

**ANALISA PERHITUNGAN KONSTRUKSI  
BALOK PRATEKAN SISTEM SEGMENTAL  
PADA JEMBATAN PAYUNG SUNGAI PERCUT  
( STUDI KASUS )**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana

Oleh :

**FRANSISKUS SIBARANI**

NIM : 98.811.0013



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

**M E D A N**

**2 0 0 4**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
  2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
  3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

**ANALISA PERHITUNGAN KONSTRUKSI  
BALOK PRATEKAN SISTEM SEGMENTAL  
PADA JEMBATAN PAYUNG SUNGAI PERCUT**  
( STUDI KASUS )

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana

Disusun Oleh :

**N A M A : FRANSISKUS SIBARANI**

**N I M : 98. 811. 0013**

**Disetujui :**

Pembimbing I,



(Ir. H. I r w a n, MT)

Pembimbing II,



( Ir. M. I k b a l L u b i s )

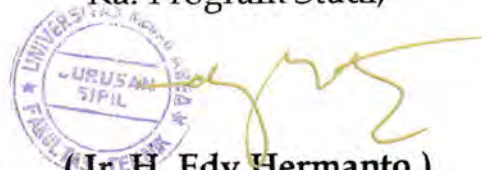
**Mengetahui :**

Dekan



(Drs. Dadan Ramdan, MEng, MSc)

Ka. Program Studi,



( Ir. H. E d y H e r m a n t o )

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang  
Pangsa Lubis :

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
  2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
  3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

## RINGKASAN

Pada perencanaan suatu balok pratekan sistim segmental sering timbul permasalahan besarnya gaya pratekan yang cukup kuat dan ekonomis, sehingga tegangan internal pada balok akan mampu mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban eksternal.

Besarnya gaya pratekan pada balok harus mampu memikul lendutan yang terjadi pada balok dan untuk balok pratekan sistim segmental, gaya pratekan yang direncanakan tidak akan menimbulkan tegangan – tegangan tarik pada balok saat dibebani maksimum.

Setelah dibuat perhitungan gaya pratekan didapat gaya prategang awal (  $P_j$  ) sebesar 1139,233 Ton, gaya prategang awal setelah mengalami prategang (  $P_i$  ) sebesar 1035,994 Ton dan gaya prategang efektif (  $P_e$  ) sebesar 854,425 Ton.

Pada saat transfer untuk serat atas akan tertekan sebesar 4,82 Kg dan untuk serat bawah juga akan tertekan sebesar 280,092 Kg. Hal ini masih dalam batas aman karena tegangan tekan yang diijinkan pada saat transfer adalah sebesar 300  $\text{kg/cm}^2$  (  $0,6 f'c$  ) dalam arti beton tidak mengalami retak – retak.

Pada saat beban kerja, untuk serat atas tertekan sebesar 175,511  $\text{Kg/cm}^2$  dan untuk serat bawah juga masi tertekan sebesar 14,099  $\text{kg/cm}^2$ . Tegangan Beton yang diijinkan pada saat beban kerja adalah sebesar 200  $\text{kg/cm}^2$  artinya konstruksi cukup kuat dan aman.

Tegangan tarik yang terjadi akibat gaya geser adalah sebesar 1,444  $\text{Kg/cm}^2$  dan tegangan tarik yang diijinkan adalah sebesar 5,590  $\text{kg/cm}^2$  (  $0,25 f'c$  ) hal ini konstruksi aman terhadap gaya geser.

Lendutan yang terjadi pada saat transfer adalah sebesar 109,110 mm < 136,660 mm (  $1/300$  . l lendutan maksimum ) konstruksi dinyatakan aman.

Pada saat beban hidup lendutan seketika adalah 33,880 mm < 51,250 (  $1/800$  . l ) konstruksi aman.

Dari nilai persentase yang terjadi dimensi penampang, jumlah tendon dan gaya prategang yang diberikan adalah cukup kuat dan aman.



## Daftar Isi

	Halaman
RINGKASAN.....	i
PRAKATA.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR NOTASI.....	vi
 <b>BAB I : PENDAHULUAN</b>	
I. 1. Umum.....	1
I. 2. Latar Belakang.....	3
I. 3. Maksud Dan Tujuan.....	5
I. 4. Permasalahan.....	6
I. 5. Pembatasan Masalah.....	7
I. 6. Metode Penulisan.....	7
 <b>BAB II : TINJAUAN UMUM</b>	
II. 1. Prinsip Dasar Beton Prategang.....	8
II. 2. Tegangan – Tegangan Beton Prategang.....	11
II. 3. Desain Penampang Komposit Dengan Teori Elastisitas .....	19
II. 4. Kehilangan Gaya Prategang.....	24
II. 5. Daerah Aman Perjalanan Kabel.....	34
II. 5. Lendutan Batang Beton prategang.....	36
 <b>BAB III : ANALISA PERHITUNGAN BEBAN DAN GAYA PRATEGANG BALOK PRATEKAN SYSTEM SEGMENTAL</b>	

III.	2. Analisa Penampang Balok Pratekan .....	44
III.	3. Pembebanan.....	54
III.	4. Perhitungan Momen Pada Setiap Pembebanan.....	56
III.	5. Perencanaan Gaya Prategang Balok Segmental.....	61
<b>BAB IV : KEHILANGAN GAYA PRATEGANG</b>		
IV.	1. Kehilangan Gaya Prategang Balok Segmental.....	71
IV.	2. Daerah Aman perjalanan Kabel.....	76
IV.	3. Kontrol tegangan Dan Lendutan.....	81
<b>BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
V.	1. Kesimpulan.....	93
V.	2. Saran.....	96
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>97</b>
<b>LAMPIRAN I FHOTO PELAKSANAAN</b>		
<b>LAMPIRAN III GAMBAR PELAKSANAAN</b>		

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. UMUM.**

Sesuai dengan kemajuan Teknologi dan perkembangan Kota di Indonesia yang akan menjadi Kota metropolitan, dibutuhkan sarana transportasi yang baik dan lancar dari suatu daerah lainnya yaitu jalan, karena di negara kita Indonesia ini banyak kita jumpai sungai – sungai maka untuk lancarnya sarana perhubungan akan diperlukan pembangunan – pembangunan jembatan – jembatan, baik itu jembatan yang panjang maupun jembatan dengan bentangan yang pendek.

Untuk membangun suatu jembatan dibutuhkan dana yang sangat besar, terutama didaerah pedalaman. Dewasa ini sedang dikembangkan pembuatan jembatan dengan system pratekan. Sehubungan dengan hal itu disini penulis membahas salah satu cara pembuatan jembatan dengan cara pratekan yaitu :

**“ ANALISA PERHITUNGAN KONSTRUKSI BALOK PRATEKAN  
SISTEM SEGMENTAL PADA JEMBATAN PAYUNG  
SUNGAI PERCUT ”.**

Adapun pengertian dari balok pratekan sistem segmental adalah balok pratekan terdiri dari beberapa segmen yang dirakit menjadi satu kesatuan sesuai dengan letak dan ukurannya. Dengan memberi gaya prestres pada tendon, maka balok akan mengalami lendutan keatas, sehingga setelah adanya pembebanan diatas, maka balok akan turun kembali. Dalam hal ini tendon tersebut dapat memperkecil lendutan balok. Dengan perkataan lain, beton prategang pada dasarnya beton yang mengalami tegangan internal yang besar dan distribusi

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (Repository.uma.ac.id)28/12/23



sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban external.

Perbedaan utama antara beton bertulang dan beton prategang pada kenyataan adalah beton bertulang tegangan tarik yang tidak dapat dipikul oleh beton sendiri dialihkan pada tulangnya, sedangkan pada beton prategang, dengan memberikan gaya pra tegang ialah supaya timbul tegangan – tegangan awal yang berlawanan dengan tegangan – tegangan yang ditimbulkan oleh beban – beban kerja. Dengan demikian konstruksi dapat memikul beban lebih besar lagi tanpa merubah mutu betonnya.

Perkembangan historis beton prategang sebenarnya dimulai dengan cara yang berbeda dimana gaya prategang yang dibuat hanya ditujukan untuk menciptakan tekanan permanent pada beton.

Prinsip dasar sistem prategang telah digunakan pada konstruksi berabad – abad yang lalu, yaitu waktu tali dan pita logam diikatkan mengelilingi papan kayu yang melengkung berbentuk tong.

Pada waktu pita dikencangkan, pelat akan tertarik dan kemudian akan menekan kayu – kayu kedalam sehingga mampu menahan tarikan akibat tekan cairan dari dalam, dengan perkataan lain pita dan kayu dalam keadaan tertekan sebelum dibebani.

## I.2. LATAR BELAKANG.

Kota Medan merupakan satu diantara ibukota propinsi di Indonesia. Kota Medan memiliki potensi sumber daya alam sebagai penghasil devisa negara dari hasil industri, pariwisata, pertanian, perkebunan dan lain – lain.

Areal kota medan yang sangat luas dan padat penduduknya, sebagian besar kota tersebut dilalui beberapa sungai. Antara lain sungai Percut ( sungai Denai ).

Dalam perjalanan sungai seiring dengan pertumbuhan penduduk, sungai sering dibuat sebagai tempat pembuangan sampah dan dengan bertambahnya sedimen – sedimen hingga terjadi penyempitan saluran / sungai.

Untuk itu Pemerintah peduli dan wajib menjaga kelestarian alam ( sungai ), kemungkinan terjadi tidak lancarnya perjalanan air sungai sehingga terjadi bahaya meluapnya air sungai dan banjir. Untuk menjaga tidak terjadinya bencana tersebut Pemerintah pada saat sekarang sedang membuat proyek pengendalian banjir yaitu Proyek Pelebaran Sungai Percut.

Pembangunan ini memakan biaya yang besar dimana sungai tersebut dilebarkan dan dinormalisasi. Maka segala fasilitas yang ada di sungai tersebut harus ikut juga dibangun . Salah satu Fasilitas yang harus dibangun yaitu sarana penyeberangan di sungai tersebut adalah jembatan. Jembatan lama tidak layak dipakai lagi, karena jembatan tersebut tidak sesuai lagi dengan lebar sungai yang dibuka/dilebarkan.

Satu diantara jembatan yang sedang dibangun di sungai percut adalah Jembatan Payung ( Payung Bridge ) yang terletak di daerah Lau Dendang Kecamatan

Bundar Sisinga Medan Area 1 m. Kontraktor Pelaksana adalah PT. BRANTAS

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
 ABYPRYA dan Konsultan CTI ENGINEERING Co LTD.

- © Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
  2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
  3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



Proyek pembangunan jembatan beton prategang sistem segmental di lau dendang ini adalah : suatu bangunan / konstruksi jembatan yang nantinya akan menghubungkan lau dendang dengan bandar setia dan daerah sekitarnya.

Adapun tujuan proyek pembangunan jembatan ini adalah untuk memperlancar transportasi lalu lintas barang , jasa dan manusia.

Sehubungan dengan hal diatas disini penulis membahas salah satu cara pembuatan jembatan dengan cara pratekan yaitu : “ ANALISA PERHITUNGAN KONSTRUKSI BALOK PRATEKAN SISTEM SEGMENTAL PADA JEMBATAN PAYUNG SUNGAI PERCUT “.

Adapun pengertian Balok Pratekan Sistem segmental adalah balok pratekan yang terdiri dari beberapa segmen yang dirakit menjadi satu kesatuan sesuai dengan letak dan ukurannya dengan memberi gaya presstres pada tendon.

Penghematan pada beton prategang dapat dicapai dengan sempurna pada struktur dengan batang yang panjang. Menurut Dean dan Abeles ( sumber Desain Struktur Beton Prategang N. Krishna Raju), balok jembatan segmental yang standard dengan panjang 60 M telah terbukti lebih ekonomis daripada baja dan beton bertulang.

Dalam hal batang prategang penuh, yang bebas dari tegangan - tegangan tarik pada beban kerja, penampang melintangnya dimanfaatkan secara lebih efisien apabila dibandingkan dengan penampang beton bertulang.

Pratekan dengan metode pretension / pratarik yakni, tendon ditarik ( di stressing ) sebelum beton mengeras. Pratekan dengan metode pretension memakai

standar bersandar pada rekatan yang timbul antara baja dan beton sekelilingnya.

Dengan kata lain tendon harus melekat sepenuhnya sepanjang batang dan umumnya metode ini memakai kabel / tendon yang lurus.

Pratekan dengan metode pasca tarik (posttension), dimana tendon ditarik (distressing) setelah beton mengeras dan untuk merekatkan kabel dengan beton pada umumnya di grouting setelah penarikan (stressing). Fungsi utama pratekan dengan sistem pasca tarik adalah kemungkinan pemakaian kabel – kabel melengkung (parabolis). Pada umumnya pratekan sistem pasca tarik digunakan untuk balok pracetak sistem segmental.

Pemakaian kabel yang dilengkungkan khususnya pada batang berbentuk panjang membantu mengurangi gaya geser yang timbul pada penampang ditumpuan.

### **I. 3. MAKSUD DAN TUJUAN.**

Adapun maksud dan tujuan penulisan ini adalah untuk :

- Menganalisa perhitungan beban rencana
- Menganalisa perhitungan gaya pratekan
- Menganalisa efisiensi sistem segmental dibandingkan dengan cast insitu

#### I. 4. PERMASALAHAN.

Dalam perencanaan suatu konstruksi balok pratekan, hal yang harus diperhatikan adalah konstruksi haruslah kuat dan ekonomis , Balok pratekan tersebut harus mampu memikul beban – beban luar , beban hidup, beban mati, beban sementara dan beban khususnya seperti temperatur.

Dalam menentukan kekuatan tersebut akan tergantung pada :

- Jenis Konstruksi
- Beban Rencana
- Bentuk dan Dimensi Penampang
- Profil kabel ( lurus, lengkung )
- Jumlah kabel / tendon
- Kehilangan prategang
- Besarnya gaya prategang
- Jenis kabel yang digunakan
- Bentuk Pondasi
- Jenis beton ( Pracetak & Cor ditempat )
- System Penarikan
- Bentuk balok ( Monolit atau Segmental )

Dimana pemilihan jenis atau type yang kuat dan ekonomis serta pelaksanaan yang lebih efektif akan bergantung pada banyak parameter.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23



## I. 5. PEMBATASAN MASALAH

Melihat banyaknya parameter belum menentukan suatu penampang yang kuat dan ekonomis maka penulis membatasi pokok – pokok masalah sebagai berikut :

- Analisa perhitungan beban rencana.
- Analisa perhitungan kabel lengkung.
- Kehilangan prategang pada penarikan secara berurutan pada pratekan penuh balok segmental.
- Penulisan ini berdasarkan SKSNI 1991 dan Peraturan Muatan Untuk Jembatan Jalan Raya 1977.

## I. 6. METODE PENULISAN

Dalam melaksanakan study kasus ini penulis melakukan metode penulisan sebagai berikut :

- Melakukan study literatur yang bertujuan untuk mendapatkan rumusan, keterangan – keterangan dan teori yang diperlukan dalam mencari dan mengevaluasi permasalahan yang dihadapi.
- Mengadakan study lapangan langsung ke lokasi pembangunan secara rutin.
- Melakukan konsultasi dengan ahli pada bidang pratekan
- Melihat langsung pelaksanaan dilapangan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Membuat suatu kesimpulan menjadi satu buku.

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (Repository.uma.ac.id)28/12/23

**TINJAUAN UMUM****II.1. PRINSIP DASAR BETON PRATEGANG****II.1.1. Defenisi Umum**

Didalam peraturan beton bertulang Indonesia ( PBI – 1971 ) NI – 2 dan SKSNI 1981 T - 15 bermacam – macam beton diberikan defenisi sebagai berikut :

1. Beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen portland dan air.
2. Beton Bertulang adalah beton yang diberikan batang tulangan dan direncanakan berdasarkan anggapan bahwa kedua bahan tersebut bekerjasama dalam memikul gaya-gaya.
3. Beton pracetak adalah bagian beton bertulang atau tak bertulang yang dicetak dipabrik atau diproyek dalam kedudukan yang lain dari pada kedudukan akhirnya di dalam konstruksi.
4. Beton Slab adalah bagaian beton bertulang atau tidak bertulang yang dicetak dipabrik dalam kedudukan yang lain dapada kedudukan akhirnya dalam konstruksi.
5. Beton Pratekan adalah beton bertulang dimana telah ditimbulkan tegangan – tegangan intern dengan nilai dan pembagian yang sedemikian rupa hingga tegangan – tegangan akibat beban – beban dapat dinetralkan sampai suatu taraf yang diinginkan.

### II.1.2. Jenis – Jenis Pratekan

Beton pratekan dapat kita bedakan menjadi 2 macam :

Pratekan Penuh : adalah konstruksi beton, waktu dibebani maksimum, tidak akan timbul tegangan - tegangan tarik.

