

**EVALUASI PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS  
JEMBATAN BETON PRATEGANG DI SIBOLGA**

**SKRIPSI**

Ditulis sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik

**HANS CHRISTO ALEXANDER SILABAN**

**NPM: 168110142**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2019**

# LEMBAR PENGESAHAN

## EVALUASI PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BETON PRATEGANG DI SIBOLGA

### SKRIPSI

Disusun Oleh:

**HANS CHRISTO ALEXANDER SILABAN**

168110142

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I



**Ir. Irwan, M.T.**

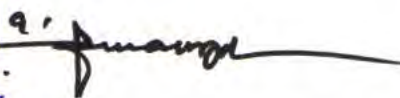
Dosen Pembimbing II,



**Ir. Nurmaidah, M.T.**

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik,



**Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M.Eng**

Ketua Program Studi Teknik Sipil



**N. A. Lubis, M.T.**

## 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 dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 Februari 2019

Penulis



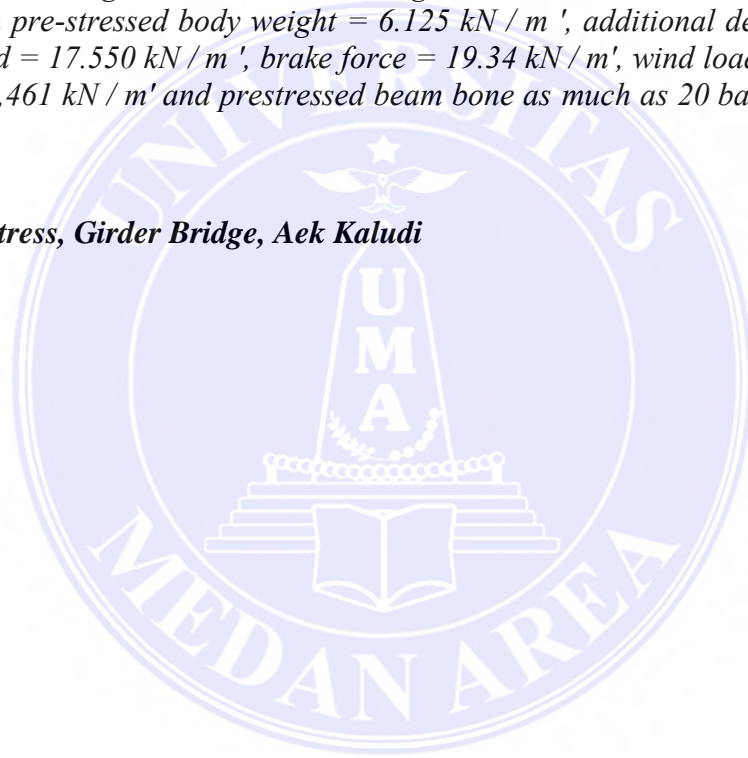
Hans Christo A Silaban

NPM 16.811.0142

## ABSTRACT

*Aek Kaludi 1 prestressed concrete bridge is one of the alternative road connecting bridges from Rampa to Poriaha Sibolga with a total bridge length of 16.60 meters and a total bridge width of 11.6 meters. The design of Aek Kaludi 1 prestressed bridge is based on T-12-2004 National Hospital for loading on bridges, RSNI T-02-2005 for processing concrete used for bridges, and Manual 021 / BM / 2011 planning prestressed concrete structures for bridges. From the calculation results of loading and reinforcement found floor plate loading due to own weight = 5 kN / m', additional dead load = 2.69 kN / m', Trukal = 157.5 kN, wind load = 0.648 kN, various temperature loads = 12 , 5 ° C and floor plate reinforcement for negative flexural reinforcement D16-85 mm and positive bending reinforcement D16-90 mm. Transverse plate crossing D13-160 mm and longitudinal direction D16-180 mm. Pre-stress beam loading on pre-stressed body weight = 6.125 kN / m', additional dead load = 5.2455 kN / m', lane load = 17.550 kN / m', brake force = 19.34 kN / m', wind load = 0,741 kN / m', seismic load = 3,461 kN / m' and prestressed beam bone as much as 20 bars with a diameter of 13 mm.*

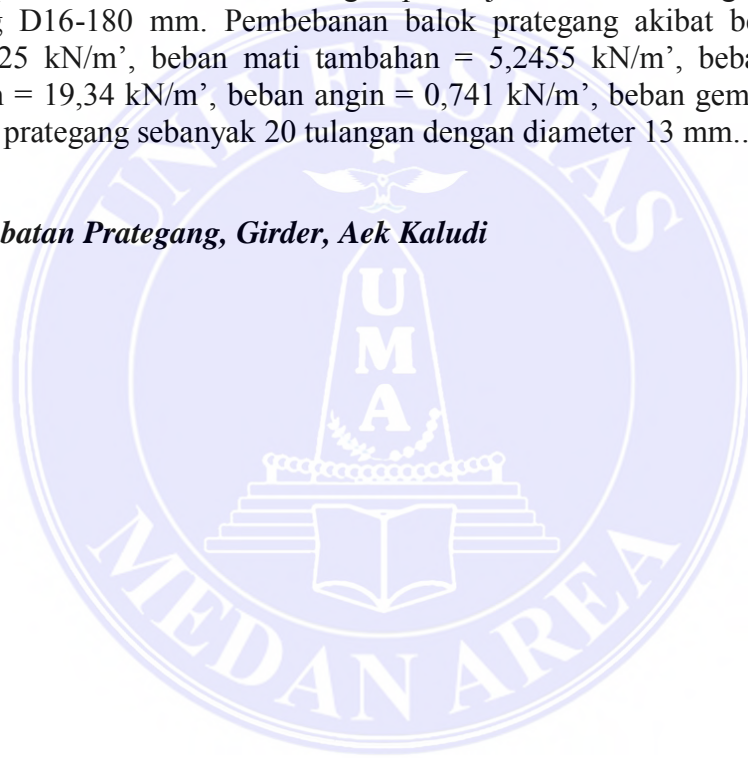
**Keywords:** *Pre-stress, Girder Bridge, Aek Kaludi*



## ABSTRAK

Jembatan beton prategang Aek Kaludi 1 merupakan salah satu jembatan penghubung jalan alternatif dari Rampa menuju Poriaha Sibolga dengan panjang total jembatan sebesar 16,60 meter dan lebar total jembatan 11,6 meter. Perancangan jembatan prategang Aek Kaludi 1 ini berpedoman pada RSNI T-12-2004 untuk pembebanan pada jembatan, RSNI T-02-2005 untuk perencanaan beton yang digunakan untuk jembatan, dan Manual 021/BM/2011 perencanaan struktur beton pratekan untuk jembatan. Dari hasil perhitungan pembebanan dan penulangan didapatkan pembebanan plat lantai akibat berat sendiri = 5 kN/m', beban mati tambahan = 2,69 kN/m', beban truk = 157,5 kN, beban angin = 0,648 kN, beban perbedaan temperatur = 12,5°C dan tulangan plat lantai untuk tulangan lentur negatif D16-85 mm dan tulangan lentur positif D16-90 mm. Tulangan plat injak arah melintang D13-160 mm dan arah memanjang D16-180 mm. Pembebanan balok prategang akibat berat sendiri balok prategang = 6,125 kN/m', beban mati tambahan = 5,2455 kN/m', beban lajur = 17,550 kN/m', gaya rem = 19,34 kN/m', beban angin = 0,741 kN/m', beban gempa = 3,461 kN/m' dan tulang balok prategang sebanyak 20 tulangan dengan diameter 13 mm..

***Kata kunci: Jembatan Prategang, Girder, Aek Kaludi***



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan anugerah-Nya yang memberikan hikmat, pengetahuan, kesehatan, kekuatan, dan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini berjudul **“EVALUASI PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BETON PRATEGANG DI SIBOLGA”**

Sesuai dengan judulnya, dalam Skripsi ini membahas mengenai evaluasi struktur atas jembatan.

Dalam penulisan Skripsi ini, penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa materi, moral dan spritual. Selayaknya penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M.Eng., Dekan Fakultas Teknik, Universitas Medan Area;
2. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, M.T., Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas Medan Area;
3. Bapak Ir. Irwan, M.T., selaku Dosen Pembimbing Skripsi 1;
4. Ibu Ir. Nurmaidah, M.T. selaku Dosen Pembimbing Skripsi 2;
5. Orangtua tercinta serta keluarga yang memberikan dukungan moral dan semangat dalam penyelesaian Skripsi ini;
6. Teman-teman terutama Monica Situmorang, Beby Hasibuan, Devis Sitorus, David Manurung, Bunga Pasaribu, Cristin Damanik, Roni Bukit, Afrizal

Siregar serta teman-teman yang lain yang tak bisa saya sebutkan satu per satu yang membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini;

7. Rekan - rekan Mahasiswa Ekstensi Universitas Medan Area 2016, khususnya jurusan Teknik Sipil yang telah turut membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini;
8. Seluruh pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam menyusun dan menyelesaikan Skripsi ini, namun tidak tertutup kemungkinan masih terdapat kesalahan dalam penyusunan Skripsi ini. Untuk itu penulis sangat mengharapkan masukan, segala kritik, saran dan pendapat yang bersifat membangun demi kesempurnaan Skripsi ini.

Demikian Skripsi ini ditulis, semoga dapat bermanfaat bagi penulis maupun semua pihak yang membaca laporan ini terutama di bidang teknik sipil.

Medan, Februari 2019

Hans Christo A Silaban  
168110142

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Pembahasan .....	2
1.5. Manfaat .....	3
1.6. Metode Pengumpulan Data .....	3
1.7. Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Uraian Umum .....	5
2.1.1 Klasifikasi Jembatan .....	6
2.1.2 Struktur Jembatan .....	7
2.1.2.1 Struktur Atas Jembatan .....	7
2.2 Jembatan Prategang .....	12
2.2.1 Material beton prategang .....	12
2.2.2 Baja Prategang .....	13



2.2.3	Prinsip Dasar Beton Prategang .....	14
2.2.4	Metode Penegangan Beton Prategang .....	16
2.3	Analisa Perhitungan Struktur Atas .....	17
2.3.1	Analisa Perhitungan Plat Lantai Jembatan .....	17
2.3.2	Analisa Slab Trotoar.....	22
2.3.3	Analisa Tiang Railing.....	22
2.3.4	Analisa Plat Injak.....	24
2.3.5	Analisa Girder/Balok Prategang.....	25
2.3.6	Gaya Prategang, Eksentrisitas dan Jumlah Tendon.....	31
2.3.7	Kehilangan Gaya Prategang .....	34
2.3.8	Analisa Lendutan.....	36
2.4	Analisa Perhitungan Struktur Bawah Jembatan .....	37
2.4.1	Perhitungan Beban pada Abudment .....	37
2.4.2	Analisa Stabilitas Guling pada Abudment.....	51
2.4.3	Analisa Stabilitas Geser pada Abudment.....	52
2.4.4	Analisa Pondasi.....	53

### BAB 3. METODE

3.1.	Tahapan Persiapan.....	55
3.2.	Tahapan Analisa (Bagan Alir Analisa Struktur Atas Jembatan) .....	55

### BAB 4. PERHITUNGAN

4.1.	Tinjauan Umum.....	57
4.2.	Analisa Pembebanan Plat Lantai Jembatan.....	57
4.2.1.	Data – Data Perancangan .....	57

4.2.2.	Analisa Pembebanan Plat Lantai .....	58
4.2.3.	Momen Pada Plat Lantai .....	60
4.2.4.	Pembesian Plat Lantai .....	63
4.2.5.	Kontrol Lendutan Plat .....	69
4.2.6.	Kontrol Tegangan Geser Pons .....	71
4.3	Perhitungan Trotoar .....	72
4.4	Perhitungan Plat Injak .....	75
4.4.1	Plat Injak Arah Melintang Jembatan .....	75
4.4.2	Plat Injak Arah Memanjang Jembatan .....	79
4.5	Perhitungan Balok Prategang .....	82
4.5.1	Bahan Material .....	84
4.5.2	Analisa Penampang Balok .....	85
4.5.2.1	Penentuan Lebar Efektif Lantai .....	86
4.5.2.2	<i>Section properties</i> Balok Prategang .....	86
4.5.2.3	<i>Section Properties</i> Balok Komposit .....	88
4.5.3	Pembebanan Balok Prategang .....	89
4.5.3.1	Balok Sendiri Balok Prategang (MS) .....	89
4.5.3.2	Beban Mati Tambahan ( $Q_{MA}$ ) .....	91
4.5.3.3	Beban Lajur “D” (TD) .....	92
4.5.3.4	Gaya Rem (TB) .....	93
4.5.3.5	Beban Angin (EW) .....	95
4.5.3.6	Beban Gempa (EQ) .....	96
4.5.4	Momen dan Gaya Geser Pada Balok .....	99

