	Koefisien susut	11
Tabel 2.8	Nilai-nilai K_{re} dan J	12
Tabel 2.9	Nilai-nilai C	12
Tabel 2.10	Nilai-nilai C (lanjutan).....	13
Tabel 2.11	Berat isi untuk beban mati	13
Tabel 2.12	Faktor beban untuk berat sendiri	14
Tabel 2.13	Faktor beban untuk beban mati tambahan	14
Tabel 2.14	Faktor beban untuk beban lajur “D”	15
Tabel 2.15	Faktor beban untuk beban “T”	16
Tabel 2.16	Tekanan angin dasar	19
Tabel 4.1	Nilai ρ	32
Tabel 4.2	Tipe jembatan dengan panjang bentang	32
Tabel 4.3	Spesifikasi girder	33
Tabel 4.4	Perhitungan <i>section properties box girder</i>	37
Tabel 4.5	Berat sendiri.....	47
Tabel 4.6	Beban mati tambahan	47
Tabel 4.7	Kombinasi beban	52
Tabel 4.8	Rekapitulasi momen akibat kombinasi beban	53
Tabel 4.9	Rekapitulasi momen akibat kombinasi beban (lanjutan)	54
Tabel 4.10	Posisi tendon.....	57
Tabel 4.11	Analisa tegangan tendon baris pertama akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	61
Tabel 4.12	Analisa tegangan tendon baris ke dua akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	64

Tabel 4.13	Analisa tegangan tendon baris pertama akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I.....	67
Tabel 4.14	Analisa tegangan tendon baris ke dua akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I.....	70
Tabel 4.15	Analisa tegangan tendon baris pertama akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I.....	73
Tabel 4.16	Analisa tegangan tendon baris ke dua akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I.....	76
Tabel 4.17	Kehilangan prategang akibat perpendekan elastis.....	77
Tabel 4.18	Kehilangan prategang akibat rangkai beton	79
Tabel 4.19	Kombinasi pembebanan	81
Tabel 4.20	Analisa tegangan akhir tendon baris pertama akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	87
Tabel 4.21	Analisa tegangan akhir tendon baris ke dua akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	90
Tabel 4.22	Analisa tegangan akhir tendon baris pertama akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I.....	93
Tabel 4.23	Analisa tegangan akhir tendon baris ke dua akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I.....	96
Tabel 4.24	Analisa tegangan akhir tendon baris pertama akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I.....	99
Tabel 4.25	Analisa tegangan akhir tendon baris ke dua akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I.....	102
Tabel 4.26	Kontrol tegangan pada <i>shear key</i>	120
Tabel 4.27	Perhitungan gaya pada <i>spalling zone</i>	122
Tabel 4.28	Perhitungan gaya akibat <i>jacking</i>	123
Tabel 4.29	Perhitungan kebutuhan tulangan sengkang <i>bursting zone</i>	123
Tabel 4.30	Kebutuhan tulangan melintang <i>bursting zone</i>	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Angkur <i>VSL</i> tipe <i>Sc LIVE END</i>	5
Gambar 2.2	Detail angkur <i>VSL</i> tipe <i>Sc LIVE END</i>	5
Gambar 2.3	Beban lajur “D”	15
Gambar 2.4	Alternatif penempatan beban “D” dalam arah memanjang	16
Gambar 2.5	Pembebanan truk “T”	17
Gambar 2.6	Respon spektrum untuk tanah keras, tanah sedang, tanah lunak dan batuan	19
Gambar 2.7	Ketebalan <i>web box girder</i>	20
Gambar 2.8	Ketebalan <i>top slab box girder</i>	20
Gambar 2.9	Ketebalan <i>side cantilever</i>	21
Gambar 2.10	Tipe segmen <i>box girder</i>	22
Gambar 2.11	Profil memanjang jembatan segmental	23
Gambar 2.12	Detail sambungan pada <i>segmental box girder</i>	24
Gambar 3.1	Peta lokasi studi perencanaan	25
Gambar 3.2	Diagram alir pengerjaan tugas akhir	29
Gambar 4.1	PC segmental <i>box girder</i> H-250	33
Gambar 4.2	Dimensi <i>box girder</i>	35
Gambar 4.3	Pembagian luasan <i>box girder</i>	36
Gambar 4.4	Penyebaran beban tumbukan pipa sandaran (<i>railing</i>).....	38
Gambar 4.5	Penyebaran gaya pada pembebanan tiang sandaran	40
Gambar 4.6	Penyebaran gaya pada dinding sandaran	43
Gambar 4.7	Penyebaran gaya pada trotoar	45
Gambar 4.8	Lokasi gempa	49
Gambar 4.9	Grafik respon spektra gempa untuk tanah sedang	50
Gambar 4.10	Diagram momen akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	52
Gambar 4.11	Diagram momen akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I	53
Gambar 4.12	Diagram momen akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I	53

Gambar 4.13	Posisi tendon rencana arah memanjang	56
Gambar 4.14	Posisi tendon pada $\frac{1}{2}$ bentang	56
Gambar 4.15	Posisi tendon pada $\frac{1}{4}$ bentang	57
Gambar 4.16	Posisi tendon pada tumpuan.....	57
Gambar 4.17	Diagram tegangan tendon baris pertama saat transfer akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	59
Gambar 4.18	Diagram tegangan tendon baris pertama saat layan akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	59
Gambar 4.19	Diagram tegangan tendon baris ke dua saat transfer akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	62
Gambar 4.20	Diagram tegangan tendon baris ke dua saat layan akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	63
Gambar 4.21	Diagram tegangan tendon baris pertama saat transfer akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I.....	65
Gambar 4.22	Diagram tegangan tendon baris pertama saat layan akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I.....	66
Gambar 4.23	Diagram tegangan tendon baris ke dua saat transfer akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I.....	68
Gambar 4.24	Diagram tegangan tendon baris ke dua saat layan akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I.....	69
Gambar 4.25	Diagram tegangan tendon baris pertama saat transfer akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I.....	71
Gambar 4.26	Diagram tegangan tendon baris pertama saat layan akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I.....	72
Gambar 4.27	Diagram tegangan tendon baris ke dua saat transfer akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I.....	74
Gambar 4.28	Diagram tegangan tendon baris ke dua saat layan akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I.....	75
Gambar 4.29	Pemodelan girder arah melintang dan posisi tendon	81

Gambar 4.30	Pemodelan girder arah memanjang.....	82
Gambar 4.31	Pemodelan girder arah melintang	82
Gambar 4.32	<i>Momen about horizontal axis (M3) entire bridge section</i> pada Kuat I.....	83
Gambar 4.33	<i>Shear vertical (V2) entire bridge section</i> akibat kombinasi pembebanan Kuat I	83
Gambar 4.34	Diagram momen arah melintang akibat kombinasi pembebanan Kuat I	84
Gambar 4.35	Diagram tegangan akhir tendon baris pertama saat transfer akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	85
Gambar 4.36	Diagram tegangan akhir tendon baris pertama saat layan akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	86
Gambar 4.37	Diagram tegangan akhir tendon baris ke dua saat transfer akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	88
Gambar 4.38	Diagram tegangan akhir tendon baris ke dua saat layan akibat kombinasi pembebanan Kuat I.....	89
Gambar 4.39	Diagram tegangan akhir tendon baris pertama saat transfer akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I	91
Gambar 4.40	Diagram tegangan akhir tendon baris pertama saat layan akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I	92
Gambar 4.41	Diagram tegangan akhir tendon baris ke dua saat transfer akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I	94
Gambar 4.42	Diagram tegangan akhir tendon baris ke dua saat layan akibat kombinasi pembebanan Ekstrem I	95
Gambar 4.43	Diagram tegangan akhir tendon baris pertama saat transfer akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I	97
Gambar 4.44	Diagram tegangan akhir tendon baris pertama saat layan akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I	98

Gambar 4.45	Diagram tegangan akhir tendon baris ke dua saat transfer akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I	100
Gambar 4.46	Diagram tegangan akhir tendon baris ke dua saat layan akibat kombinasi pembebanan Daya Layan I	101
Gambar 4.47	<i>Joint displacement</i>	107
Gambar 4.48	Letak lendutan maksimum pada pemodelan SAP 2000	108
Gambar 4.49	Detail tulangan <i>box girder</i>	115
Gambar 4.50	Letak pengunci joint antar segmen	116
Gambar 4.51	Potongan A-A	117
Gambar 4.52	Pembagian gaya pada <i>end block</i>	122

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar jembatan eksisting.....	130
Lampiran 2	Gambar jembatan rencana.....	131
Lampiran 3	Gambar jembatan arah memanjang	132
Lampiran 4	Gambar potongan melintang.....	133
Lampiran 5	Gambar posisi tendon arah memanjang, tendon pada potongan A-A dan tendon pada potongan B-B.....	134
Lampiran 6	Gambar posisi tendon arah memanjang dan tendon pada potongan C-C	135
Lampiran 7	Gambar detail penulangan tendon	136
Lampiran 8	Gambar penulangan barrier, sandaran dan trotoar.....	137
Lampiran 9	Gambar pengunci joint antar segmen	138
Lampiran 10	Gambar potongan A-A joint antar segmen	139
Lampiran 11	Gambar detail tumpuan A dan B	140
Lampiran 12	Gambar detail tendon.....	141
Lampiran 13	Brosur Wika beton	142
Lampiran 14	Spesifikasi <i>elastomeric bearing</i>	143
Lampiran 15	Spesifikasi <i>VSL Stressing Anchorage Type Sc Live End</i>	145
Lampiran 16	Spesifikasi <i>VSL Dead End Anchorage</i>	146
Lampiran 17	<i>Strand dan tendon properties</i>	147

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur transportasi, penghubung dua lokasi yang terpisah karena sungai, lembah, danau, jurang, kanal irigasi, rel kereta api dan sebagainya (Suangga dkk,2014).

Jembatan Pondok Nongko adalah jembatan penghubung Desa Sukojadi dan Desa Pondok Nongko yang berada di Kecamatan Kabat, Kabupaten Banyuwangi. Jembatan ini dibangun dengan gelagar beton yang terdiri dari dua segmen membentang sejauh ± 50 m dan ditopang pilar beton dibagian bawahnya.

Jembatan yang dibangun pada tahun 1990 ini mengalami beberapa kerusakan, yaitu melebarnya jarak sambungan di tengah jembatan akibat penurunan *pier* jembatan yang juga menyebabkan retak dan bergesernya abutment jembatan, rusaknya perkerasan jembatan, terdapat lubang berdiameter 25 cm ditengah bentang jembatan sehingga mengganggu nilai fungsional dan meningkatkan potensi runtuhnya jembatan.

Struktur atas utama Jembatan Pondok Nongko direncanakan ulang menggunakan *box girder* pracetak beton pratekan. Beton pratekan dipilih karena memiliki nilai ekonomis dari segi bahan, serta memiliki kemampuan layan (*serviceability*) yang tinggi (lin dan Burns, 1988). Struktur beton pratekan lebih ekonomis, karena pada beban dan bentang yang sama dapat digunakan profil girder yang lebih kecil (Chilmi, 2010). Dengan bentang 50 m, *box girder* merupakan pilihan untuk tipe girder jembatan (Nawy, 2001). Sementara pracetak dipilih karena penggantian dan pemeriksaan tendon dimungkinkan, instalasi tendon memanjang lebih mudah, perlindungan korosi tendon yang baik, berkurangnya beban mati, tidak ada kerugian akibat gesekan, kekuatan prategang dapat diubah setelah konstruksi (Rombach, 2002).

Studi perencanaan jembatan ini diharapkan bisa digunakan sebagai acuan pekejaan di lapangan yang dinilai lebih efektif dan efisien. Selain itu juga sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan bahan dan desain struktur Jembatan Pondok Nongko nantinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka diperoleh rumusan masalah yaitu, bagaimana desain struktur atas jembatan *box girder* beton prategang yang aman untuk Jembatan Pondok Nongko, Kabupaten Banyuwangi?

1.3 Tujuan Penelitian

Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk mendesain ulang struktur atas jembatan Pondok Nongko, Kabupaten Banyuwangi sesuai dengan standar yang berlaku menggunakan *box girder* beton prategang.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Menambah wawasan tentang material beton pratekan.
2. Memahami dan mengaplikasikan metode perencanaan jembatan beton pratekan.
3. Dapat dijadikan sebagai solusi alternatif dalam menghadapi permasalahan jembatan dengan kondisi serupa.

1.5 Batasan masalah

Tugas akhir ini merencanakan struktur atas jembatan menggunakan *box girder* pracetak beton pratekan dengan metode pascatarik tanpa memperhitungkan hal-hal berikut:

1. Struktur bawah jembatan.
2. Tebal perkerasan dan desain jalan pendekat jembatan.
3. Pemilihan lokasi jembatan yang efisien.
4. Analisis biaya dan waktu pelaksanaan.
5. Metode pelaksanaan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Struktur jembatan pada tugas akhir ini didesain menggunakan *box girder*. *Box girder* dipilih karena memiliki momen inersia yang tinggi dalam kombinasi berat sendiri yang relatif ringan. Beton *box girder* umumnya dipadukan dengan sistem pratekan sehingga struktur akan selalu bersifat elastis dikarenakan beton tidak pernah mencapai tegangan tarik dan tendon tidak pernah mencapai titik plastisnya.