Pratekan Terbatas adalah dimana bila dibebani maksimum masih timbul tegangan tegangan tarik sampai pada batas - batas tertentu dan tegangan – tegangan tarik ini dipikul oleh pembesian biasa.

### II.1.3. Waktu Pemberian Gaya Pratekan.

Gaya – gaya pratekan dapat diberikan dengan penarikan – penarikan kabel pratekan sebelum atau sesudah beton mengeras.

Penarikan sebelum beton mengeras (Prestensioned ), yaitu sebelum beton dicor kabel pratekan ditarik diantara dua titik yang tidak bergerak, dalam keadaan tertarik beton dicor kedalam mould dimana kabel tersebut terdapat. Dan setelah beton mengeras kabel dilepas dari ikatannya, sehingga kekuatan tariknya dipindahkan kebeton dengan melalui ikatan beton dan kabel pratekan.

Penarikan sesudah beton mengeras ( Postensioning ). Adalah bila kabel – kabel prategang dibungkus dengan sheath ( Kaleng bergerigi ) dan ditempatkan pada bekesting ( Mould ), kemudian beton dicor tanpa kebel ditarik, sehingga kawat baja terpisah dari beton , kawat baja dan sheath ini yang disebut tendon.

Jika beton telah mengeras maka kawat baja pratekan ditarik, sehingga gaya – gaya pratekan dialihkan kebeton melalui ujung – ujung kabel yang menekan beton.



#### II.1.4. Keuntungan dan Kerugian Sistem Beton Prategang.

Dasar – dasar pertimbangan dibuat bentuk sistem beton prategang dan beton bertulang biasa ( Konvensional ). Mempunyai keuntungan dan kerugian yaitu :

Keuntungannya :

1. Ukuran Balok lebih ramping, sehingga Volume beton lebih berkurang.
2. Kekuatan / mutu beton lebih tinggi.
3. Pembesian jauh lebih sedikit.
4. Tidak diperlukan tiang – tiang penyanggah / perancah dalam pembuatan bekesting.
5. Tenaga kerja tidak terlalu banyak.
6. Supervisi yang memuaskan dapat dikerjakan dipabrik.

Kerugiannya ;

1. Sangat diperlukan tenaga ahli dalam bidang pratekan dan peluncurannya.
2. Pembuatan harus lebih teliti.
3. Material harus lebih selektif.
4. Diperlukan peralatan khusus baik untk pengolahan beton, grouting, stressing dan lain – lainnya.

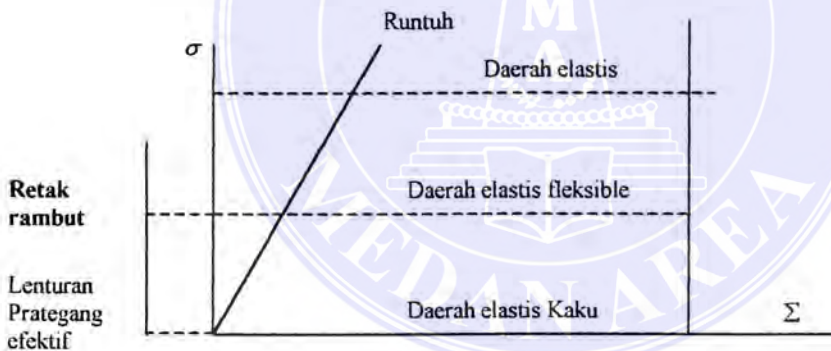
### II.1.5. Type – Type beton Prategang.

Dasar pembagian type beton prategang diambil dari diagram tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\Sigma$ ), dari diagram dapat dilihat pada kondisi beban kerja dan keruntuhan.

Stadium 1 : Seluruh penampang tetap utuh, lendutan elastis kaku sampai retak mulai muncul.

Stadium 2 : Tak ada ketahanan daerah tarik lendutan tetap elastis tapi dengan perubahan sudut garis beban lendutan, bahan lebih fleksibel. ( Bentuk bahan masih dapat kembali ).

Stadium 3 : Bahan meleleh perlahan – lahan lalu runtuh.



Gambar 2 – 1 ; Diagram tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\Sigma$ ) Beton prategang.

## II.2. TEGANGAN – TEGANGAN BETON PRATEGANG.

Beton prategang : beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal.

UNIVERSITAS MEDAN AREA – beda yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

menganalisa sifat – sifat dasar dari beton prategang.

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Adapun ketiga konsep tersebut Adalah :

II.2.1. Sistem Prategang Untuk Mengubah beton menjadi bahan yang elastis.

Beton yang ditransformasikan dari bahan yang tidak mampu menahan tarikan menjadi bahan yang elastis dengan memberikan tekanan terlebih dahulu pada bahan tersebut.

Apabila tida ada tegangan tarik pada beton maka tidak akan terjadi retak, berarti beton menjadi bahan yang elastis.

Distribusi tegangan dapat dilakukakn dengan dua cara antara lain :

II. 2. 1a. Distribusi Tegangan Sepanjang Penampang beton Prategang Konsentris.

Dalam bentuk yang paling sederhana kita mengambil balok persegi panjang yang diberi gaya prategang oleh tendon yang melalui titik berat dan dibebani oleh gaya eksternal.

Gaya tarik prategang  $P$  pada tendon menghasilkan gaya tekan  $F$  yang sama pada beton yang bekerja pada titik berat tendon.

Akibat gaya prategang  $P$  , tegangan tekan merata dapat ditentukan sebesar :

$$f = \frac{P}{Ac} \dots\dots\dots (II - 1)$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N Krishna Raju

Yang timbul pada penampang seluas  $Ac$

Jika  $M$  adalah momen eksternal ( akibat beban luar dan berat sendiri ) maka tegangan pada setiap titik sepanjang penampang akibat  $M$  adalah :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

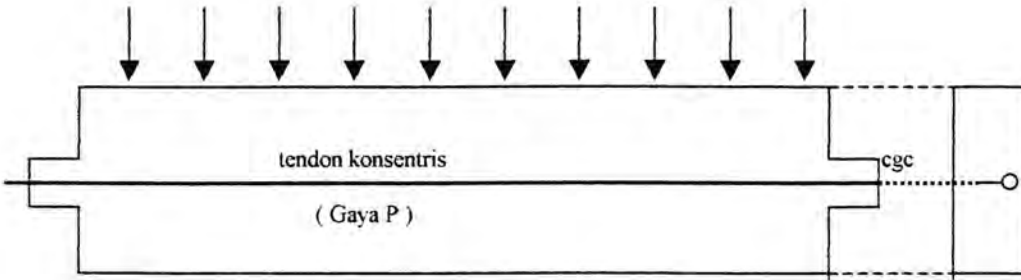
$$f = \frac{M}{I} \dots\dots\dots (II - 2)$$

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

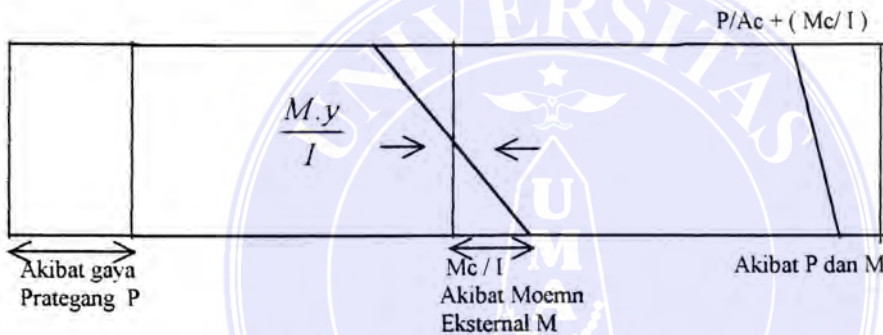


dimana  $Y$  adalah = jarak dari sumbu yang melalui titik berat

dan  $I$  adalah = Momen inersia penampang.



Gambar 2 - 2 :Balok diberi Gaya Prategang dan Dibebani



Gambar 2 - 3 : Distribusi tegangan sepanjang penampang Beton prategang konsentri.

Sehingga distribusi tegangan yang dihsilkan adalah :

$$f = \frac{P}{Ac} \pm \frac{M.y}{I} \dots\dots\dots(II - 3)$$

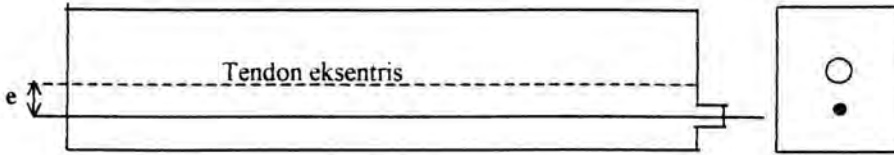
Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N Krishna Raju

II.2.1b. Distribusi Tegangan Sepanjang Penampang Beton Prateganag Eksentris.

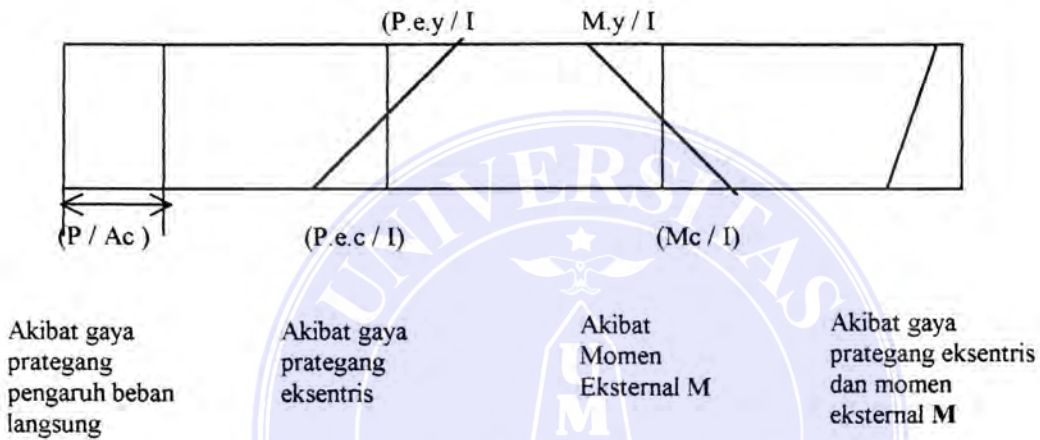
Penyelesaian sedikit lebih rumit bila tendon ditempatkan secara eksentris terhadap titik berat penampang beton.

Resultan gaya  $P$  pada beton bekerja pada titik berat tendon yang berjarak  $e$  dari

c. seperti terlihat pada gambar I.b Akibat gaya prategang yang eksenris, beton



Gambar 2 – 4 : Balok Diberi Gaya Prategang secara Eksentris Dan Dibebani.



Gambar 2 – 5 : Distribusi Tegangan Sepanjang Penampang Beton Prategang Eksentris.

Jika momen yang dihasilkan oleh system prategang adalah p.e. dan tegangan – tegangan akibat momen ini adalah :

$$f = \frac{P.e.y}{I} \dots\dots\dots(II - 4)$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N Krishna Raju

maka distribusi tegangan yang dihasilkan adalah :

$$f = \frac{P}{Ac} \pm \frac{P.e.y}{I} \pm \frac{M.y}{I} \dots\dots\dots(II - 4)$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N Krishna Raju

Apabila tendon diengkungkan sama besarnya dengan gaya kabel P yang bekerja

$$f = \frac{P}{Ac} \pm \frac{P.e.y}{I} \pm \frac{M.y}{I}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N Krishna Raju

**II.2.2. Sistem Prategang Untuk Kombinasi Baja Mutu Tinggi Dengan Beton**

Pada beton bertulang, baja berfungsi untuk menahan tarikan dan beton berfungsi menahan tekanan, dengan demikian kedua bahan ini membentuk penahan melawan momen eksternal.

Pada beton prategang baja mutu tinggi ditarik sebelum kekuatannya dimanfaatkan sepenuhnya menghasilkan tegangan dan regangan yang aman dan ekonomi. Hal ini merupakan pengembangan dan modifikasi pemakaian beton dengan mengikutsertakan baja mutu tinggi.

**II.2.3. Sistem Prategang Untuk Mencapai Perimbangan Beton.**

Dengan Menegangkan baja mutu tinggi pada beton sebagai suatu usaha untuk membuat keseimbangan gaya – gaya pada suatu batang tersebut tidak mengalami tegangan lentur pada kondisi pembebanan yang terjadi.



Gambar 2 – 6 : Balok Prategang dengan Tendon Parabola.

Penerapan konsep ini menganggap tendon sebagai gaya – gaya yang bekerja pada beton sepanjang betang



Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krishna Raju

Dimana :

P adalah gaya prategang

L adalah panjang batang

F adalah tinggi parabola.

Salah satu keistimewaan beton prategang adalah banyaknya tahapan pembebanan komponen struktur dibebani.

Untuk struktur yang dicor ditempat prategang harus di desain paling sedikit untuk dua tahap. Tahap awal pada saat pemberian gaya prategang dan tahap kedua saat dibebani oleh beban eksternal. Untuk beton pracetak, tahap ketiga yaitu pengangkatan dan pengangkutan harus diteliti.

Pada setiap tahap dari ketiga tahap ini ada perbedaan waktu apabila struktur dibebani dan pada kondisi yang berbeda pula. Adapun tegangan – tegangan yang diizinkan adalah sebagai berikut :

Menurut A C I ( American Concrete Institute )

Tegangan izin Baja : 0,8 fpu ( post tension )

0,7 fpu ( pre tension )

Tegangan izin Beton sebelum dibebani :

Tekan = 0,6 f'ci

Tarik = 0,25  $\sqrt{f'ci}$

Tegangan izin Beton pada saat beban kerja :

Tekan = 0,45 f'ci

Tarik = 0,25  $\sqrt{f'ci}$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

Menurut PBI ( Peraturan Beton Indonesia ) 1971 :

Tegangan izin Beton sebelum dibebani :

$$\text{Tekan} = 0,6 f'ci$$

$$\text{Tarik} = 0,36 \sqrt{f'ci} = 0,71 \sqrt{f'ci}$$

Tegangan izin Beton pada saat beban kerja :

$$\text{Tekan} = 0,5 f'ci$$

$$\text{Tarik} = 0,25 \sqrt{f'ci}$$

Untuk balok beton prategang memikul beban – beban hidup dan beban mati yang terbagi rata mempunyai tahapan penganalisaan tegangan beton sebagai berikut :

### 1. Pada saat Transper

Tegangan tarik tidak diizinkan, tegangan maksimum =  $0,6 f'ci$ .

#### 1.1 Serat Paling Atas

$$f_a = -\frac{P_i}{A_c} - \frac{P_e \cdot e \cdot Y_a}{I} + \frac{M \cdot Y_a}{I} \leq 0,6 f'ci \dots\dots\dots(\text{II} - 7)$$

#### 1.2 Serat Bawah

$$f_b = -\frac{P_i}{A_c} - \frac{P_e \cdot e \cdot Y_b}{I} + \frac{M \cdot Y_b}{I} \leq 0,6 f'ci \dots\dots\dots(\text{II} - 8)$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krishna Raju

dimana :

$f_a$  = Tegangan beton serat atas dari pada Beam / precast

$P_i$  = gaya prategang awal.

$P_e$  = gaya prategang efektif.

UNIVERSITAS-MEDAN-AREA  
 Analisis Perhitungan Perencanaan beam/balok precast.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

$Y_a$  = Jarak titik berat balok precast ke serat atas

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
 Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

$Y_b$  = Jarak titik berat balok precast ke serat bawah.

$f_b$  = Tegangan beton untuk serat bawah dari pada balok precast / beam.

$M$  = Momen max akibat berat sendiri balok precast.

$e$  = Eksentrisitas gaya prategang.

## 2. Pada Saat Beban Kerja :

Tegangan tarik tidak diperkenankan ( harus ada tegangan tekan minimum -  $0,025f'ci$  ).

### 2.1. Serat atas :

$$f_a = -\frac{Pe}{Ac} + \frac{Pe.e.Y_a}{I} - \frac{M_{tot}.Y_a}{I} \leq 0,6f'ci \quad (II - 9)$$

### 2.2 Serat Bawah :

$$f_b = -\frac{Pe}{Ac} - \frac{Pe.e.Y_b}{I} + \frac{M_{tot}.Y_b}{I} \geq 0,025f'ci \quad (II - 10)$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krishna Raju

dimana :  $M_{tot}$  = Momen yang diakibatkan oleh beban mati dan beban hidup.



### II.3. DESAIN PENAMPANG PRATEKAN KOMPOSIT DENGAN TEORI ELASTISITAS.

Didalam suatu konstruksi komposit, batang prategang pracetak digunakan dengan beton yang dicor langsung di tempat ( in situ ), sedemikian rupa sehingga batang – batang tersebut bersipat sebagai kesatuan monolitik di bawah beban – beban kerja. Kerja komposit antara kedua komponen tersebut terhadap beton yang dicor ditempat, atau dengan memberikan sengkang – sengkang ( stirrups ) yang menonjol dari balok prategang kedalam beton yang dicor ditempat sehingga memberikan tahanan geser yang lebih baik.

