

PERPUSTAKAAN FTSP UII  
HADIAH/BELI  
TGL. TERIMA : 4 OCT 2001  
NO. JUDUL :  
NO. INV. : 555 / TA / JTS  
NO. INDUK. :

TUGAS AKHIR

5120003284001

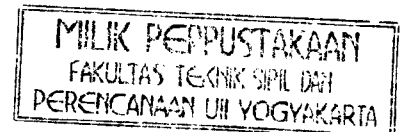
**PERENCANAAN GELAGAR  
JEMBATAN BETON PRATEGANG  
BERDASARKAN METODE AASHTO LRFD 1994**



Disusun oleh :

Nama : Achmad Iwan Kurniawan  
No. Mhs : 94 310 030  
Nirm : 940 051 013 114 120 030

Nama : Yang Erinda Megasari  
No. Mhs : 95 310 189  
Nirm : 950 051 013 114 120 186



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2001**

**TUGAS AKHIR**  
**PERENCANAAN GELAGAR**  
**JEMBATAN BETON PRATEGANG**  
**BERDASARKAN METODE *AASHTO LRFD 1994***

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil di Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta

**O l e h :**

**Nama** : Achmad Iwan Kurniawan  
**No. Mhs** : 94 310 030  
**Nirm** : 940 051 013 114 120 030

**Nama** : Yang Erinda Megasari  
**No. Mhs** : 95 310 189  
**Nirm** : 950 051 013 114 120 186

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**2001**

## TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN GELAGAR JEMBATAN BETON PRATEGANG BERDASARKAN METODE AASHTO LRFD 1994

Disusun oleh :

Nama : Achmad Iwan Kurniawan  
No. Mhs : 94 310 030

Nama : Yang Erinda Megasari  
No. Mhs : 95 310 189

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Kadir Aboe, MS

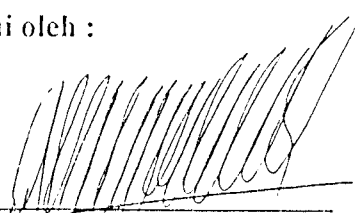
---

Dosen pembimbing I

Ir. Fathurrohman N, MT.

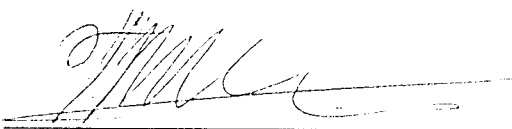
---

Dosen pembimbing II

---

Tanggal : 8/09/01

---

Tanggal : 08/9 - 2001

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmaanirrahim*

Maha suci Allah, segala puji bagi Allah Tuhan Semesta Alam. Berkat irodah, rahmat dan karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

Yang merupakan salah satu syarat kelengkapan untuk menyelesaikan program S1 Jurusan Teknik Sipil di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan baik dari segi materi maupun susunan bahasanya yang membuat tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik yang membangun dan saran yang dapat memberikan manfaat dan dorongan bagi peningkatan kemampuan penulis.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan serta pengarahan-pengarahan untuk membimbing penulis dalam penulisan tugas akhir sebagai berikut:

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H A. Kadir Aboe, MS, selaku dosen pembimbing I.

3. Bapak Ir. Fatkhurrohman, MT, selaku dosen pembimbing II.
4. Kedua Orang Tua dan saudara-saudara kami tercinta yang dengan kasih sayangnya telah membekali penulis dengan doa dan semangat.
5. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan di lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia maupun di luar lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
6. Semua pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu tugas akhir ini hingga selesai.

Akhir kata penulis mohon maaf dengan segala ketulusan hati seandainya dalam menuliskan tugas akhir ini terdapat kekhilafan, semoga Allah SWT, selalu melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua, dan segala sesuatu yang telah kita laksanakan akan menjadi bekal yang berguna dan bermanfaat di kelak kemudian hari. Amien.