4.5.5	Gaya Prategang, Eksentrisitas dan Jumlah Tendon.....	106
4.5.5.1	Kondisi Awal (Saat Transfer) .....	106
4.5.5.2	Kondisi Akhir .....	107
4.5.5.3	Pembesian Balok Prategang .....	109
4.5.6	Posisi Tendon .....	110
4.5.6.1	Posisi Tendon di Tengah Bentang.....	111
4.5.6.2	Posisi Tendon di Tumpuan.....	111
4.5.7	Lintasan Inti Tendon .....	112
4.5.7.1	Sudut Angkur.....	114
4.5.7.2	Tata Letak dan Trace Kabel.....	114
4.5.8	Kehilangan Gaya Prategang .....	115
4.5.8.1	Kehilangan Tegangan akibat Gesekan Kabel ( <i>Jack Friction</i> ) .....	116
4.5.8.2	Kehilangan Tegangan Akibat Pemendekan Elastis ( <i>Elastic Shorting</i> ) .....	116
4.5.8.3	Kehilangan Tegangan Akibat Pengangkuran ( <i>Anchoring</i> ) .....	117
4.5.8.4	Kehilangan Tak Langsung ( <i>Time Dependent Loss</i> ) .....	118
4.5.9	Tegangan Yang Terjadi Pada Penampang Balok .....	122
4.5.9.1	Keadaan Awal (Saat Transfer) .....	122
4.5.9.2	Keadaan Setelah <i>Loss Of Pretstress</i> .....	123
4.5.9.3	Keadaan Setelah Plat Lantai Selesai Dicor (Beton Muda) .....	124

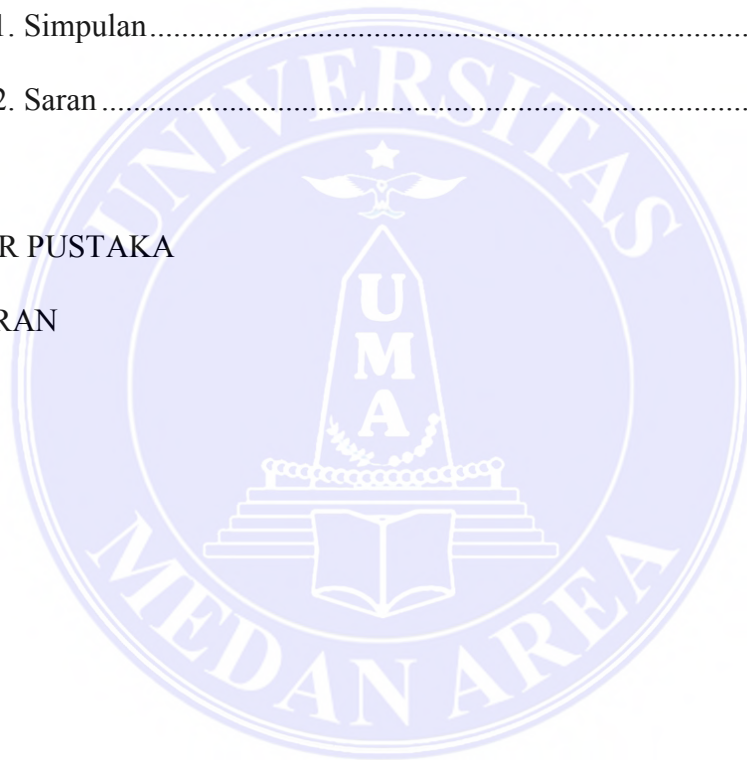
4.5.9.4 Keadaan Setelah Plat dan Balok Menjadi Komposit .....	125
4.5.10 Tegangan Yang Terjadi Pada Balok Komposit.....	127
4.5.11 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan.....	134
4.5.12 Lendutan Balok .....	137
4.5.13 Tinjauan Ultimit Balok <i>Prestress</i> .....	144

## BAB 5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan.....	200
5.2. Saran .....	201

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1	Jenis tulangan prategang..... 13
Tabel 2.2	Temperatur jembatan rata-rata nominal..... 19
Tabel 2.3	Temperatur jembatan rata-rata nominal..... 29
Tabel 2.4	Koefisien susut..... 35
Tabel 2.5	Koefisien geser dasar untuk tekanan tanah lateral..... 47
Tabel 2.6	Faktor keamanan..... 47
Tabel 2.7	Nilai-nilai daya dukung Terzaghi ..... 54
Tabel 4.1	Data-data Jembatan..... 57
Tabel 4.2	Bahan Struktur..... 57
Tabel 4.3	Berat Isi ..... 58
Tabel 4.4	Kombinansi beban pada plat lantai..... 63
Tabel 4.5	Kombinasi -1 pelat lantai..... 63
Tabel 4.6	Kombinasi -2 pelat lantai..... 63
Tabel 4.7	Data perhitungan pembesian slab trotoar..... 73
Tabel 4.8	Data jembatan..... 83
Tabel 4.9	Berat Isi ..... 83
Tabel 4.10	Dimensi balok prategang..... 83
Tabel 4.11	<i>Section Properties</i> Balok Prategang..... 86
Tabel 4.12	<i>Section Properties</i> Balok Komposit..... 88
Tabel 4.13	Berat sendiri struktur atas..... 91
Tabel 4.14	Beban mati tambahan..... 92
Tabel 4.15	Rekap momen dan gaya geser pada balok..... 99
Tabel 4.16	Rumus-rumus momen dan gaya geser pada palok prategang..... 100
Tabel 4.17	Momen pada balok prategang..... 102
Tabel 4.18	Gaya geser pada balok prategang..... 103
Tabel 4.19	Posisi baris tendon..... 108
Tabel 4.20	Jumlah tendon setiap baris ditengah bentang..... 111
Tabel 4.21	Jumlah tendon setiap baris ditumpuan..... 111

Tabel 4.22	Momen statis tendon.....	112
Tabel 4.23	Eksentrisitas masing-masing tendon.....	112
Tabel 4.24	Lintasan inti tendon .....	113
Tabel 4.25	Sudut angkur masing-masing tendon.....	114
Tabel 4.26	Trase kabel.....	115
Tabel 4.27	<i>Section Properties</i> .....	118
Tabel 4.28	Rekap Kehilangan Prategang.....	122
Tabel 4.29	Momen Akibat Temperatur .....	132
Tabel 4.30	Kombinasi Pembebanan Untuk Tegangan Izin.....	134
Tabel 4.31	Kombinasi – 1 .....	135
Tabel 4.32	Kombinasi – 2.....	135
Tabel 4.33	Kombinasi – 3.....	136
Tabel 4.34	Kombinasi – 4.....	136
Tabel 4.35	Kombinasi – 5.....	136
Tabel 4.36	Kombinasi – 1 kontrol lendutan.....	143
Tabel 4.37	Kombinasi – 2.....	143
Tabel 4.38	Kombinasi – 3.....	143
Tabel 4.39	Kombinasi – 4.....	143
Tabel 4.40	Kombinasi – 5.....	143
Tabel 4.41	Gaya Tekan dan Momen Nominal.....	146
Tabel 4.42	Resume Balok.....	147
Tabel 4.43	Kombinasi – 1 Momen Ultimit Pada Balok.....	148
Tabel 4.44	Kombinasi – 2 Momen Ultimit Pada Balok.....	148
Tabel 4.45	Kombinasi – 3 Momen Ultimit Pada Balok.....	148
Tabel 4.46	Kombinasi – 4 Momen Ultimit Pada Balok.....	149
Tabel 4.47	Kombinasi – 5 Momen Ultimit Pada Balok.....	149

## DAFTAR GAMBAR

		hal
Gambar 2.1	Pondasi Langsung pada <i>Abudment</i> .....	9
Gambar 2.2	<i>Point Bearing Piles</i> .....	10
Gambar 2.3	<i>Friction Piles</i> .....	10
Gambar 2.4	<i>Well Foundation</i> .....	11
Gambar 2.5	<i>Pneumatic Caisson</i> .....	11
Gambar 2.6	Konsep pra-cetak.....	16
Gambar 2.7	Konsep pascatarik .....	17
Gambar 2.8 (1)	Penyebaran Beban satu Arah .....	18
Gambar 2.8 (2)	Beban Truk “T” .....	18
Gambar 2.8 (3)	Gaya Angin yang diterima Kendaraan.....	19
Gambar 2.9	Beban Lajur „D’ .....	27
Gambar 2.10	Pembebanan Truk “T” .....	28
Gambar 2.11	Gaya Rem.....	29
Gambar 2.12	Bidang Geser Pons pada Lantai Jembatan .....	37
Gambar 2.13	Berat Sendiri <i>Abudment</i> pada Struktur Atas .....	37
Gambar 2.14	Berat Sendiri <i>Abudment</i> pada Struktur Bawah.....	38
Gambar 2.15	Beban Lajur “D” .....	41
Gambar 2.16	Intensitas <i>uniformly Distributed Load (UDL)</i> .....	41
Gambar 2.17	Faktor Beban Dinamis *DLA).....	42
Gambar 2.18	Gaya Rem.....	43
Gambar 2.19	Gaya yang terjadi pada <i>Abudment</i> akibat gaya angin bidang samping jembatan.....	44
Gambar 3.1	Bagan alir perancangan jembatan prategang.....	57
Gambar 4.1	Beban truk “T” pada Pelat lantai.....	59
Gambar 4.2	Beban angin ( $P_{EW}$ ) pada slab lantai.....	60
Gambar 4.3	Formasi pembebanan yang terjadi pada slab lantai.....	61
Gambar 4.4	Koefisiem momen akibat berbagai beban pada slab lantai .....	61
Gambar 4.5	Pembebanan plat injak arah melintang .....	75
Gambar 4.6	Pembebanan plat injak arah memanjang.....	79

Gambar 4.7	<i>Section properties</i> balok prategang.....	83
Gambar 4.8	Lebar efektif plat lantai .....	85
Gambar 4.9	<i>Section properties</i> balok komposit.....	87
Gambar 4.10	Berat sendiri balok prategang.....	93
Gambar 4.11	Beban lajur “D” .....	94
Gambar 4.12	Beban rem .....	94
Gambar 4.13	Beban akibat angin.....	96
Gambar 4.14	Beban akibat gempa .....	98
Gambar 4.15	Diagram momen pada balok prategang.....	104
Gambar 4.16	Diagram gaya geser pada balok prategang.....	105
Gambar 4.17	Pembagian penulangan balok prategang.....	109
Gambar 4.18	Lintasan inti tendon prategang .....	113
Gambar 4.19	Lintasan masing-masing tendon.....	115
Gambar 4.20	Tegangan pada awal saat transfer .....	122
Gambar 4.21	Tegangan setelah kehilangan tegangan.....	124
Gambar 4.22	Tegangan setelah pelat dan balok menjadi komposit.....	126
Gambar 4.23	Tegangan yang terjadi pada balok komposit.....	127
Gambar 4.24	Tegangan akibat pengaruh temperature .....	132



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jembatan adalah struktur konstruksi atau struktur bangunan yang menghubungkan rute atau lintasan transportasi yang terpisah baik oleh sungai, danau, laut, lembah/jurang, jalan raya maupun jalan kereta api bertujuan untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan.

Sesuai UU Nomor 38 tahun 2004 tentang jalan, dinyatakan bahwa jalan (termasuk jembatan) berfungsi sebagai bagian dari sistem transportasi nasional mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial, budaya, serta lingkungan yang dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah.

Konstruksi suatu jembatan terdiri dari bangunan atas, bangunan bawah, dan pondasi. Bangunan atas berfungsi sebagai melayani semua beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas yang terjadi beserta manusia yang melalui jembatan terkhususnya pada trotoar. Bangunan bawah berfungsi menerima beban kerja yang terjadi pada bangunan atas keseluruhan beserta beban sendiri dari abutment dan *wing wall* yang ada. Pondasi berfungsi sebagai penerima keseluruhan beban dari bangunan atas dan bangunan bawah bertujuan mempertahankan stabilitas struktur jembatan yang akan difungsikan menahan tekanan tanah yang terjadi pada sisi samping dan dasar pondasi.

Pada paket 05 Simpang Rampa-Poriaha yang berlokasi di Kota Sibolga, Tapanuli Tengah direncanakan dibangun jalan sepanjang 9,700 km mulai dari Sta.

8+200 – Sta. 17+900. Tujuan utama proyek WINRIP ini adalah untuk meningkatkan status jaringan yang sebelumnya berfungsi sebagai jalan provinsi atau jalan non status agar sesuai dengan standar yang baru yaitu jalan nasional, memastikan bahwa jaringan jalan nasional tersebut menjadi lebih lancar dan berkeamanan, serta mampu mendukung peningkatan ekonomi daerah.

Dari sepanjang jalan 9,700 km yang direncanakan terdapat 5 titik yang ditemuinya permasalahan terputusnya trase rencana jalan di lapangan akibat adanya aliran sungai melintang yang cukup panjang, sehingga direncanakan penghubung jalan yang terputus akibat rintangan tersebut dengan adanya perancangan jembatan Hutaimbaru 1, jembatan Aek Kaludi 1, jembatan Aek Kaludi 2, jembatan Sopobatu, dan jembatan Aek Mungkur yang keseluruhnya berjenis jembatan prategang.

Pada penulisan Tugas Akhir ini penulis menganalisis perancangan salah satu jembatan prategang yang ada, yaitu jembatan Aek Kaludi 1 yang membentang sepanjang 16,6 meter pada Sta. 11+950.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah yang ingin ditinjau oleh penulis adalah menganalisa struktur atas jembatan Aek Kaludi 1.