Keuntungan pemakaian unit prategang pracetak yang disambung dengan yang dicor ditempat adalah :

1. Penghematan yang besar dalam biaya baja pada suatu batang komposit bila dibandingkan dengan suatu batang prategang.
2. Dimensi prategang pracetak dapat dikurangi karena pengaruh kerja komposit.
3. Perbandingan ukuran yang rendah dari unit pracetak terhadap ukuran seluruh batang komposit.
4. Dalam banyak hal unit prategang pracetak berfungsi sebagai tumpuan untuk pengecoran beton ditempat.
5. Batang komposit secara ideal cocok untuk pembangunan lantai jembatan tanpa mengganggu lalu lintas normal.

7. Kombinasi beton ringan untuk plat cor ditempat menghasilkan beban mati yang berkurang yang menuju kearah biaya keseluruhan yang ekonomis.
8. Unit prategang dapat dicetak dipabrik atau dilapangan cetak dan diangkut ketempat konstruksi.

Penampang komposit terdiri dari bagian prategang yang pracetak, digabungkan dengan bagian lain yang dicor ditempat yang merupakan sebagian atau keseluruhan flens atas dari balok. Desain penampang komposit lebih kompleks karena terdapat banyak kemungkinan cara penggabungan dalam membentuk penampang komposit. Di sini hanya kasus yang umum yang akan dibahas, sedangkan variasi – variasi lainnya dapat dikembangkan sendiri oleh perancang.

Pada kasus yang dibicarakan disini, bagian pracetak adalah flens bawah dan badan ( web ), sementara sebagian atau keseluruhan atas dicor ditempat.

Tegangan tarik biasanya diizinkan pada flens atas waktu peralihan dan seringkali flens bawah juga pada beban kerja. Sehingga persamaan – persamaan yang diturunkan mengandung tegangan tarik. Persoalan dapat disederhanakan dengan mudah bila tegangan tarik tidak diizinkan. Untuk penampang komposit seperti ini, tegangan tekan pada bagian yang dicor ditempat jarang menjadi kritis sehingga akan mudah di cek pada akhir perencanaan.

Bila bagian yang dicor ditempat merupakan bagian terbesar dari badan, atau bila bagian pracetak ditunjang oleh penyanggah selama pengecoran, maka metode yang diuraikan disini harus disesuaikan.

Langkah – langkah desain dan persamaan – persamaan yang digunakan adalah

UNIVERSITAS MEDAN AREA

sebagai berikut

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

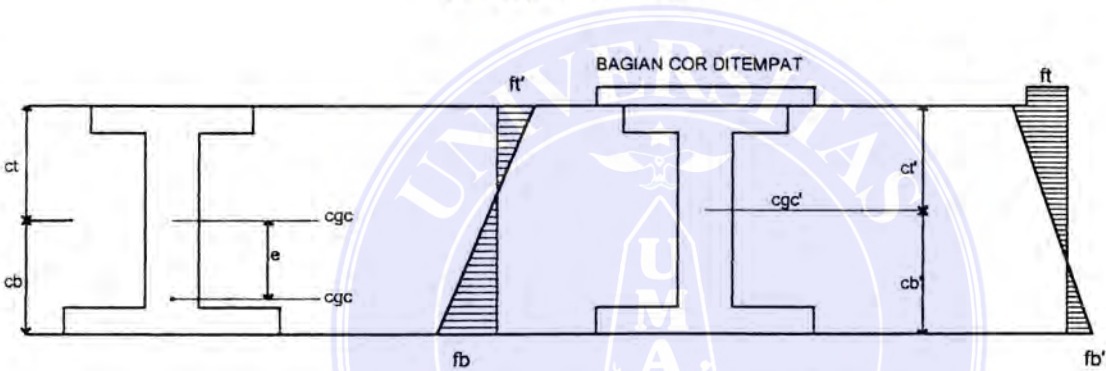
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Langkah I :

Letak c.g.s. untuk sebuah penampang perobaan, c.g.s.harus diletakkan sedemikian rupa sehingga bagian pracetak tidak mendapatkan tegangan yang berlebihan, akan tetapi akan mempunyai kemampuan optimal untuk menahan momen eksternal. Jadi c.g.s harus ditempatkan serendah mungkin, tetapi tidak lebih rendah dari besarnya eksentritas berikut ini, Gambar 2 – 11 ( a )

$$E = Kb + e1 + e2$$



- a) Bagian pracetak, distribusi tegangan pada saat peralihan
- b) Penampang Komposit, distribusi tegangan pada beban kerja

Gambar 2 – 7 : Desain dengan teori elastik untuk penampang Komposit

Dimana

$$e1 = \frac{f'a.I}{Ct.Po}$$

$$e2 = \frac{Mg}{Po}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang TY Lin dan H Burns

dimana  $f'a$  = Tegangan tarik izin pada serat atas bagian pracetak pada waktu transper.

$I$  = Momen Inersia bagian pracetak.

$Ct$  = Jarak antara c.g.c dan serat atas bagian pracetak.

$Cb$  = Jarak antara c.g.c dan serat bawah bagian pracetak.



$$m_t = \frac{I/C_t}{I'/C't}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krisnha Raju

Langkah 2 :

Hitunglah momen ekuivalen pada bagian pracetak. Setiap Momen  $M_c$  pada penampang komposit akan mengakibatkan tegangan bagian pracetak sebagai berikut:

$$f'_a = \frac{M_c.C't}{I'}$$

$$f'_b = \frac{M_c.C'b}{I'}$$

dimana :  $I'$  = Momen inersia penampang komposit,

$C'b$  = Jarak serat bawah bagian pracetak yang diukur dari c.g.c' penampang komposit. Bila

$$m_t = \frac{I/C_t}{I'/C't} \quad \text{dan}$$

$$m_b = \frac{I/C_t}{I'/C't}$$

kita peroleh

$$f_t = \frac{m_t.M_c.C_t}{I} = \frac{m_t.M_c}{A_c.K_b}$$

$$f_b = \frac{m_t.M_c.C_b}{I} = \frac{m_b.M_c}{A_c.K_t}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krisnha Raju

dimana  $A_c$  = Luas penampang pracetak

$K_b$  = Jarak kern bawah penampang pracetak

$K_t$  = jarak kern atas penampang pracetak

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

Hal diatas menunjukkan bahwa  $M_c$  dapat dimodifikasi dengan koefisien – koefisien  $m_t$  dan  $m_b$  sehingga dapat direduksi menjadi momen ekivalen untuk perhitungan yang berdasarkan sifat – sifat dari bagian pracetak.

Langkah 3 :

Hitungan gaya prategang yang diperlukan untuk momen – momen sebagai berikut. Bila  $M_p$  = Jumlah momen yang bekerja pada bagian pracetak, dan  $f'_t b =$  tegangan tarik izin pada serat bawah, maka kita peroleh

$$\frac{P}{Ac} \left[ -1 - \frac{e}{Kt} \right] + \frac{M_p}{Ac.Kt} + \frac{m_b.M_c}{Ac.Kt} = f'_t b \dots\dots\dots (II - 11)$$

$$P = \frac{M_p + m_b.M_c - f'_t b.Kt.Ac}{(e + Kt)} \rightarrow \text{bila } f'_t b = 0, \text{ maka diperoleh :}$$

$$P = \frac{M_p + m_b.M_c}{(e + Kt)}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krishna Raju

Dan hitunglah gaya prategang awal  $P_o$  yang diperlukan. Ubahlah letak c.g.s. dengan mamakai nilai  $P_o$  yang baru ini jika diperlukan.

Langkah 4 :

Untuk membatasi tegangan serat bawah sesuai dengan yang diizinkan pada waktu peralihan, maka kita peroleh :

$$f_b = \frac{P_o}{Ac} + \frac{(P_o.e - Mg)}{Ac.Kt}$$

sehingga

$$A_m = \frac{1}{f_b} \left[ P_o + \frac{P_o.e - mg}{Kt} \right]$$

Untuk membatasi tegangan serat atas pada bagian pracetak agar dalam batas tegangan tekan yang diizinkan  $f_a$  pada beban kerja, maka kita peroleh :

$$f_a = \frac{P}{A_c} + \frac{M_p + m_t.M_c - P_e}{A_c.K_b}$$

$$A_c = \frac{1}{f_t} + \left[ P + \frac{M_p + m_t.M_c - P_e}{K_b} \right]$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krisnha Raju

Nilai terbesar yang didapat dari kedua persamaan tersebut merupakan  $A_c$  bagian pracetak yang diperlukan. Serat atas dari flens yang dicor ditempat dapat dihitung dengan persamaan  $f_a = M_c / I$ .

#### II.4. KEHILANGAN GAYA PRATEGANG.

Segera setelah gaya prategang dialihkan kebeton kehilangan gaya prategang akibat pengangkuran akan terjadi.

Tegangan dongkrak dikurangi dengan kehilangan gaya prategang akibat pengangkuran akan terjadi tegangan setelah dilepas dan dinamakan gaya prategang awal.

Untuk pasca tarik, kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastis akan terjadi secara bertahap, jika ada tendon lain yang akan ditarik, dalam arti penarikan tendon secara berurutan akan mengakibatkan perpendekan elastis beton secara bertahap.



### II.4.1. Kehilangan Prategang Akibat Perpendekan Elastis Beton.

#### a. Beton Pratarik.

Pada saat gaya prategang dialihkan ke beton komponen struktur akan memendek bersamanya, jadi ada kehilangan gaya prategang pada baja. Pertama – tama tinjaulah hanya perpendekan beton searah sumbu yang diakibatkan oleh prategang ( Pengaruh lenturan akan tinjauan kemudian ).

$$\text{Perpendekan satuan} = \delta = \frac{fc}{Ec}$$

$$\delta = \frac{Po}{Ac.Ec}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krishna Raju

dimana :  $P_o$  adalah gaya prategang total segera setelah peralihan, Yaitu setelah terjadi perpendekan.

Kehilangan gaya prategang pada baja adalah :

$$\Delta f_s = E_s \cdot \delta = \frac{E_s \cdot P_o}{Ac \cdot E_c} = \frac{n \cdot P_o}{Ac}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krishna Raju

Nilai  $P_o$ , gaya prategang setelah peralihan, tidak dapat diketahui dengan tepat, tetapi karena kehilangan akibat perpendekan ini hanya beberapa persen saja dari total gaya prategang sehingga dalam perkiraan praktis tidak berarti. Selanjutnya bahwa nilai  $E_c$  tidak dapat diduga dengan tepat, akan tetapi karena nilai gaya prategang mula – mula pi biasanya diketahui, penyelesaian teoritis dapat diperoleh dengan teori elastis yaitu dengan menggunakan metode transformasi penampang, dengan  $A_t = A_c + n A_s$  diperoleh :

$$\delta = \frac{P_i}{Ac \cdot Ec + As \cdot Es}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 28/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

$$\Delta fs = \frac{n.Pi}{Ac + n.As} \Rightarrow \delta = \text{Perpendekan elastis.}$$

Pi = Gaya prategang awal.

As = Luas Penampang tendon.

$$\Delta fs = \frac{n.Pi}{At} \dots\dots\dots(2) \quad Ac = \text{Luas penampang tendon.}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krishna Raju

dari Persamaan diatas (1) dan (2) diatas, kita memperhatikan bahwa perubahan tegangan baja pada peralihan prategang adalah benar – benar tegangan beton pada baja, dikalikan dengan  $n = \frac{Es}{Ec}$ . Bila Lenturan pada komponen struktur yang diakibatkan oleh eksentrisitas gaya prategang terjadi pada komponen struktur maka diperoleh :

$$fc = \frac{P}{Ac} \pm \frac{P.e.Y}{I} \pm \frac{M.Y}{I}$$

Bila berat sendiri =  $wg'$  maka momen yang ditimbulkan oleh berats sendiri adalah  $Mg$  dan diketahui  $y = e$ , maka :

$$fc = \frac{P}{Ac} + \frac{P.e^2}{I} - \frac{Mg.e}{I}$$

Bila dianggap kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton = 10 % maka  $Po = 0,9 Pi$  diperoleh :

$$fcir = \frac{Po}{A} + \frac{Po.e^2}{I} - \frac{Mg.e}{I}$$

dimana :  $fcir$  = Tegangan beton pada garis yang melalui titik berat baja ( c.g.s )

UNIVERSITAS MEDAN AREA

akibat gaya prategang yang efektif segera setelah prategang

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Adapun perpindahan elastis baja dalam bentuk umum ditulis sbb ;

$$\Delta f_s = n \cdot f_{cir} = \frac{E_s \cdot f_{cir}}{E_c}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krishna Raju

dimana :  $n$  = Perbandingan modulus pada saat peralihan,  $E_s/E_c$

$f_{cir}$  = Tegangan beton setelah mengalami perpindahan elastis.

$E_s$  = Modulus elastisitas baja.

#### b. Beton Pasca - tarik.

Untuk sistim pasca –tarik, masalah akan berbeda jika hanya ada sebuah tendon pada komponen struktur pasca tarik, beton memendek saat beton diangkur terhadap beton, karena gaya pada kabel dihitung setelah perpindahan elastis terhadap beton terjadi, tidak ada kehilangan gaya prategang akibat perpindahan yang perlu dihitung.

Jika tendon yang dimiliki lebih dari satu dan tendon-tendon ditarik secara berurutan, maka gaya prategang beton bertambah apabila setiap kabel diikatkan padanya, dan kehilangan gaya prategang akibat perpindahan elastis berbeda – beda pada tendon.

Tendon yang pertama ditarik, akan mengalami kehilangan akibat perpindahan beton karena gaya prategang yang bekerja berurutan sampai keseluruhan kawat yang lain. Kawat yang ditarik terakhir tidak akan mengalami kehilangan gaya prategang akibat perpindahan elastis beton, karena seluruh perpindahan telah terjadi pada saat gaya prategang ditendon terakhir diukur.

Untuk perhitungan praktis, cukup teliti bila ditentukan kehilangan gaya

kehilangan gaya prategang rata-rata seluruh kawat

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

2. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23



Kehilangan akibat elastis beton menurut persamaan ( 1 ) diatas diperoleh :

$$\Delta f_s = \frac{n.P_o}{A_c} \dots\dots\dots(II - 12)$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krishna Raju

#### II.4.2. Kehilangan Gaya Prategang Akibat Gesekan

Kehilangan gaya prategang akibat gesekan adalah disebabkan gesekan pada sistem pendongkrakan dan pengangkuran. Gesekan yang terjadi pada sistem pendongkrakan dan pengangkuran umumnya kecil dan dapat di tentukan pada setiap kasus. Kehilangan gaya prategang akibat gesekan ini dapat dipertimbangkan pada dua bagian yaitu :

- Pengaruh panjang dan
- Pengaruh kelengkungan .

Pengaruh panjang adalah gesekan jika tendon lurus, karena dalam praktek selubung tendon tidak dapat lurus sepenuhnya sehingga gesekan akan ada diantara tendon dan bahan sekelilingnya. Hal ini disebabkan pengaruh turun naiknya selubung dan tergantung panjang dan tegangan tendon serta koefisien gesekan antara bahan yang bersentuhan dan juga ketelitian kerja. Kehilangan gaya prategang akibat kelengkungan dihasilkan dari kelengkungan tendon dan tergantung pada koefisien gesekan antara bahan yang bersentuhan dan tekanan yang disebabkan oleh tendon pada beton.

Peraturan ACI memberikan nilai koefisien-koefisien gesekan untuk tendon-tendon pasca-tarik.

Tabel 1 : KOEFISIEN- KOEFISIEN GESEKAN UNTUK TENDON PASCA-TARIK.