2.1 Sifat dan Karakteristik Material

Sifat dan karakteristik material untuk perencanaan jembatan disesuaikan dengan RSNI T-12-2004

2.1.1 Beton

a. Kekuatan Nominal

- 1) $f_c' \geq 30$ MPa;
- 2) $f_{ci} = 0,33 \sqrt{f_c'}$ MPa;
- 3) $f_{cf} = 0,6 \sqrt{f_c'}$ MPa.

b. Massa Jenis

$$w_c = 2400 \text{ kg/m}^3$$

2.1.2 Baja Prategang

a. Kekuatan Nominal

- 1) f_{pu} ditentukan dari hasil pengujian, atau sebesar mutu baja pada sertifikat fabrikasi resmi.
- 2) f_{py} ditentukan dari hasil pengujian atau dianggap sebagai berikut:
 - a) Untuk kawat baja prategang $= 0,75 f_{pu}$
 - b) Untuk semua kelas strand dan tendon baja bulat $= 0,85 f_{pu}$

b. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas baja prategang (E_p), bisa diambil sebesar:

- 1) Untuk kawat tegang-lepas $= 200 \times 10^3$ MPa;
- 2) Untuk strand tegang-lepas $= 195 \times 10^3$ MPa;

3) Untuk baja ditarik dingin dengan kuat tarik tinggi = 170×10^3 MPa.

c. Jenis-Jenis Baja Prategang

Edward G. Nawy (2001) menyebutkan bahwa baja prategang dapat berbentuk strands yang terdiri atas beberapa kawat yang dipuntir membentuk elemen tunggal dan batang-batang bermutu tinggi seperti dalam Tabel 2.1. Strand standar untuk beton prategang ditunjukkan pada Tabel 2.2 dan detail strand 7 kawat yang dipadatkan untuk beton prategang ditunjukkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.1 Kawat-kawat untuk beton prategang

Diameter nominal (in.)	Kuat tarik minimum (psi)		Tegangan minimum pada ekstensi 1% (psi)	
	Tipe BA	Tipe WA	Tipe BA	Tipe WA
0,192		250.000		212.500
0,196	240.000	250.000	204.000	212.500
0,250	240.000	240.000	204.000	204.000
0,276	235.000	235.000	199.750	199.750

(Sumber: Nawy, 2001)

Tabel 2.2 Strand standar untuk beton prategang

Diameter nominal strand (in.)	Kuat patah strand (min. lb)	Luas baja nominal strand (in.2)	Berat nominal strand (lb/1000 ft)*	Beban minimum pada ekstensi 1% (lb)
MUTU 250				
¼ (0,250)	9.000	0,036	122	7.650
5/16 (0,313)	14.500	0,058	197	12.300
3/8 (0,375)	20.000	0,080	272	17.000
7/16 (0,438)	27.000	0,108	367	23.000
½ (0,500)	36.000	0,144	490	30.600
3/5 (0,600)	54.000	0,216	737	45.900
MUTU 270				
3/8 (0,375)	23.000	0,085	290	19.550
7/16 (0,438)	31.000	0,115	390	26.350
½ (0,500)	41.300	0,153	520	35.100
3/5 (0,600)	58.600	0,217	740	49.800

*100.000 psi = 689,5 MPa

0,1 in = 2,54 mm, 1 in² = 45 mm²

Berat: kalikan dengan 1,49 untuk mendapatkan berat dalam kg per 1000 m
1000 lb = 4448 N

(Sumber: Nawy, 2001)

Tabel 2.3 Strand 7 kawat yang dipadatkan untuk beton prategang

Diameter nominal strand (in.)	Kuat patah strand (min. lb)*	Luas baja nominal strand (in ²)	Berat nominal strand (/1000 ft-lb)*
½	47.000	0,174	600
0,6	67.440	0,256	873
0,7	85.430	0,346	1176

*1000 lb = 4448 N

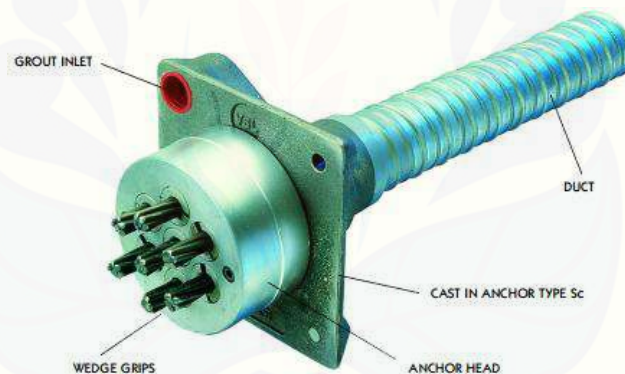
Mutu 270: kuat ultimit $f_{pu} = 270.000$ psi (1862 MPa)

1 in = 25,4 mm, 1 in² = 245 mm²

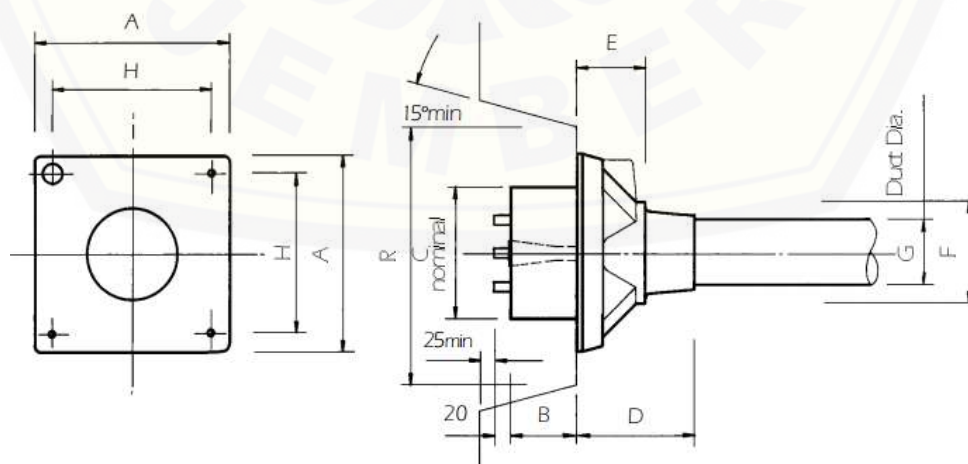
(Sumber: Nawy, 2001)

2.1.3 Angkur

Angkur yang dipakai adalah angkur VSL tipe *Sc LIVE END*, seperti pada Gambar 2.1, dengan gambar detail sesuai Gambar 2.2 dan spesifikasi sesuai Tabel 2.4.



Gambar 2.1 Angkur VSL tipe *Sc LIVE END* (Sumber: VCL Cat, 2003)



Gambar 2.2 Detail angkur VSL tipe *Sc LIVE END* (Sumber: VCL Cat, 2003)

Tabel 2.4 Detail angkur VSL tipe Sc LIVE END

		Dimensi (mm)								
	Tendon Unit	A	B	C	D	E	F	G Int. Dia.	H	R
STRAND TYPE 12,7 mm	5-7	165	57	120	100	60	85	51	125	275
	5-12	215	54	160	160	84	120	69	151	320
	5-19	265	66	180	210	110	145	84	200	360
	5-27	315	92	220	250	160	176	96	250	360
	5-31	315	92	230	250	161	175	105	250	360
	5-42	390	112	290	346	168	217	118	325	650
	5-55	465	142	320	340	160	250	135	400	750
STRAND TYPE 15,2 mm	6-7	215	54	140	160	85	120	69	150	320
	6-12	265	66	180	210	110	145	84	200	360
	6-19	315	92	220	250	160	175	96	250	360
	6-27	370	107	250	320	160	200	115	305	650
	6-31	390	112	270	340	160	217	118	325	650
	6-42	465	142	320	340	160	250	135	400	750
	6-55	600	190	360	1070	120	294	154	520	900

Catatan: Dimensi R tidak memungkinkan pemeriksaan daya angkat
(Sumber: VCL Cat, 2003)

2.1.4 Baja Nonprategang

Di dalam daerah transfer balok pascatarik, tulangan transversal diperlukan untuk mencegah runtuhnya daerah ujung akibat retak beton sebagai akibat dari tegangan tarik transversal yang sering kali melebihi kekuatan tarik beton. Sifat-sifat baja nonprategang yang digunakan pada tumpuan sesuai Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Sifat-sifat tulangan nonprategang

Ukuran Batang	Batang Tulangan					
	Lazim A.S.			Metrik		
	Diameter Nominal (in)	Luas Nominal (in ²)	Berat Nominal (lb/ft)	Diameter Nominal (mm)	Luas Nominal (mm ²)	Berat Nominal (kg/m)
3	0,375	0,11	0,376	9,525	71	0,560
4	0,500	0,20	0,663	12,700	129	0,994
5	0,625	0,31	1,043	15,875	200	1,552
6	0,750	0,44	1,502	19,050	284	2,235
7	0,875	0,60	2,044	22,225	387	3,042
8	1,000	0,79	2,670	25,400	510	3,973
9	1,128	1,00	3,400	28,651	645	5,060
10	1,270	1,27	4,303	32,258	819	6,404
11	1,410	1,56	5,313	35,814	1006	7,907
14	1,693	2,25	7,650	43,002	1452	11,385
18	2,257	400	13,600	57,328	2581	20,240

(Sumber: Ned dan Burn, 1996)

2.2 Beton Prategang

2.2.1 Pengertian Beton Prategang

Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal yang besar (akibat *stressing*) dan distribusi gaya prategang sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal (Lin dan Burns, 1996). Sedangkan menurut Dirjen Bina Marga (2011) beton prategang merupakan beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban kerja.

2.2.2 Keuntungan Beton Prategang

Menurut Hadipratomo (2007) dalam bukunya *Struktur Beton Prategang*, beton memiliki beberapa keuntungan, yaitu:

- a. Terhindar dari retak terbuka di daerah tarik, sehingga lebih tahan terhadap korosif,
- b. Kedap air, sehingga cocok untuk pipa dan tangki,
- c. Kerena direncanakan melawan lendutan sebelum beban rencana bekerja, maka lendutan akhirnya akan lebih kecil dibandingkan dengan beton bertulang,
- d. Penampang struktur lebih kecil atau langsing, sebab seluruh luasan penampang dipakai secara efektif,
- e. Jumlah baja prategang jauh lebih kecil daripada berat besi beton biasa,
- f. Ketahanan geser balok dan ketahanan puntirnya bertambah. Sehingga struktur dengan bentang panjang tetap langsing.

Semenjak beton prategang difabrikasi dan dapat digunakan untuk bentang yang lebih besar, beton prategang lebih bersaing terhadap baja daripada beton bertulang. Beton lebih mempunyai keuntungan, seperti tahan kebakaran, memiliki sifat isolator yang tinggi, membutuhkan pemeliharaan yang rendah dan lain sebagainya (Hadipratomo,2007).

2.2.3 Sistem Prategang

Menurut T.Y Lin dan Ned H. Burn (1996) dalam bukunya *Design of Prestressed Concrete*, metode yang biasanya dipakai untuk memberikan prategang pada beton struktural adalah dengan menarik baja ke arah longitudinal dengan alat penarik yang berbeda-beda. Sistem prategang yang akan digunakan

pada tugas akhir ini adalah sistem pascatarik. Sistem pascatarik dipilih karena metode ini biasa digunakan untuk beton pracetak serta balok segmental dengan bentang yang panjang.

Dalam sistem pascatarik (*post-tension*), strand, kawat-kawat, atau batang-batang ditarik sesudah beton mengeras. Strand diletakkan di dalam saluran longitudinal di dalam elemen beton pracetak. Sementara tendon berupa strand tidak boleh dilekatkan atau disuntik sebelum terjadinya prategang penuh (Nawy, 2001).

2.2.4 Kehilangan Gaya Prategang

Dalam bukunya *Prestressed Concrete*, Edward G. Nawy (2001) menjelaskan bahwa gaya prategang awal yang diberikan pada elemen beton mengalami proses reduksi yang progresif selama waktu kurang lebih lima tahun. Kehilangan prategang dibagi atas dua waktu yaitu, kehilangan elastis segera dan kehilangan prategang jangka panjang. Pada beton prategang pascatarik terdiri atas.

a. Kehilangan Elastis Segera

1. Perpendekan Elastis

Pada metode pascatarik yang hanya menggunakan tendon tunggal, tidak ada kehilangan akibat perpendekan elastis beton. Jika menggunakan lebih dari satu tendon, kehilangan gaya prategang akan ditentukan oleh kabel pertama yang ditarik dan memakai harga setengahnya untuk mendapatkan harga rata-rata perpendekan elastis. Perpendekan elastis pada metode pascatarik ditentukan dengan persamaan sebagai berikut,

$$ES = \frac{n.T_i}{Ac} \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan,

ES = kehilangan gaya prategang

Ec = modulus elastisitas beton

Es = modulus elastisitas baja prategang

f_c' = tegangan baja ditempat baja prategang

T_i = gaya prategang awal

n = rasio modulus elastisita (Es / Ec)

2. Kehilangan pada sistem angkur, antara lain akibat slip angkur

Besarnya slip pada pengangkuran ini tergantung pada tipe baji pada pengangkuran dan tegangan tendon. Slip dipengangkuran besarnya rata-rata mencapai 2,5 mm. besarnya perpanjangan total tendon diperoleh dengan persamaan,

$$\Delta L = \frac{f_{pi}}{ES} L \dots\dots\dots(2.2)$$

dan besarnya kehilangan prategang akibat slip diperoleh dari persamaan,

$$ANC = \frac{S_{rata-rata}}{\Delta L} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan,

ANC = kehilangan gaya perategang akibat slip angkur

ΔL = deformasi pada angkur

f_{pi} = tegangan pada tendon

ES = kehilangan gaya prategang

L = panjang tendon

$S_{rata-rata}$ = harga rata-rata slip angkur

3. Kehilangan akibat gesekan sepanjang tendon

Kehilangan prategang akibat gesekan pada tendon dipengaruhi oleh pergerakan selongsong (*wobble*) tendon prategang dan kelengkungan tendon.