## **1.3 Batasan Masalah**

Dalam laporan Tugas Akhir ini penulis hanya membahas struktur atas jembatan meliputi :

- a. Perhitungan pembebanan dan penulangan plat lantai jembatan
- b. Perhitungan penulangan plat injak jembatan
- c. Perhitungan penulangan trotoar jembatan
- d. Perhitungan pembebanan dan penulangan balok prategang jembatan

#### **1.4 Tujuan Pembahasan**

Tujuan dari pembahasan perancangan jembatan beton prategang ini ialah memperoleh :

1. Proses dan tahapan perancangan struktur atas jembatan;
2. Hasil pembebanan dan penulangan struktur atas jembatan.

#### **1.5 Manfaat Pembahasan**

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan pembahasan diatas, dapat diambil manfaat pembahasan dari Laporan Tugas Akhir ini:

1. Meningkatkan ilmu dan keterampilan dalam menganalisa struktur atas dan struktur bawah pada jembatan prategang.;
2. Bagi mahasiswa untuk membuka ide dasar pemikiran yang akan membahas hal yang sama;
3. Bagi penulis sendiri untuk menambah wawasan baru dalam menganalisa struktur jembatan beton prategang, terlebih menambah pengalaman bila kelak melakukan kegiatan yang sama di lapangan.

#### **1.6 Metode Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data yang penulis lakukan ialah:

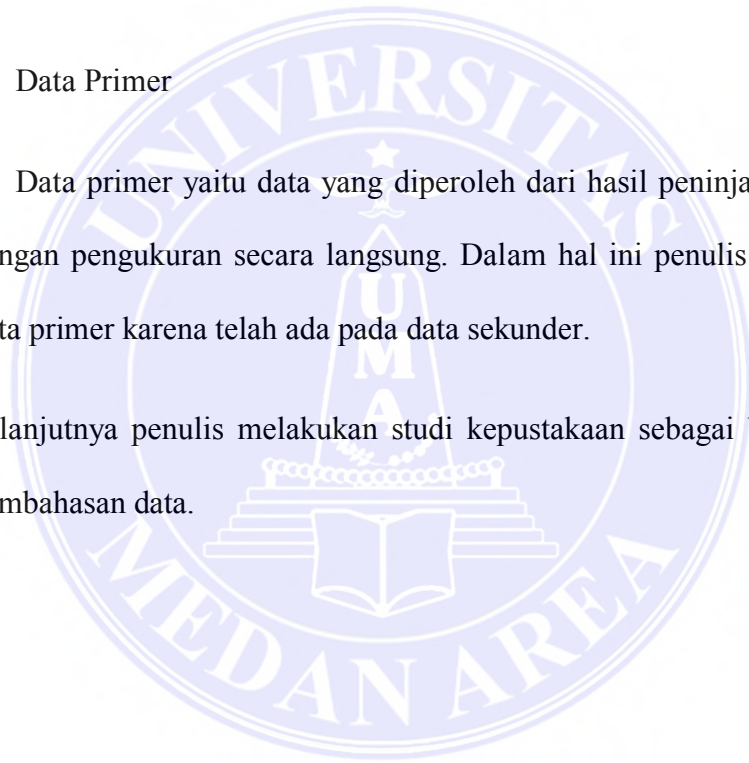
#### 1. Data Sekunder

Data sekunder yang penulis terima dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Satuan Kerja Wilayah II Medan, Sumut yaitu: Data gambar rencana (Profil Melintang, Profil Memanjang, Dimensi Gelagar, Dimensi Diafragma, dst).

#### 2. Data Primer

Data primer yaitu data yang diperoleh dari hasil peninjauan dilapangan dengan pengukuran secara langsung. Dalam hal ini penulis tidak memiliki data primer karena telah ada pada data sekunder.

Selanjutnya penulis melakukan studi kepustakaan sebagai bahan referensi pembahasan data.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Uraian Umum

Jembatan adalah struktur bangunan yang menghubungkan rute atau lintasan transportasi yang terpisah baik oleh sungai, danau, laut, lembah/jurang, jalan raya maupun jalan kereta api bertujuan untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan. Mengingat fungsi dari jembatan yaitu sebagai penghubung dua ruas jalan yang dilalui rintangan maka jembatan dapat dikatakan merupakan bagian dari suatu jalan, baik jalan raya atau jalan kereta api.

Secara umum jembatan dibagi menjadi 2 bagian utama, yakni:

1. Struktur atas (*upperr-structure*);
2. Struktur bawah (*sub-structure*);

Struktur atas adalah bagian-bagian jembatan yang memindahkan beban-beban lantai jembatan keperletakan. Struktur atas terdiri atas gelagar-gelagar induk, struktur tumpuan atau perletakan, struktur lantai jembatan dan pertambahan arah melintang dan memanjang. Struktur bawah adalah struktur yang langsung berdiri diatas tanah. Struktur bawah terdiri atas fondasi, pangkal jembatan dan pilar. Jalan pendekat merupakan jalan yang menghubungkan ruas jalan dengan struktur jembatan, sedangkan bangunan pengaman merupakan

bangunan yang diperlukan untuk mengamankan jembatan terhadap lalu-lintas darat, lalu-lintas air, penggerusan air dan lain-lain (Siswanto, 1999).

Pada bangunan bawah jembatan, struktur *abutment* digunakan untuk menahan tanah dan meneruskan gaya ke pondasi serta harus mampu memberikan kestabilan terhadap pengaruh gaya-gaya eksternal maupun internal. Oleh karena itu, dalam perencanaan abutment, kestabilan konstruksi harus ditinjau terhadap pengaruh gaya-gaya eksternal yang dapat menyebabkan keruntuhan guling (*overtuning failure*), keruntuhan geser (*sliding failure*) dan keruntuhan daya dukung tanah (*bearing capacity failure*), maupun terhadap gaya-gaya internal yang dapat menyebabkan pecahnya konstruksi.

### **2.1.1 Klasifikasi dan Kelas Jembatan**

Berdasarkan UU 38 Tahun 2004 bahwa jalan dan juga termasuk jembatan sebagai bagian dari sistem transportasi nasional mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan yang dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah.

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.

Berdasarkan fungsinya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut.

1. Jembatan jalan raya (*highway bridge*)
2. Jembatan jalan kereta api (*railway bridge*)
3. Jembatan pejalan kaki atau penyeberangan (*pedestrian bridge*).

Berdasarkan lokasinya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut.

1. Jembatan di atas sungai atau danau,
2. Jembatan di atas lembah
3. Jembatan di atas jalan yang ada (*fly over*)
4. Jembatan di atas saluran irigasi/drainase (*culvert*)
5. Jembatan di dermaga (*jetty*)

Berdasarkan bahan konstruksinya, jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :

1. Jembatan kayu (*log bridge*)
2. Jembatan beton (*concrete bridge*)
3. Jembatan beton prategang (*prestressed concrete bridge*)
4. Jembatan baja (*steel bridge*)
5. Jembatan komposit (*compossite bridge*)

Berdasarkan tipe strukturnya, jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :

1. Jembatan plat (*slab bridge*)
2. Jembatan plat berongga (*voided slab bridge*)
3. Jembatan gelagar (*girder bridge*)

4. Jembatan rangka (*truss bridge*)
5. Jembatan pelengkung (*arch bridge*)
6. Jembatan gantung (*suspension bridge*)
7. Jembatan kabel (*cable stayed bridge*)
8. Jembatan cantilever (*cantilever bridge*)

### **2.1.2 Struktur Jembatan**

Secara umum struktur jembatan dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu struktur atas dan struktur bawah.

#### **2.1.2.1 Struktur Atas (*Superstructure*)**

Struktur atas jembatan merupakan bagian yang menerima beban langsung yang meliputi berat sendiri, beban mati, beban mati tambahan, beban lalu-lintas kendaraan, gaya rem, beban pejalan kaki, dll. Struktur atas jembatan umumnya meliputi :

1. Plat lantai jembatan
2. Trotoar
3. Plat injak
4. Gelagar (*Girder*)
5. Balok diafragma

#### **2.1.2.2 Struktur Bawah (*Substructure*)**

Struktur bawah jembatan berfungsi memikul seluruh beban struktur atas dan beban lain yang ditimbulkan oleh tekanan tanah, aliran air dan hanyutan,



tumbukan, gesekan pada tumpuan dsb, untuk kemudian disalurkan ke fondasi. Selanjutnya beban-beban tersebut disalurkan oleh fondasi ke tanah dasar. Struktur bawah jembatan umumnya meliputi :

### 1. Pangkal jembatan (*Abutment*)

*Abutment* merupakan struktur penahan tanah yang mendukung bangunan atas pada bagian ujung-ujung suatu jembatan. Abutmen berfungsi untuk menahan gaya longitudinal dari tanah di bagian bawah ruas jalan yang melintas. Bagian-bagian pangkal jembatan meliputi:

- Dinding belakang (*Back wall*)
- Dinding penahan (*Breast wall*)
- Dinding sayap (*Wing wall*)
- Oprit, plat injak (*Approach slab*)
- Konsol pendek untuk jacking (*Corbel*)

### 2. Pilar jembatan (*Pier*)

Pilar merupakan struktur yang mendukung bangunan atas pada pertengahan antara dua abutmen. Pilar digunakan jika bentang jembatan terlalu panjang atau bentang lebih dari satu. Seperti halnya abutmen, pilar juga dapat didesain dalam berbagai ukuran dan bentuk. Desain pilar perlu memperhatikan aspek estetika karena sangat mempengaruhi keindahan tampak jembatan.

### 3. Pondasi (*Foundation*)

Pondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Terdapat dua klasifikasi pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.

## 2.2 Jembatan Prategang

Jembatan beton pratekan atau yang dikenal dengan *PSC Bridge* merupakan salah satu jenis jembatan dengan material konstruksi beton pratekan atau beton yang berisi kabel baja dengan tujuan untuk memberikan tegangan awal berupa tegangan tarik terhadap beton akibat sifat beton yang tidak mampu menahan gaya tarik.

Dalam hal ini, beton pratekan sebagai solusi untuk mengatasi besarnya tegangan tarik yang timbul pada struktur beton khususnya pada struktur dengan bentang yang besar. Material yang digunakan untuk sistem ini adalah material beton dan sistem kabel. Sistem kabel terdiri dari kabel (*wire, strand, bar*), selongsong dan angkur (angkur hidup, angkur mati).

### 2.2.1 Material Untuk Beton Prategang

Beton berkekuatan tinggi menurut *Krishna Raju* (tahun 1989) dalam buku beton prategang menyebutkan bahwa:

1. Beton prategang memerlukan beton yang mempunyai kekuatan tekan yang lebih tinggi pada usia yang cukup muda, dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibanding dengan beton konvensional.
2. Menghasilkan beton berkekuatan tinggi, yang mempunyai kekuatan tekan kubus yang diinginkan setelah 28 hari antara 70-100 N/mm<sup>2</sup> tanpa

mengambil bantuan material/ proses luar biasa serta tanpa mengalami suatu kesulitan teknis yang berarti.

3. Agregat batu pecah, dengan permukaan yang tajam, pada umumnya menghasilkan beton lebih kuat dibandingkan dengan memakai agregat pada umur beton yang sama.

Pada konstruksi beton prategang biasanya dipergunakan beton mutu tinggi dengan kuat tekan  $f_c = 30-40$  MPa, hal ini diperlukan untuk menahan tegangan tekan pada pengangkutan tendon (baja prategang) agar tidak terjadi keretakankeretakan. Kuat tarik beton mempunyai harga yang jauh lebih rendah dari kuat tekannya. SNI 03 – 2874–2002 menetapkan untuk kuat tarik beton  $\sigma_{ts} = 0.5\sqrt{f_c'}$  sedangkan ACI  $\sigma_{ts} = 0.6\sqrt{f_c'}$ . Modulus elastisitas beton E dalam SNI 03 – 2874 – 2002 ditetapkan:

$$E_c = (w_c)^{1.5} \times 0.043\sqrt{f_c'}$$

Dimana:

$E_c$  = modulus elastisitas beton (MPa)

$W_c$  = berat voluna beton ( $\text{kg/m}^3$ )

$F_c$  = tegangan tekan beton (MPa)

Sedangkan untuk beton normal diambil:  $E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'}$

### 2.2.2 Baja Prategang

Didalam praktek baja prategang (tendon) yang dipergunakan ada 3 (tiga) macam, yaitu: Kawat tunggal (*wire*), kawat batangan (*bar*) dan untaian kawat (*strand*). Untaian kawat ini biasanya dipergunakan dalam beton prategang dengan sistem pasca-tarik (*post-tension*).

Selain baja prategang diatas, beton prategang masih memerlukan penulangan biasa yang tidak diberi gaya prategang, seperti tulangan memanjang, sengkang, tulangan untuk pengankuran dan lain-lain.