Type Tendon	Koefisien wobble K tiap meter	Koefisien Kelengkungan ( $\mu$ )
<u>Tendon pada selubung Logam fleksible</u>		
Tendon kawat Strand dengan untaian 7 kawat	0,0033 - 0,0049	0,15 - 0,25
batang baja mutu tinggi	0,0016 - 0,0066 0,0003 - 0,0020	0,15 - 0,25 0,08 - 0,30
<u>Tendon pada selubung Logam kaku</u>		
Strand dengan untaian 7 kawat	0,001 - 0,0066	0,05 - 0,15
<u>Tendon yang diberi lapisan mastik</u>		
tendon kawat dan strand dengan untaian 7 kawat	0,0033 - 0,0066	0,05 - 0,15

Sumber : Desain stuktur beton prategang oleh T.Y.Lin dan H.Burns Edisi kedua 1982

kehilangan gaya prategang akibat gesekan pada sebuah kabel dapat diuraikan secara sederhana yaitu :

ambilah tendon sepanjang  $dx$  yang titik beratnya mengikuti unsur lingkaran dengan jari-jari  $R$ , maka perubahan sudut tendon akibat kelengkungan sepanjang  $dx$  adalah :

$$d\alpha = \frac{dx}{R}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang TY Lin dan H Burns

Untuk elemen yang kecil sepanjang  $dx$ , tegangan pada tendon dapat diambil tetap, yaitu  $f$  maka komponen tegak lurus dari tekanan yang dihasilkan oleh tegangan  $f$  yang membentuk sudut  $d\alpha$  adalah :

$$N = f \cdot d\alpha = \frac{f \cdot dx}{R}$$

Jumlah kehilangan gaya prategangan akibat gesekan  $df$  sekeliling  $dx$  dinyatakan dengan tekanan dikalikan koefisien gesekan sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} df &= -\mu \cdot N \\ &= \frac{-\mu \cdot f \cdot dx}{R} = -\mu \cdot f \cdot d\alpha \\ \frac{df}{f} &= -\mu \cdot d\alpha \end{aligned}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang TY Lin dan H Burns

dari hasil integrasi di peroleh :

$$\log f = -\mu \cdot \alpha \dots \dots \dots (3)$$

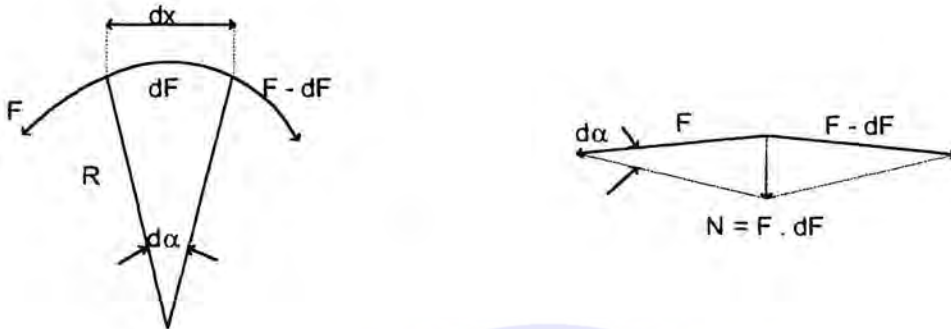
Gunakan batas-batas  $f_1$  dan  $f_2$  akan diperoleh persamaan gesekan yang konvensional

$$f_2 = f_1 e^{-\mu \cdot \alpha} = f_1 e^{-\mu L/R}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang TY Lin dan H Burns



karena  $\alpha = L/R$  untuk penampang dengan konstan R.



Kehilangan gaya prategang  
Akibat gesekan,  $df$

tekanan normal N  
akibat prategang P

Gambar 2 - 8 . kehilangan gaya prategang akibat gesekan di sepanjang dx

Untuk tendon dengan kelengkungan yang jari-jarinya bervariasi kita perlu menggunakan persamaan ini pada penampang-penampang yang berbeda untuk memperoleh kehilangan gaya prategang total .

Persamaan diatas dapat juga digunakan untuk menghitung kehilangan gaya prategang akibat gesekan akibat bentuk tendon yang turun naik atau pengaruh panjang kabel. Apabila disubstitusikan kehilangan KL untuk  $\mu \alpha$  pada persamaan

(3) diatas diperoleh :

$$\text{Log } ef = -KL \quad \text{maka ,}$$

$$f = f_1 \cdot e^{-KL}$$

jika pengaruh panjang dan lengkungan tendon digabungkan dapat dituliskan secara sederhana :

$$\text{Log } ef = -\mu \alpha - KL \quad \text{maka ,}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
Dalam suatu penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

$$F_2 = f_1 \cdot e^{-\mu\alpha - KL} \dots \dots \dots (II - 13)$$

Kehilangan gaya prategang dinyatakan sebagai FR yaitu :

Pada  $FR = f_1 - f_2$  dimana ,

$f_1$  adalah tegangan baja pada pondongkrak akhir dan panjang sampai ke titik yang di tinjau adalah L sehingga diperoleh :

$$FR = f_1 - f_2 = f_1 - f_1 \cdot e^{-\mu\alpha - KL} = f_1 [1 - e^{-\mu\alpha - KL}]$$

Menurut australian standart :

$$P_{sx} = P_{sj} \cdot e^{-\mu(\alpha + \beta LX)}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krishna Raju

Dimana  $P_{sx}$  adalah gaya prategang pada jarak x dari dongkrak

$P_{sj}$  adalah gaya donkrak prategang

LX adalah jarak yang di tinjau.

$$\alpha = \frac{4f_1}{L} \dots \dots \dots (II - 14)$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang TY Lin dan H Burns

$\alpha$  adalah perubahan sudut tendon dalam dari dongkrak tegak bentang .

L adalah panjang bentang ( M )

$f_1$  adalah jarak vertikal lenkungan tendon parabolis.

### II. 4. 3 .Kehilangan gaya prategang akibat pengangkuran

Pada sistem pasca-tarik,pada saat tendon ditarik sapa nilai yang penuh kemudian dongkrak dilepas dan gaya prategang di alihkan ke ankur. Perlengkapan didalam ankur yang mengalami tegangan pada saat peralihan cenderung untuk berdeformasi,jadi tendon dapat tergelincir sedikit. Besarnya gelincir ini tergantung dari jenis baja dan tegangan pada kawat. Kehilangan gaya prategang akibat ankur terjadi karena kabel yang licin dan keras tidak segera dicengkram oleh baji sebelum mengelincir dahulu.

Peraturan yang cukup baik haruslah diyakini bahwa baji telah mantap mereka pada baja sebelum dilepaskan gaya dongkrak ditendon.

Perentase kehilangan akan lebih tinggi untuk kabel pendek daripada untuk kabel panjang ,

$$ANC = \frac{\Delta a.Es}{L}$$

$$\text{Dimana} : \Delta a = \frac{Po.L}{As.Es}$$

$$\text{Maka} : ANC = \frac{P}{As}$$

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang N. Krisnha Raju

Dimana :  $P_o$  = gaya prategang pada kabel ( n )

$A_s$  = Luas penampang melintang kabel ( mm<sup>2</sup> )

ANC = kehilangan prategang akibat pengangkuran

Masih banyak kehilangan- kehilangan prategang yang lain seperti,

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
Rangkak beton

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

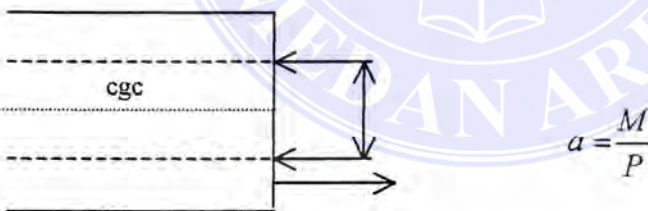


Namun penulisan dalam hal ini hanya membahas 3 ( tiga ) masalah kehilangan Prategang.

## II.5. Daerah Aman Perjalanan Kabel ( Trace Kabel ).

Untuk menentukan daerah aman letak kabel, maka harus ditinjau beberapa keadaan yaitu sebagai berikut :

- Keadaan Awal ( Balok pracetak ).
- Keadaan setelah kehilangan tegangan ( balok pracetak ).
- Keadaan setelah plat beton bertulang selesai dicor ( balok pracetak )
- Keadaan setelah beban luar bekerja ( balok komposit )



Gambar 2 – 9 : Kern atas dan Kern bawah  
Dimana ;

$a$  = Jarak titik berat kabel ke Kb.

$M$  = Momen yang bekerja pada setiap penampang

$P$  = Gaya prestress

Untuk menghitung besarnya momen di setiap penampang yang ditinjau

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
dipergunakan garis pengaruh momen disetiap titik yang ditinjau.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

## a. Keadaan awal

- Keadaan awal : balok Pracetak  $P_i$
- Beban : berat sendiri balok pracetak =  $q$ .

$$M_{a1} \dots = \text{Luas G.P } M1 \dots \times q$$

$$a. a1 \dots = M_{a1} \dots / P_i$$

## b. Keadaan setelah kehilangan tegangan ( balok pracetak )

- Setelah kehilangan tegangan ;  $P_e$
- Balok Pracetak.
- Beban Berat sendiri balok pracetak =  $q$ .

$$a. b1 \dots = M_{a1} \dots / P_e$$

Pada Keadaan b, Pembebanan sama dengan keadaan a, jadi besarnya

$$M_{a1} \dots = M_{b1} \dots$$

## c. keadaan c :

- Setelah pelat beton bertulang selesai dicor
- $P_e$
- Beban : Berat sendiri balok pracetak + berat sendiri beton bertulang

$$q. = q. \text{ balok pracetak} + q \text{ beton bertulang}$$

Besarnya Momen

$$M_{c1} \dots = \text{Luas G.P } M1 \dots \times q$$

$$a. c1 \dots = M_{c1} \dots / P_e$$

d. keadaan d :

- Setelah beban luar bekerja
- $P_e$
- Balok komposit
- Beban : Berat sendiri balok komposit + ( ordinat maksimum GP x P )
  - Beban Merata
  - Beban Terpusat

Besarnya Momen

$$M_{d1...} = \text{Luas G.P } M_{l1...} \times q + (\text{ordinat maksimum} \times \text{beban terpusat})$$

$$a. d_{l1...} = M_{d1...} / P_e$$

## II. 6. LENDUTAN BATANG BETON PRATEGANG

Lendutan balok beton prategang berbeda dengan balok beton bertulang biasa sebagai akibat dari gaya prategang .pada beban kerja , balok beton prategang tidak akan retak.akibat gaya pra tegang akan menghasilkan lendutan ke atas (camber ).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi lendutan adalah sebagai berikut :

1. Beban dan beban bergerak.
2. Besarnya gaya prategang

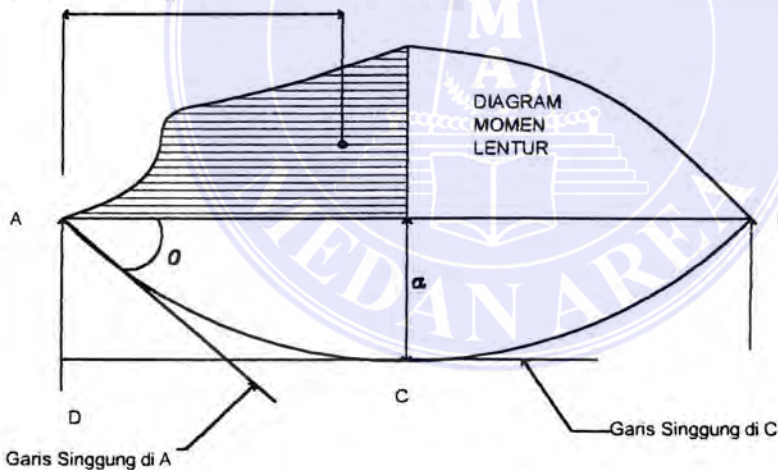


5. Modulus elastisitas beton
6. Susut , rangkai , dan relaksasi tegangan baja
7. Panjang bentang balok
8. kondisi penjep

II . 5. 1. Lendutan jangka pendek pada batang tak retak.

Lendutan jangka pendek atau seketika pada batang prategang ditentukan oleh distribusi momen lentur sepanjang bentangnya dan ketegaran lentur batang yang bersangkutan.

Teori luas bidang momen dari mohr dapat dipakai untuk perhitungan lendutan akibat gaya prategang, berat sendiri dan beban bergerak.



Gambar 2 -10 : Kemiringan dan kelendutan balok

Dimana :  $\theta$  = Kemiringan kurva elastis di A

$Ad$  = Pemotongan antara garis singgung di C dan garis vertikal di A.

$a$  = Lendutan ditengah untuk balok di atas tumpuan sederhana dan

di bebani secara simetris ( karena untuk kasus semacam itu

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
 di bebani secara simetris ( karena untuk kasus semacam itu  
 garis singgungnya horizontal ).

A = Luas diagram momen lenturan ( DML ) antara titik A dan titik C

X = Jarak titik berat diagram momen lentur antara A dan C dari tumpuan sebelah kiri.

E.I = Ketegaran lentur ( Flexural rigidity ) balok.

Sesuai dengan teori pertama MOHR :

$$\text{Kemiringan} = \frac{\text{Luas diagram momen lentur (DML)}}{\text{Ketegaran lentur}}$$

$$\theta = \frac{A}{E.I}$$

Teori kedua MOHR :

$$\text{Pemotongan } a = \frac{\text{Momen dari bidang D.M.L}}{\text{Ketegaran Lentur}}$$

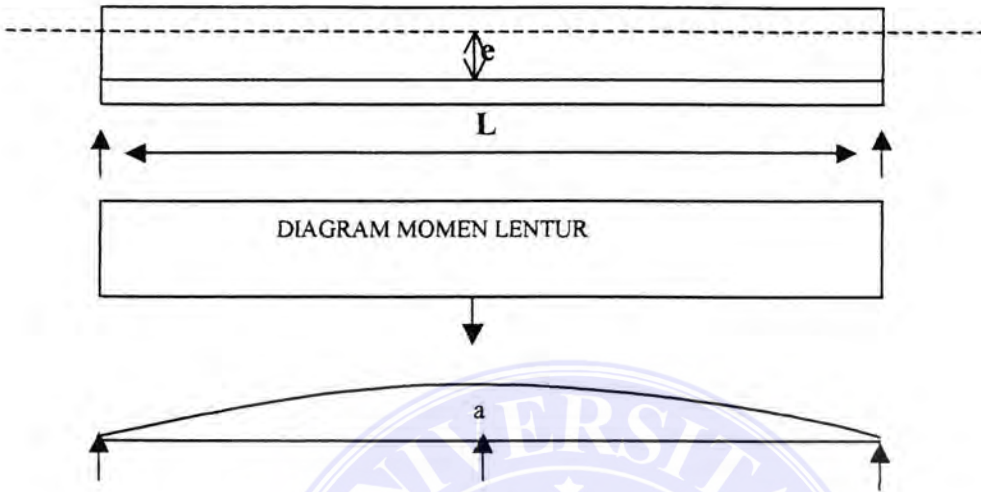
$$a = \frac{\Delta X}{E. I}$$

### II.5.2 Pengaruh profil tendon terhadap lendutan .

Didalam hampir semua kasus balok prategang ,tendon ditempatkan dengan Eksentrisitas mengarah ketepi bawah balok untuk melawan momen lentur yang melengkungkan balok akibat beban transfersal .

Sebagai akibatnya balok akan melengkung keatas ( Cambar )pada waktu pemberian gaya prategang.

1. Tendon lurus



Gambar 2 - 11 : Balok yang melengkung keatas dengan tendon lurus

Dimana : P = Gaya prategang efektif

e = Eksentrisitas

L = Panjang balok

$$a = - \left[ \frac{P \cdot e \cdot L}{2L/4} \right] \cdot \frac{1}{EI} = - \frac{P \cdot e \cdot L^2}{8 EI}$$

kalaupun lendutan keatas dianggap negatif.