Untuk tendon tipe 7 wire strand pada selongsong fleksibel, harga koefisien wobble $K = 0,0016-0,0066$ dan koefisien kelengkungan $\mu = 0,15-0,25$, yang ditunjukkan dalam Tabel 2.6. Kehilangan gaya prategang total sepanjang tendon akibat gesekan sepanjang tendon dihitung dengan persamaan,

$$f_{Pf} = f_1 \cdot e^{-(\mu\alpha+KL)} \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan,

f_1 = tegangan awal

α = sudut pada tendon

μ = koefisien gesekan

K = koefisien wobble

L = panjang tendon prategang

Tabel 2.6 Koefisien-koefisien gesekan untuk tendon pascatarik

Tipe Tendon	Koefisien Wobble (K) Tiap Meter	Koefisien Kelengkungan (μ)
Tendon pada selubung Logam fleksibel :		
- Tendon kawat	0,0033-0,0049	0,15 – 0,25
- Strand dengan untaian 7 kawat	0,0016-0,0066	0,15 – 0,25
- Baja mutu tinggi	0,0003-0,0020	0,08 – 0,30
Tendon pada selubung logam kaku		
- Strand dengan untaian 7 kawat	0,0007	0,15 – 0,25
Tendon yang diminyaki terlebih dahulu		
- Tendon kawat dan strand dengan untaian 7 kawat	0,001 - 0,0066	0,05 – 0,15
Tendon yang diberi lapisan mastic		
- Tendon kawat dan strand dengan untaian 7 kawat	0,0033 - 0,0066	0,05 – 0,15

Sumber: Lyn & Burns, 1988

b. Kehilangan Jangka Panjang

Kehilangan jangka panjang merupakan kehilangan prategang akibat dari pengaruh waktu, meliputi:

1) Rangkak (*creep*)

Untuk struktur dengan lekatan yang baik antara tendon dan beton. Kehilangan tegangan akibat rangkak dapat diperhitungkan dengan persamaan,

$$CR = K_{cr} \frac{E_s}{E_c} (f_{ci} - f_{cd}) \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan,

CR = kehilangan prategang akibat rangkak (*creep*)

K_{cr} = koefisien rangkak, yang besarnya

pratarik = 2,0

pascatarik = 1,6

E_s = modulus elastis baja prategang

E_c = modulus elastis beton

f_{ci} = tegangan beton pada posisi/level baja prategang sesaat setelah transfer gaya prategang

f_{cd} = tegangan beton pada pusat berat tendon akibat beban mati

2) Susut pada Beton

Kehilangan tegangan akibat penyusutan beton dapat dihitung dengan persamaan,

$$SH = \epsilon_{sh} \cdot K_{sh} \cdot E_s \dots \dots \dots (2.6)$$

dengan

SH = kehilangan tegangan pada tendon akibat penyusutan beton

E_s = modulus elastisitas baja prategang modulus elastisitas baja prategang

K_{sh} = koefisien penyusutan, yang ditentukan terhadap waktu antara akhir pengecoran dan saat pemberian gaya prategang, sesuai Tabel 2.6

ε_{sh} = susut efektif yang dapat dicari dengan persamaan,

$$\epsilon_{sh} = 8,2 \times 10^{-6} \left(1 - 0,06 \frac{V}{S} \right) (100 - RH) \dots \dots \dots (2.7)$$

dengan,

V = volume beton dari suatu komponen struktur beton prategang

S = luas permukaan dari komponen struktur beton prategang

RH = kelembaban udara relatif

Tabel 2.7 Koefisien susut

Selisih waktu antara pengecoran dan prategang (hari)	1	3	5	7	10	20	30	60
K _{sh}	0,92	0,85	0,80	0,77	0,73	0,64	0,58	0,45

Sumber: Lyn & Burns, 1988

3) Relaksasi Baja Prategang

Pengurangan gaya prategang akibat relaksasi baja tergantung pada lamanya waktu berjalan dan rasio antara gaya prategang awal (f_{pi}) dan prategang akhir (f_{py}). Besarnya kehilangan tegangan pada baja prategang akibat relaksasi baja prategang dapat dihitung dengan persamaan,

$$RE = C [K_{re} - J(SH + CR + ES)] \dots \dots \dots (2.8)$$

dengan,

- RE = kehilangan prategang akibat relaksasi baja prategang
- C = faktor relaksasi yang besarnya tergantung pada jenis kawat/baja prategang, seperti pada Tabel 2.9 dan Tabel 10
- K_{re} = koefisien relaksasi, harganya berkisar 41 – 138 N/mm², seperti dalam Tabel 2.8
- J = faktor waktu, harganya berkisar antara 0,05 – 0,15, seperti dalam Tabel 2.8
- SH = kehilangan tegangan akibat penyusutan beton
- CR = kehilangan tegangan akibat rangkakan (*creep*) beton
- ES = kehilangan tegangan akibat perpendekan elastis

Tabel 2.8 Nilai-nilai K_{re} dan J

Tipe tendon	K_{re}	J
<i>Strand</i> atau kawat <i>stress-relieved</i> derajat 1860 MPa	138	0,15
<i>Strand</i> atau kawat <i>stress-relieved</i> derajat 1720 MPa	128	0,14
Kawat <i>stress-relieved</i> derajat 1655 MPa atau 1620 MPa	121	0,13
<i>Strand</i> relaksasi-rendah derajat 1860 MPa	35	0,040
Kawat relaksasi-rendah derajat 1720 MPa	32	0,037
Kawat relaksasi-rendah derajat 1655 MPa atau 1620 MPa	30	0,035
Batang <i>stress-relieved</i> derajat 1000 MPa atau 1100 MPa	41	0,05

Sumber: Lyn & Burns, 1988

Tabel 2.9 Nilai C

f _{pi} / f _{pu}	<i>Strand</i> atau kawat <i>stress-relieved</i>	Batang <i>stress-relieved</i> atau <i>Strand</i> atau kawat relaksasi Rendah
0,80		1,28
0,79		1,22
0,78		1,16
0,77		1,11
0,76		1,05
0,75	1,45	1,00
0,74	1,36	0,95
0,73	1,27	0,90
0,72	1,18	0,85
0,71	1,09	0,80

Sumber: Lyn & Burns, 1988

Tabel 2.10 Nilai C (lanjutan)

fpi / fpu	Strand atau kawat stress-relieved	Batang stress-relieved atau Strand atau kawat relaksasi Rendah
0,70	1,00	0,75
0,69	0,94	0,70
0,68	0,89	0,66
0,67	0,83	0,61
0,66	0,78	0,57
0,65	0,73	0,53
0,64	0,68	0,49
0,63	0,63	0,45
0,62	0,58	0,41
0,61	0,53	0,37
0,60	0,49	0,33

Sumber: Lyn & Burns, 1988

2.3 Jembatan

2.3.1 Pembebanan pada Jembatan

Pembebanan yang diterapkan mengacu kepada SNI 1725:2016 mengenai pembebanan untuk jembatan. Pembebanan pada struktur jembatan dibagi atas:

a. Beban Permanen

Beban jembatan merupakan kumpulan berat setiap komponen struktural dan nonstruktural. Beratnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Berat isi untuk beban mati

Bahan	Berat isi (KN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
lapisan permukaan beraspal (<i>nituminous wearing surface</i>)	22,0	2245
Besi Tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8 - 22,7	1920-2351
beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
beton ringan (<i>low density</i>)	12,25 - 19,6	1250-2000
Beton	f _c < 35 Mpa 35 < f _c < 105 Mpa	22,0-25,0 2320
Baja (<i>steel</i>)	22 + 0,022 f _c	2240+2,29 f _c
Kayu (<i>ringan</i>)	78,5	7850
Kayu keras (<i>hard wood</i>)	7,8	800
	11,0	1125

Sumber: SNI 1725-2016

1) Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian-bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap. Adapun faktor beban yang digunakan untuk berat sendiri dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Faktor beban untuk berat sendiri

Tipe Beban	Faktor beban (γ_{MS})			
	Keadaan batas layan (γ_{MS}^S)	Keadaan batas ultimit (γ_{MS}^U)		
	Bahan	Biasa	Terkurangi	
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Alumunium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor ditempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

Sumber: SNI 1725-2016

2) Beban Mati Tambahan/ Utilitas (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Nilai faktor beban mati tambahan yang berbeda dengan ketentuan pada Tabel 2.13 boleh digunakan dengan persetujuan instansi berwenang.

Tabel 2.13 Faktor beban untuk beban mati tambahan

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MA})			
	Keadaan batas layan (γ_{MA}^S)	Keadaan batas layan (γ_{MA}^U)		
	Keadaan	Biasa	Terkurangi	
Tetap	Umum	1,00 ⁽¹⁾	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80

Catatan⁽¹⁾ : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas (Sumber: SNI 1725-2016)

Semua jembatan harus direncanakan untuk bisa memikul beban tambahan yang berupa aspal beton setebal 50 mm untuk pelapisan kembali dikemudian hari kecuali ditentukan lain oleh instansi yang berwenang.

b. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas terdiri dari beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jembatan sementara beban truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana.

1) Beban Lajur “D” (TD)

Beban lajur “D” terdiri dari beban terbagi rata yang digabung dengan beban garis seperti pada Gambar 2.3, sementara alternatif penempatan beban “D” dalam arah memanjang ditunjukkan dalam Gambar 2.4. Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban lajur “D” seperti pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Faktor beban untuk beban lajur “D”

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban (γ_{TD})	
		Keadaan batas layan (γ_{TD}^S)	Keadaan batas layan (γ_{TD}^U)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder baja	1,00	2,00

Sumber: SNI 1725-2016

a) Beban terbagi rata mempunyai intensitas q kPa dengan besar q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut:

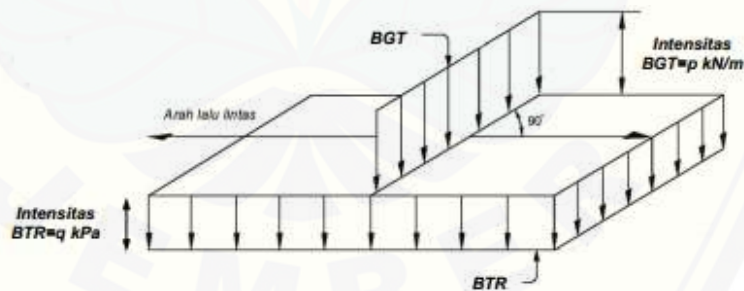
Jika $L \leq 30$ m : $q = 9,0$ kPa.....(2.9)

Jika $L > 30$ m : $q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right)$ kPa.....(2.10)

dengan,

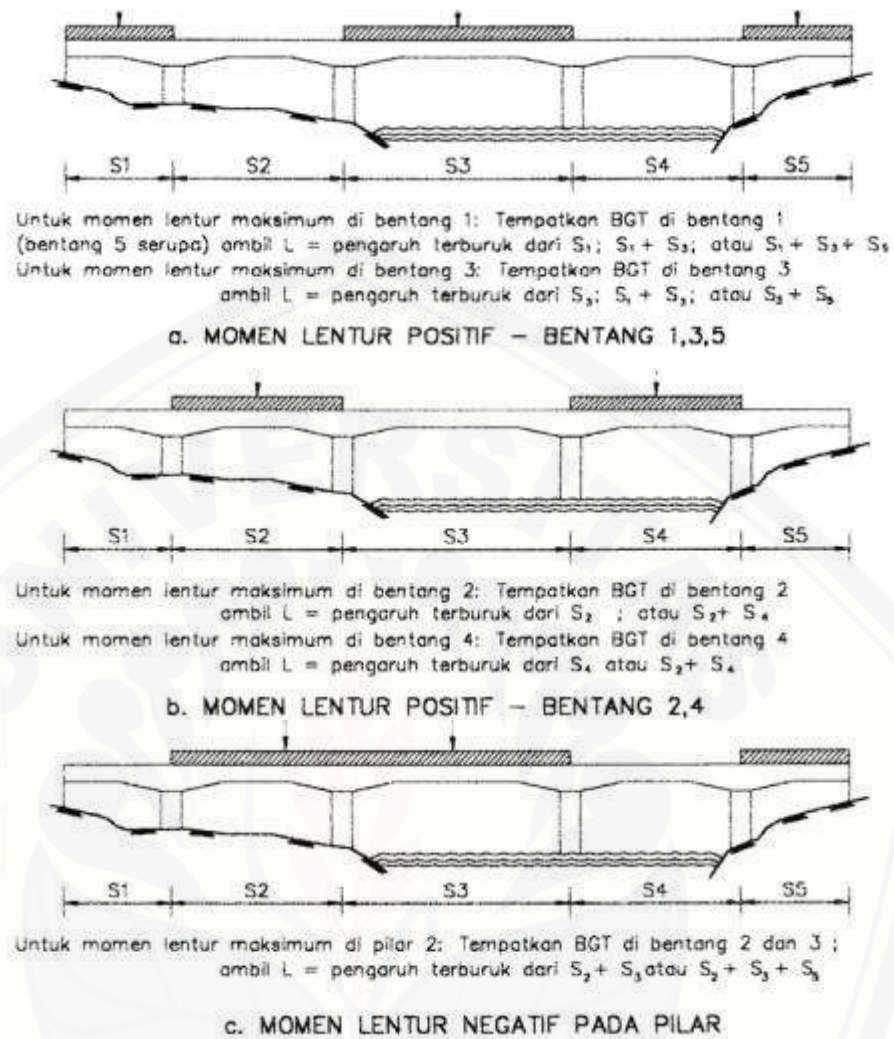
q = intensitas beban terbagi rata dalam arah memanjang jembatan (kPa)

L = panjang total jembatan yang dibebani (meter)



Gambar 2.3 Beban lajur “D” (Sumber: SNI 1725-2016)

b) Beban garis terpusat dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m.



Gambar 2.4 Alternatif penempatan beban “D” dalam arah memanjang (Sumber: SNI 1725-2016)

2) Beban Truk “T”

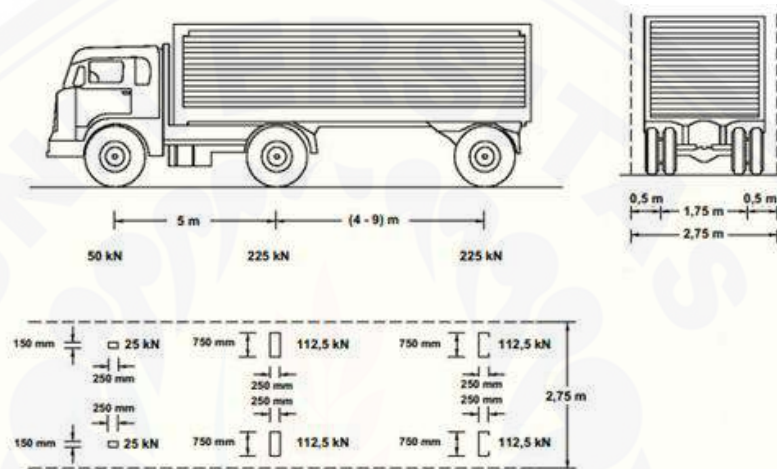
Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”, beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai. Adapun faktor beban untuk beban truk “T” seperti terlihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Faktor beban untuk beban “T”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TT}^S)	Keadaan Batas Layan (γ_{TT}^U)
Transien	Beton	1,00	1,00
	Box girder baja	1,00	2,00

Sumber: SNI 1725-2016

Pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat seperti terlihat dalam Gambar 2.5. Berat dari tiap-tiap gandar disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar bisa berubah-ubah dari 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.