Tabel 2. 1 Jenis Tulangan Prategang

Jenis Material	Nominal Diameter	Luas	Gaya Putus Minimum	Tegangan Tarik Minimum, fpu
	Mm	mm <sup>2</sup>	Kn	Mpa
Kawat (wire)	5	19.6	30.4	1550
	5	19.6	33.3	1700
	7	38.5	65.5	1700
7 - wire strand super grade	9.3	54.7	102	1860
	12.7	100	184	1840
	15.2	143	250	1750

7 - wire strand reguler grade	12.7	94.3	165	1750
Bar	23	415	450	1080
	26	530	570	1080
	29	660	710	1080
	32	804	870	1080
	38	1140	1230	1080

Sumber: Manual Perencanaan Struktur Beton Prategang Untuk Jembatan

Jenis-jenis lain tendon yang sering digunakan untuk beton prategang pada sistem *pre-tension* adalah *seven-wire strand* dan *single-wire*. Untuk *seven-wire* ini, satu bendel kawat terdiri dari 7 buah kawat, sedangkan *single wire* terdiri dari kawat tunggal.

Sedangkan untuk beton prategang dengan sistem *post-tension* sering digunakan tendon monostrand, batang tunggal, *multi-wire* dan *multi-strand*. Untuk jenis *post-tension method* ini tendon dapat bersifat *bonded* (dimana saluran kabel di isi dengan material *grouting*) dan *unbonded* saluran kabel di-isi dengan minyak gemuk atau *grease*. Tujuan utama dari *grouting* ini adalah untuk :

1. Melindungi tendon dari korosi
2. Mengembangkan lekatan antara baja prategang dan beton sekitarnya.

Material *grouting* ini biasanya terdiri dari campuran semen dan air dengan w/c ratio 0,5 dan *admixe* (*water reducing* dan *expansive agent*) *Common Types from CPCI Metric Design Manual Cabel* pratekan yang berupa *strand* atau untaian kawat ASTM A 416 “*Uncoated seven wire stress relieved strand*” ini ada 2 macam *grade*, yaitu:

1. *Grade 250* = Tegangan tarik batas minimumnya  $f_{pu} = 250.000$  psi (17.250 kg/cm<sup>2</sup>)
2. *Grade 270* = Tegangan tarik batas minimumnya  $f_{pu} = 270.000$  psi (18.600 kg/cm<sup>2</sup>)

### 2.2.3 Prinsip Dasar Beton Prategang

Dalam perkembangannya ada tiga (3) konsep beton pratekan yang menjelaskan bagaimana suatu sistem pratekan membantu menahan gaya luar, yaitu :

- a. Sistem pratekan yang bisa menjadikan beton sebagai bahan elastis yang bisa menahan tegangan tarik akibat dari beban luar. Konsep ini diperkenalkan oleh Eugene Freyssinet, dimana menurut teorinya beton yang telah diberikan tegangan awal terlebih dahulu dapat bertransformasi menjadi bahan yang elastis. Kondisi ini menunjukkan bahwa tegangan tarik pada beton tidak ada.

Pada kondisi ini pun, beton akan mengalami dua (2) kondisi yaitu :

- Gaya pratekan berada pada garis penampang atau dikenal dengan kondisi dimana c.g.c dan c.g.c saling berhimpit. Kondisi seperti ini disebut gaya pratekan kosentris.
  - Kondisi lainnya adalah gaya pratekan tidak berada atau tidak bekerja pada garis penampang sehingga dapat disimpulkan bahwa c.g.c dan c.g.s tidak berhimpit. Kondisi ini dikenal dengan gaya pratekan eksentris.
- b. Sistem pratekan yang merupakan kombinasi baja mutu tinggi dengan beton mutu tinggi. Konsep ini merupakan kombinasi dua material yang menggambarkan bahwa beton merupakan material yang menahan gaya tekan dan baja merupakan material yang menahan gaya tarik. Kedua gaya tersebut membentuk kopel gaya yang berfungsi untuk menahan gaya eksternal.
- c. Sistem pratekan untuk mencapai keseimbangan beban atau yang dikenal dengan metode *Load Balancing*. Dalam konsep ini dijelaskan bahwa gaya pratekan berperan untuk menyeimbangkan gaya luar. Konsep ini diperkenalkan pertama kalinya oleh T.Y.Lin yang menganggap bahwa beton sebagai benda bebas dimana tendon dan gaya pratekan berfungsi untuk melawan beban yang bekerja.

Beban merata akibat gaya pratekan pada kondisi ini dinyatakan dalam :

$$W_b = (8 \cdot F \cdot h) / L^2$$

Dimana :

$W_b$  = beban merata akibat gaya pratekan

$h$  = tinggi lintasan kabel pratekan

$L$  = panjang bentang balok

$F$  = gaya pratekan

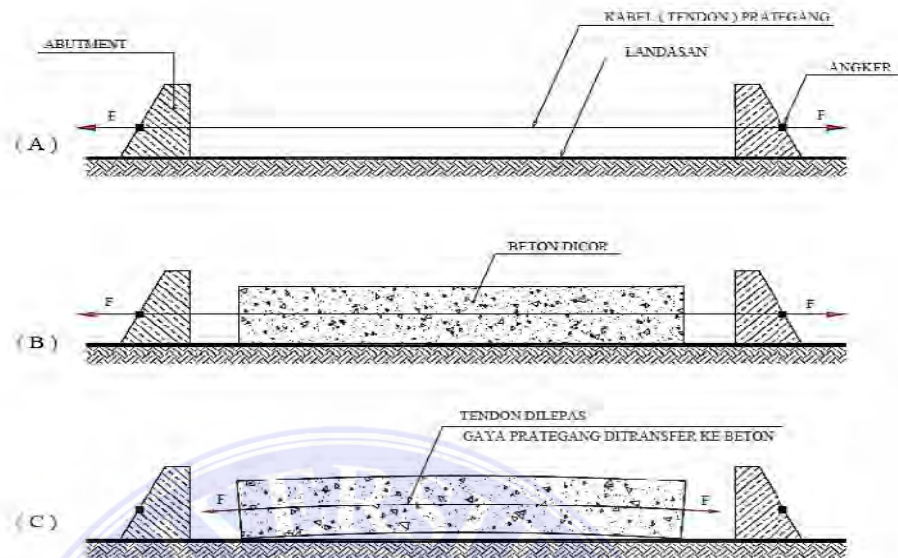
#### 2.2.4 Metode Prategang

Berdasarkan konsepnya, beton diberikan gaya pratekan berbentuk tendon atau kabel baja. Pemberian gaya pratekan pada beton terdiri dari dua (2) cara, yaitu :

a. Pra Tarik (*Pre-Tension*)

Prinsip kerja metode ini adalah kabel baja diregangkan terlebih dahulu sebelum beton dicetak. Awalnya tendon prategang ditarik kemudian dilakukan pengangkuran pada abutment. Setelah tendon terpasang, maka beton dapat dicetak. Setelah itu, tendon dapat dipotong sehingga gaya prategang dapat ditransfer ke beton. Pada kondisi ini, kuat tekan beton harus sesuai dengan yang disyaratkan. Konsep ini digambarkan sebagai berikut :

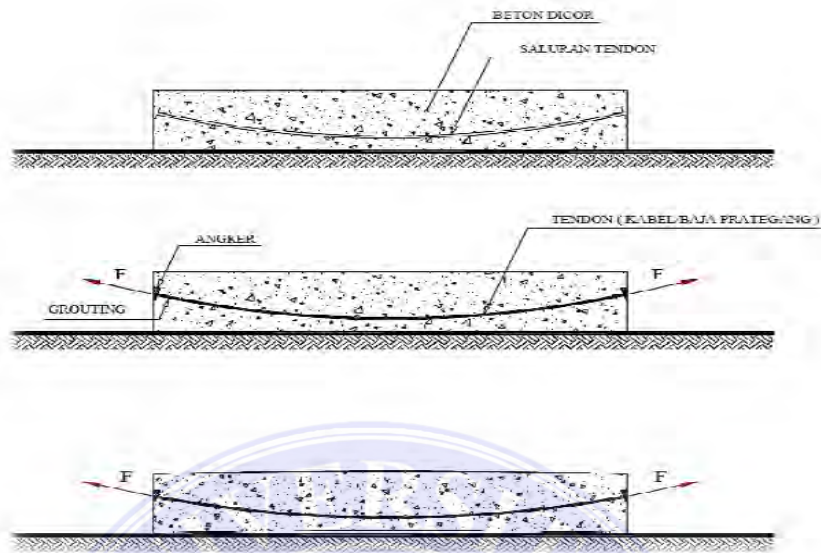




Gambar 2. 1 Konsep pra-tarik

b. Pasca Tarik (*Post-Tension*)

Prinsip kerja metode ini adalah beton dicetak terlebih dahulu, kemudian setelah beton kering kabel ditarik. Awalnya beton dicetak mengelilingi selongsong atau selubung tendon dimana kabel prategang berada didalam selongsong selama pengecoran kemudian setelah beton mengeras diberi gaya prategang dengan cara mengankur kabel prategang ke *abutment*. Pada saat itu gaya prategang ditransfer ke beton sehingga beton akan tertekan. Konsep ini digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2. 2 Konsep pasca tarik

## 2.3 Analisa Perhitungan Struktur Atas

### 2.3.1 Analisa Perhitungan Plat Lantai

#### 2.3.1.1 Analisa Pembebanan Plat Lantai

##### 1. Berat Sendiri (MS)

$$Q_{MS} = b \cdot h \cdot w_c$$

Dimana:

b = lebar plat lantai yang ditinjau (m)

h = tebal plat yang ditinjau (m)

$w_c$  = berat jenis beton ( $\text{kN/m}^3$ )

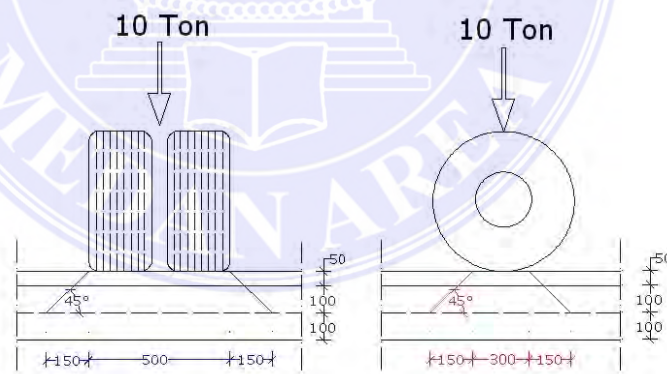
## 2. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural. Beban mati tambahan berupa beban lapisan aspal (*overlay*) + beban air hujan.

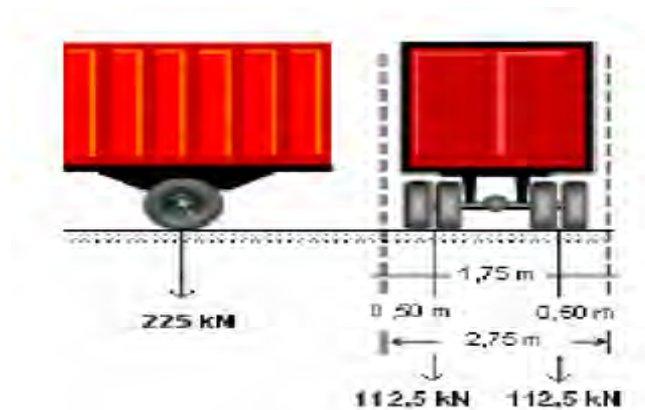
## 3. Beban Truk "T" (TT)

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh Truk (beban T) yang besarnya ( $T=100$  kN) dan nilai Faktor Beban Dinamis untuk pembebanan truk diambil, 30%, harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada diatas permukaan tanah.

$$\text{Beban Truk "T" } (P_{TT}) = (1 + DLA) * T$$



Gambar 2. 3 (1) Penyebaran beban satu roda



Gambar 2. 4 (2) Beban Truk “T”

#### 4. Beban Angin (EW)

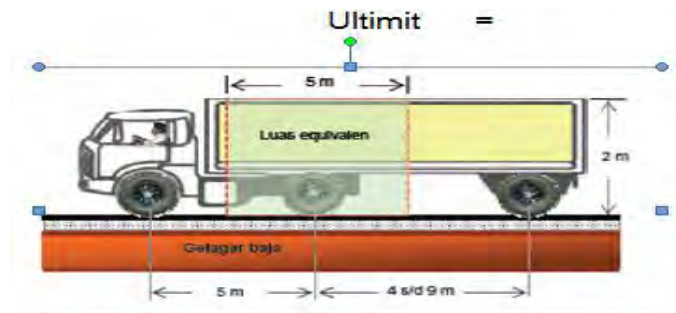
Beban garis merata tambahan arah horizontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin yang meniup kendaraan di atas jembatan di hitung dengan rumus:

$$T_{EW} = 0,0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2$$

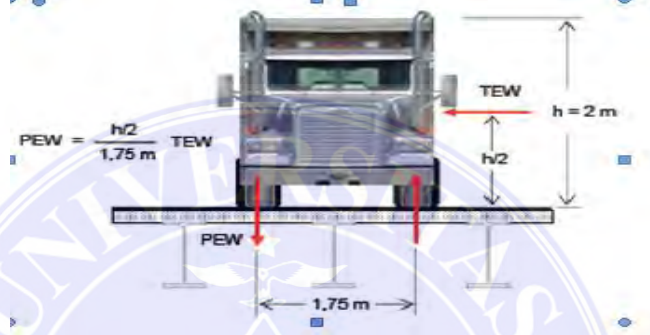
Dimana:

$C_w$  = Koefisien seret (RSNI 2005)

$V_w$  = Kecepatan angin rencana



Gambar 3 : Luas ekuivalen bidang samping kendaraan.