2. Tendon parabolis ( Angkur Eksentris ).

Gambar dibawah menunjukkan sebuah balok dengan tendon parabolis yang mempunyai Eksentrisitas (e) ditengah bentang serta e pada penampang diatas tumpuan. Lendutan resultan ditengah diperoleh sebagai jumlah lendutan keatas

sebuah balok dengan tendon parabolis yang mempunyai Eksentrisitas ( e1 + e2 )

ditengah dan nol pada tumpuannya dan lendutan ke bawah sebuah balok

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

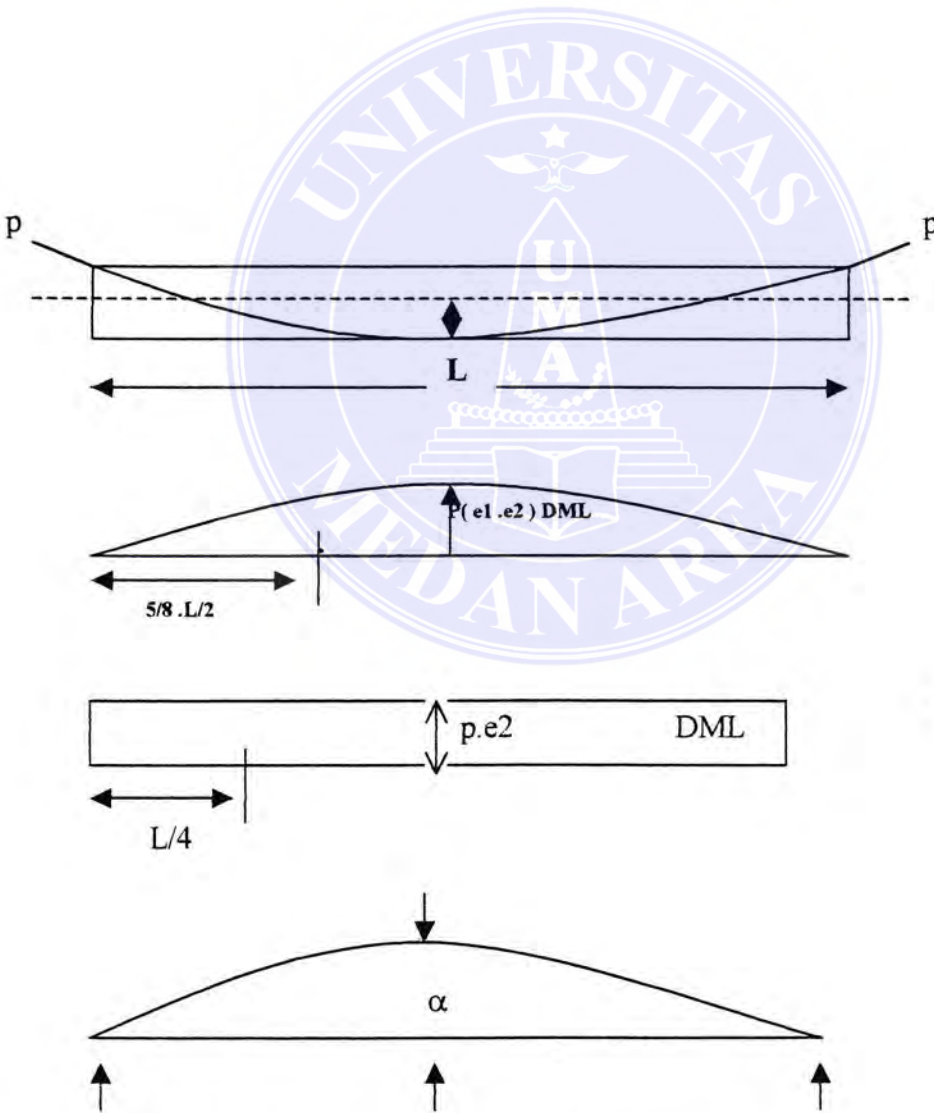


yang mengalami suatu momen lentur yang memberikan kelengkungan merata dan intensitas  $P_e$  pada seluruh panjangnya . sebagai akibatnya lendutan resultan

menjadi .

$$a = \left[ \frac{-5}{48} \frac{PL^2}{EI} (e_1 + e_2) \right] + \left[ \frac{P.e_2.L^2}{8EI} \right]$$

$$a = \frac{PL^2}{48EI} ( -e^1 + e^2 )$$

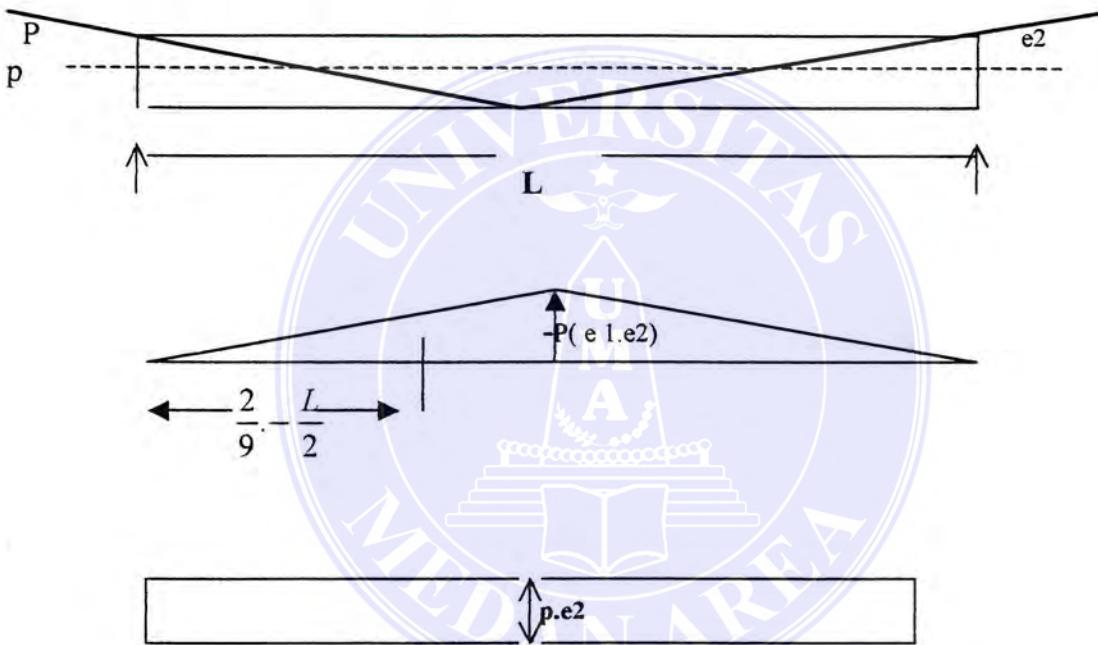


### 3. Tendon Miring ( Angkur Eksentris )

Lendutan dihitung dengan cara yang sama dengan metode 2 di atas

$$a = \frac{PL^2}{12 EI} ( e_1 + e_2 ) + \frac{Pe L^2}{8 EI}$$

$$= \frac{PL^2}{24 EI} (-2e_1 + e_2)$$



Gambar 2 - 13 : Tendon Miring

### BAB III

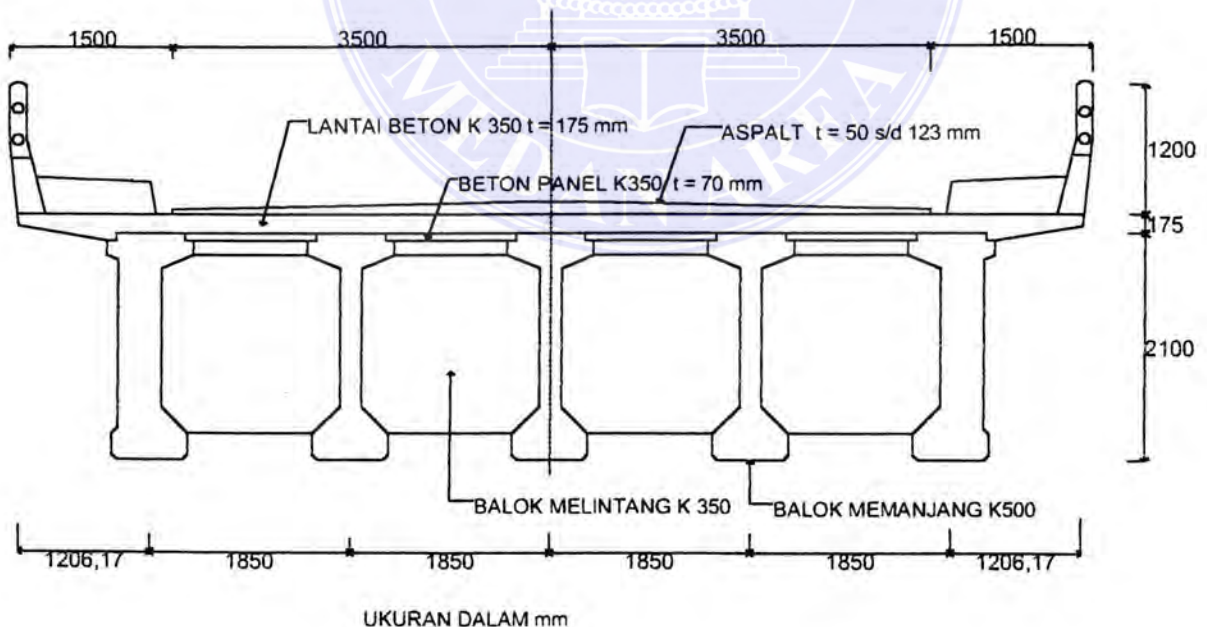
## ANALISA PERHITUNGAN BEBAN DAN GAYA PRATEGANG BALOK PRATEGANG SISTEM SEGMENTAL

### III.1. Pendahuluan.

Proyek Pembangunan Jembatan Payung ( Payung Bridge ), dimana jembatan tersebut memakai balok beton pratekan K 500 ( $f_c 50$ ) dan Lantai Beton bertulang di cor langsung dilapangan dengan mutu beton K 350 ( $f_c 35$ ) yang berlokasi di lau dendang Kecamatan Bandar Setia Kota Medan Propinsi Sumatera Utara

- Panjang : 41 M  
 Lebar : 10 M ( 2 jalur )  
 Lokasi : Lau Dendang  
 Konsultan : **CTI ENGINEERING Co LTD**  
 Kontraktor : **PT. BRANTAS ABIPRAYA.**  
 Direksi : **PU. Bagian Proyek Pengendalian Banjir Dan Pengembangan Wilayah Pantai Paket III.**

Untuk lebih jelas lihat lampiran gambar rencana.



Gambar 3 – 1: Potongan Melintang jembatan Payung ( Payung Bridge)  
 UNIVERSITAS MEDAN AREA

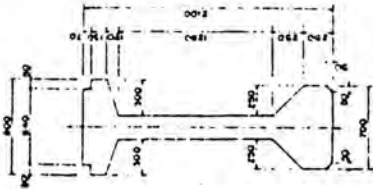


DESIGN DATA MATERIAL STRENGTH

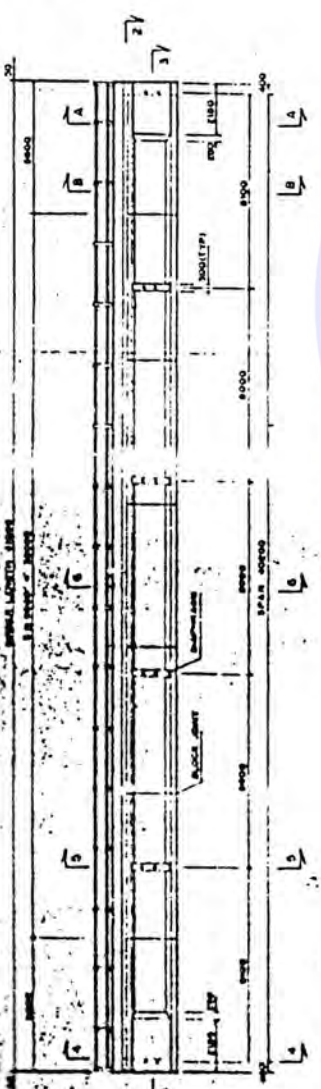
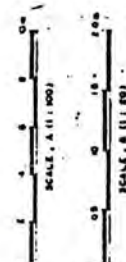
SPAN LENGTH	11000
SPAN	10000
WIDTH	10000
LIVE LOAD	$P = 1.117/m$ $w = 0.888 m^2/m^2$
ANGLE OF SLOPE	31°
CONCRETE (147/C=4)	
COMPRESSIVE STRENGTH AT TIME OF CASTING	4000
ULTIMATE TENSILE STRENGTH	4200
PRESTRESSING WIRE (147/1000)	
ULTIMATE TENSILE STRENGTH	1511 (200000) 12.8 (100000)
YIELD POINT STRESS	60
PC SINKER	31.8
BAR (10 mm) (147/C=4)	1800
ANCHOR (13-100)	600



SECTION A - A  
SCALE 1:8



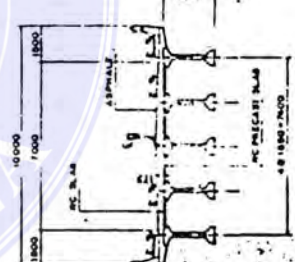
SECTION B - B  
SCALE 1:8



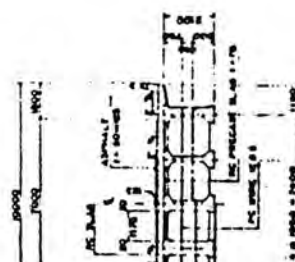
SECTION 1-1 (SIDE ELEVATION)  
SCALE 1:4



PLAN  
SCALE 1:8



SECTION 6 - 6  
SCALE 1:4



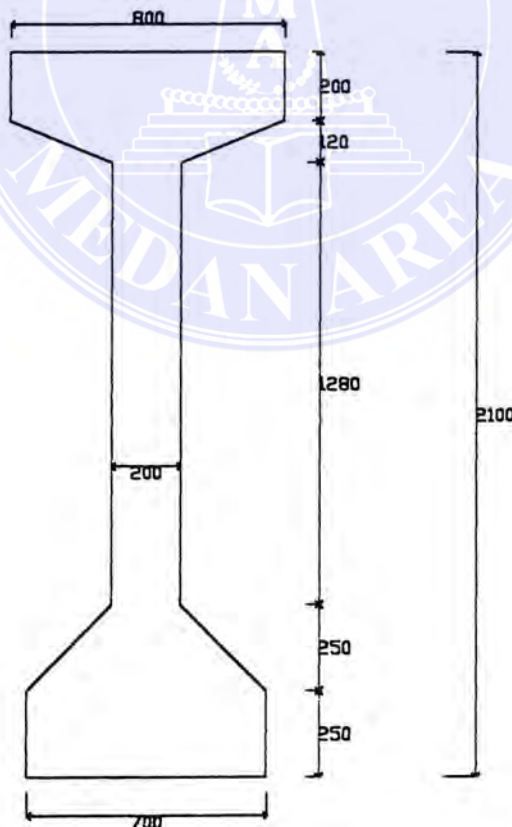
SECTION 5 - 5  
SCALE 1:4

CROSS SECTION  
SCALE 1:4

### III.2. Analisa Penampang Balok Pratekan.

Didalam mendesain balok prategang tahanan minimum yang diperlukan ditentukan lebih dahulu untuk keadaan – keadaan batas tertentu seperti keruntuhan, lenturan dan retak. Untuk masing-masing keadaan batas ini, nilai tahanan rencana harus sama dengan atau melebihi jumlah beban rencana yang diperoleh dengan atau melebihi jumlah beban rencana yang diperoleh dengan mengalikan beban karakteristik yang ditentukan dengan faktor keamanan persial yang sesuai. Dengan mengatakan pengetahuan kekuatan rencana bahan, pada umumnya masalahnya hanya pendimensian yang cocok untuk batang yang bersangkutan, yaitu rincian potongan melintang diikuti dengan desain prategang yang diperlukan dan letak eksentrisitas.

Pada kasus Pembangunan Jembatan Payung. Potongan melintang balok I telah diketahui yaitu :

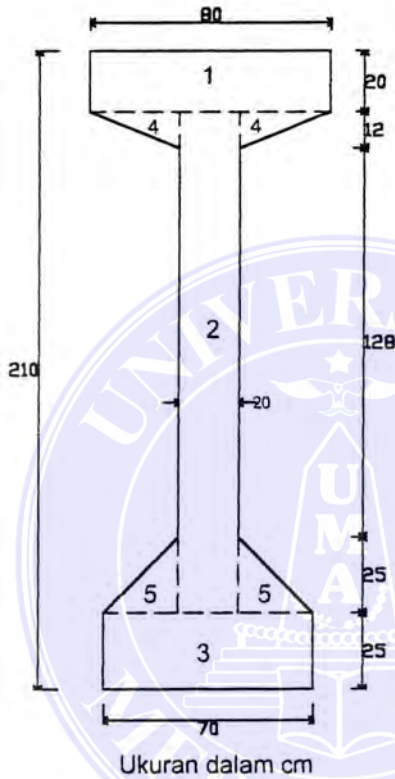


Ukuran dalam mm



**1.1. Menentukan Garis Berat Potongan Melintang balok.**

Dalam menentukan garis berat potongan melintang balok penampang balok tersebut harus dibagi dalam berapa bagian antara lain :



Gambar 3 – 4 : Penampang melintang balok pratekan.

BAGIAN	TINGGI	LEBAR	LUAS	JARAK TITIK BERAT KESISI ATAS (cm)	$A_i \cdot Y_i$ (cm <sup>2</sup> )	$A_i \cdot Y_i^2$ (cm <sup>4</sup> )
(1)	(t)	(l)	(A <sub>i</sub> )	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>4</sup> )
1	2	3	4=2x3	5	6= 4 x 5	7 = 6 x 5
	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>4</sup> )
1	20,0	80,0	1600,0	10,0	16000	160000
2	165,0	20,0	3300,0	102,5	338250	34670625
3	20,0	70,0	1750,0	197,5	345625	68260937,5
4	20,0	30,0	360,0	24,0	8640	207360
5	250	20,0	6250	170,7	10437,5	19514306,25
6	250	20,0	6250	170,7	10437,5	19514306,25
7	250	20,0	6250	170,7	10437,5	19514306,25

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah  
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
 Document Accepted 28/12/23  
 Access From repository.uma.ac.id)28/12/23



$I_i$	$I_{xi}$ $(A_i \cdot Y_i^2) + I_i$
$(cm^4)$	$(cm^4)$
$8 = 1/12 (2^3 \times 3)$	$9 = 7 \times 8$
53333,330	853333,280
7486875,00	34745493,75
911,458	68261848,96
1440,000	208800,00
10850,700	19525156,00
	123594632,00

Dari tabel diatas diperoleh :

$$Y_t = \frac{A_i \cdot Y_i}{A_i} = \frac{818952,5}{7635} = 107,7 \text{ cm}$$

$$Y_b = H_t - Y_t = 210 - 107,3 = 102,7 \text{ cm}$$

$$I_x = I_{xi} - (A_i \cdot Y_t^2)$$

$$I_x = 123594632,00 - (7365 \cdot 107,3^2)$$

$$I_x = 35690662,85 \text{ cm}^4$$

Dimana :  $Y_t$  = Jarak titik berat balok kesisi atas balok.