Gambar 2.5 Pembebanan truk “T” (500 kN) (Sumber: SNI 1725-2016)

3) Gaya Rem (TB)

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

- a) 25 % dari berat kendaraan truk desain atau,
- b) 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata.

Gaya rem ditempatkan di semua lajur rencana yang dimuati sesuai dan berisi lalu lintas yang sama. Gaya ini diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm di atas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan.

4) Gaya Sentrifugal (TR)

Untuk tujuan menghitung gaya radial atau efek guling dari beban roda, pengaruh gaya sentrifugal pada beban hidup harus diambil sebagai hasil kali dari berat gandar truk rencana dengan faktor C sebagai berikut:

$$C = f \frac{V^2}{gR_t} \dots \dots \dots (2.11)$$

dengan,

V = kecepatan rencana jalan raya (m/detik)

f = faktor dengan nilai $4/3$ untuk kombinasi beban selain keadaan batas tarik dan $1,0$ untuk keadaan batas fatik

g = percepatan gravitasi, $9,8$ (m/detik)

R_t = jari-jari kelengkungan lalu lintas (m)

5) Pembebanan untuk Pejalan Kaki (TP)

Semua komponen trotoar yang lebih besar dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan.

c. Faktor Lingkungan

Aksi lingkungan meliputi pengaruh temperatur, angin, banjir, gempa dan penyebab-penyebab alamiah lainnya. Aksi lingkungan yang diperhitungkan dalam pembebanan jembatan yaitu

1) Beban Angin

Beban angin diasumsikan terdistribusi merata pada permukaan yang terekspos oleh angin. Luas area yang diperhitungkan adalah luas semua komponen termasuk sistem lantai dan railing yang diambil tegak lurus terhadap arah angin.

Tekanan angin diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (V_B) sebesar 90 hingga 126 km/jam.

a) Beban Angin pada Struktur (EW_S)

Dengan tidak adanya data lebih tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \dots\dots\dots(2.12)$$

dengan,

P_B = tekanan angin dasar seperti yang ditentukan dalam Tabel 2.16

P_D = tekanan angin rencana

V_{DZ} = tekanan angin rencana pada elevasi rencana

V_B = tekanan angin rencana

Tabel 2.16 Tekanan angin dasar

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom, pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

Sumber: SNI 1725 2016

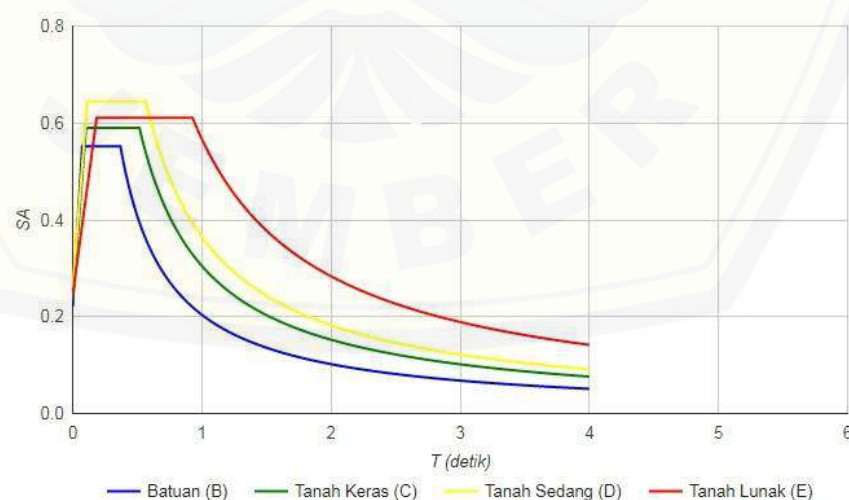
Gaya total beban angin tidak boleh diambil kurang dari 4,4 kN/mm pada bidang tekan dan 2,2 kN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung, serta tidak kurang dari 4,4 kN/mm pada balok atau gelagar.

b) Beban Angin pada Kendaraan (EW_L)

Tekanan angin pada kendaraan diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm di atas permukaan jalan.

2) Pengaruh Gempa

Pengaruh gempa menggunakan data respon spektrum, pada Gambar 2.6 ditunjukkan grafik respons untuk tanah keras, sedang, lunak dan batuan wilayah Kabupaten Banyuwangi, yang didapat dari data perhitungan aplikasi desain spektral Indonesia oleh Pusat Penelitian Pengembangan Pemukiman Kementerian Pekerjaan Umum.



Gambar 2.6 Respons spektrum untuk tanah keras, sedang, lunak dan batuan (Sumber: PUSKIM-PU, 2011)

2.3.2 Jembatan *Box Girder*

Struktur utama jembatan akan didesain menggunakan *box girder* dengan langkah sebagai berikut:

a. Tafsiran tinggi *box girder*

Dalam buku *Construction and Design of Prestressed Concrete Segmental Bridges* (Walter dan Muller, 1982), tinggi balok (h) dapat dihitung dengan persamaan:

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{30} \dots \dots \dots (2.13)$$

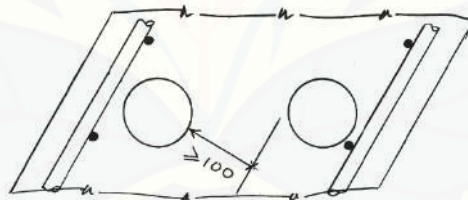
Nilainya maksimum antara

$$\frac{1}{18}L \sim \frac{1}{20}L \dots \dots \dots (2.14)$$

b. Ketebalan minimum *Web Box Girder* sebesar

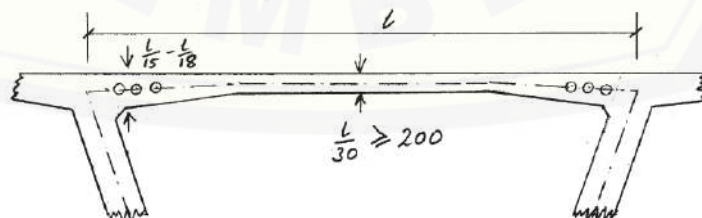
- 1) 300 mm jika terdapat saluran
- 2) Penempatan *post tension* tendon di bagian badan *box*
- 3) Pada jarak 350 mm, terdapat angkur tendon yang ditempatkan di badan *box*

Pada Gambar 2.7 ditunjukkan ketebalan web dari *box girder*.



Gambar 2.7 Ketebalan *web box girder* (sumber: Benaim, 2008)

c. Ketebalan minimum *Top Slab Box Girder*



Gambar 2.8 Ketebalan *top slab box girder* (sumber: Benaim, 2008)

Pada Gambar 2.8 ditunjukkan konfigurasi ketebalan *top slab*. Penentuan ketebalan minimum top flange digunakan lebar antara badan *box girder*. Pemakaian tebal badan *box girder* ada tugas akhir ini sebagai berikut

$$t = \frac{L}{30} \geq 200 \dots \dots \dots (2.15)$$

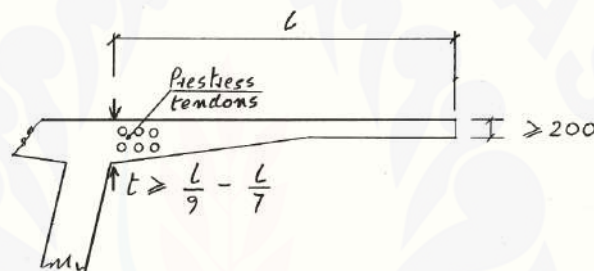
Untuk ketebalan pelat di daerah pertemuan dengan *web* adalah

$$t = \frac{L}{15} \text{ hingga } t = \frac{L}{18} \dots \dots \dots (2.16)$$

d. Ketebalan minimum *Bottom Slab Box Girder*

Tebal pelat disyaratkan 1/20 jarak antar web atau 1/15 jarak antar web dan tidak boleh kurang dari 200 mm.

e. Ketebalan *Side cantilever*



Gambar 2.9 Ketebalan *Side cantilever* (sumber: Benaim, 2008)

Pada Gambar 2.9 ditunjukkan *geometry of side cantilever*. Ketebalan minimum pelat kantilever tidak boleh kurang dari 200 mm, sehingga diambil 250 mm dengan pertimbangan ada *sound barrier* di ujung kantilever. Untuk ketebalan pelat di daerah pertemuan dengan web tidak boleh kurang dari 1/9 panjang kantilever.

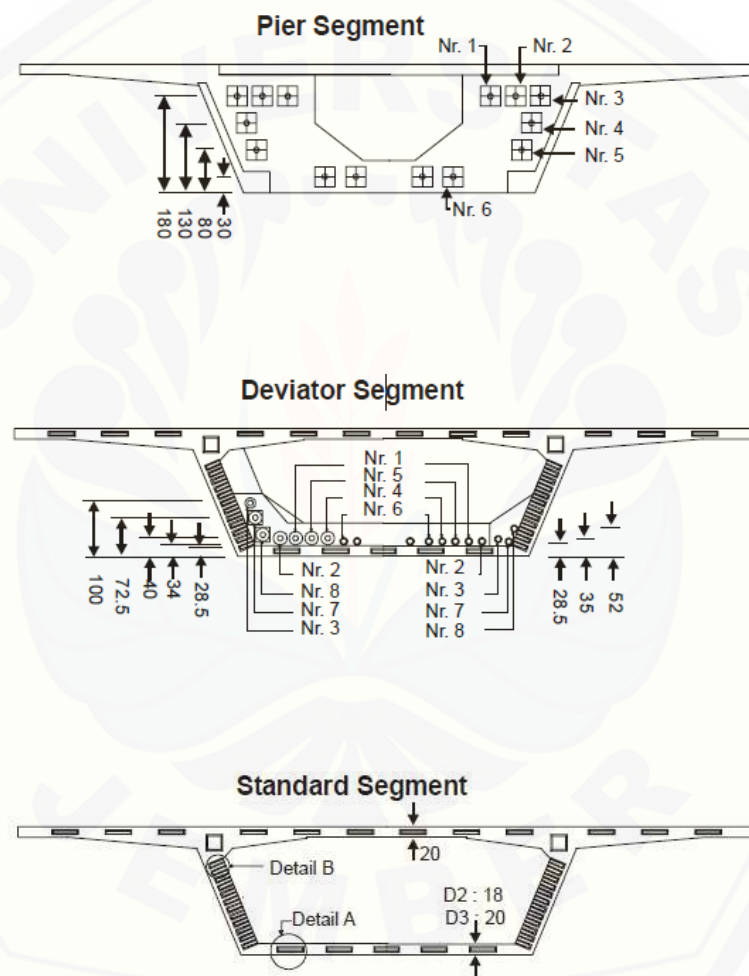
2.3.3 Precast Segmental Box Girder

Sebuah jembatan segmental *box girder* terdiri dari segmen-segmen pracetak maupun cor ditempat yang dipratakan bersama-sama oleh tendon (Sumber: Rombach, 2002).

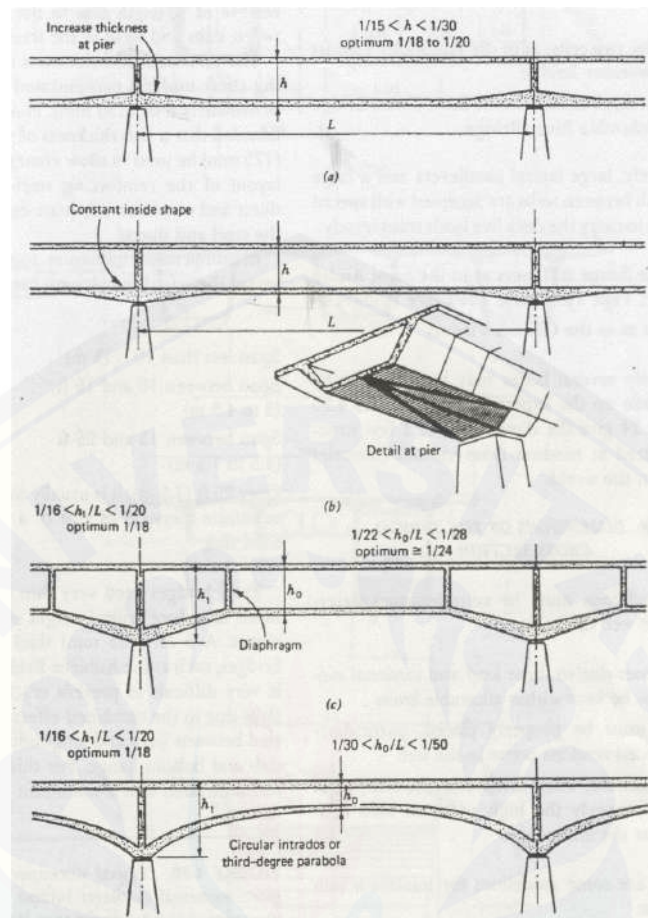
a. Elemen Struktural Jembatan Segmental *Box Girder*

Jembatan segmental seharusnya dibangun seperti struktur bentang tunggal untuk menghindari adanya sambungan kabel *post-tension*. Sehubungan dengan adanya eksternal *post-tension* maka diperlukan tiga macam segmen yang berbeda pada Gambar 2.10, diantaranya (Sumber: Rombach, 2002):

- 1) *Pier Segment*: Bagian ini terletak tepat diatas abutment dan memerlukan diafragma yang kokoh untuk dapat memperkaku *box girder*. Selain itu berfungsi sebagai bidang pengankuran dari tendon pratekan
- 2) *Deviator segment*: Bagian ini dibutuhkan untuk pengaturan deviasi tendon.
- 3) *Standard segment*: Dimensi standar *box girder* yang digunakan.