Gambar 2. 5 (3) Gaya angin yang menerima samping kendaraan

Transfer beban angin ke lantai kendaraan:

$$P_{EW} = 0,5 \cdot (h/x) \cdot T_{EW}$$

## 5. Pengaruh Temperatur (ET)

Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperature, diambil perbedaan temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rata-rata pada lantai kendaraan.

$$\Delta T = (T_{\max} - T_{\min}) / 2$$

Tabel 2. 2 Temperatur Jembatan Rata – Rata Nominal

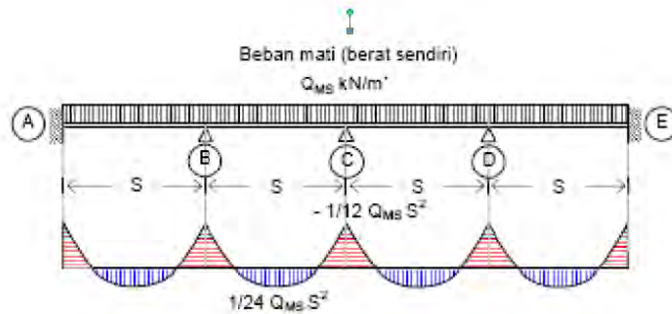
Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata – rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata – rata maksimum
Lantai beton diatas gelagar atau boks beton	15°C	40°C
Lantai beton diatas gelagar, boks atau rangkai baja	15°C	40°C
Lantai pelat baja diatas gelagar, boks atau rangkai baja	15°C	40°C

CATATAN (1) Temperatur jembatan rata – rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.

Sumber: RSNi – T – 02 – 2005: 27

## 6. Momen Pada Slab Lantai Kendraan

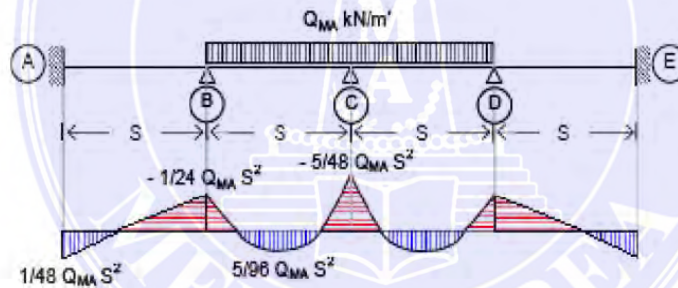
a. Akibat beban sendiri ( $Q_{MS}$ )



Momen tumpuan maksimum =  $1/12 Q_{MS} S^2$

Momen lapangan maksimum =  $1/24 Q_{MS} S^2$

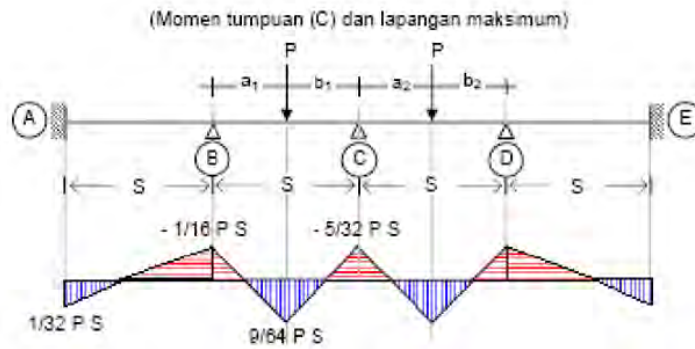
b. Akibat beban mati tambahan ( $Q_{MA}$ )



Momen tumpuan maksimum =  $5/48 Q_{MA} S^2$

Momen lapangan maksimum =  $5/96 Q_{MA} S^2$

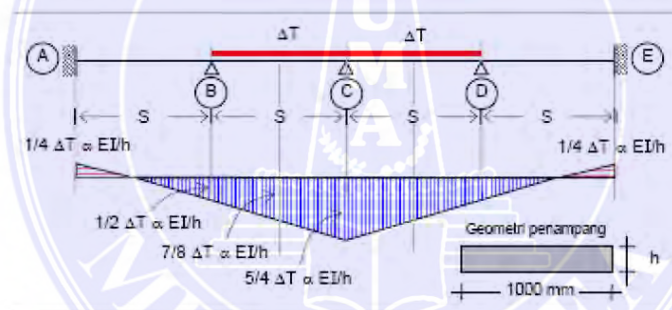
c. Akibat beban truk (T) dan angin ( $P_{EW}$ )



Momen tumpuan maksimum =  $5/32 P_{EW} S$

Momen lapangan maksimum =  $9/64 P_{EW} S$

d. Akibat temperatur



Momen tumpuan maksimum =  $1/4 \Delta T \propto EI/h$

Momen lapangan maksimum =  $7/8 \Delta T \propto EI/h$

### 2.3.2 Analisa trotoar



Berikut tahap perhitungan untuk slab trotoar pada jembatan:

- a. Faktor bentuk distribusi tegangan beton

$$\rho_b = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b$$

$$R_{maks} = \rho_{maks} \cdot f_y \cdot \left( 1 - \frac{\frac{1}{2} \cdot \rho_{maks} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c'} \right)$$

- b. Tebal efektif slab beton

$$d = h - d'$$

- c. Hitung momen nominal

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi}, \text{ nilai } \Phi \text{ untuk lentur} = 0,8$$

- d. Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2}, \text{ Harus dipenuhi syarat, } R_n < R_{max}$$

- e. Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

- f. Rasio tulangan minimum

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

- g. Luas tulangan yang dibutuhkan

$$A = \rho \cdot b \cdot d$$

- h. Jarak antara tulangan

$$s = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot dt^2 \cdot b}{As}$$

dimana, dt = diameter tulangan

- i. Tulangan bagi pada arah memanjang

$$A_{bg} = 50\% \cdot As$$

### 2.3.3 Analisa Tiang *Railing*

Berikut tahapan perhitungan untuk tiang railing pada jembatan:

#### 2.3.3.1 Beban tiang *railing*

- Beban horizontal pada *railing*,  

$$H_1 = 0,750 \text{ kN/m (RSNI T - 02 - 2005)}$$
- Gaya horizontal pada tiang *railing*,  

$$H_{TP} = H_1 \cdot L$$
- Momen pada tiang *railing*,  

$$M_{TP} = H_{TP} \cdot y$$
- Faktor beban ultimit,  

$$K_{TP} = 2,0$$
- Momen ultimit rencana  

$$M_U = K_{TP} \cdot M_{TP}$$

#### 2.3.3.2 Pembesian tiang *railing*

- Tulangan lentur

1. Faktor bentuk distribusi tegangan beton

$$\rho_b = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b$$

$$R_{maks} = \rho_{maks} \cdot f_y \cdot \left( 1 - \frac{\frac{1}{2} \cdot \rho_{maks} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c'} \right)$$

2. Tebal efektif tiang *railing*

$$d = h - d'$$

3. Momen nominal rencana

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \text{ , nilai } \phi \text{ untuk lentur} = 0,8$$

4. Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} \text{ , Harus dipenuhi syarat, } R_n < R_{max}$$

5. Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( 1 - \sqrt{\left( 1 - \frac{2R_n}{0,85 \cdot f_c'} \right)} \right)$$

6. Rasio tulangan minimum

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

7. Luas tulangan yang diperlukan

$$A = \rho \cdot b \cdot d$$

8. Jumlah tulangan yang diperlukan

$$n = A_s / (\pi / 4 \cdot D^2)$$

- Tulangan geser

1. Kuat geser beton

$$V_c = (\sqrt{f_c'}) / 6 \cdot b \cdot d$$

2. Luas tulangan geser perlu

$$\Phi \cdot V_c$$

3. Luas tulangan geser sengkang

$$A_v = \pi / 4 \cdot \Phi^2 \cdot 2$$

4. Jarak tulangan geser (sengkang)

$$S = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s$$

5. Jarak tulangan geser (sengkang) yang diperlukan,

$$S = A_v \cdot f_y \cdot \frac{d}{V_s}$$

### 2.3.4. Analisa Plat injak

Berikut tahapan perhitungan untuk plat injak

1. Faktor bentuk distribusi tegangan beton

$$\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times \frac{f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b$$

$$R_{maks} = \rho_b \times f_y \times \left( 1 - \frac{\frac{1}{2} \times \rho_{maks} \times f_y}{0,85 \times f_c'} \right)$$

2. Tebal efektif slab beton

$$d = h - d'$$

3. Hitung Momen Nominal

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi}, \text{, nilai } \Phi \text{ untuk lentur} = 0,8$$

4. Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2}, \text{Harus dipenuhi syarat, } R_n < R_{max}$$

5. Rasio Tulangan yang diperlukan

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \times f_c}} \right)$$

6. Rasio Tulangan Minimum

$$\rho_{min} = 25\% \times \frac{1,4}{f_y}$$

7. Luas Tulangan yang diperlukan

$$A = \rho \cdot b \cdot d$$

8. Jarak antara Tulangan

$$s = \frac{\frac{1'}{4} \pi \cdot dt^2 \cdot b}{A_s}$$

dimana,  $dt$  = diameter tulangan

9. Tulangan Bagi pada Arah Memanjang dan Melintang

$$A_{bg} = 50\% \cdot A_s$$

## 2.3.5 Analisa Girder/Balok Prategang

### 2.3.5.1 Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan non struktural yang dipikulnya yang bersifat tetap.

## 1. Perhitungan Diafragma

Distribusi beban lantai pada balok diafragma adalah sebagai berikut:

Gaya geser akibat akrobat berat sendiri  $V_{MS} = 1/2 \cdot Q_{MS} \cdot S$

Momen akibat beban sendiri  $M_{MS} = 1/12 \cdot Q_{MS} \cdot S^2$

Gaya geser akibat beban mati tambahan  $V_{MA} = 1/2 \cdot Q_{MA} \cdot S$

Momen akibat beban truk  $V_{TT} = 1/2 \cdot P_{TT}$

Gaya geser akibat beban truk  $M_{TT} = 1/8 \cdot P_{TT}$

Momen akibat beban sendiri  $M_{MS} = 1/12 \cdot Q_{MS} \cdot S^2$

Jumlah balok diafragma sepanjang bentang:

$$n = \left( \frac{b}{s} + 1 \right)$$

Berat 1 diafragma:

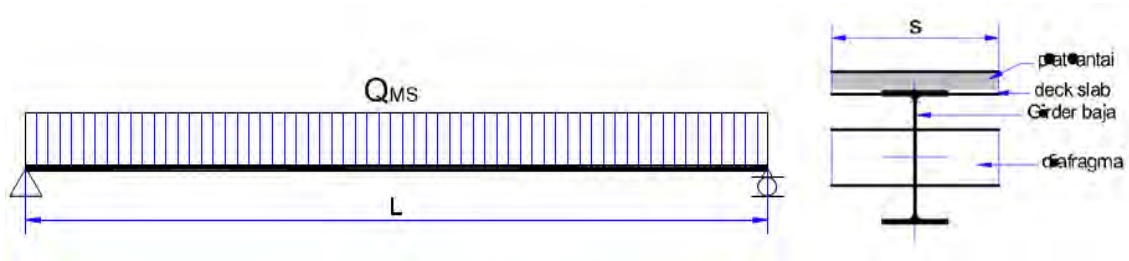
$$Q = A \cdot L \cdot W_c$$

q diafragma:

$$q_{\text{diafragma}} = \frac{Q}{L}$$

Berat total diafragma:

$$Q_{tot} = n * Q$$



$Q_{MS}$  = Beban Plat Lantai + Beban Girder + Beban Diafragma

Dimana:

Beban diafragma Girder ( $Q_d$ ) =  $n_d \cdot (L_d/L)$

Gaya geser akibat berat sendiri  $V_{MS} = \frac{1}{2} \cdot Q_{MS} \cdot L$

Momen pada girder  $M_{MS} = \frac{1}{8} \cdot Q_{MS} \cdot L^2$

## 2. Perhitungan Girder/Balok Prategang

$$W_{balok} = A \times L \times w_c$$

$$\text{Beban } (Q_{MS}) = A \times w \quad [\text{kN/m}]$$

$$\text{Panjang bentang } (L) = 16,6 \text{ m}$$

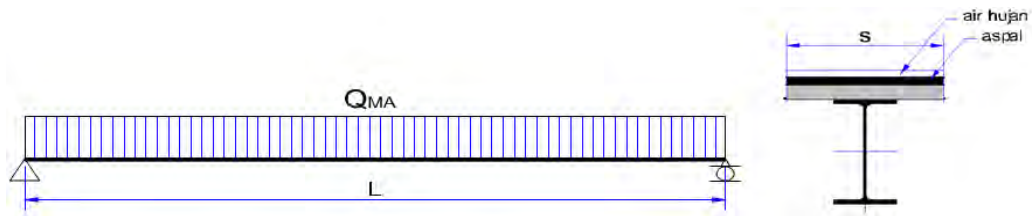
$$\text{Gaya geser } (V_{MS}) = \frac{1}{2} \times Q_{MS} \times L \quad [\text{kN}]$$

$$\text{Momen } (M_{MS}) = \frac{1}{8} \times Q_{MS} \times L^2 \quad [\text{kNm}]$$