$Y_b$  = Jarak titik berat balok kesisi bawah balok.

$I_x$  = Momen Inersia balok pratekan.

Menentukan momen penampang dan kern.

Momen penampang atas =  $z_t$

$$z_t = \frac{I_x}{Y_t}$$

$$z_t = \frac{35690662,85}{107,3}$$

$$z_t = 332625,00 \text{ cm}^3$$

Momen penampang bawah =  $z_b$

$$z_b = \frac{I_x}{Y_b}$$

$$z_b = \frac{35690662,85}{102,7}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA 102,7

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang  
 $z_b = 347523,50 \text{ cm}^3$

Kern bawah =  $K_b$

$$K_b = \frac{Z_t}{A_c}$$

$$K_b = \frac{332625}{7635}$$

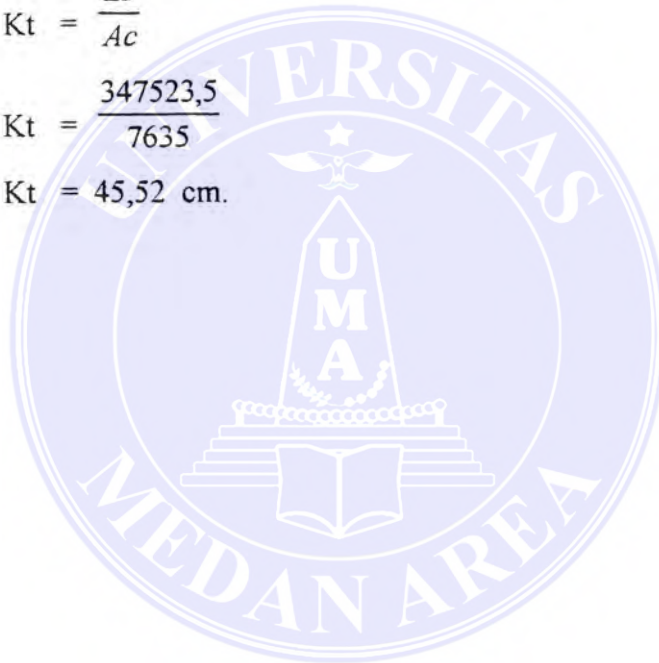
$$K_b = 43,565 \text{ cm}$$

Kern atas =  $K_t$

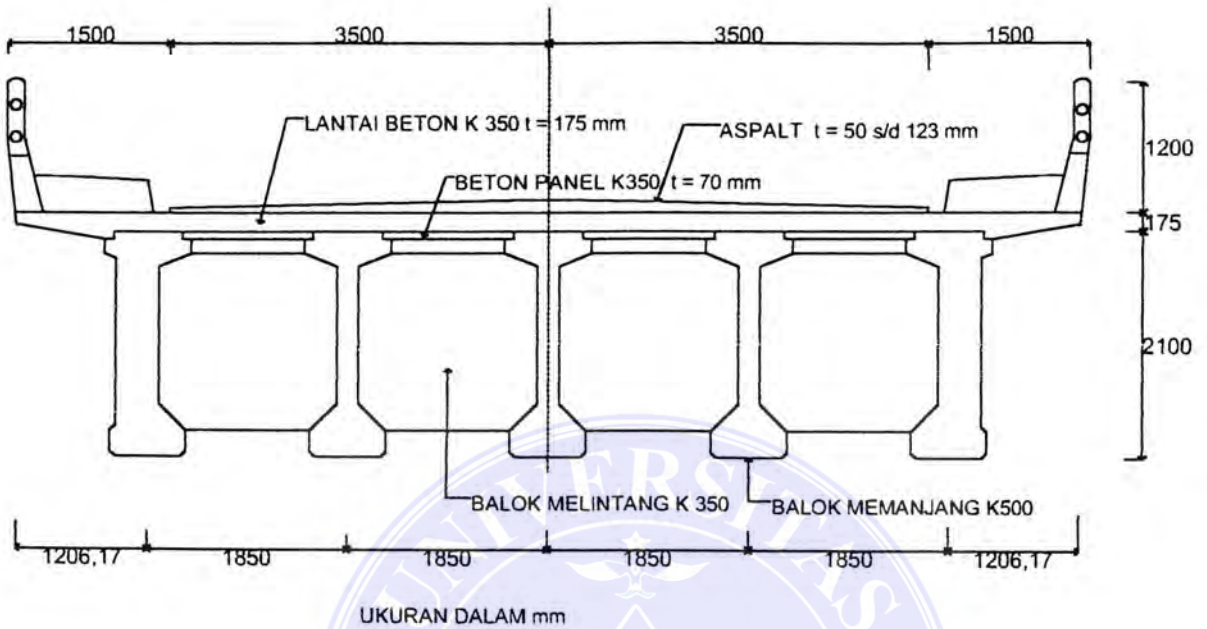
$$K_t = \frac{Z_b}{A_c}$$

$$K_t = \frac{347523,5}{7635}$$

$$K_t = 45,52 \text{ cm.}$$

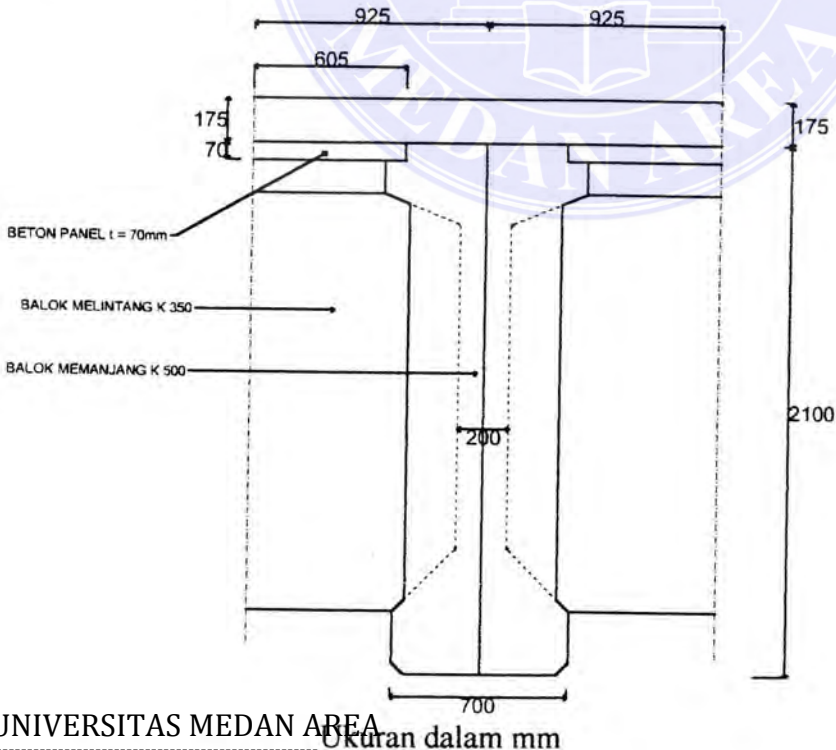


### 1.2 Penampang Komposit.



Gambar 3 – 5 Potongan Melintang Komposit

Menentukan Lebar efektif (  $b_e$  ) ( ACI )





1.  $S = 185 \text{ cm}$
2.  $ht = 17,5 \text{ cm}$
3.  $bw = 20 \text{ cm}$ 
  - $be = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 41 = 12,5 \text{ m}$
  - $be = 12 \times bw = 12 \times 20 = 240 \text{ cm}$
  - $be = bw + 16 ht$
  - $= 20 + 280 = 300 \text{ cm}$

diambil  $be = 185 < 300 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{Ok !}$

Perbandingan modulus  $= \frac{350}{500} = 0,70$

- Dimana :
- $bw$  = lebar web
  - $Ht$  = tebal plat lantai
  - $S$  = jarak antara balok pratekan
  - $be$  = lebar efektif.

Lebar efektif yang dimodifikasi  $= n \times be = b$   
 $b = 0,7 \times 185 = 129,5 \approx 130 \text{ cm}.$

BAGIAN	TINGGI	LEBAR	LUAS	JARAK TITIK BERAT KESISI ATAS	$Ai' \cdot Yi'$	$Ai' \cdot Yi'^2$
(1)	(t)	(w)	( $Ai'$ )	( $Yi'$ )	( $Zi'$ )	
	(cm)	(cm)	( $cm^2$ )	(cm)	( $cm^2$ )	( $cm^4$ )
1	2	3	4=2x3	5	6= 4 x 5	7= 6 x 5
Lantai	17,5	130	2275	218,75	497675,25	108862304,70
Panel	7,0	130	910	206,5	187915,00	38804447,50
Balok Pratekan			7635	102,7	784114,50	80528559,15
			10820		1460523,75	

$Ii'$	$Ixi'$ ( $Ai' \cdot Yi'^2$ ) + $Ii$
( $cm^4$ )	( $cm^4$ )
$8 = 1/12 (2^3 \times 3)$	$9 = 7 \times 8$
28059900	108920364,600
3715,833	38808163,330
35690662	116219222,000
	263947749,900

$$Yb' = \frac{A_i' \cdot Y_i'}{A_c'}$$

$$Yb' = \frac{1460523,75}{10820}$$

$$Yb' = 134,98 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} Yt' &= Ht + hs - Yb' \\ &= (210 + 17,5) - 134,98 \text{ cm} \\ &= 92,52 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$Ix' = Ix' - (A_i' \cdot Yb'^2)$$

$$Ix' = 263947749,90 - (10820 \cdot 134,98^2)$$

$$Ix' = 66811673,570 \text{ cm}^4$$

Menentukan momen Penampang Komposit dan kern

Momen penampang komposit atas =  $z_t'$

$$Z_t' = \frac{Ix'}{Yt'} = \frac{66811673,57}{92,52} = 722132,23 \text{ cm}^3$$

Momen penampang komposit bawah =  $z_b'$

$$Z_b' = \frac{Ix'}{Yb'} = \frac{66811673,57}{134,98} = 494974,62 \text{ cm}^3$$

Kern Komposit bawah =  $K_b'$

$$K_b' = \frac{Z_b'}{A_c}$$

$$K_b' = \frac{494974,62}{10820}$$

$$K_b' = 45,75 \text{ cm}$$

Kern Komposit bawah =  $K_t'$

$$K_t' = \frac{Z_t'}{A_c}$$

$$K_t' = \frac{722132,23}{10820}$$

$$K_t' = 66,74 \text{ cm}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

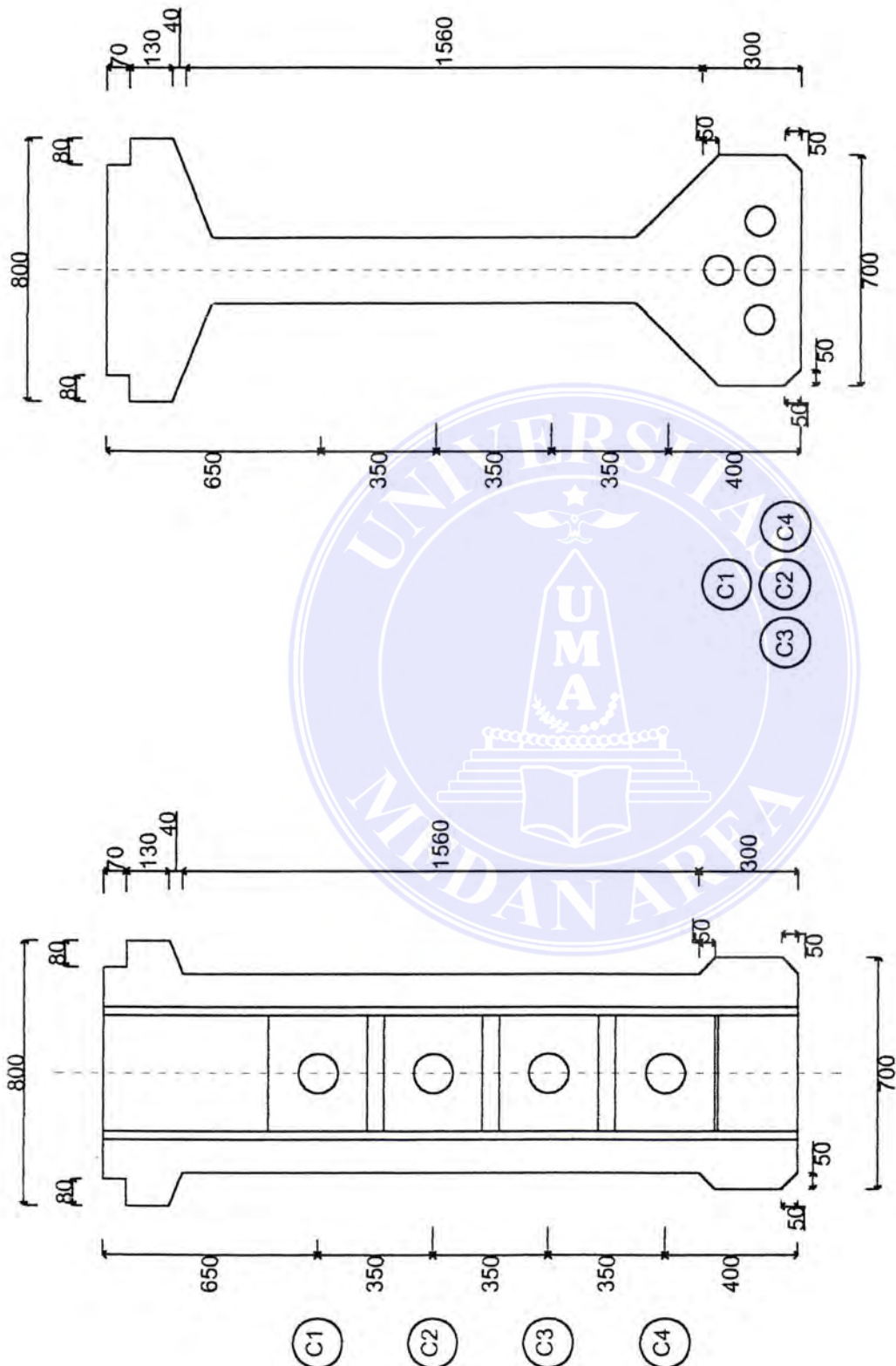
Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23



DI TENGAH BALOK

DI AWAL BALOK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23



Menentukan garis berat Tendon.

Diawal Beam / pada awal balok.

Tendon No	Jarak Tendon Kesisi bawah balok (y) (cm)	Luas Tendon As (cm <sup>2</sup> )	Statis Momen As. Y (cm <sup>3</sup> )
1	2	3	4 = 2 x 3
C1	145	0,9871	143,13
C2	110	0,9871	108,58
C3	75	0,9871	74,03
C4	40	0,9871	39,48
		3,948	365,22

$$Y_s = \frac{As \cdot Y}{As} = \frac{365,224}{3,948} = 92,50 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} et1 &= Y_b - Y_s \\ &= 102,7 - 92,5 = 10,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ditengah Bentang

Tendon No	Jarak Tendon Kesisi bawah balok (y) (cm)	Luas Tendon As (cm <sup>2</sup> )	Statis Momen As. Y (cm <sup>3</sup> )
1	2	3	4 = 2 x 3
C1	25,0	0,9871	24,68
C2	12,5	0,9871	12,34
C3	12,5	0,9871	12,34
C4	12,5	0,9871	12,34
		3948	61,36

$$Y_s = \frac{As \cdot Y}{As} = \frac{61,36}{3,948} = 15,54 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} et2 &= Y_b - Y_s \\ &= 102,7 - 15,54 = 10,2 \text{ cm} \end{aligned}$$



### III.3. Pembebanan.

#### 3.1. Balok Pratekan.

##### a. Beban Mati

Berat Jenis beton pratekan / beton bertulang menurut peraturan muatan untuk pembebanan No. 12 / 1970 adalah  $2,5 \text{ T/m}^3$ .

Luas permukaan balok adalah :  $0,7635 \text{ M}^2$

Panjang Teoritis balok :  $41,0 \text{ m}$

Panjang balok dari perletakan ke perletakan :  $41 \text{ m}$

Jarak gelagar memanjang :  $1,85 \text{ m}$

Berat balok permeter :  $0,7635 \times 2,5 = 1,909 \text{ T/m}^3$

$Q_{bs} = 1,909 \text{ T/m}^3$

##### b. Lantai Jembatan

Tebal plat jembatan =  $0,175 \text{ M}$

Tebal plat panel =  $0,07 \text{ M}$

Tebal total plat =  $0,245 \text{ M}$

Berat plat per meter =  $1,85 \times 0,245 \times 2,5 = 1,133 \text{ T/m}^2$

##### c. Gelagar melintang akan menjadi beban yang terpusat

Beban gelagar akan menjadi beban yang terpusat.