*Alhamdulillahirrabbi'l'amin*

Yogyakarta, Agustus 2001

Penulis

## ABSTRAKSI

Struktur jembatan adalah suatu fasilitas bangunan jalan yang berfungsi mendukung lalu-lintas jalan raya atau beban-beban bergerak yang terletak diatas suatu rintangan atau tempat yang rendah seperti sungai, kali, terusan, jalan raya atau rel kereta api. Jalan tersebut dapat berupa lintasan kereta api, jalan raya, jalan-jalan kecil, atau kombinasi semuanya.

Gelagar jembatan adalah salah satu bagian struktur yang sangat penting pada jembatan. Jembatan yang memiliki bentang panjang umumnya menggunakan beton prategang pada gelagarnya. Hal ini dipilih karena beton prategang memiliki keunggulan-keunggulan tertentu dibandingkan jenis gelagar lainnya. Perhitungan gelegar jembatan beton prategang yang telah ada umumnya menggunakan metode perencanaan tegangan kerja (*allowed stress design / ASD*) atau perencanaan tegangan izin (*working stress design / WSD*). Metode ini menggunakan pendekatan bahwa struktur diasumsikan elastis linier dan tegangan akibat tegangan kerja di batasi oleh tegangan izinnnya. Metode ASD telah cukup lama digunakan di Indonesia, untuk itu perlu metode lain sebagai alternatif dalam perencanaan gelegar jembatan beton prategang.

Metode perencanaan kuat batas (*ultimite strenght design / USD*) yang ditawarkan oleh AASHTO LRFD 1994 merupakan metode alternatif untuk merencanakan struktur jembatan di Indonesia. Metode ini menggunakan pendekatan bahwa beban kerja rencana dikalikan dengan faktor beban dan struktur direncanakan untuk menahan beban-beban terfaktor tersebut pada kapasitas batasnya.

## MOTTO

Niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang *beriman* diantarmu dan orang-orang yang diberi *ilmu pengetahuan* dengan beberapa derajat.

**(Q.S. Al Mujaadilah – 11)**

Katakanlah “*Apakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui ?*” Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran.

**(Q.S. Az Zumar – 9)**

Katakanlah : “*Kalau sekiranya lautan menjadi tinta untuk (menulis) kalimat-kalimat Tuhanku, sungguh habislah lautan itu sebelum habis (ditulis) kalimat-kalimat Tuhanku, meskipun Kami datangkan tambahan sebanyak itu (pula).*”

**(Q.S. Al Kahfi – 109)**

Dan seandainya pohon-pohon di bumi menjadi pena dan laut (menjadi tinta), ditambah kepadanya tujuh laut (lagi) sesudah (kering)nya niscaya tidak akan habis-habisnya (dituliskan) *kalimat Allah*. Sesungguhnya Allah maha perkasa lagi maha bijaksana.

**(Q.S. Al Luqman – 27)**

Allah-lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi. Perintah Allah berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwasanya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu, dan sesungguhnya Allah *ilmu-Nya* benar benar meliputi segala sesuatu.

**(Q.S. Ath Thalaq – 12)**

Dan orang-orang yang mendalam ilmunya berkata : “*Kami beriman kepada ayat-ayat yang mutasyabihat, semuanya itu dari sisi Tuhan kami.*” Dan tidak dapat mengambil pelajaran (daripadanya) melainkan orang-orang yang berakal.

**(Q.S. Ali ‘Imron – 7)**

# DAFTAR ISI

Halaman

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>ABSTRAKSI</b> .....	iii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penulisan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tinjauan Umum .....	4
2.2 Desain Pendahuluan Penampang Beton Prategang .....	5
2.3 Perencanaan Gelagar Beton Prategang.....	6
2.4 Pendekatan Perencanaan.....	6
2.4.1 Perencanaan Tegangan Kerja (WSD) .....	7