### 2.3.5.2 Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan

suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural. Beban mati tambahan berupa beban lapisan aspal (*overlay*) + beban air hujan.



$$\text{Gaya geser akibat beban mati tambahan } V_{MA} = 1/2 \cdot Q_{MA} \cdot L$$

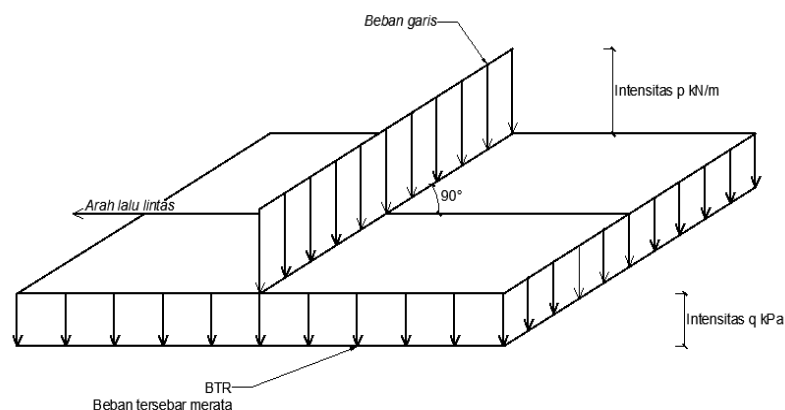
$$\text{Momen akibat beban mati tambahan } M_{MA} = 1/8 \cdot Q_{MA} \cdot L^2$$

### 2.3.5.3 Beban Lalulintas

Beban kendaraan yang berupa beban lajur “D” terlihat dari beban terbagi rata, UDL, dan beban garis. Beban hidup pada jembatan berupa beban roda ganda oleh truk (beban T).

#### 1. Beban Lajur “D” dan beban garis “KEL”

Beban lajur “D” terdiri dari beban terbagi merata UDL (*Uniformly Distributed Load*) dan beban garis KEL (*Knife Edge Load*) seperti terlihat pada Gambar 2.9. UDL mempunyai intensitas  $q$  (kPa) yang besarnya tergantung pada panjang total  $L$  yang dibebani seperti Gambar 2.3 atau dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:





Gambar 2. 6 Beban Lajur “D”

$$q = 9.0 \text{ kPa,} \quad \text{untuk } L \leq 30 \text{ m}$$

$$q = 9.0 * ( 0.5 + 15 / L ) \text{ kPa,} \quad \text{untuk } L > 30 \text{ m}$$

$$\text{KEL mempunyai intensitas,} \quad p = 440 \text{ kN/m}$$

Faktor beban dinamis untuk KEL diambil sebagai berikut:

$$DLA = 0.4 \quad \text{untuk } L \leq 50 \text{ m}$$

$$DLA = 0.4 - 0.0025*(L - 50) \quad \text{untuk } 50 < L < 90 \text{ m}$$

$$DLA = 0.3 \quad \text{untuk } L \geq 90 \text{ m}$$

Untuk bentang menerus, digunakan panjang bentang

ekuivalen yang dinyatakan dengan rumus:

$$L_E = \sqrt{(L_{AV} * L_{max})}$$

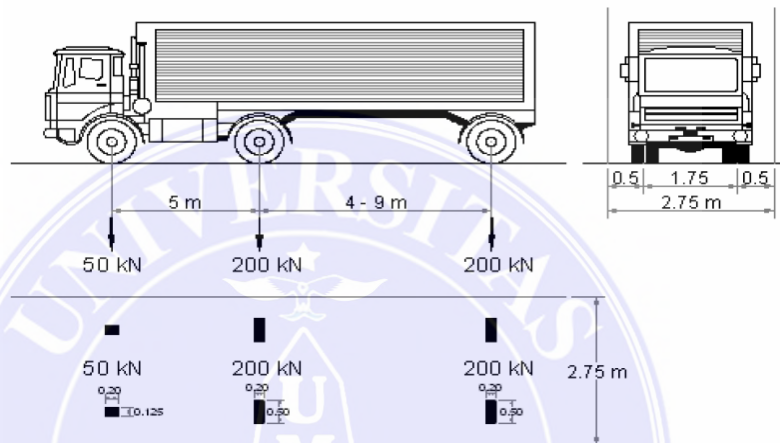
Dimana,

$L_{AV}$  = Panjang bentang rata – rata

$L_{Max}$  = Panjang bentang maksimum

## 2. Beban Truk “T” (TT)

Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan beban as seperti Gambar 2.10. Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil,  $DLA = 0,4$



Gambar 2. 7 Pembebanan truk “T”

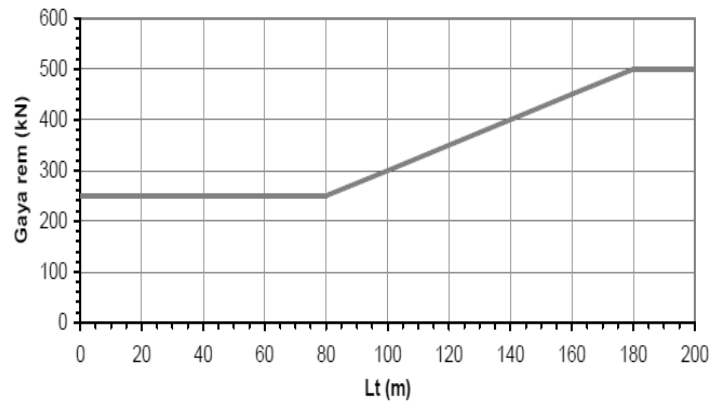
### 2.3.5.4 Gaya Rem (TB)

Pengaruh pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan tergantung panjang total jembatan ( $L_t$ ) sebagai berikut:

$$\text{Gaya rem, } T_{TB} = 250 \text{ kN} \quad \text{untuk } L_t \leq 80 \text{ m}$$

$$\text{Gaya rem, } T_{TB} = 250 + 2.5 * (L_t - 80) \text{ kN} \quad \text{untuk } 80 < L_t < 180 \text{ m}$$

$$\text{Gaya rem, } T_{TB} = 500 \text{ kN} \quad \text{untuk } L_t \geq 180 \text{ m}$$



Gambar 2. 8 Gaya Rem

### 2.3.5.5 Beban Angin (EW)

Beban garis merata tambahan arah horizontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin yang meniup kendaraan di atas jembatan di hitung dengan rumus:

$$T_{EW} = 0,0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2$$

Dimana:

$C_w$  = Koefisien seret

$V_w$  = Kecepatan angin rencana

Transfer beban angin ke lantai kendaraan:

$$P_{EW} = 0,5 \cdot (h/x) \cdot T_{EW}$$

### 2.3.5.6 Pengaruh Temperatur (ET)

Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur, diambil perbedaan temperatur yang besarnya

setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rata-rata pada lantai kendaraan.

$$\Delta T = (T_{\max} - T_{\min}) / 2$$

Gambar 2. 9 Temperatur Jembatan Rata-Rata Nominal

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata – rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata – rata maksimum
Lantai beton diatas gelagar atau boks beton	15°C	40°C
Lantai beton diatas gelagar, boks atau rangkak baja	15°C	40°C
Lantai pelat baja diatas gelagar, boks atau rangkak baja	15°C	40°C

CATATAN (1) Temperatur jembatan rata – rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.

Sumber: RSNi – T – 02 – 2005: 27

### 2.3.5.7 Beban Gempa

Gaya gempa vertikal pada girder dihitung dengan menggunakan percepatan vertikal ke bawah minimal sebesar  $0,10 \times g$  ( $g$  = percepatan gravitasi) atau dapat diambil 50% koefisien gempa horosontal statik ekuivalen.

$$K_h = C.S$$

$K_h$  = koefisien beban gempa horizontal

$C$  = koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar, dan kondisi tanah setempat (0,18)

$S$  = Faktor tipe struktur yang berhubungan dengan kapasitas penyerapan energy gempa dari struktur.

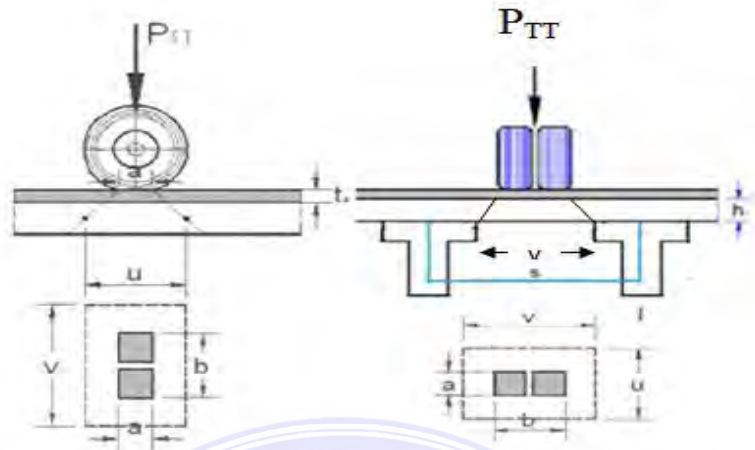
Koefisien beban gempa vertikal  $K_v = 50\%.K_h$

Gaya geser akibat beban gempa pada girder  $V_{EQ} = \frac{1}{2}.Q_{EQ}.L$

Momen akibat beban gempa pada girder  $M_{EQ} = \frac{1}{8}.Q_{EQ}.L^2$

### 2.3.5.8 Analisis Gaya Geser

Gaya geser pons adalah gaya yang terjadi akibat adanya beban truk pada roda yang dipikul oleh lantai jembatan (lapis perkerasan). Bagian roda truk yang bersentuhan dengan lapis perkerasan disebut bidang geser. Besar nilai beban ultimit roda truk pada slab tidak boleh lebih besar dari nilai gaya geser pons nominal dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan geser, untuk mencegah keretakan yang dapat terjadi pada slab lantai jembatan (lapis perkerasan).



Gambar 2. 10 Bidang geser pons pada lantai jembatan

Berikut tahapan perhitungan kontrol tegangan geser pons:

1. Bidang geser pons

$$u = a + 2 ta + h$$

$$v = b + 2ta + h$$

2. Luas bidang geser

$$A_v = 2(u + h)$$

3. Gaya geser pons nominal

$$P_n = (A_v \cdot P_n)$$

4. Beban ultimit roda truk pada slab

$$P_u = K_{TT} \cdot P_{TT} \text{ (syarat, } P_u < \Phi P_n \rightarrow \text{aman)}$$

### 2.3.6 Gaya Prategang, Eksentrisitas dan Jumlah Tendon

Gaya prategang adalah gaya yang diperlukan untuk menahan semua beban yang terjadi akibat beban sendiri maupun beban luar yang terjadi.

### 2.3.6.1 Kondisi Awal (Saat Transfer)

Tegangan di serat atas

$$0 = -\frac{P_t}{A} + P_t \times \frac{e_s}{W_a} - \frac{M_{\text{balok}}}{W_a} \quad (\text{persamaan 1})$$

Tegangan di serat bawah

$$0,6 \times f'_{ci} = -\frac{P_t}{A} - P_t \times \frac{e_s}{W_b} + \frac{M_{\text{balok}}}{W_b} \quad (\text{persamaan 2})$$

Besar gaya prategang awal:

- Dari persamaan (1):

$$P_t = \frac{M_{\text{balok}}}{\left(e_s - \frac{W_a}{A}\right)}$$

- Dari persamaan (2)

$$P_t = \frac{[0,6 \times f'_{ci} \times W_b + M_{\text{balok}}]}{\left(\frac{W_b}{A} + e_s\right)}$$

### 2.3.6.2 Kondisi Akhir

Untuk mencari gaya prategang saat jacking digunakan dua persamaan berikut ini:

Gaya prategang saat *jacking*:

$$P_j = \frac{P_t}{0,85} \quad \text{persamaan (1)}$$

$$P_j = 0,85 \times P_{b1} \times n_t \quad \text{persamaan (2)}$$

Dari persamaan diatas diperoleh jumlah tendon yang diperlukan:

$$n_t = \frac{P_t}{0,85 \times 0,80 \times P_{b1}}$$

Jumlah kawat untaiian (*strands cable*) yang digunakan:

$$n_s = \frac{P_t}{(0,85 \times 0,80 \times P_{bs})}$$

Persentase tegangan leleh yang timbul pada baja (% *force jacking*):

$$P_o = \frac{P_t}{(0,85 \times n_s \times P_{bs})}$$

### 2.3.6.3 Posisi Tendon

Posisi tendon akan berbeda ditumpuan dan ditengah bentang. Pada tengah bentang kecenderungan posisi tendon berada dibawah garis eksentrisitas balok. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan gaya tekan ke atas. Untuk menentukan posisi tendon dicari sebagai berikut:

#### 1. Posisi Tendon di Tengah Bentang

Momen statis tendon terhadap alas

$$n_s \times z_o = n_1 \times a + n_2 (a + y_d)$$

$$y_d = \frac{n_s \times (z_o - a)}{n_2}$$

#### 2. Posisi Tendon di Tumpuan

$$\sum n_i \times y_d' = n_s \times y_e$$

$$\frac{y_e}{y_d'} = \frac{\left( \frac{\sum n_i \times y_d'}{n_s} \right)}{n_s} = \frac{36}{24} = 1,5$$

$$y_e = y_b - a' = 0,353 - 0,212 = 0,141 \text{ m}$$



$$y'_d = \frac{y_e}{\left[\frac{y_e}{y'_d}\right]} = \frac{0,141}{1,5} = 0,094 \text{ m}$$

### 2.3.6.4 Lintasan Inti tendon

Persamaan lintasan tendon adalah sebagai berikut:

$$Y = \frac{4 \times f \times X}{L^2 \times (L - X)}$$

Untuk mencari sudut angkur dipakai persamaan lintasan tendon berikut:

$$Y = \frac{4 \times f_i \times X}{L^2 \times (L - X)}$$

$$\frac{d_y}{d_x} = \frac{4 \times f_i \times (L - 2X)}{L^2}$$

Maka untuk  $x = 0$  (posisi angkur di tumpuan):

$$\frac{d_y}{d_x} = \frac{4 \times f_i}{L}$$

Sehingga persamaan sudut angkur:

$$\alpha = \text{arc Tan} \left( \frac{d_y}{d_x} \right)$$

### 2.3.7 Kehilangan Gaya Prategang

#### 2.3.7.1 Kehilangan Langsung (*Immediately Loss*)

Yaitu kehilangan gaya pratekan yang terjadi segera setelah peralihan gaya pratekan yang meliputi:

1. Kehilangan pratekan akibat perpendekan elastis (*T.Y Lin* tahun 1996):

Pada penampang yang menggunakan lebih dari satu kabel, kehilangan gaya prategang ditentukan oleh kabel yang pertama ditarik dan memakai harga setengahnya untuk mendapatkan harga rata-rata semua kabel.

$$ES = \Delta f_c = \frac{n P_j}{A_p}$$

Dimana:

$P_j$  = Gaya prategang awal (Jacking)

$n$  = rasio modular  $E_s/E_c$

2. Kehilangan pratekan akibat gesekan kabel (*friction and wobble effect*) .  
pada struktur beton prategang dengan tendon melengkung diketahui adanya gesekan pada sistem penarik (*jacking*) dan ankur sehingga tegangan yang ada pada beton sangat dipengaruhi oleh pergerakan dari selongsong (*wobble*). Kehilangan prategang akibat gesekan menurut ACI 318:

$$P_x = P_o \times e^{-\alpha - \beta \times L_x}$$

Dimana:

$P_o$  = tegangan baja prategang pada saat *jacking*

$P_x$  = tegangan baja prategang dititik x sepanjang beton

= koefisien friksi 0.2 untuk strand pada selongsong besi yang mengkilap dan dilapisi zink

$\alpha$  = perubahan sudut total dari profil layout kabel dalam radian dari titik *jacking*

$\beta$  = koefisien wobble atau tergantung pada diameter selongsong, untuk 50

<  $d_s < 90$  mm besar koefisien  $0.012 < \beta < 0.016$

$e$  = nilai dasar logaritmik natural naverian

$L_x$  = Panjang baja prategang diukur dari titik *jacking*.

3. Kehilangan pratekan akibat slip angker (*slip anchorage*):

$$P_{\max} = P'_{\max} - \Delta P_e$$

### 2.3.7.2 Kehilangan Tak langsung (*Time Dependent Loss*)

Yaitu kehilangan pratekan yang bergantung pada fungsi waktu yang meliputi:

1. Kehilangan pratekan akibat rangkak beton (*creep*) (*T.Y Lin* tahun 1996: 87):

$$CR = K_{cr} \frac{E_s}{E_c} (f_{cir} - f_{cds})$$

Dimana:

$K_{cr}$  = Koefisien rangkak, harganya 1.6 untuk pasca tarik

$E_c$  = modulus elastisitas beton

$E_s$  = modulus elastisitas baja

$F_{cir}$  = tegangan pada beton pada level baja sesaat setelah transfer

$F_{cds}$  = tegangan pada beton pada pusat berat tendon akibat beban mati

2. Kehilangan pratekan akibat susut beton (*shrinkage*) (*T.Y Lin* tahun 1996: 88):

$$\Delta f_{sh} = 8.2 \times 10^{-6} K_{sh} E_s \left(1 - 0.06 \frac{V}{S}\right) (100 - RH)$$

Dimana:

$E_s$  = modulus elastistas baja prategang

$V$  = volume beton dari suatu komponen struktur

$S$  = Luas permukaan dari suatu komponen struktur

$Rh$  = Kelembaban udara relatif

Ksh = Koefisien susut, harganya ditentukan terhadap waktu antara akhir pengecoran dan pemberian gaya prategang

Tabel 2. 3 Koefisien susut

Waktu antara (hari)	1	3	5	7	10	20	30	60
Ksh	0.92	0.85	0.80	0.77	0.73	0.64	0.58	0.45

Sumber: *Desain Struktur Beton Prategang*: 88

3. Kehilangan pratekan akibat relaksasi baja (*relaxation*) (T. Y Lin tahun 1996: 91):

$$\Delta f_{pR} = P_j \times \frac{\log t}{10} \times \frac{P_j}{f_y}$$

### 2.3.8 Analisa Lendutan

Setelah dimensi tulangan slab sudah direncanakan maka didapat dimensi tulangan yang dipakai, dengan dimensi tulangan tersebut akan di kontrol untuk lendutan slab. Nilai lendutan total pada plat lantai jembatan tidak boleh lebih besar dari nilai lendutan maksimum yang disyaratkan. Berikut tahapan perhitungan kontrol lendutan slab secara garis besar:

1. Hitung jarak garis netral terhadap sisi atas beton

$$c = n \cdot A_s / b$$

2. Inersia penampang dan momen retak yang ditransformasikan ke beton

$$I_{cr} = 1/3 \cdot b \cdot c^3 + n \cdot A_s \cdot (d-c)^2$$

$$M_{cr} = f_r \cdot I_q / y_t$$

3. Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban)

$$M_a = 1/8 \cdot Q \cdot Lx^2 + 1/4 \cdot P \cdot Lx$$

4. Inersia efektif untuk perhitungan lendutan

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \cdot I_q + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] \cdot I_{cr}$$

5. Lendutan elastic seketika akibat beban mati dan beban hidup

$$\delta_e = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q \cdot Lx^4}{E_c \cdot I_e} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot Lx^3}{E_c \cdot I_e}$$

6. Rasio tulangan slab lantai jembatan

$$\rho = A_s / (b \cdot d)$$

7. Faktor ketergantungan waktu untuk beban mati

$$\lambda = \frac{\zeta}{1 + 50\rho}$$

8. Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut

$$\delta_q = \frac{5}{384} \cdot \frac{\lambda \cdot Q \cdot Lx^4}{E_c \cdot I_e}$$

9. Lendutan total pada plat lantai jembatan

$$\delta_{tot} = \delta_e + \delta_q \text{ (syarat, } \delta_{tot} < Lx/240 \rightarrow \text{aman)}$$

## **BAB III**

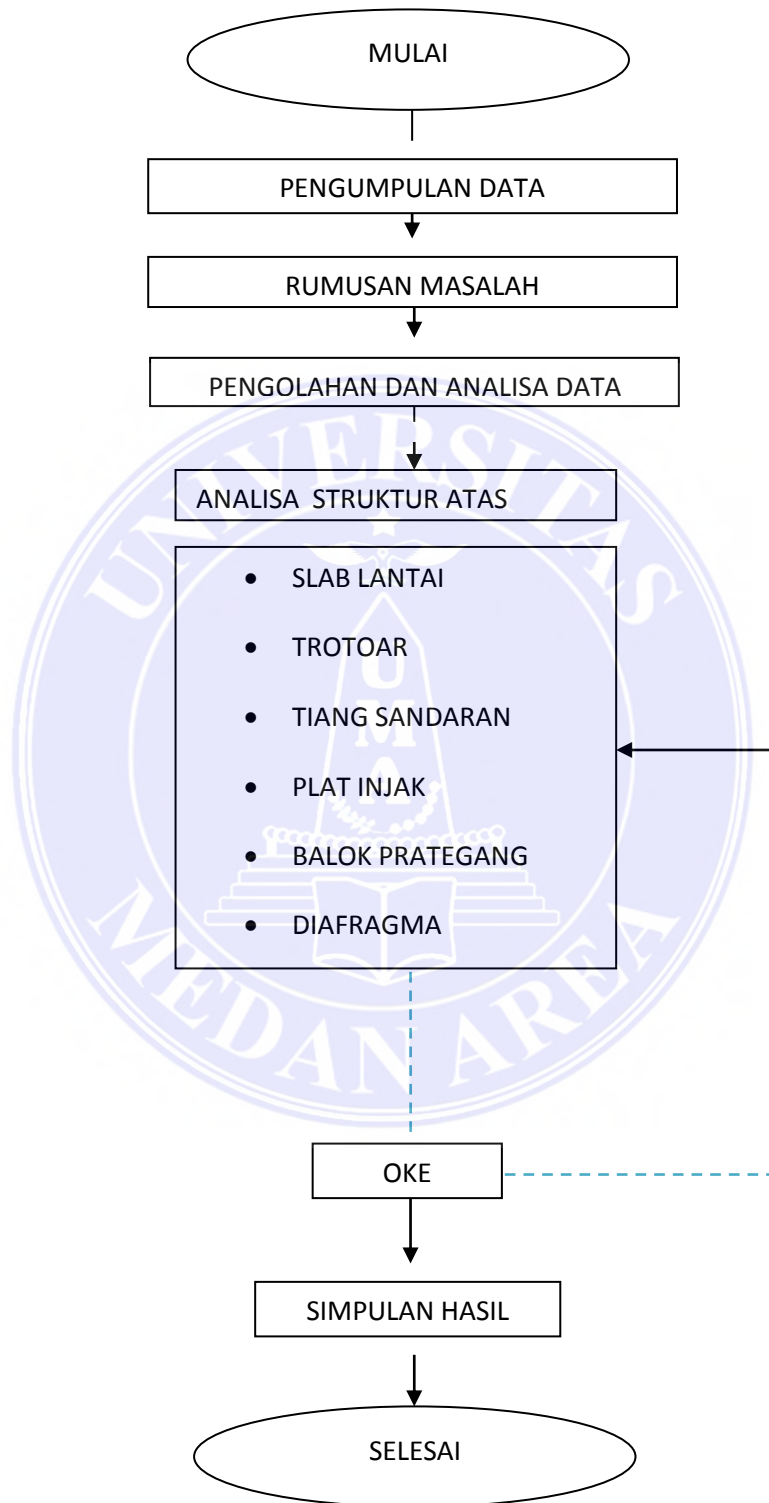
### **DATA DAN METODE PENGANALISAAN**

#### **3.1 Tahap Persiapan**

Tahap persiapan merupakan langkah awal yang dilakukan dalam analisa yang akan dilakukan, beberapa tahap tersebut bertujuan agar mengefektifkan waktu menganalisa dan menjadi persetujuan kelanjutan topik analisa yang telah ditentukan.