Panjang gelagar melintang =  $1,70$

Lebar =  $1,650$

Berat sendiri gelagar melintang =  $0,2 \times 1,5 \times 1,650 \times 2,50$   
 $= 1,238 \text{ Ton}$

Dalam hal ini fungsi gelagar melintang adalah sebagai pengaku balok prategang dan tidak ikut memikul beban.

##### d. Aspal

Tebal aspal bervariasi =  $50 \text{ s/d } 123 \text{ mm}$

Tebal aspal =  $\frac{50 + 123}{2} = \frac{173}{2} = 86,3 = 0,0863 \text{ m}$

Berat aspal =  $0,0863 \times 1,85 \times 2,35 = 0,375 \text{ T/m}$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23



3.1 Beban Hidup / bergerak

Menurut peraturan muatan untuk jembatan jalan raya tahun 1970, untuk menentukan kekuatan gelagar harus diperhitungkan muatan D yang terdiri dari :

1. P. ton per meter
2. P. = 15 ton.

a. Koefisien kejut ( K )

$$K = 1 + \frac{20}{50 + L} \dots\dots\dots ( PMJJR 1970 )$$

Dimana : K = Koefisien Kejut

L = panjang bentang

$$K = 1 + \frac{20}{50 + L}$$

$$= 1 + \frac{20}{91}$$

$$K = 1,220$$

b. Beban Merata ( p.)

be = 1,85 m

Panjang bentang = 41 m

Besar Pelayanan harus ditentukan sebagai berikut :

- p. = 2,2 T/m ..... Untuk L ≤ 30 M

- P. = 2,2 -  $\frac{1,1}{60}(L - 30)$  T/m untuk 30 m < L < 60 m

- p. = 1,1 ( 1 +  $\frac{30}{L}$  ) T/M' ..... untuk L > 60 m

dimana :

L adalah panjang dalam meter, dari bentang yang bersangkutan.

$$p. = 2,2 \text{ T/M}' - \frac{1,1}{60} ( L - 30 ) \text{ T/ M}'$$

$$p. = 2,2 - 0,202$$

$$p = 1,988 \text{ T/M}^2$$

$$P. ' = \frac{be}{2,75} \times 1,988$$

$$P' = \frac{1,85}{2,75} \times 1,988$$

$$P' = 1,337 \text{ T/M}$$

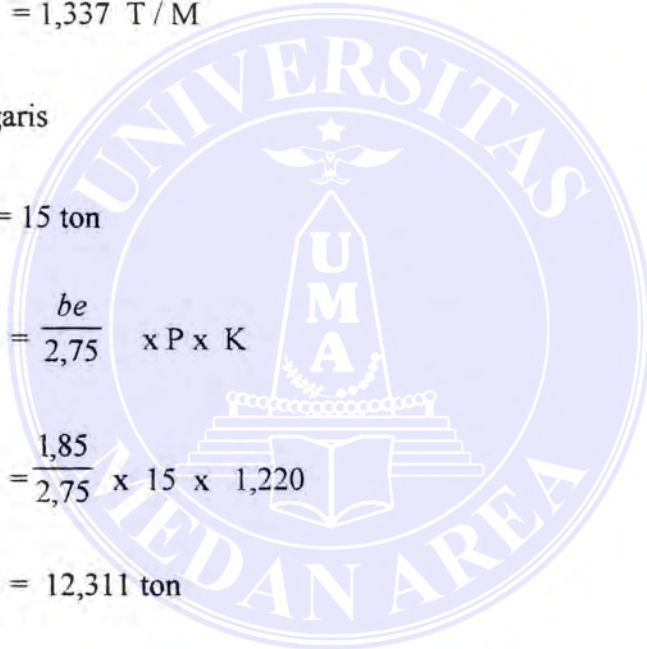
c. Muatan garis

$$P. = 15 \text{ ton}$$

$$P' = \frac{be}{2,75} \times P \times K$$

$$P' = \frac{1,85}{2,75} \times 15 \times 1,220$$

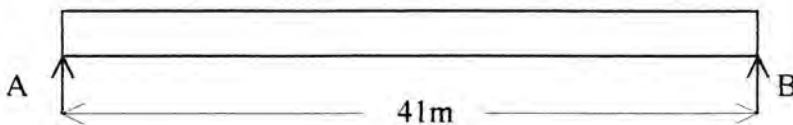
$$= 12,311 \text{ ton}$$



III.4. Perhitungan Momen Pada Setiap Pembebanan

1. Akibat beban mati :

1. Akibat berat balok pratekan.  $Q_{bs} = 1,909 \text{ T/M}$



Reaksi pada tumpuan =  $RA = 0,5 \cdot Q_{bs} \cdot L$

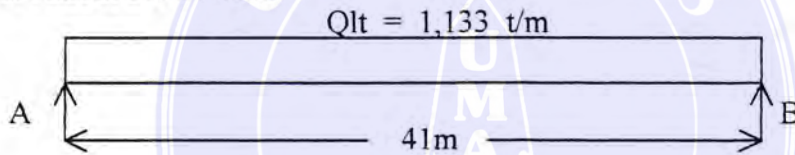
$$= 0,5 \times 1,909 \times 41$$

momen pada jarak x dari tumpuan :

$$M_x = R_A \cdot x - Q_{bs} \cdot x^2/2$$

RA	X	Q <sub>bs</sub>	X <sup>2</sup> /2	M <sub>x</sub>
Ton	M	T/M'	M <sup>2</sup>	TM
1	2	3	4 = 2 <sup>2</sup> /2	5 = 5.2 - 3.4
39,135	3,00	1,909	4,50	108,815
39,135	6,00	1,909	18,00	200,448
39,135	9,00	1,909	40,50	274,901
39,135	12,00	1,909	72,00	332,172
39,135	15,00	1,909	112,50	372,263
39,135	18,00	1,909	162,00	395,172
39,135	20,50	1,909	210.13	401,139

2. Akibat beban lantai



$$\begin{aligned} \text{Reaksi pada tumpuan} &= R_A = 0,5 \cdot Q_{bs} \cdot L \\ &= 0,5 \times 1,133 \times 41 \\ &= 23,227 \text{ ton} \end{aligned}$$

momen pada jarak x dari tumpuan :

$$M_x = R_A \cdot x - Q_{lt} \cdot x^2/2$$

RA	X	Q <sub>bs</sub>	X <sup>2</sup> /2	M <sub>x</sub>
Ton	M	T/M'	M <sup>2</sup>	TM
1	2	3	4 = 2 <sup>2</sup> /2	5 = 1.2 - 3.4
23,227	3,00	1,133	4,50	64.583
23,227	6,00	1,133	18,00	118.968
23,227	9,00	1,133	40,50	163.157
23,227	12,00	1,133	72,00	197.148
23,227	15,00	1,133	112,50	220.943
23,227	18,00	1,133	162,00	234.540
23,227	20,50	1,133	210.13	238.082

UNIVERSITAS MEDAN AREA

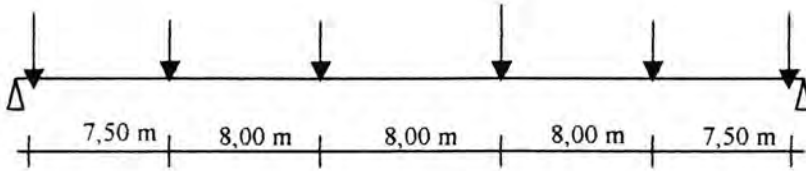
2022 Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah  
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
 Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23



3. Akibat beban Diafragma.



$$P. = 1,5 \times 1,650 \times 0,2 \times 2,50 = 1.238 \text{ ton}$$

$$\text{Reaksi di tumpuan A} = 6 P. / 2$$

$$RA = 3 P. \text{ ton}$$

$$RA = 3,713 \text{ ton}$$

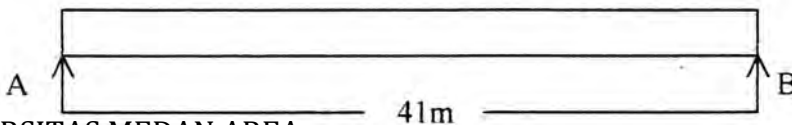
Momen pada jarak x

$$Mx = RA \cdot x - \sum_1^n Pn \cdot xn$$

RA ton	X M	Qbs T/M'	Mx TM
1	2	3	4
3,713	3,00	1,238	7,922
3,713	6,00	1,238	15,350
3,713	9,00	1,238	32,180
3,713	12,00	1,238	35,897
3,713	15,00	1,238	39,614
3,713	18,00	1,238	63,123
3,713	20,50	1,238	66,221

4. Beban Aspal.

$$Qas = 0,375 \text{ T/m}$$



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

$$\text{Reaksi pada tumpuan} = RA = 0,5 \cdot Qs \cdot L = 0,5 \times 0,375 \times 41$$

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah **7,688 ton**

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
 Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

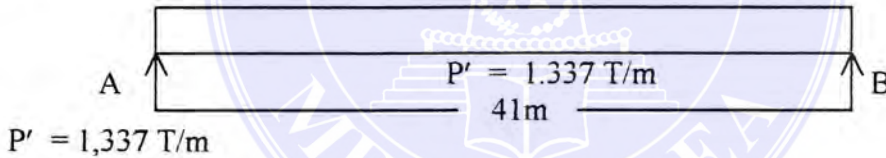
momen pada jarak x dari tumpuan :

$$M_x = RA \cdot x - Q_{as} \cdot x^2/2$$

Ton	X M	Q <sub>as</sub> T/M'	X <sup>2</sup> /2 M <sup>2</sup>	M <sub>x</sub> TM
7,688	3,00	1,133	4,50	21,377
7,688	6,00	1,133	18,00	39,378
7,688	9,00	1,133	40,50	52,130
7,688	12,00	1,133	72,00	65,256
7,688	15,00	1,133	112,50	73,133
7,688	18,00	1,133	162,00	77,637
7,688	20,50	1,133	210,13	78,807

B. Akibat Beban Hidup.

1. Akibat beban merata



Reaksi pada tumpuan =  $RA = 0,5 \cdot P' \cdot L$

=  $0,5 \times 1,337 \times 41$

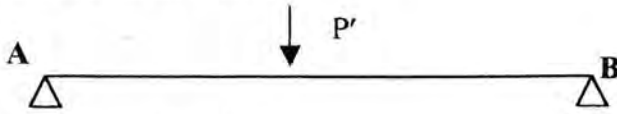
= 27,409 ton

momen pada jarak x dari tumpuan :

$$M_x = RA \cdot x - P' \cdot x^2/2$$

Ton	X M	P' T/M'	X <sup>2</sup> /2 M <sup>2</sup>	M <sub>x</sub> TM
1	2	3	4 = 2 <sup>2</sup> /2	5 = 1.2-3.4
27,409	3,00	1,337	4,50	76,221
27,409	6,00	1,337	18,00	140,388
27,409	9,00	1,337	40,50	192,533
27,409	12,00	1,337	72,00	232,644
27,409	15,00	1,337	112,50	260,723
27,409	18,00	1,337	162,00	276,768
27,409	20,50	1,337	210,13	280,947

- Akibat muatan garis ( P )



$$P' = 12,311 \text{ T}$$

$$\text{Reaksi ditumpuan} = P' \frac{(L - X)}{L}$$

$$R_A = P' \frac{(L - X)}{L}$$

$$\text{Momen} = R_A \cdot x$$

Momen pada jarak x dari tumpuan :

L (M)	X (M)	L - X (M)	Ra (T)	Mx = Ra . x (TM)
1	2	3	4	5= 2 x 4
41,00	3,00	38	11,410	34,230
41,00	6,00	35	10,509	63,054
41,00	9,00	32	9,609	86,481
41,00	12,00	29	8,708	104,496
41,00	15,00	26	7,807	117,105
41,00	18,00	23	6,906	124,308
41,00	20,50	20,50	6,156	126,198



**C. Kombinasi momen akibat beban mati dan beban hidup ada setiap jarak**

**Pada tumpuan**

No	Jenis beban	Jarak dari tumpuan ( M )						
		3	6	9	12	15	18	20,5
1	Balok pratekan	108,815	200,448	266,31	332,172	372,263	395,172	401,139
2	Lantai jembatan	64,583	118,968	158,66	197,148	220,943	234,540	238,082
3	Diafragma	7,922	15,350	32,180	35,897	39,614	63,123	66,221
4	Aspal	21,377	39,378	52,130	65,256	73,133	77,637	78,807
5	Beban merata	76,211	140,388	192,53	232,644	260,723	276,768	280,947
6	Beban garis	34,230	63,054	86,481	104,496	117,105	124,308	126,198

Momen Maksimum akibat Balok Pratekan :  $M_g = 401,139 \text{ TM}$

Momen Maksimum akibat Beban Mati :  $M_{dl} = (1+2+3) = 705,442 \text{ TM}$

Momen Maksimum akibat Beban Hidup :  $M_{ll} = ( 5 + 6 ) = 407,145 \text{ TM}$

Momen Maksimum Komposit :  $M_c = ( 4 + 5 + 6 ) = 485,952 \text{ TM}$

**III.5. Perencanaan Gaya prategang Balok segmental.**

Dalam menentukan gaya prategang balok segmental pada dasarnya adalah sama dengan bentuk monolit namun untuk segmental harus dengan jenis prategang penuh yaitu :

- Momen yang diakibatkan berat balok pratekan ;

$$M_g = 401,139 \text{ TM}$$

$$= 40.113.900 \text{ Kg cm.}$$

- Momen akibat beban mati ;

$$M_{dl} = 705,422 \text{ TM}$$

$$M_{dl} = 70542200 \text{ Kg cm}$$

- Momen Komposit :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

$$M_c = 485,952 \text{ TM}$$

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

## Kelas dan Mutu Beton

- Balok Prategang ;

Beton K 500

$$f_c = 500 \text{ kg/cm}^2 = 50 \text{ Mpa}$$

a. Pada Saat Transfer

- Tegangan tekan beton pada saat transfer adalah ;

$$= 0,6 \times f_c$$

$$= 0,6 \times 500$$

$$= 300 \text{ kg/cm}^2$$

b. Pada Saat Beban Kerja :

- Tegangan tekan beton yang diizinkan pada saat saat beban kerja adalah ;

$$= 0,45 \times f_c$$

$$= 0,45 \times 500$$

$$= 225 \text{ kg/cm}^2$$

- Tegangan tarik diizinkan adalah ;

$$= 0,025 \times f_c$$

$$= 0,025 \times 500$$

$$= 12,5 \text{ kg/cm}^2$$

Potongan Melintang Balok Prategang diperoleh :

$$h = 210 \text{ cm}$$

$$A = 7635 \text{ cm}^2$$

$$Y_t = 107,3 \text{ cm}$$

$$Y_b = 102,7 \text{ cm}$$

$$I = 35690662,85 \text{ cm}^4$$

$$Z_t = 332625,0 \text{ cm}^3$$

$$Z_b = 347523,5 \text{ cm}^3$$

$$K_t = 45,52 \text{ cm}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Potongan Melintang Penampang Komposit

Tebal lantai = 24,5 cm

$h' = 227,5 \text{ cm}$

$A_c' = 10820 \text{ cm}^2$

$Y_t' = 92,52 \text{ cm}$

$Y_b' = 134,98 \text{ cm}$

$I' = 66811673,57 \text{ cm}^4$

$Z_t' = 722132,23 \text{ cm}^3$

$Z_b' = 494974,62 \text{ cm}^3$

$K_t' = 66,74 \text{ cm}$

$K_b' = 45,75 \text{ cm}$

$n = 0,75 \text{ cm (dianggap total kehilangan prategang = 25 \% )}$

4.1. Perhitungan Besar Gaya prategang

a. Pada saat Transfer ( tidak memperhitungkan kehilangan prategang )

- Serat Atas

$$f'_{ti} = \frac{P_i(K_b - e)}{Z_t} + \frac{M_g}{Z_t} \geq 0 \text{ diperoleh :}$$

$$P_i \geq \frac{f'_{ti} \cdot Z_t - M_g}{(K_b - e)} \text{ dimana :}$$

$M_g = 40113900 \text{ kgcm}$

$f'_{ti} = 0 \text{ kg/cm ( tidak diizinkan adanya tegangan tarik )}$

$Z_t = 332625,0 \text{ cm}^3$

$f'_{ti} \cdot Z_t = 0 \text{ kg cm}$

$K_b = 43,57 \text{ cm}$

$e = 87,16 \text{ cm}$

$f'_{ti} \cdot Z_t - M_g = 0 - 40113900 = -40113900 \text{ kg cm}$

$(K_b - e) = 43,57 - 87,16 = -43,59$

$$P_i = \frac{-40113900}{-43,59} = 920.254,00 \text{ kg}$$



- Serat Bawah

$$f'ci = \frac{Pi(Kb-e)}{Zb} + \frac{Mg}{Zb} \leq 300 \text{ diperoleh :}$$

$$Pi \geq \frac{f'ci \cdot Zt - Mg}{(Kt - e)} \text{ dimana :}$$

$$Mg = 40113900 \text{ kgcm}$$

$$f'ci = 300 \text{ kg/cm}$$

$$Zb = 347523,25 \text{ cm}^3$$

$$f'ci \cdot Zb = 300 \cdot 347523,25 = 104256975 \text{ kg cm}$$

$$K = 45,52 \text{ cm}$$

$$e = 87,16 \text{ cm}$$

$$Mg + f'ci \cdot Zb = 40113900 + 104256975 = 144370875 \text{ kg cm}$$

$$(Kt + e) = 45,52 + 87,16 = 132,60 \text{ cm}$$

$$Pi \leq \frac{144370875}{132,60} = 1088769,796 \text{ kg}$$

$$Pi = 1088,769 \text{ ton}$$

b. Pada saat final (dengan memperhitungkan kehilangan prategang.)