2.5 Kehilangan Beton Prategang.....	8
-------------------------------------	---

### **BAB III LANDASAN TEORI**

3.1 Pembebanan.....	9
3.1.1 Beban Gravity .....	9
3.1.2 Beban Tetap ( <i>Permanent Load</i> ) .....	9
3.1.3 Beban Tidak Permanen ( <i>Transient Loads</i> ) .....	10
3.2 Pembebanan Menurut PPPJJR 1997 .....	11
3.2.1 Beban Mati .....	11
3.2.2 Beban Hidup.....	11
3.3 Perencanaan Penampang Gelagar .....	12
3.3.1 Preeliminari Desain Penampang Dengan Teori Elastik Tanpa Tarikan Beton Menurut T.Y.Lin .....	14
3.4 Kehilangan Gaya Prategang .....	16
3.4.1 Kehilangan Gaya Prategang Langsung .....	16
3.4.2 Kehilangan Gaya Prategang Yang Bergantung Waktu .....	19
3.5 Keadaan Batas .....	20
3.5.1 Kondisi Layan .....	21
3.5.2 Keadaan Batas Kekuatan.....	22
3.6 Tegangan Beton Bertulang.....	23
3.6.1 Tinggi Sumbu Netral Pada Balok Dengan Tendon Yang Direkatkan.....	24
3.6.2 Kuat Lentur Nominal.....	28
3.6.3 Kuat Geser Balok Beton Bertulang.....	28

## **BAB IV METODOLOGI PENELITIAN**

4.1 Waktu Penulisan .....	30
4.2 Data Struktur .....	30
4.3 Variabel Penulisan.....	31
4.4 Rencana Waktu Penyusunan .....	32
4.5 Tahapan Analisa.....	33
4.6 Tahapan Penulisan.....	33

## **BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

5.1 Perencanaan Awal Penampang Gelagar Beton Prategang.....	36
5.1.1 Pendahuluan .....	36
5.1.2 Perencanaan Penampang Gelagar .....	36
5.1.2.1 Gelagar Interior .....	37
5.2 Spesifikasi Perencanaan Gelagar Metode AASTHO LRFD 1994....	50
5.2.1 Perencanaan Awal Penampang Gelagar Dengan Metode LRFD 1994 .....	50
5.3 Pembebanan Pada Gelagar Menerus .....	55
5.3.1 Beban Hidup.....	55
5.3.2 Beban Mati .....	62
5.3.3 Rangkuman Akibat Beban-beban Yang Bekerja.....	68
5.4 Keadaan Batas Layan .....	69
5.4.1 Menyelidiki Keadaan Batas Layan.....	69
5.5 Perhitungan Kehilangan Gaya Prategang.....	73
5.5.1 Pendahuluan .....	73

5.5.2 Kehilangan Gaya Prategang Jangka Pendek .....	74
5.5.3 Total Kehilangan Jangka Pendek .....	87
5.5.4 Kehilangan Gaya Prategang Jangka Panjang .....	87
5.5.5 Total Kehilangan Gaya Prategang Jangka Panjang.....	89
5.6 Kontrol Tegangan Gelagar .....	94
5.6.1 Kontrol Tegangan Gelagar Saat Transfer.....	94
5.6.1.1 Tegangan Pada Lokasi 104.....	94
5.6.1.2 Tegangan Pada Lokasi 110.....	96
5.6.1.3 Tegangan Pada Lokasi 206.....	100
5.6.2 Menghitung Tegangan Girder Saat Service (layan).....	107
5.7 Menyelidiki Kuat Batas Beton .....	107
5.7.1 Lentur .....	107
5.7.1.1 Kapasitas Gelagar Pada Lokasi 104 dan 206 .....	107
5.7.1.2 Kapasitas Gelagar Pada Lokasi 110 .....	111
5.8 Gaya Geser .....	114
5.8.1 Gaya Geser di Lokasi 104 dan 206 .....	114
5.9 Block Ujung .....	119

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1 Kesimpulan .....	134
6.2 Saran.....	135