Gambar 2.10 Tipe segmen *Box Girder* (Sumber: Rombach, 2002)

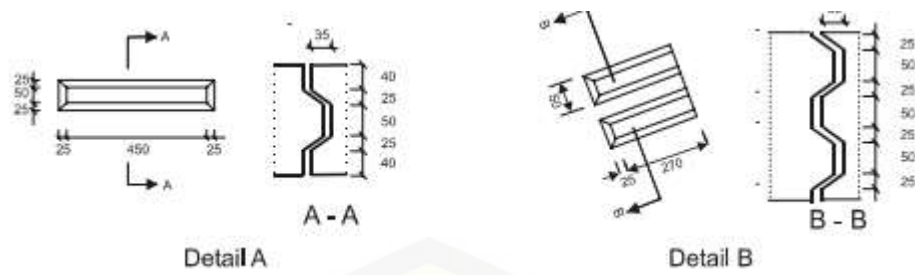


Gambar 2.11 Profil memanjang untuk jembatan segmental (a) Kedalaman konstan (b) Kedalaman semi konstan (c) *Straight haunches* (d) Kedalaman berbeda (Sumber: Rombach, 2002)

Dari profil memanjang jembatan segmental yang ditunjukkan pada Gambar 2.11, perencanaan tugas akhir ini menggunakan tipe (a) yaitu kedalaman konstan (*constant depth*).

b. Desain Elemen Sambungan

Sambungan pada jembatan segmental telah dirancang sesuai dengan rekomendasi AASHTO. Detail sambungan dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Detail sambungan pada *segmental box girder* (Sumber: Rombach, 2002)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Data dan Literatur

3.1.1 Lokasi Penelitian

Jembatan Pondok Nongko yang akan direncanakan, berada di aliran Sungai Macan Putih, yang menghubungkan Desa Pondok Nongko dan Desa Sukojadi. Peta lokasi studi perencanaan terdapat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta lokasi studi perencanaan (Sumber: Google Maps, 2017)

3.1.2 Data Perencanaan

Jembatan Pondok Nongko akan direncanakan menggunakan *box girder* prategang dengan bentang menerus. Adapun data yang digunakan adalah:

Nama Jembatan	: Jembatan Pondok Nongko
Lokasi Jembatan	: Kec. Kabat, Kab Banyuwangi
Fungsi Jembatan	: Jalan raya umum
Bentang Jembatan	: 50 meter
Lantai Kendaraan	: 2 lajur 1 arah
Lebar lajur lalu lintas	: 2 x 3,5 meter
Lebar trotoar	: 2 x 1 meter
Lebar melintang jembatan	: 9 meter
Konstruksi atas	
a. Struktur atas	: Beton prategang

- b. Plat lantai jembatan : Lapis aspal

3.1.3 Literatur

Dalam penyusunan tugas akhir ini digunakan beberapa referensi yaitu:

- a. Peraturan Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan (RSNI T-12-2004), Badan Standarisasi Nasional
- b. Peraturan Pembebanan Jembatan (SNI 1725-2016), Badan Standarisasi Nasional
- c. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)
- d. *The Design of Prestressed Concrete Bridges*, Robert Benaim
- e. Desain Struktur Beton Prategang, T.Y. Lin Ned dan H. Burn
- f. Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar, Edward G. Nawy
- g. *Construction and Design of Prestressed Concrete Segmental Bridges*, Walter Podolny Jr. dan Jean Muller.

3.2 Tahap Perencanaan

Perencanaan jembatan ini akan dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut:

3.2.1 Tahap Persiapan Penelitian

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Tahap persiapan penelitian meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

- a. Penjabaran maksud dan tujuan penelitian,
- b. Penyiapan metodologi penelitian,
- c. *Check list* kebutuhan pelaksanaan penelitian,
- d. Kajian awal hasil studi kepustakaan dan perencanaan terkait.

3.2.2 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dimaksud meliputi:

- a. Data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dengan cara melakukan penelitian di lapangan. Dalam penelitian ini, data primer yang dimaksud

adalah *survey* inventarisasi Jembatan Pondok Nongko, meliputi: panjang bentang jembatan, lebar jalur perkerasan dan trotoar, dan tinggi jagaan.

b. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber-sumber lain seperti; buku referensi, studi pustaka, serta data-data yang diperoleh dari instansi terkait.

3.2.3 Preliminary Design

Pada tahap ini, dilakukan penentuan bentuk, dimensi dan material untuk struktur sekunder maupun struktur utama. Sistem prategang yang digunakan adalah sistem prategang pascatarik. Pemilihan tendon baja didasarkan pada ketersediaan bahan dipasaran. Untuk mutu bahan ditetapkan sesuai dengan yang umum dipasaran.

3.2.4 Perhitungan Struktur Sekunder

Perhitungan struktur sekunder ini meliputi perencanaan pipa sandaran, tiang sandaran, dinding sandaran, dan trotoar. Perhitungan ini dilakukan untuk memperoleh desain yang sesuai dengan standar yang berlaku, sehingga struktur sekunder tetap aman.

3.2.5 Perhitungan Pembebanan Jembatan

Setelah ditentukan ukuran dan bentuk penampang, maka tahap selanjutnya adalah perhitungan pembebanan. Beban-beban yang dihitung meliputi berat sendiri girder atau beban mati, beban mati tambahan, beban lalu lintas, dan aksi lingkungan berdasarkan Standar Nasional Indonesia 1725-2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan.

3.2.6 Analisis Struktur Jembatan

Analisi struktur jembatan dilakukan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang bekerja, meliputi momen lentur dan geser yang ditimbulkan akibat beban yang bekerja. Gaya-gaya dalam yang bekerja kemudian digambarkan dalam bentuk diagram untuk mempermudah perhitungan.

3.2.7 Analisa Penampang

Analisa penampang dilakukan untuk mengetahui tegangan kerja yang dialami penampang girder akibat gaya prategang dan beban kerja. Kemudian

tegangan penampang tersebut dikontrol terhadap tegangan ijin yang telah ditetapkan dalam peraturan untuk memperoleh penampang girder yang aman dan kuat dalam menahan beban.

3.2.8 Perhitungan Kehilangan Prategang

Kehilangan gaya prategang diperhitungkan berdasarkan teori dalam Bab 2. Besarnya kehilangan prategang kemudian dikontrol sesuai Standar Nasional Indonesia agar diperoleh desain jembatan yang aman.

3.2.9 Perencanaan Terhadap Geser

Selain didesain terhadap lentur, girder beton prategang juga didesain terhadap pengaruh geser. Perhitungan perencanaan geser dihitung sesuai teori pada Bab 2.

3.2.10 Perhitungan Lendutan

Perhitungan lendutan dihitung berdasarkan beban kerja dan gaya prategang. Untuk memperoleh desain jembatan yang aman dan nyaman, lendutan yang terjadi dikontrol terhadap lendutan ijin yang telah disyaratkan dalam peraturan.

3.2.11 Perencanaan Tulangan

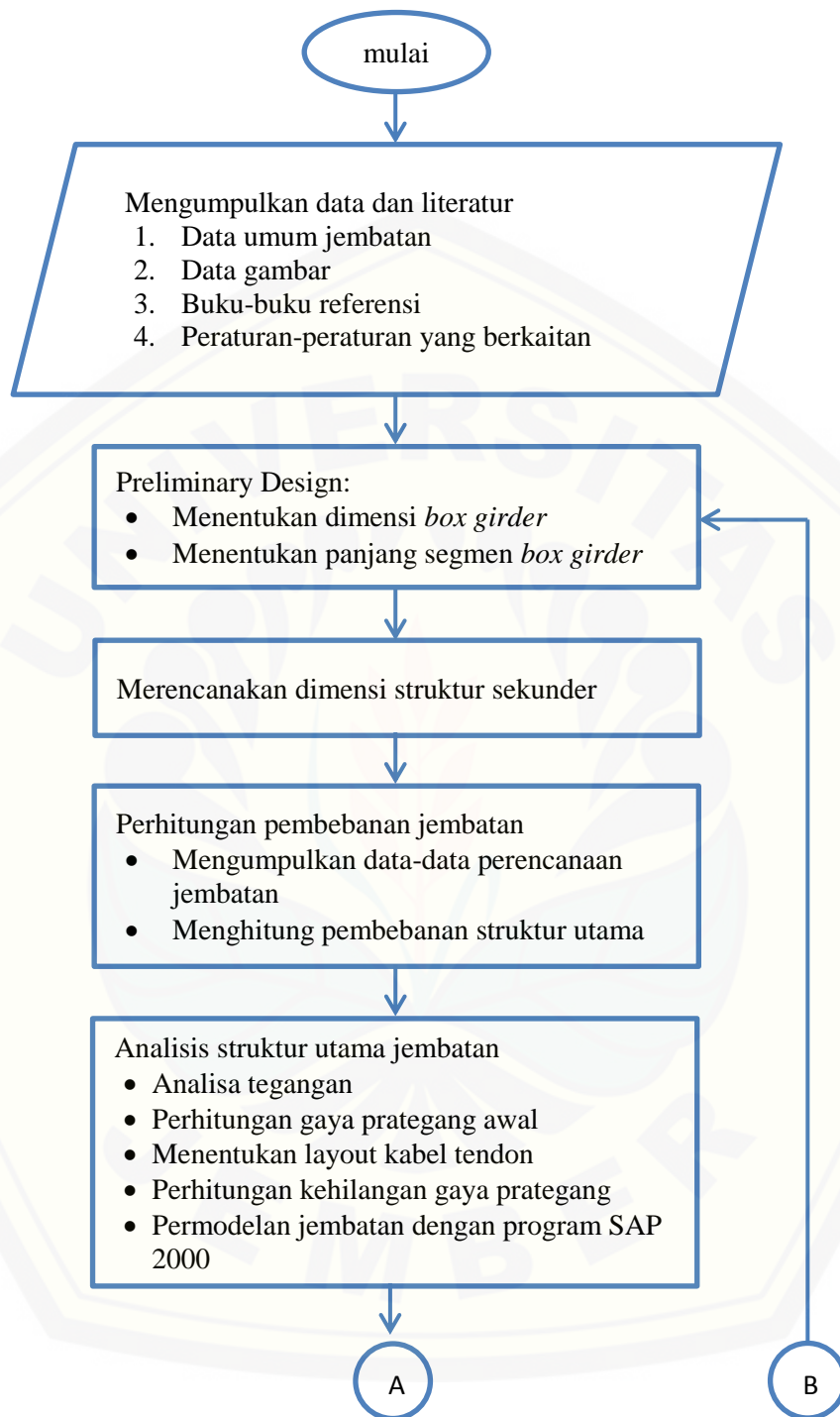
Pada perencanaan tulangan ditentukan tulangan girder yang digunakan baik tulangan memanjang maupun tulangan sengkangnya.

3.2.12 Penggambaran Detail Elemen Jembatan

Setelah semua perhitungan dan kontrol desain selesai, desain yang telah direncanakan kemudian digambarkan dalam bentuk gambar detail untuk memudahkan dalam pembacaan terkait desain jembatan.

3.3 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Dalam tugas akhir ini, akan direncanakan struktur Jembatan Pondok Nongko Banyuwangi dengan menggunakan *box girder* berbentuk trapesium yang menggunakan metode pracetak dan sistem pratekan pascatarik internal tendon. Bagan alir pengerjaan ditunjukkan pada Gambar 3.2.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh desain jembatan sebagai berikut:

1. Panjang jembatan adalah 50 m dengan lebar total 8,5 m.
2. Gelagar utama menggunakan *Precast Concrete Box Girder* setinggi 2,5 m dengan panjang span 2,5 m, dengan konstruksi beton pratekan $P_t = 24987$ kN dan menggunakan 4 tendon jenis 5-43 *wire super strands ASTM-A-416-06 grade 270*.
3. Sandaran terdiri dari dua buah pipa sandaran menggunakan profil Circullr Hollow Sections \varnothing 139.8 mm BJ 37 dengan tiang sandaran menggunakan profil baja WF 200.200.8.12 setinggi 50 cm dan dinding sandaran menggunakan beton bertulang dengan tebal 25 cm setinggi 50 cm.
4. Plat landas yang digunakan adalah baja dengan ukuran 10 x 10 x 1 cm dengan menggunakan 8 baut diameter 10 mm.
5. Trotoar menggunakan beton bertulangg dengan tebal 25 cm.
6. Kehilangan prategang yang terjadi adalah 15,439 %.
7. Lendutan total yang terjadi 53,585 mm ↓.

5.2 Saran

1. Hasil perencanaan ini dapat dijadikan salah satu alternatif desain jembatan Pondok Nongko, Kabupaten Banyuwangi.
2. Untuk perencanaan berikutnya dapat dilakukan perencanaan struktur bawah jembatan.
3. Perencanaan struktur atas jembatan dapat dilakukan dengan metode lain.
4. Dapat dilakukakan analisa efektifitas struktur atas jembatan menggunakan berbagai metode untuk memperoleh desain struktur jembatan yang paling efisien.