#### **3.2 Tahapan Analisa**

Tahap analisa dipresentasikan dengan menggunakan kerangka acuan dasar yang membentuk alur yang bertujuan menjadi pedoman dalam pelaksanaan perencanaan dalam penganalisaan. Kerangka acuan dasar yang membentuk alur



Gambar 3. 1 Bagan Alir Analisa Struktur Atas Jembatan

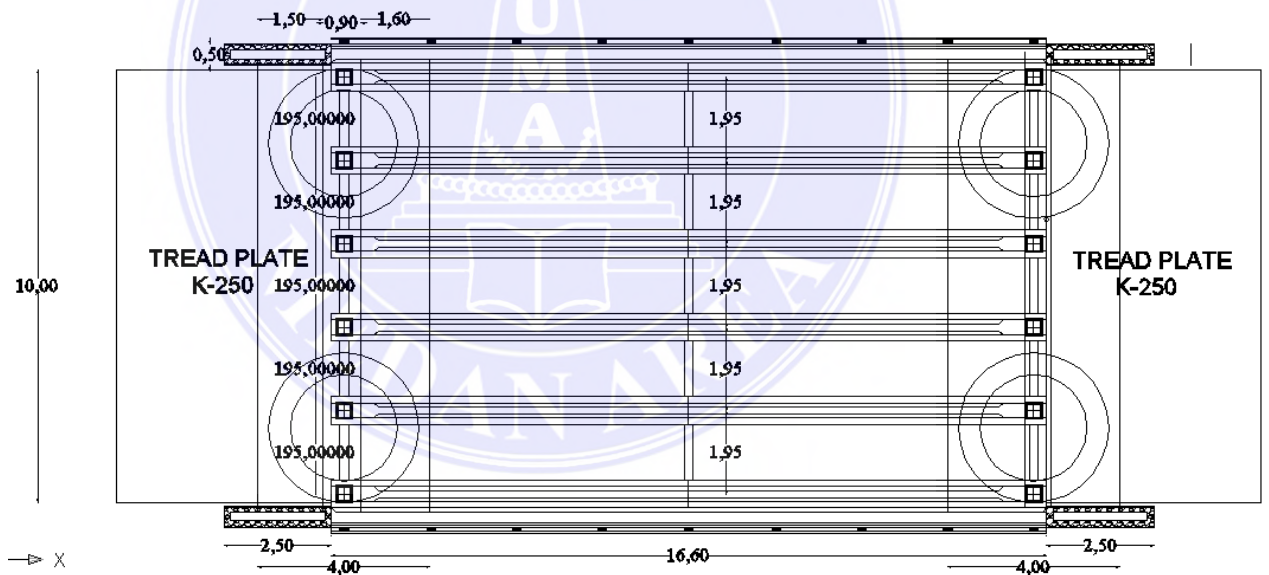
### 3.3.1 Data Dimensi Perancangan Struktur Atas Jembatan

Dimensi struktur atas jembatan prategang yang diperlukan, antara lain:

1. Struktur atas, meliputi: Pelat lantai, Trotoar, Tiang sandaran, *Deck slab*, dan Girder.

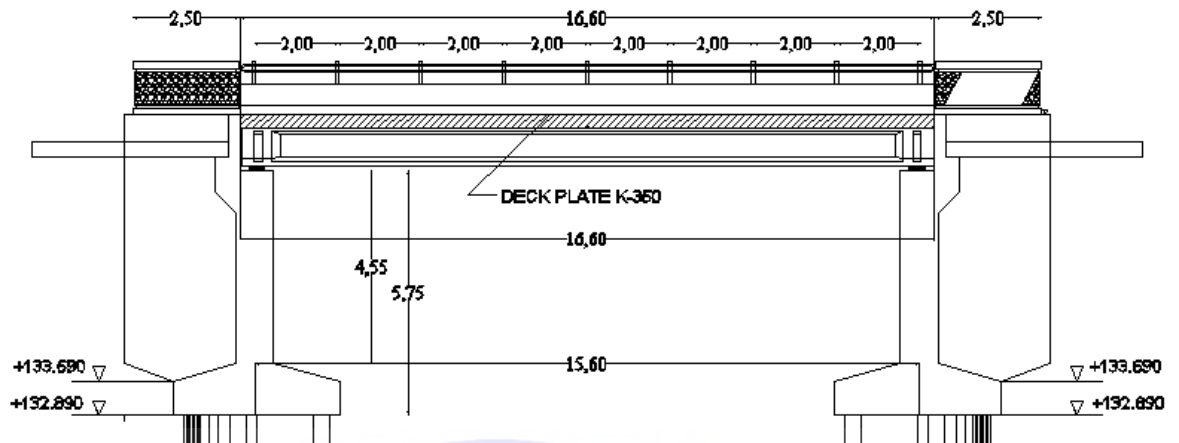
#### Struktur atas

Penentuan dimensi struktur atas yang akan dirancang ialah Pelat lantai, trotoar, tiang sandaran, *deck slab*, diafragma, dan *girder* dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut:

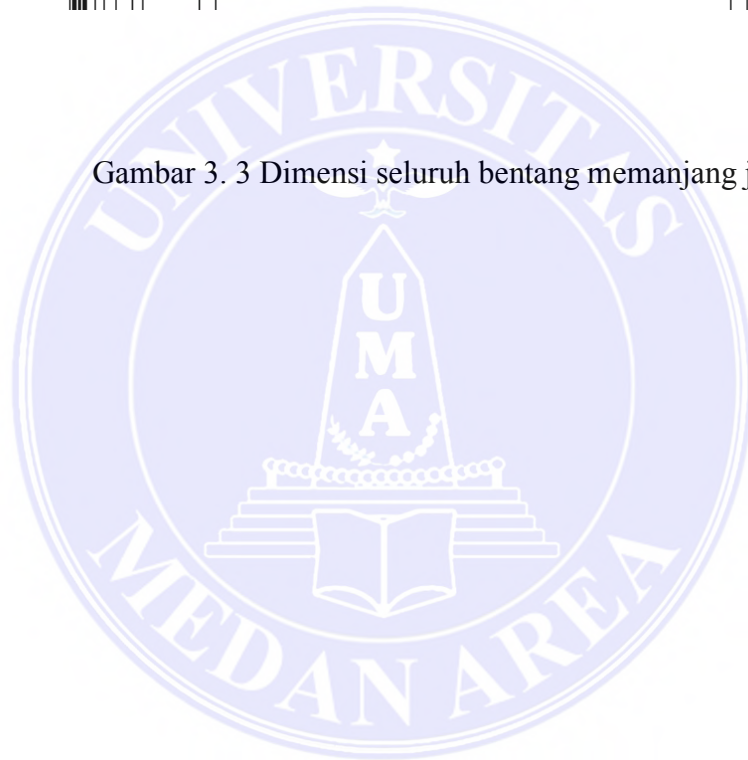


Gambar 3. 2 Tampak memanjang jembatan

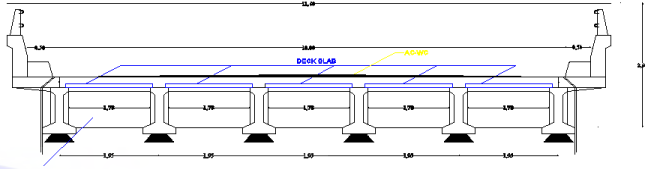
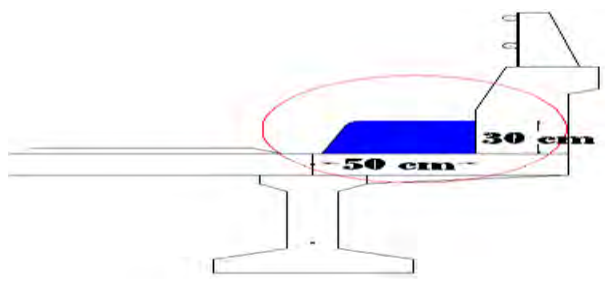




Gambar 3. 3 Dimensi seluruh bentang memanjang jembatan



Tabel 3. 1 Data-data dimensi yang akan dirancang

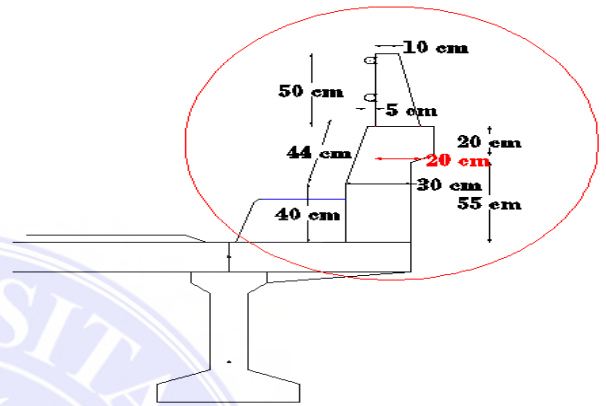
STRUKTUR ATAS	DIMENSI	GAMBAR
Panjang total jembatan	= 16,60 m	
Lebar total jembatan	= 11,60 m	
Lebar lalu-lintas	= 10,00 m	
Jarak antar girder	= 1.95 m	
Jumlah baris diafragma	= 3 baris	Gambar 3. 4 Dimensi struktur atas
<b>Slab Lantai</b>		
Lebar	= 10,0 m	
Tebal	= 0,20 m	
Tebal lapisan aspal+overlay	= 0,10 m	
<b>Trotoar</b>		
Lebar	= 0,5 m	
Tebal	= 0,3 m	
Gambar 3. 5 Dimensi trotoar		

---

### Tiang Sandaran

---

Tinggi total = 1,3 m  
Tebal trotoar = 0.4 m  
Lebar total = 2,0 m



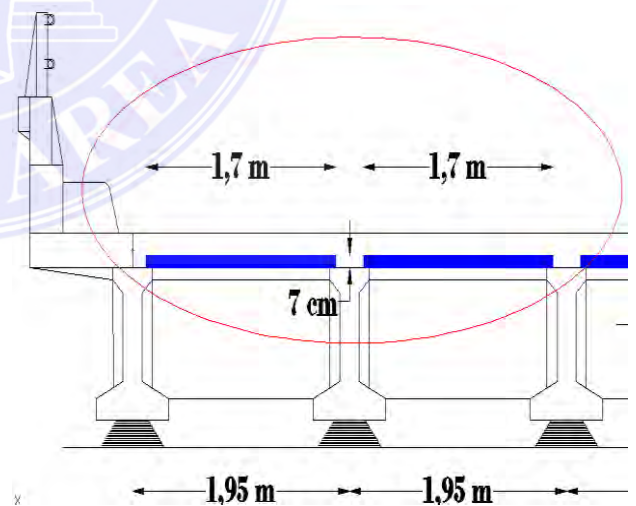
Gambar 3. 6 Dimensi tiang sandaran

---

### Deck Slab

---

Lebar = 1,7 m  
Tebal = 0,07 m  
Jumlah = 5 buah  
Tipe = Precast



Gambar 3. 7 Dimensi deck slab

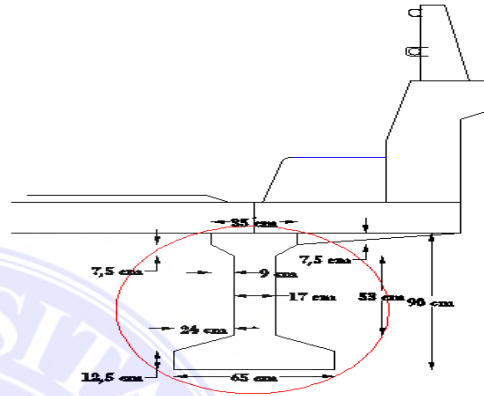
---

---

## Girder (Gelagar)

---

Tipe = I-Girder



Gambar 3. 8 Dimensi girder

---

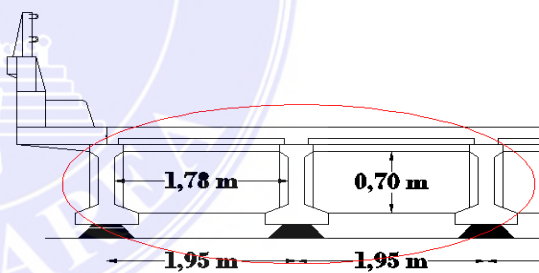
## Diafragma

---

Lebar (b) = 1,70 m

Tinggi (h) = 1,05 m

Tebal (t) = 0,20 m



Gambar 3. 9 Dimensi diafragma

---

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dikerjakan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan pembebanan dan penulangan berpedoman pada RSNI T-12-2004 didapatkan pembebanan plat lantai akibat berat sendiri =  $5 \text{ kN/m}^2$ , beban mati tambahan =  $2,69 \text{ kN/m}^2$ , beban truk =  $157,5 \text{ kN}$ , beban angin =  $0,648 \text{ kN}$ , beban perbedaan temperatur =  $12,5^\circ\text{C}$  dan tulangan plat lantai untuk tulangan lentur negatif D16-85 mm dan tulangan lentur positif D16-90 mm. Tulangan plat injak arah melintang D13-160 mm dan arah memanjang D16-180 mm.
2. Dari hasil perhitungan pembebanan dan penulangan berpedoman pada RSNI T-02-2005 untuk perencanaan beton yang digunakan untuk jembatan didapat Pembebanan balok prategang akibat berat sendiri balok prategang =  $6,125 \text{ kN/m}^2$ , beban mati tambahan =  $5,2455 \text{ kN/m}^2$ , beban lajur =  $17,550 \text{ kN/m}^2$ , gaya rem =  $19,34 \text{ kN/m}^2$ , beban angin =  $0,741 \text{ kN/m}^2$ , beban gempa =  $3,461 \text{ kN/m}^2$  dan tulang balok prategang sebanyak 20 tulangan dengan diameter 13 mm dan jumlah tendon balok prategang sebanyak 2 tendon dengan masing-masing 12 kawat/tendon

## 5.2. Saran

1. Dalam menghitung struktur jembatan hendaknya mengikuti perkembangan peraturan-peraturan dan pedoman-pedoman dalam merencanakan atau menghitung struktur jembatan serta buku tentang jembatan prategang untuk referensi.

## DAFTAR PUSTAKA

RSNI – T – 12 – 2004. *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta 2004.

RSNI – T- 2005. *Standar Pembebanan Untuk Jembatan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Manual Konstruksi dan Bangunan. *Perencanaan Struktur Beton Pratekan Untuk Jembatan*. Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta 2011

Raju, NK, 1986. *Prestressed Concrete, Second Edition*. New Delhi: Tata McGraw – Hill Publishing Company Limited.

Lin, TY., dan NH. Burns, 1987. *Design of Prestressed Concrete, Second Edition*.

Bowles, E, Joseph, 1997. *Analisis Dan Desain Pondasi, Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1992. *Bridge Management System*.

<http://library.binus.ac.id/eColls/Bab2/2012-2-01543-SP%20Bab2001.pdf>

[http://eprints.undip.ac.id/34350/5/2184\\_CHAPTER\\_II.pdf](http://eprints.undip.ac.id/34350/5/2184_CHAPTER_II.pdf)