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Penampang Gelagar
- Gambar 2. Gambar Umum Gelagar Menerus Beton Prategang (Post Tensioning)
- Gambar 3. Gambar Tata Letak Tendon Gelagar Prategang (Post Tensioning)
- Gambar 4. Gambar Penulangan Gelagar Menerus Beton Prategang (Post Tensioning)
- Gambar 5. Penulangan Block Ujung 100 dan 210
- Gambar 6. Penulangan Gelagar di Lokasi 104 dan 206
- Gambar 7. Penulangan Gelagar di Lokasi 110

## DAFTAR ISTILAH

Pra-penarikan/*pretensioning* : cara pelaksanaan pemberian prategang pada beton di mana tendon ditarik untuk ditegangakan sebelum dilakukan pengecoran adukan beton ke dalam acuan yang telah disiapkan.

Paska-tarikan/*post-tensioning* : cara pelaksanaan pemberian prategang pada beton, di mana tendon baru ditarik setelah betonnya dicetak terlebih dahulu dan mempunyai cukup kekerasan untuk menahan tegangan sesuai dengan yang diinginkan.

*Friction* : kehilangan gaya prategang yang diakibatkan oleh gesekan antara tendon dan selubung tendonnya.

*Elastic shortening* : kehilangan gaya prategang yang disebabkan oleh perpendekan elastis beton karena gaya desak yang bekerja padanya.

Slip ankur : kehilangan gaya prategang yang disebabkan tergelincirnya baji gesekan sebelum kabel dijepit dengan kokoh.

Relaksasi baja : kehilangan gaya prategang yang tergantung dengan waktu dan disebabkan oleh perbandingan  $\frac{f_{pi}}{f_{pv}}$

Susut beton : kehilangan gaya prategang yang tergantung dengan waktu dan disebabkan oleh perbandingan antara volume dan permukaan kelembaban relatif.

## DAFTAR TABEL

1. Tabel 5.1 Momen Gelagar Jembatan Hasil Perhitungan Microfeap II Berdasarkan Pembebanan PPPJJR 1987.( berat sendiri gelagar  $W_{gelagar} = 2,0 \text{ t/m}'$  )
2. Tabel 5.2 Momen Gelagar Jembatan Hasil Perhitungan Microfeap II Berdasarkan Pembebanan PPPJJR 1987.( berat sendiri gelagar  $W_{gelagar} = 1.8620 \text{ t/m}'$  )
3. Tabel 5.3 Perencanaan Penampang Beton Prategang dengan Pendekatan Luas Menurut T.Y.Lin
4. Tabel 5.4 Mencari Properti Penampang Gelagar Jembatan
5. Tabel Perencanaan Penampang Beton Prategang (Lanjutan) Dengan Pendekatan Luas Menurut T.Y. Lin
6. Tabel Perencanaan Penampang Beton Prategang (Lanjutan) Dengan Pendekatan Luas Menurut T.Y. Lin
7. Tabel 5.5 Kontrol Penampang Beton Prategang Terhadap Tegangan izin (ACI)
8. Kontrol Penampang Beton Prategang (Lanjutan) Terhadap Tegangan izin (ACI)
9. Kontrol Penampang Beton Prategang (Lanjutan) Terhadap Tegangan izin (ACI)
10. Tabel 5.8 Momen Akibat Beban Mati Pada Gelagar Interior