DAFTAR PUSTAKA

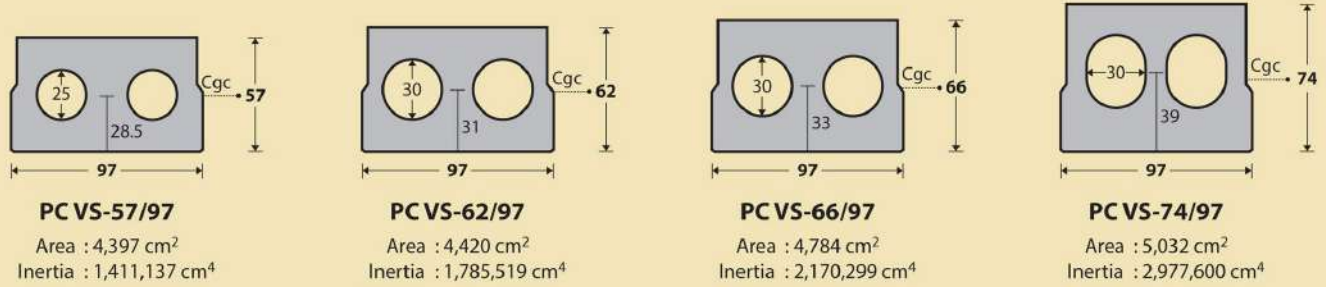
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*. RSNI T-12-2004. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 1726-2012. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *Pembebanan untuk Jembatan*. SNI 1725-2016. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Benaim, Robert. 2008. *The Design of Prestressed Concrete Bridges: Concepts and Principles*. USA and Canada: Taylor & Francis.
- Chilmi, Achmad Fitroni. 2010. *Perencanaan Jembatan Pratekan Pada Simpang Susun Akses Tol Surabaya-Mojokerto Di Sisi Mojokerto Dengan Balok Menerus I Girder*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Surabaya.
- Hadipratomo, Winarni. 2007. *Struktur Beton Pratekan*. Bandung: Nova.
- Lin, T.Y. dan N. H. Burns. 1982. *Design of Prestressed Concrete Structures*. Third Edition. USA: John iley & Sons, Inc. Terjemahan oleh D. Irawan M.C.E. 1996. *Desain Struktur Beton Prategang*. Edisi ketiga. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Lin, T.Y. dan N. H. Burns. 1982. *Design of Prestressed Concrete Structures*. Third Edition. USA: John iley & Sons, Inc. Terjemahan oleh Binsar dan Hariandja. 1997. *Desain Struktur Beton Prategang*. Edisi ketiga. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Nawy, E.G. 2001. *Prestressed Concrete*. Third Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Terjemahan oleh B. Suryoatmono. 2001. *Beton Prategang: Suatu Pendekatan Mendasar*. Edisi ke 3. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Nawy, E.G. 2001. *Prestressed Concrete*. Third Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Terjemahan oleh B. Suryoatmono. 2001. *Beton Prategang: Suatu Pendekatan Mendasar*. Edisi ke 3. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Peck, R. B., Hanson, W. E., dan Thornburn, T. H. 1974. *Foundation Engineering*. Second Edition. Urbana-Champaign: John Wiley & Sons, Inc. Terjemahan oleh Muslikh. *Teknik Pondasi*. Edisi kedua. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Rahmawati, C., Zainuddin, N. Safwanda, dan S. Is. 2014. Analysing the Route of PCI Girder-Type Prestressed Concrete Tendons. *International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN (Online): 2319-7064*
- Raju, Khrisna. 1988. *Prestressed Concrete*. Second Edition. Irak: McGraw-Hill, Inc. Editor Y. Sianipar. 1993. *Beton Prategang*. Cetakan kedua. Jakarta: Erlangga.
- Rombach, Ing. G. 2002. *Precast Segmental Box Girders External Prestressing: design and Construction*. INSA Rennes 1-15.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-729-2002)*. Jakarta: Erlangga.
- Suangga, M., I. Hidayat, dan B. Lutter. 2014. Condition Assessment of Bridge Girder a Result of Reduction Prestressing Force. *EPJ Web of Conferences*: 1-5
- Supriyadi, B. 1997. *Analisis Struktur Jembatan*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- Suyono, S. dan Masateru, T. 1984. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramitha
- Wium, D. J.W dan Buyukozturk, O. 1984. Precast Segmental Bridges – Status and Future Directions. *Civil Engineering for Practicing and Design Engineers* 3: 59-79.



LAMPIRAN

GIRDER SHAPE & DIMENSION | PC - VOIDED SLAB

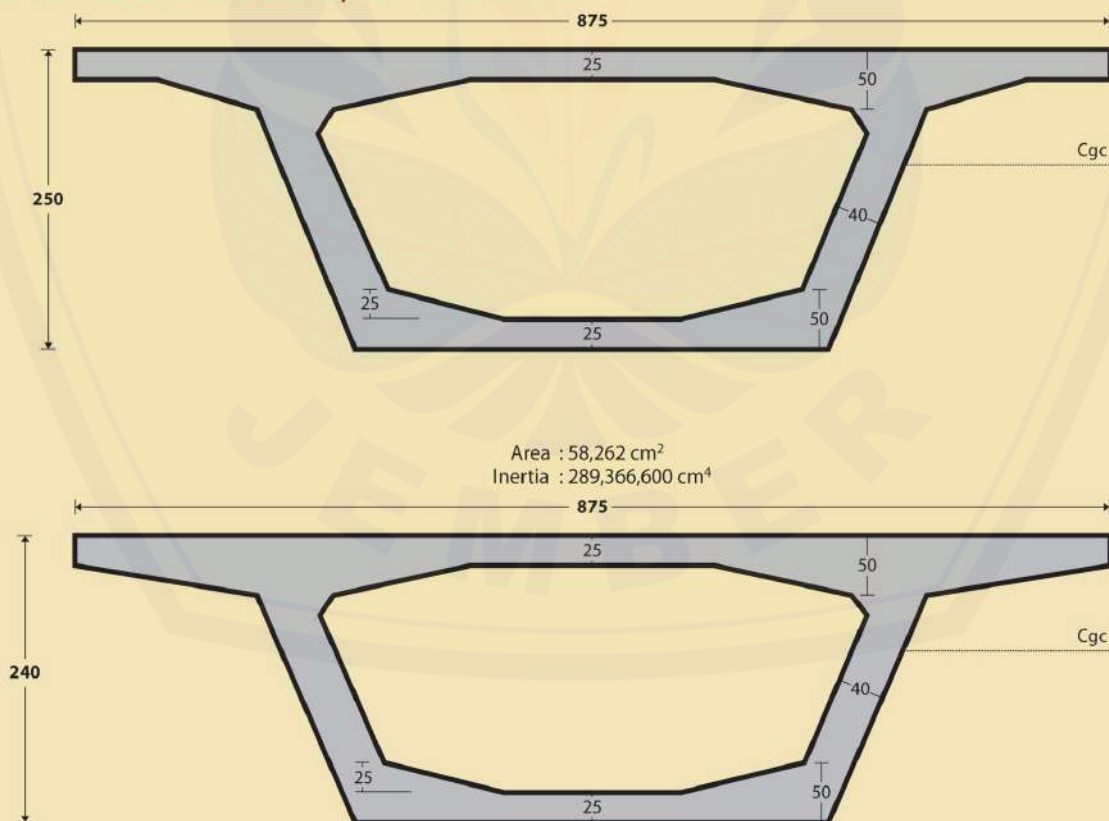


PRETENSION VOIDED SLAB SPECIFICATION

Span (m)	PCVS 57/97				PCVS 62/97				PCVS 66/97				PCVS 74/97			
	Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)	
	(cm / MPa)	V _{DL}	V _{LL}	Vult	(cm / MPa)	V _{DL}	V _{LL}	Vult	(cm / MPa)	V _{DL}	V _{LL}	Vult	(cm / MPa)	V _{DL}	V _{LL}	Vult
6	97 / 50	41	195	401	97 / 50	42	195	402	97 / 50	45	195	406	97 / 50	48	195	409
7	97 / 50	47	209	433	97 / 50	48	209	434	97 / 50	52	209	439	97 / 50	55	209	442
8	97 / 50	53	219	459	97 / 50	54	219	461	97 / 50	58	219	466	97 / 50	62	219	470
9	97 / 50	59	228	481	97 / 50	60	228	483	97 / 50	65	228	488	97 / 50	69	228	493
10	97 / 50	65	237	506	97 / 50	66	237	508	97 / 50	71	237	514	97 / 50	76	237	519
11	97 / 50	71	245	528	97 / 50	73	245	529	97 / 50	78	245	536	97 / 50	83	245	542
12					97 / 50	79	252	549	97 / 50	85	252	556	97 / 50	90	252	562
13									97 / 50	91	258	574	97 / 50	97	258	581
14													97 / 50	104	262	599
15													97 / 50	111	267	615
16													97 / 50	118	270	630

Note : Based on bridge load refer to RSNI T-02 2005 and assume bridge cross section parameter only 50mm asphaltic layer without over topping CIP Slab

SEGMENT SHAPE & DIMENSION | PC - BOX GIRDER



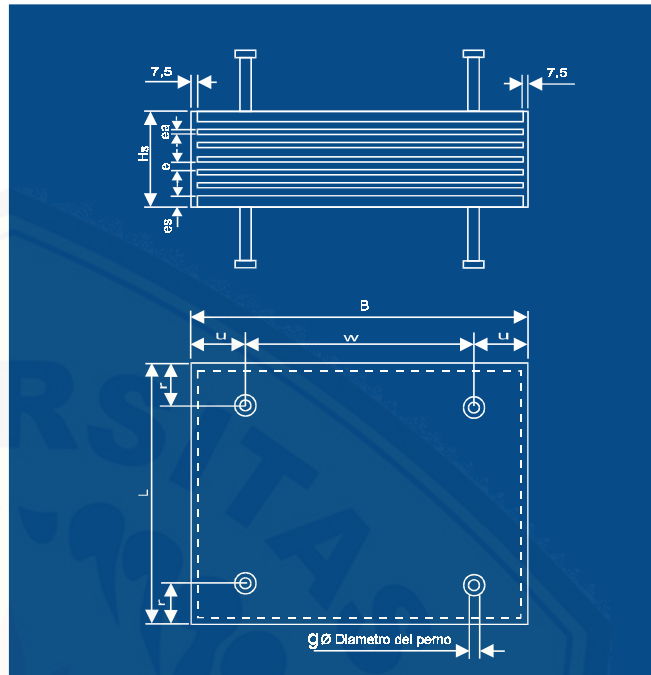
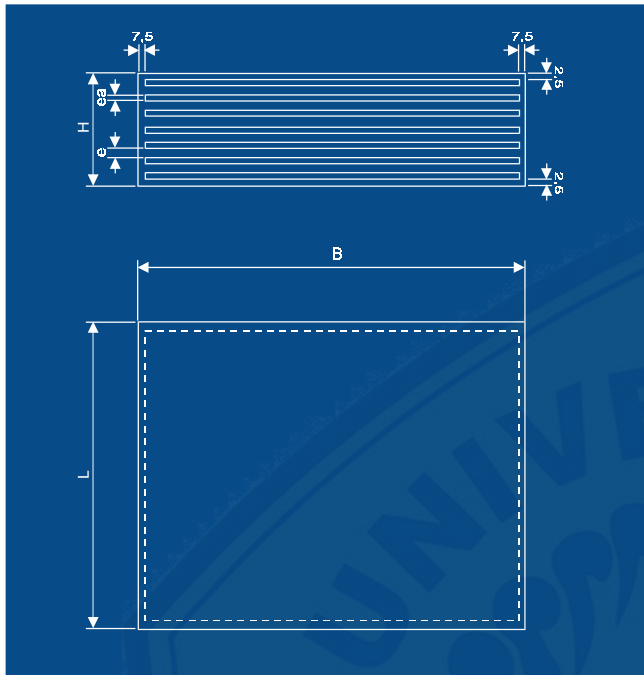
PC SEGMENTAL BOX GIRDER H-240

Area : 59,042 cm²
Inertia : 309,729,100 cm⁴

PC BOX GIRDER SPECIFICATION

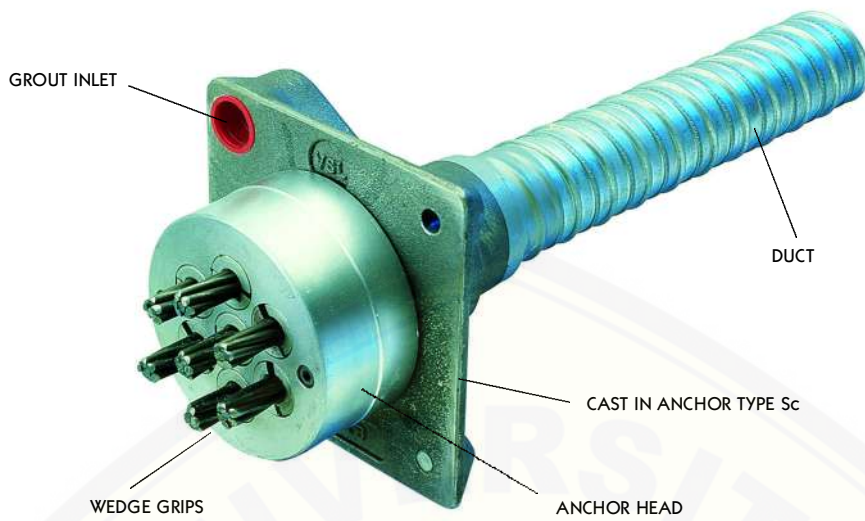
TYPE	SEGMENT LENGTH	NO. LANE	CASTING METHOD	LAUNCHING METHOD
PC BOX GIRDER H-250	2.4 to 3.0 m	2 traffic lane with 7 meter width	Short Line Method	Balanced Cantilever or Span by Span
PC BOX GIRDER H-240	2.4 to 2.7 m			