- Serat Atas

$$f'ti = \frac{P \text{ eff } (Kb - e)}{Zt} + \frac{Mg}{Zt} \geq 0 \text{ diperoleh :}$$

$$Pi \geq \frac{f'ti \cdot Zt - Mg}{N(Kb - e)} \text{ dimana :}$$

$$Mg = 40113900 \text{ kgcm}$$

$$f'ti = 0,0 \text{ kg/cm}$$

$$Zt = 332625,0 \text{ cm}^3$$

$$f'ti \cdot Zt = 0$$

$$Kb = 45,75 \text{ cm}$$

$$e = 87,16 \text{ cm}$$

$$f'ti \cdot Zt - Mg = 0 - 40113900 = -40113900$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

$$\frac{-40113900}{N(Kb - e)} = \frac{-40113900}{45,75 - 87,16} = -41,41 \text{ cm}$$

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mengantarakan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

$$P_i \geq \frac{-40113900}{-31,06} = 1291497,10 \text{ kg}$$

$$P_i \geq 1291,48 \text{ ton}$$

- Serat Bawah

$$f'_{ci} = \frac{P_{eff} (e - Kt)}{Z_b} - \frac{Mg}{Z_b} \quad \text{diperoleh :}$$

$$Mg = 40113900 \text{ kgcm}$$

$$f'_{ci} = 225 \text{ kg/cm}$$

$$Z_b = 347523,25 \text{ cm}^3$$

$$f'_{ci} \cdot Z_b = 225 \cdot 347523,25 = 78192731,25$$

$$Kt = 45,52 \text{ cm}$$

$$e = 87,16 \text{ cm}$$

$$(Kt + e) = 45,52 + 87,16 = 132,60 \text{ cm}$$

$$n(Kt + e) = 0,75 (132,60) = 99,45 \text{ cm}$$

$$f'_{ci} \cdot Z_b + Mg = 78192731,25 + 40113900 = 118306631,3$$

$$P_i \geq \frac{118306631,3}{-99,45} = 1189609,163 \text{ kg}$$

$$P_i \geq 1189,609 \text{ ton}$$

### C. Akibat Beban Mati

- Serat Atas

$$f'_{ts} = \frac{P_i \cdot n(Kb - e)}{Z_t} + \frac{Mdl}{Z_t} \geq 0 \quad \text{diperoleh :}$$

$$P_i > \frac{f'_{ts} \cdot Z_t - Mdl}{n(Kb - e)} \quad \text{dimana :}$$

$$Mdl = 70542200 \text{ kg/cm}$$

$$f'_{ts} = 0,0 \text{ kg/cm}$$

$$Z_t = 332625,0 \text{ cm}^3$$

$$f'_{ts} \cdot Z_t = 0$$

$$Kb = 43,57 \text{ cm}$$

$$e = 87,16 \text{ cm}$$

$$f'_{ti} \cdot Z_t - M_{dl} = 0 - 70542200 = -70542200$$

$$(K_b - e) = 43,57 - 87,16 = -43,59 \text{ cm}$$

$$n(K_b + e) = 0,75 (-43,59) = -32,69 \text{ cm}$$

$$P_i \geq \frac{-70542200}{-32,69} = 2157913,735 \text{ kg}$$

$$P_i \geq 2157,914 \text{ ton}$$

- Serat Bawah

$$f'_{ct} = \frac{P_i \cdot n(K_b + e)}{Z_b} - \frac{M_{dl}}{Z_b} < 300 \quad \text{diperoleh :}$$

$$P_i > \frac{f'_{ct} \cdot Z_b + M_{dl}}{n(e + K_t)}$$

$$M_{dl} = 70542200 \text{ kgcm}$$

$$f'_{ct} = 300 \text{ kg/cm}$$

$$Z_b = 347523,25 \text{ cm}^3$$

$$f'_{ct} \cdot Z_b = 300 \cdot 347523,25 = 104256975$$

$$K_t = 45,52 \text{ cm}$$

$$e = 87,16 \text{ cm}$$

$$(K_t + e) = 45,52 + 87,16 = 132,60 \text{ cm}$$

$$n(K_t + e) = 0,75 (132,60) = 99,45 \text{ cm}$$

$$f'_{ct} \cdot Z_b + M_{dl} = 104256975 + 70542200 = 174799175$$

$$P_i \geq \frac{174799175}{99,45} = 1757658,874 \text{ kg}$$

$$P_i \geq 1757,659 \text{ ton}$$

d. Akibat Beban Komposit.

- Serat Atas.

$$f'_{ct} = \frac{P_i \cdot n(K_b - e)}{Z_t} + \frac{M_{dl}}{Z_t} + \frac{M_c}{Z_t} \leq 300 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{diperoleh :}$$

$$f'_{ct} + Z_t - M_{dl} - M_c \cdot \frac{Z_t}{Z_t'}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA  $n(K_b - e)$  dimana :



$$f'_{ct} = 300 \text{ kg/cm}$$

$$Z_t = 332625,0 \text{ cm}^3$$

$$Z_t' = 722132,23$$

$$K_b = 43,57 \text{ cm}$$

$$e = 87,16 \text{ cm}$$

$$(K_b - e) = 43,57 - 87,16 = - 43,59 \text{ cm}$$

$$Z_t / Z_t' = 0,46$$

$$M_c \cdot (Z_t / Z_t') = 48595200 \cdot 0,46 = 22353792$$

$$f'_{ct} \cdot Z_t = 300 \cdot 332625,0 = 99787500,00$$

$$(f'_{ct} \cdot Z_t) - M_{dl} = 99787500 - 70542200 = 29245300$$

$$(f'_{ct} \cdot Z_t) - M_{dl} - M_c \cdot (Z_t / Z_t') = 29245300 - 22353792,0 \\ = 6891508$$

$$n (K_b - e) = 0,75 (- 43,59) = 32,69$$

$$P_i \geq \frac{6891508}{32,69} = 210813,949 \text{ kg}$$

$$P_i \geq 210,813 \text{ ton}$$

- Serat Bawah

$$f'_{cc} = \frac{P_i \cdot n (K_t - e)}{Z_b} + \frac{M_{dl}}{Z_b} + \frac{M_c}{Z_b'} \geq 0 \text{ kg/cm}^2 \text{ diperoleh :}$$

$$P_i \geq \frac{f'_{cc} \cdot Z_b + M_{dl} + M_c \cdot \frac{Z_b}{Z_b'}}{n (e - K_t)} \text{ dimana :}$$

$$M_c = 485,952 \text{ TM}$$

$$M_{dl} = 70542200 \text{ kgcm}$$

$$f'_{cc} = 0,0 \text{ kg/cm}$$

$$Z_b = 347523,5 \text{ cm}^3$$

$$Z_b' = 494974,62$$

$$K_t = 45,52 \text{ cm}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

$$(K_t - e) = 45,52 - 87,16 = 132,68 \text{ cm}$$

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang No. 15/2001

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

$$Mc. ( Zb / Zb' ) = 48595200 \cdot 0,70 = 34016640$$

$$(f'cc \cdot Zb + Mdl ) + ( Mc \cdot Zb/Zb' ) = 70542200 + 34016640 \\ = 104558840$$

$$n ( e - Kt ) = 0,75 \cdot 132,68 = 99,51$$

$$Pi \geq \frac{104558840}{99,51} = 1050737.011kg$$

$$Pi \geq 1088,769 \text{ ton}$$

### Kesimpulan :

- a. Pada saat transfer ( tidak memperhitungkan kehilangan gaya prategang. )

$$\text{Serat atas } Pi > 920,254 \text{ ton}$$

$$\text{Serat bawah } Pi < 1088,769 \text{ ton}$$

- b. Pada saat final (dengan memperhitungkan kehilangan gaya prategang.)

$$\text{Serat atas } Pi > 1291,48 \text{ ton}$$

$$\text{Serat bawah } Pi < 1189,609 \text{ ton}$$

- c. Beban mati

$$\text{Serat atas } Pi > 2157,914 \text{ ton}$$

$$\text{Serat bawah } Pi < 1757,696 \text{ ton}$$

- d. Beban komposit.

$$\text{Serat atas } Pi > 210,813 \text{ ton}$$

$$\text{Serat atas } Pi < 1050,737 \text{ ton}$$

$$Pi = 1088,769$$

- e. menentukan jumlah tendon

$$P = 1088,76$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
 Dalam hal ini untuk balok pratekan dipergunakan Drawn strand  $\phi = 12,7$

-----  
 © Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

-----  
 mm dengan derajat 1860 Mpa.

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
 Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

luas penampang kabel =  $0,9871 \text{ cm}^2$  ( Prestressing Stoel Antonie E. Namaan. Hal 39 ).

Luas permukaan tendon =  $19 \times 0,9871$   
 $= 18,7549 \text{ cm}^2$

tegangan tarik kabel ( strand ) =  $19060 \text{ Kg/cm}^2$   
(prestressed concrete designers hand book hal 73 ).





Tabel 2.2 Sifat – sifat Strand Strees – Relieved dengan tujuh b - kawat tanpa pelapisan ( ASTM A – 416 ).

Diameter Nominal Mm	Kekuatan Putus KN	Luas Nominal Strand mm	Beban minimum Pada Pemuai 1 % KN
Derajat 1720 Mpa			
6,35	40,0	23,22	34,0
7,94	64,5	37,42	54,7
9,53	89,0	61,61	75,6
11,11	120,1	69,68	102,3
12,70	160,1	92,90	136,2
15,24	240,2	139,35	204,2
Derajat 1860 Mpa			
9,53	102,3	54,84	87,0
11,11	137,9	74,19	117,2
12,70	183,7	98,71	156,1
15,24	260,7	140,00	221,5

Sumber : Desain Struktur Beton Prategang oleh T. Y. LIN dan H. BURNS.

Kekakuan Putus : 183,7 KN = Pu

1 KN = 102 Kg

Menurut Peraturan PBI tegangan izin untuk batang lentur ; 0,8 fpu

( Akibat gaya dongkrak yang bekerja pada kabel ).

$$P_j = 0,8 \times P_u \times 19$$

$$P_j = 0,8 \cdot 183,7 \cdot 19$$

$$P_j = 2792,24$$

$$P_j = 2792,24 \times 102$$

$$P_j = 284808,48 \text{ kg}$$

Jumlah tendon yang dipakai = Pi : Pj

$$\text{UNIVERSITAS MEDAN AREA} = 1088,769 : 284808,48$$

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

$$= 3,820$$

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber.  
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah.  
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Jumlah Tendon yang dipakai = 4 ( empat ) Tendon.....Ok!

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### V. 1. Kesimpulan.

1. Tegangan beton yang terjadi pada saat transfer yaitu :
  - a. Untuk Serat Atas akan tertekan sebesar  $4,82 \text{ kg / cm}^2$  dan
  - b. Serat Bawah juga akan tertekan sebesar  $280,092 \text{ kg / cm}^2$

Hal ini masih dalam batas aman karena tegangan tekan yang diijinkan pada saat transfer adalah  $300 \text{ kg / cm}^2$  ( $0,6 f'c$ ) dalam arti beton tidak akan mengalami retak retak.

2. Tegangan Beton yang terjadi pada saat beban kerja yaitu :
  - a. Untuk Serat Atas akan tertekan sebesar  $175,511 \text{ kg / cm}^2$
  - b. Untuk serat bawah juga masih tetap tertekan sebelum  $14,099 \text{ Kg/cm}^2$

Tegangan tekan beton yang diizinkan pada saat kerja adalah :  $200 \text{ Kg/cm}^2$  ( $0,4 f'c$ ).

Dari uraian diatas bahwa gaya prategang yang diberikan sudah mampu memikul beban mati dan beban bergerak.

Dan persentase tegangan yang terjadi adalah ;

$$\frac{175,511}{200} \times 100 \% = 87.75 \%$$

dalam arti konstruksi cukup kuat dan efisien.

Pada saat beban kerja tersisa tegangan tekan sebesar :

$$14,099 \text{ Kg/cm}^2 > 12,5 \text{ Kg/cm}^2 \quad (0,025 f'c)$$

sehingga balok aman terhadap retak.

3. Tegangan tarik yang terjadi akibat gaya geser adalah :  $1,444 \text{ Kg/cm}^2$  dan tegangan tarik yang diizinkan adalah :  $0,25 \sqrt{f_c} = 5.590 \text{ Kg/cm}^2$

Dari uraian di atas konstruksi aman terhadap gaya geser yang terjadi.

4. Lentutan yang terjadi pada saat transfer adalah ;

$$109,110 \text{ mm} < 136,66 \text{ mm} \left( \frac{1}{300} \cdot L \right) \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

- Lentutan seketika akibat beban hidup adalah ;

$$33,88 \text{ mm} < 51,25 \text{ mm} \left( \frac{1}{8000} \cdot L \right) \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

Lentutan yang terjadi pada saat transfer dan lentutan seketika akibat beban

Hidup masih dalam batas lentutan yang diizinkan .

5. Dari nilai persentase tegangan yang terjadi dimensi penampang, jumlah tendon gaya prategang yang di berikan adalah cukup kuat dan aman.

6. Dari perhitungan beban rencana yang memberikan momen terbesar adalah akibat beban mati sebesar :  $705,442 \text{ TM}$  dan Momen komposit sebesar :

UNIVERSITAS MEDAN AREA



hasilnya konstruksi aman dan cukup kuat memikul beban – beban yang direncanakan.

7. Gaya Prategang yang diberikan sebesar : 1139,233 Ton setelah dikontrol dan diberi beban kerja, konstruksi tidak mengalami retak – retak, dalam arti dengan gaya prategang 1139,233 Ton konstruksi aman dan cukup kuat.
8. Pembuatan jembatan dengan menggunakan balok pratekan segmental lebih efektif jika di banding dengan memakai balok yang dicor di tempat karena tidak memerlukan sokong-sokong untuk menahan cetakan.
9. Untuk pengerjaan penyambungan balok I diperlukan lokasi yang cukup luas yaitu sebagai tempat balok yang masih berbentuk segmen dan sebagai tempat penarikan ( stressing ).
10. Untuk montase ( Peluncuran ) balok pratekan diperlukan peralatan khusus dan tenaga ahli yang berpengalaman.

## V. 2. SARAN

1. Cara penempatan tendon sebaiknya ditempatkan pada tempat yang terlindung dari hal-hal yang menyebabkan retak.
2. Sebelum mengadakan pekerjaan penyambungan agar lokasi penyambungan terutama tempat dimana stressing bed ditempatkan harus benar-benar rata (Sebaiknya diukur dengan alat ukur) dan cukup padat.
3. Sebelum dilaksanakan peluncuran balok yang telah ditarik sebaiknya diperiksa kembali persiapan peralatan maupun Supervisornya agar tidak terjadi kesalahan pada saat peluncuran.
4. Sebaiknya lokasi penyambungan tidak terlalu jauh dari lokasi pembangunan jembatan.
5. Grouting sebaiknya tidak memakai air yang disungai karena air sungai tidak bisa dijamin kebersihan. Kemungkinan sudah tercemar dengan air limbah dari pabrik dan zat lain. Maka sebaiknya air diambil dari air bersih setempat yang memenuhi syarat.
6. Penyimpanan strand sebaiknya disimpan diruangan tertutup agar tidak mengalami korosi (karat) sehingga tidak layak pakai.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)28/12/23

## DAFTAR PUSTAKA

1. ARTHUR H.NILSON, “ DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE ”, 1987
2. CHU-KAI WANG & CHARLES G. SALMON, “DESIGN BETON BERTULANG “ 1989.
3. N. KRISNA RAJU, “ BETON PRATEGANG “,1981.
4. SNOWY MOUNTAINS ENGINEERING COPORATION AUSTRALIA & DITJEN BINA MARGA DEP.PU, “PRESSED CONCRETE BRIDGE “.
5. IR. SUTAMI, “ PEDOMAN KONSTRUKSI BETON “, 1996.
6. T.Y.LIN & H. BRUNS, “ DESAIN STUKTUR BETON PRATEGANG “, 1982.
7. WC. VIS & GIDEON KUSUMA , “ DASAR-DASAR PERENCANAAN BETON BERTULANG “, 1997.
8. IR. WIRATMAN WANGSADINATA, “ PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA “, 1971.