11. Tabel 5.9 Gaya Geser Akibat Beban Mati Pada Gelagar Interior
12. Tabel 5.10 Ringkasan Momen Akibat Beban Hidup Pada Gelagar Interior
13. Tabel 5.11 Ringkasan Gaya Geser Akibat Beban Hidup Pada Gelagar Interior
14. Tabel 5.12 Momen Kombinasi Di Bentang 1 Pada Gelagar Interior
15. Tabel 5.13 Gaya Geser Kombinasi Di bentang 1 Pada Gelagar Interior
16. Tabel 5.14 Kehilangan Tegangan (Loss) Akibat Perpendekan Elastis Beton
17. Tabel 5.14 Kehilangan Tegangan (Loss) Akibat Perpendekan Elastis Beton (Lanjutan)
18. Tabel 5.15 Total Presentase Kehilangan Tegangan (Loss) Akibat Perpendekan Elastis Beton
19. Tabel 5.16 Kehilangan Prategang Akibat Gesekan Suatu Tendon Dengan Selubung Beton
20. Tabel 5.16 Kehilangan Prategang Akibat Gesekan Suatu Tendon Dengan Selubung Beton (Lanjutan)
21. Tabel 5.17 A Total Kehilangan Tegangan Jangka Pendek
22. Tabel 5.17 A Total Kehilangan Tegangan Jangka Pendek (Lanjutan)
23. Tabel 5.17 B Total Kehilangan Jangka Panjang
24. Tabel 5.17 B Total Kehilangan Jangka Panjang (Lanjutan)
25. Tabel 5.18 Properti Penampang Komposit Beton Prategang Di Lokasi 104
26. Tabel 5.19 Kontrol Penampang Komposit Beton Prategang Terhadap Tegangan izin (AASHTO) Di Lokasi 104

27. Tabel 5.19 Kontrol Penampang Komposit Beton Prategang Terhadap Tegangan izin (AASHTO) Di Lokasi 104 (Lanjutan)
28. Tabel 5.20 Properti Penampang Komposit Beton Prategang Di Lokasi 110
29. Tabel 5.21 Kontrol Penampang Komposit Beton Prategang Terhadap Tegangan izin (AASHTO) di Lokasi 110
30. Tabel 5.21 Kontrol Penampang Komposit Beton Prategang Terhadap Tegangan izin (AASHTO) di Lokasi 110 (Lanjutan)
31. Tabel 5.22 Properti Penampang Komposit Beton Prategang Di Lokasi 206
32. Tabel 5.23 Kontrol Penampang Komposit Beton Prategang Terhadap Tegangan Izin (AASHTO) Di Lokasi 210
33. Tabel 5.23 Kontrol Penampang Komposit Beton Prategang Terhadap Tegangan Izin (AASHTO) Di Lokasi 210 (Lanjutan)
34. Tabel 5.25 Tegangan Rata-rata di Block Ujung Pada Lokasi 100 Setiap Interval 200 mm
35. Tabel 5.26 Gaya-gaya di Block Ujung Pada Lokasi 100 Setiap Interval 200 mm
36. Tabel 5.27 Hitungan Momen-Momen Pada Penampang
37. Tabel 5.28 Tegangan Rata-rata di Block Ujung Pada Lokasi 210 Setiap Interval 200 mm
38. Tabel 5.29 Gaya Prategang di Block Ujung Pada Lokasi 210 Setiap Interval 200 mm
39. Tabel 5.30 Hitungan Momen-momen pada Penampang



## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1

1. Tabel 3.1 Resistance Factors for Conventional Construction.
2. Tabel 3.2 Properties of Prestressing Strand and Bar
3. Tabel 3.3 Values of  $\theta$  and  $\beta$  for Sections with web Reinforcement.
4. Tabel 3.4 Stress Limits For Concrete at Prestress Transfer Stage.
5. Tabel 3.5 Stress Limits For Concrete at Service Load Stage
6. Tabel 3.6 Stress Limits For Prestressing Tendons
7. Tabel 3.7 Load Combination and Load Factors.
8. Tabel 3.8 Unit Densities
9. Tabel 3.9 Load Factors for Permanents Loads,  $\gamma_p^a$ .

### LAMPIRAN 2

1. Tabel 5.6 Common Girder Bridge Cross Sections.
2. Tabel 5.6 (Continued).
3. Tabel 5.7 Vehicles per Girder for Concrete Deck on Steel or Concrete T-Beams; Concrete T-Beams; T- and double T-Sections Transversely Post-Tensioned Together.
4. Tabel 5.24 Perhitungan Tulangan Geser pada Lokasi 110 dan 206.