TYPE B y BS Rectangular reinforced bearings

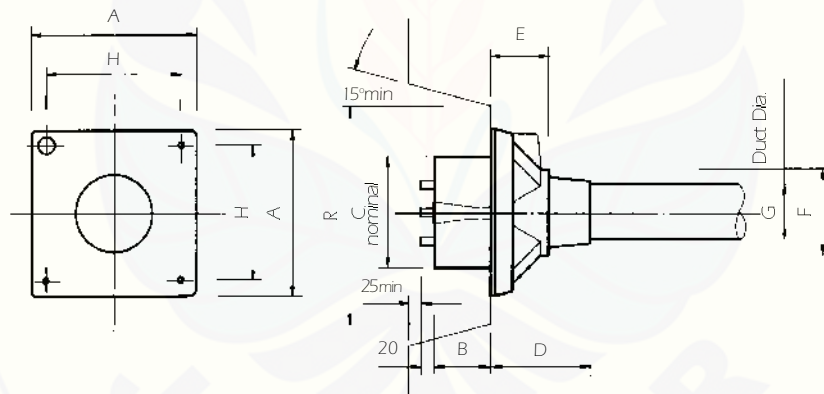


REFERENCE	LOAD		MAXIMUM HORIZONTAL LOAD C (Tn)	ROTATION			DIMENSIONS				Type B RECTANGULAR						Type BS RECTANGULAR											
	MAX. V (Tn)	UNIT. Kg/cm ²		L %	B %	L+B %	L (mm)	B (mm)	e (mm)	e _a (mm)	MAX. DISTORTION (mm)	n	E (mm)	N° STEEL LAYERS	H (mm)	WEIGHT (kg)	MAX. DISTORTION (mm)	n	N° STEEL LAYERS	E n x e (mm)	e _s (mm)	mg (mm)	g (mm)	r (mm)	u (mm)	w (mm)	H _s (mm)	WEIGHT (kg)
100x100x16	10	100	0.7	6	6	6	100	100	5	3	7.0	1	10	2	16	0.4	3.5	1	0	5	15	1	16	50	50		35	2.5
100x100x24				12	12	16					10.5	2	15	3	24	0.7	0.7	2	1	10							43	2.8
100x100x32				18	18	24					14.0	3	20	4	32	0.9	10.5	3	2	15							51	3.0
100x150x16	16	100	1.05	6	3	6.7	100	150	5	3	7.0	1	10	2	16	0.7	3.5	1	0	5	15	1	16	50	75		35	3.8
100x150x24				12	6	13.4					10.5	2	15	3	24	1.1	7.0	2	1	10							43	4.1
100x150x32				18	9	20.1					14.0	3	20	4	32	1.3	10.5	3	2	15							51	4.5
150x200x16	30	100	2.10	3	2	3.6	150	200	5	3	7.0	1	10	2	16	1.3	3.5	1	0	5	15	1	16	75	100		35	7.6
150x200x24				6	4	7.2					10.5	2	15	3	24	2.0	7.0	2	1	10							43	8.3
150x200x32				9	6	10.8					14.0	3	20	4	32	2.7	10.5	3	2	15							51	8.9
150x200x40				12	8	14.4					17.5	4	25	5	40	3.4	14.0	4	3	20							59	9.6
150x200x48				15	10	18					21.0	5	30	6	48	4.1	17.5	5	4	25							67	10.3
200x250x19	62	125	3.50	4	3	5	200	250	8	3	9.1	1	13	2	19	3.2	5.6	1	0	8	15	2	16	100	75	150	38	12.9
200x250x30				8	6	10					14.7	2	21	3	30	5	11.2	2	1	16							49	14.6
200x250x41				12	9	15					20.3	3	29	4	41	6.7	16.8	3	2	24							60	16.3
200x250x52				16	12	20					25.9	4	37	5	52	8.4	22.4	4	3	32							71	18.1
200x300x19	75	125	4.20	4	2	4.5	200	300	8	3	9.1	1	13	2	19	3.9	5.6	1	0	8	15	2	16	100	75	150	38	15.5
200x300x30				8	4	9.0					14.7	2	21	3	30	6	11.2	2	1	16							49	17.5
200x300x41				12	6	13.5					20.3	3	29	4	41	8	16.8	3	2	24							60	19.6
200x300x52				16	8	18.0					25.9	4	37	5	52	10.1	22.4	4	3	32							71	21.7
200x400x19	100	125	5.60	4	1.2	4.2	200	400	8	3	9.1	1	13	2	19	5.2	5.6	1	0	8	15	2	16	100	80	240	38	20.6
200x400x30				8	2.4	6.4					14.7	2	21	3	30	8	11.2	2	1	16							49	23.4
200x400x41				12	3.6	12.6					20.3	3	29	4	41	10.7	16.8	3	2	24							60	26.1
200x400x52				16	4.8	16.8					25.9	4	37	5	52	13.5	22.4	4	3	32							71	28.9
250x400x19	125	125	7.00	3	1.2	3.2	250	400	8	3	9.1	1	13	2	19	6.5	5.6	1	0	8	20	2	22	125	80	240	48	35
250x400x30				6	2.4	6.4					14.7	2	21	3	30	9.9	11.2	2	1	16							59	38
250x400x41				9	3.6	9.6					20.3	3	29	4	41	13.4	16.8	3	2	24							70	42
250x400x52				12	4.8	12.8					25.9	4	37	5	52	16.9	22.4	4	3	32							81	45
250x400x63				15	6.0	16.0					31.5	5	45	6	63	20.3	28.0	5	4	40							92	49
300x300x19	135	150	6.30	2.0	2.0	2.8	300	300	8	3	9.1	1	13	2	19	5.8	5.6	1	0	8	20	2	22	150	75	150	48	31
300x300x30				4.0	4.0	5.6					14.7	2	21	3	30	8.9	11.2	2	1	16							59	35
300x300x41				6.0	6.0	8.4					20.3	3	29	4	41	12.1	16.8	3	2	24							70	38
300x300x52				8.0	8.0	11.2					25.9	4	37	5	52	15.0	22.4	4	3	32							81	41
300x300x63				10.0	10.0	14.0					31.5	5	45	6	63	18.0	28.0	5	4	40							92	44
300x400x19	180	150	8.40	2.0	1.2	2.3	300	400	8	3	9.1	1	13	2	19	7.8	5.6	1	0	8	20	2	22	150	80	240	48	42
300x400x30				4.0	2.4	4.6					14.7	2	21	3	30	11.9	11.2	2	1	16							59	46
300x400x41				6.0	3.6	6.9					20.3	3	29	4	41	16.1	16.8	3	2	24							70	50
300x400x52				8.0	4.8	9.2					25.9	4	37	5	52	20.2	22.4	4	3	32							81	54
300x400x63				10.0	6.0	11.2					31.5	5	45	6	63	24.4	28.0	5	4	40							92	59
300x400x74				12.0	7.5	13.8					37.1	6	53	7	74	28.5	33.6	6	5	48							103	63
300x400x85				14.0	8.4	16.1					42.7	7	61	8	85	33	39.2	7	6	56							114	67
350x400x24	210	150	9.80	2.9	2.2	3.6	350	400	11	4	11.2	1	16	2	24	11.8	7.7	1	0	11	20	2	22	175	80	240	51	50
350x400x39				5.8	4.4	7.2					18.9	2	27	3	39	18.4	15.4	2	1	22							66	56
350x400x54				8.7	6.6	10.8					26.6	3	38	4	54	24.9	23.1	3	2	33							81	63
350x400x69				11.6	8.8	14.4					34.3	4	49	5	69	31	30.8	4	3	44							96	69
350x400x84				14.5	11.0	18.0					42.0	5	60	6	84	38	38.5	5	4	55							111	76
350x400x99				17.4	13.2	21.6					49.7	6	71	7	99	44	46.2	6	5	66							126	82
350x450x24	235	150	11.03	2.9	1.8	3.4	350	450	11	4	11.2	1	16	2	24	13.3	7.7	1	0	11	20	4	19	80	80	290	51	56
350x450x39				5.8	3.6	6.8					18.9	2	27	3	39	20.7	15.4	2	1	22							66	63
350x450x54				8.7	5.4	10.2					26.6	3	38	4	54	28	23.1	3	2	33							81	70
350x450x69				11.6	7.2	13.6					34.3	4	49	5	69	35	30.8	4	3	44							96	78
350x450x84				14.5	9.0	17.0					42.0	5	60	6	84	43	38.5	5	4	55							111	85
350x450x99				17.4	10.8	20.4					49.7	6	71	7	99	50	46.2	6	5	66							126	92
400x400x24	240	150	11.20	2.2	2.2	3.1	400	400	11	4	11.2	1	16	2	24	13.5	7.7	1	0	11	20	4	19	80	80	240	51	57
400x400x39				4.4	4.4	6.2					18.9	2	27	3	39	21	15.4	2	1	22							66	64
400x400x54				6.6	6.6	9.3					26.6	3	38	4	54	28.4	23.1	3	2	33							81	72
400x400x69				8.8	8.8	12.4					34.3	4	49	5	69	36	30.8	4	3	44							96	79
400x400x84				11.0	11.0	15.5					42.0	5	60	6	84	43	38.5	5	4	55							111	86
400x400x99				13.2	13.2	18.6					49.7	6	71	7	99	51	46.2	6	5	66							126	94

REFERENCE	LOAD		MOMENT FOR BORTALLOAD • C (Tn)	ROTATION			DIMENSIONS				Type B RECTANGULAR						Type BS RECTANGULAR											
	MAX.	UNIT		L	B	L+B	L	B	e	e _a	MAX. DISTORTION (mm)	n	E (mm)	N ^o STEEL LAYERS	H (mm)	WEIGHT (kg)	MAX. DISTORTION (mm)	n	N ^o STEEL LAYERS	E (mm)	e _s	mg	g	r	u	w	Hs	WEIGHT (kg)
	V (Tn)	Kg/cm ²		%	%	%	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
350x500x24	263	150	12.25	2.9	1.4	2.6	350	500	11	4	11.2	1	16	2	24	14.8	7.7	1	0	11	20	6	16	60	80	170	51	62
350x500x39				5.8	2.8	6.4					18.9	2	27	3	39	22.9	15.4	2	1	22							66	70
350x500x54				8.7	4.2	9.6					26.6	3	38	4	54	31	23.1	3	2	33							81	78
350x500x69				11.6	5.6	12.8					34.3	4	49	5	69	39	30.8	4	3	44							96	86
350x500x84				14.5	7.0	16.0					42.0	5	60	6	84	47	38.5	5	4	55							111	95
350x500x99				17.4	8.4	19.2					49.7	6	71	7	99	56	46.2	6	5	66							126	103
400x500x24	300	150	14.00	2.2	1.4	2.6	400	500	11	4	11.2	1	16	2	24	17	7.7	1	0	11	20	6	16	80	80	170	51	71
400x500x39				4.4	2.8	5.2					18.9	2	27	3	39	26.2	15.4	2	1	22							66	80
400x500x54				6.6	4.2	7.8					26.6	3	38	4	54	35	23.1	3	2	33							81	89
400x500x69				8.8	5.6	10.4					34.3	4	49	5	69	45	30.8	4	3	44							96	99
400x500x84				11.0	7.0	13.0					42.0	5	60	6	84	54	38.5	5	4	55							111	107
400x500x99				13.2	8.4	15.6					49.7	6	71	7	99	63	46.2	6	5	66							126	117
400x500x114				15.4	9.8	18.2					57.4	7	82	8	114	73	53.9	7	6	77							141	127
500x500x24	375	150	17.50	1.4	1.4	2	500	500	11	4	11.2	1	16	2	24	21.1	7.7	1	0	11	20	6	16	80	80	170	51	89
500x500x39				2.8	2.8	4					18.9	2	27	3	39	33	15.4	2	1	22							66	100
500x500x54				4.2	4.2	6					26.6	3	38	4	54	44	23.1	3	2	33							81	112
500x500x69				5.6	5.6	8					34.3	4	49	5	69	56	30.8	4	3	44							96	123
500x500x84				7.0	7.0	10					42.0	5	60	6	84	68	38.5	5	4	55							111	135
500x500x99				8.4	8.4	12					49.7	6	71	7	99	79	46.2	6	5	66							126	147
500x500x114				9.8	9.8	14					57.7	7	82	8	114	91	53.9	7	6	77							141	158
500x500x129				11.2	11.2	16					65.1	8	93	9	129	103	61.6	8	7	88							156	170
450x600x24	405	150	18.90	1.8	1.0	2.0	450	600	11	4	11.2	1	16	2	24	22.8	7.7	1	0	11	20	6	19	80	80	220	51	96
450x600x39				3.6	2.0	4.0					18.9	2	27	3	39	35	15.4	2	1	22							66	108
450x600x54				5.4	3.0	6.0					26.6	3	38	4	54	48	23.1	3	2	33							81	121
450x600x69				7.2	4.0	8.0					34.3	4	49	5	69	61	30.8	4	3	44							96	133
450x600x84				9.0	5.0	10.0					42.0	5	60	6	84	73	38.5	5	4	55							111	146
450x600x99				10.8	6.0	12.0					49.7	6	71	7	99	86	46.2	6	5	66							126	158
450x600x114				12.6	7.0	14.0					57.4	7	82	8	114	98	53.9	7	6	77							141	171
450x600x129				14.4	8.0	16.0					65.1	8	93	9	129	111	61.6	8	7	88							156	184
500x600x24	450	150	21.00	1.4	1.0	1.7	500	600	11	4	11.2	1	16	2	24	25.4	7.7	1	0	11	20	6	19	100	80	220	51	106
500x600x39				2.8	2.0	3.4					18.9	2	27	3	39	39	15.4	2	1	22							66	120
500x600x54				4.2	3.0	5.1					26.6	3	38	4	54	53	23.1	3	2	33							81	134
500x600x69				5.6	4.0	6.8					34.3	4	49	5	69	67	30.8	4	3	44							96	148
500x600x84				7.0	5.0	8.5					42.0	5	60	6	84	81	38.5	5	4	55							111	162
500x600x99				8.4	6.0	10.2					49.7	6	71	7	99	95	46.2	6	5	66							126	176
500x600x114				9.8	7.0	12.0					57.4	7	82	8	114	109	53.9	7	6	77							141	190
500x600x129				11.2	8.0	13.7					65.1	8	93	9	129	123	61.6	8	7	88							156	204
500x600x144				12.6	9.0	15.4					72.8	9	104	10	144	137	69.3	9	8	99							171	218
600x700x30	630	150	29.40	1.8	1.4	2.3	600	700	15	5	14.0	1	20	2	30	44	10.5	1	0	15	25	6	26	150	80	270	65	177
600x700x50				3.6	2.8	4.6					24.5	2	35	3	50	70	21.0	2	1	30							85	202
600x700x70				5.4	4.2	6.9					35.0	3	50	4	70	95	31.5	3	2	45							105	227
600x700x90				7.2	5.6	9.2					45.5	4	65	5	90	120	42.0	4	3	60							125	253
600x700x110				9.0	7.0	11.5					56.0	5	80	6	110	145	52.5	5	4	75							145	278
600x700x130				10.8	8.4	13.8					66.5	6	95	7	130	170	63.0	6	5	90							165	303
600x700x150				12.6	9.8	16.1					77.0	7	110	8	150	196	73.5	7	6	105							185	328
600x700x170				14.4	11.2	18.4					87.5	8	125	9	170	221	84.0	8	7	120							205	354
600x700x227				16.2	12.6	20.7					94.5	9	140	10	227	271	94.5	9	8	135							225	379
700x700x30	735	150	34.30	1.4	1.4	2.0	700	700	15	5	14.0	1	20	2	30	52	10.5	1	0	15	25	6	26	175	80	270	65	206
700x700x50				2.8	2.8	4.0					24.5	2	35	3	50	81	21.0	2	1	30							85	236
700x700x70				4.2	4.2	6.0					35.0	3	50	4	70	111	31.5	3	2	45							105	265
700x700x90				5.6	5.6	8.0					45.5	4	65	5	90	140	42.0	4	3	60							125	295
700x700x110				7.0	7.0	10.0					56.0	5	80	6	110	169	52.5	5	4	75							145	324
700x700x130				8.4	8.4	12.0					66.5	6	95	7	130	199	63.0	6	5	90							165	354
700x700x150				9.8	9.8	14.0					77.0	7	110	8	150	228	73.5	7	6	105							185	383
700x700x170				11.2	11.2	16.0					87.5	8	125	9	170	258	84.0	8	7	120							205	442
700x700x190				12.6	12.6	18.0					98.0	9	140	10	190	287	94.5	9	8	135							225	442
700x800x30	840	150	39.20	1.4	1.0	1.7	700	800	15	5	14.0	1	20	2	30	60	10.5	1	0	15	25	6	26	175	100	300	65	236
700x800x50				2.8	2.0	3.4					24.5	2	35	3	50	93	21.0	2	1	30							85	270
700x800x70				4.2	3.0	5.1					35.0	3	50	4	70	126	31.5	3	2	45							105	303
700x800x90				5.6	4.0	6.8					45.5	4	65	5	90	160	42.0	4	3	60							125	337
700x800x110				7.0	5.0	8.5					56.0	5	80	6	110	194	52.5	5	4	75							145	370
700x800x130				8.4	6.0	10.2					66.5	6	95	7	130	227	63.0	6	5									

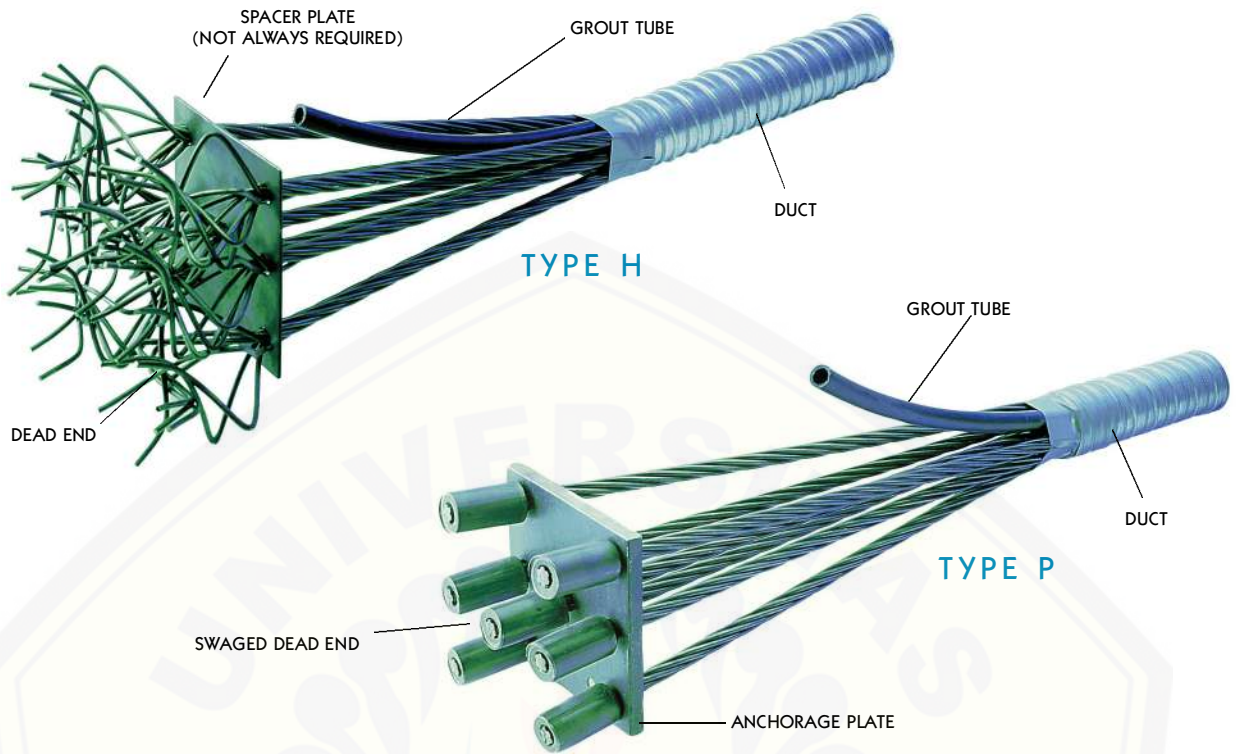


VSL STRESSING ANCHORAGE TYPE Sc LIVE END

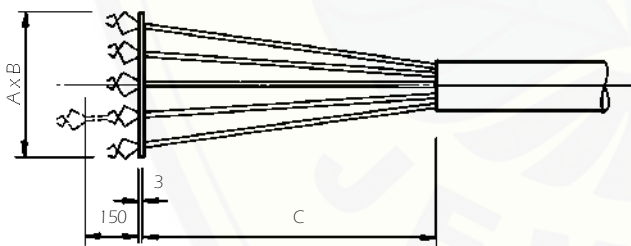


DIMENSIONS (mm)										
	TENDON UNIT	A	B	C	D	E	F	G Int. Dia.	H	R
STRAND TYPE 12.7mm	5-7	165	57	120	100	60	85	51	125	275
	5-12	215	54	160	160	84	120	69	151	320
	5-19	265	66	180	210	110	145	84	200	360
	5-27	315	92	220	250	160	176	96	250	360
	5-31	315	92	230	250	161	175	105	250	360
	5-42	390	112	290	346	168	217	118	325	650
	5-55	465	142	320	340	160	250	135	400	750
STRAND TYPE 15.2mm	6-7	215	54	140	160	85	120	69	150	320
	6-12	265	66	180	210	110	145	84	200	360
	6-19	315	92	220	250	160	175	96	250	360
	6-27	370	107	250	320	160	200	115	305	650
	6-31	390	112	270	340	160	217	118	325	650
	6-42	465	142	320	340	160	250	135	400	750
	*6-55P	600	190	360	1070	120	294	154	520	900

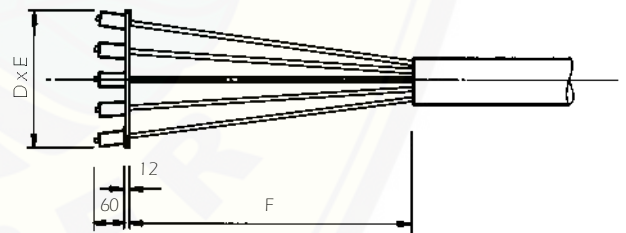
Note: Dimension R does not allow for Lift Off force check. Smaller recesses can be provided for special cases. Refer VSL office for details.
 *Plate type anchorages (Type P). Also available for other tendon units.



VSL DEAD END ANCHORAGE



Dead End Anchorage Type H



Dead End Anchorage Type P

STRAND TYPE 12.7mm						
TENDON UNIT	TYPE 'H'			TYPE 'P'		
	A	B	C	D	E	F
5-7	175	150	1000	150	150	300
5-12	300	250	1000	200	200	350
5-19	375	300	1000	250	250	450
5-27	450	400	1200	300	300	750
5-31	450	425	1200	350	300	750
5-42	600	450	1400	375	375	950
5-55	700	500	1700	425	425	1250

Dimensions (mm)

STRAND TYPE 15.2mm						
TENDON UNIT	TYPE 'H'			TYPE 'P'		
	A	B	C	D	E	F
6-7	200	170	1000	200	200	350
6-12	350	300	1000	250	250	450
6-19	450	350	1000	300	300	650
6-27	550	450	1400	350	350	950
6-31	550	475	1400	350	350	950
6-42	700	550	1700	400	350	1250
6-55	800	600	2000	550	475	1550

Dimensions (mm)

1 - STRAND

1.1 - STRAND PROPERTIES 13mm (0.5")

Strand type		prEN 10138 – 3 (2006) Y1860S7		ASTM A 416-06 Grade 270
Nominal diameter	d (mm)	12.5	12.9	12.7
Nominal cross section	A _p (mm ²)	93	100	98.7
Nominal mass	M (kg/m)	0.726	0.781	0.775
Nominal yield strength	f _{p0,1k} (MPa)	1634 ¹	1640 ¹	1675 ²
Nominal tensile strength	f _{pk} (MPa)	1860	1860	1860
Specif./min. breaking load	F _{pk} (kN)	173	186	183.7
Young's modulus	(GPa)	approx. 195		
Relaxation ³ after 1000 h at 20°C and 0.7 x F _{pk}	(%)	max. 2.5		

- 1) Characteristic value measured at 0.1% permanent extension
- 2) Minimum load at 1% extension for low-relaxation strand
- 3) Valid for relaxation class acc. to prEN 10138-3 or low-relaxation grade acc. to ASTM A 416-06

1.2 - TENDON PROPERTIES 13mm (0.5")

Unit	Strands numbers	Steel area		Breaking load			Corrugated steel duct ¹ (recommended)		Corrugated plastic duct VSL PT-PLUS [®]		Steel pipes ø x t	
		A _p acc. to prEN		ASTM	Y1860S7 (prEN)		Grade 270 (ASTM)	ø _i / ø _e	ø _i / ø _e	e		
		d=12.5 mm A _p =93 mm ² [mm ²]	d=12.9 mm A _p =100 mm ² [mm ²]	d=12.7 mm A _p =100 mm ² [mm ²]	d=12.5 mm A _p =93 mm ² [kN]	d=12.9 mm A _p =100 mm ² [kN]	d=12.7 mm A _p =98.7 mm ² [kN]	[mm]	e [mm]	[mm]		[mm]
5-1	1	93	100	98.7	173	186	183.7	20/25	3	22/25	6	25.0 x 2.0
5-2	2	186	200	197	346	372	367	35/40	8	76/25 ²	-	31.8 x 2.0/2.5/3.0
5-3	3	279	300	296	519	558	551	35/40	6	76/25 ²	-	33.7 x 2.0/2.5/3.0
5-4	4	372	400	395	692	744	735	40/45 ²	7	76/25 ²	-	42.4 x 2.0/2.5/3.0
5-7	5	465	500	494	865	930	919	45/50	8	58/63	14	60.3 x 2.0/2.5/3.0
	6	558	600	592	1038	1116	1102	45/50	6	58/63	12	
5-7	7	651	700	691	1211	1302	1286	50/57	7	58/63	11	60.3 x 2.0/2.5/3.0
5-12	8	744	800	790	1384	1488	1470	55/62	9	58/63	10	70.0 x 2.0/2.5/3.0
	9	837	900	888	1557	1674	1653	55/62	8	58/63	9	
	10	930	1000	987	1730	1860	1837	60/67	10	58/63	9	
	11	1023	1100	1086	1903	2046	2021	60/67	9	58/63	8	
5-12	12	1116	1200	1184	2076	2232	2204	60/67	8	58/63	7	70.0 x 2.0/2.5/3.0
5-15	13	1209	1300	1283	2249	2418	2388	65/72	9	76/81	14	82.5 x 2.0/2.5/3.0
	14	1302	1400	1382	2422	2604	2572	65/72	8	76/81	13	
5-15	15	1395	1500	1481	2595	2790	2756	70/77	9	76/81	12	82.5 x 2.0/2.5/3.0
5-19	16	1488	1600	1579	2768	2976	2939	70/77	9	76/81	12	88.9 x 2.5/3.0/3.5
	17	1581	1700	1678	2941	3162	3123	75/82	11	76/81	11	
	18	1674	1800	1777	3114	3348	3307	75/82	10	76/81	10	
5-19	19	1767	1900	1875	3287	3534	3490	75/82	9	76/81	9	88.9 x 2.5/3.0/3.5
5-22	20	1860	2000	1974	3460	3720	3674	80/87	10	100/106	20	88.9 x 2.5/3.0/3.5
	21	1953	2100	2073	3633	3906	3858	80/87	9	100/106	19	
5-22	22	2046	2200	2171	3806	4092	4041	80/87	8	100/106	18	88.9 x 2.5/3.0/3.5
5-27	23	2139	2300	2270	3979	4278	4225	85/92	12	100/106	19	101.6 x 3.0/4.0/5.0
	24	2232	2400	2369	4152	4464	4409	85/92	11	100/106	18	
	25	2325	2500	2468	4325	4650	4593	90/97	14	100/106	19	
	26	2418	2600	2566	4498	4836	4776	90/97	13	100/106	18	
5-27	27	2511	2700	2665	4671	5022	4960	95/102	15	100/106	17	101.6 x 3.0/4.0/5.0
5-31	28	2604	2800	2764	4844	5208	5144	95/102	14	100/106	16	108.0 x 3.0/4.0/5.0
	29	2697	2900	2862	5017	5394	5327	95/102	13	100/106	15	
	30	2790	3000	2961	5190	5580	5511	95/102	12	100/106	14	
5-31	31	2883	3100	3060	5363	5766	5695	95/102	11	100/106	13	108.0 x 3.0/4.0/5.0
5-37	32	2976	3200	3158	5536	5952	5878	100/107	13	115/121	20	114.3 x 3.0/4.0/5.0
	33	3069	3300	3257	5709	6138	6062	100/107	12	115/121	19	
	34	3162	3400	3356	5882	6324	6246	100/107	12	115/121	19	
	35	3255	3500	3455	6055	6510	6430	110/117	17	115/121	19	
	36	3348	3600	3553	6228	6696	6613	110/117	17	115/121	19	
5-37	37	3441	3700	3652	6401	6882	6797	110/117	16	115/121	18	114.3 x 3.0/4.0/5.0
5-43	43	3999	4300	4244	7439	7998	7899	120/127	18	130/136	23	127.0 x 3.0/4.0/5.0
5-55	55	5115	5500	5429	9515	10230	10104	130/137	17	130/136	17	139.7 x 3.0/4.0/5.0

- 1) Flat ducts possible as well
- 2) Flat duct PF-PLUS[®] with rectangular slab anchorages, for PF-PLUS[®] see also under 3.1.3.
- 3) If flat ducts (steel or PT PLUS[®]) to be used with square type castings please contact your VSL representative. In plan view, tendons with slab type anchorages must be straight between anchorages or have only unidirectional turns with min. radii of > 6 m. Strands must always be pushed-in prior to concreting. Eccentricity e: negligible
- 4) Given values may slightly vary depending on local availability of ducts. They are minimal for most applications. For special cases (long tendons, many curvatures, small radii etc.) greater size duct is recommended – please verify with VSL. In any case the filling ratio (cross-section steel / duct) must not exceed 0.5 (EN523).
- 5) Please check with the nearest VSL office for the complete anchorage list.