### LAMPIRAN 3

1. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 101 (GP M-101)
2. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 102 (GP M-102)
3. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 103 (GP M-103)

4. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 104 (GP M-104)
5. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 105 (GP M-105)
6. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 106 (GP M-106)
7. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 107 (GP M-107)
8. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 108 (GP M-108)
9. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 109 (GP M-109)
10. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 110 (GP M-110)
11. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 201 (GP M-201)
12. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 202 (GP M-202)
13. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 203 (GP M-203)
14. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 204 (GP M-204)
15. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 205 (GP M-205)
16. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 206 (GP M-206)
17. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 207 (GP M-207)
18. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 208 (GP M-208)
19. Grafik Garis Pengaruh Momen di Lokasi 209 (GP M-209)
20. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$   
pada Garis Pengaruh di Lokasi 100 dan 210
21. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$   
pada Garis Pengaruh di Lokasi 101
22. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$   
pada Garis Pengaruh di Lokasi 102

23. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 103
24. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 104
25. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 105
26. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 106
27. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 107
28. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 108
29. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 109
30. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 110
31. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 201
32. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 202
33. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 203

34. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 204
35. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 205
36. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 206
37. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 207
38. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 208
39. Momen Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$  pada Garis Pengaruh di Lokasi 209
40. Ordinat Garis Pengaruh Momen Akibat Beban Terkonsentrasi GP M-100
41. Ordinat Garis Pengaruh Momen GP M-101
42. Ordinat Garis Pengaruh Momen GP M-102
43. Ordinat Garis Pengaruh Momen GP M-103
44. Ordinat Garis Pengaruh Momen GP M-104
45. Ordinat Garis Pengaruh Momen GP M-105
46. Ordinat Garis Pengaruh Momen GP M-106
47. Ordinat Garis Pengaruh Momen GP M-107
48. Ordinat Garis Pengaruh Momen GP M-108
49. Ordinat Garis Pengaruh Momen GP M-109

50. Ordinat Garis Pengaruh Momen GP M-110
51. Garis Pengaruh Gaya Geser Pada Tumpuan Di Lokasi 100
52. Garis Pengaruh Gaya Geser Pada Tumpuan Di Lokasi 101
53. Garis Pengaruh Gaya Geser Pada Tumpuan Di Lokasi 102
54. Garis Pengaruh Gaya Geser Pada Tumpuan Di Lokasi 103
55. Garis Pengaruh Gaya Geser Pada Tumpuan Di Lokasi 104
56. Garis Pengaruh Gaya Geser Pada Tumpuan Di Lokasi 105
57. Garis Pengaruh Gaya Geser Pada Tumpuan Di Lokasi 106
58. Garis Pengaruh Gaya Geser Pada Tumpuan Di Lokasi 107
59. Garis Pengaruh Gaya Geser Pada Tumpuan Di Lokasi 108
60. Garis Pengaruh Gaya Geser Pada Tumpuan Di Lokasi 109
61. Garis Pengaruh Gaya Geser Pada Tumpuan Di Lokasi 110
62. Gaya Geser Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q=9,3$   
kN/m' Pada Garis Pengaruh di Lokasi 100
63. Gaya Geser Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q=9,3$   
kN/m' Pada Garis Pengaruh di Lokasi 101
64. Gaya Geser Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q=9,3$   
kN/m' Pada Garis Pengaruh di Lokasi 102
65. Gaya Geser Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q=9,3$   
kN/m' Pada Garis Pengaruh di Lokasi 103
66. Gaya Geser Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q=9,3$   
kN/m' Pada Garis Pengaruh di Lokasi 104

67. Gaya Geser Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q=9,3$  kN/m' Pada Garis Pengaruh di Lokasi 105
68. Gaya Geser Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q=9,3$  kN/m' Pada Garis Pengaruh di Lokasi 106
69. Gaya Geser Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q=9,3$  kN/m' Pada Garis Pengaruh di Lokasi 107
70. Gaya Geser Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q=9,3$  kN/m' Pada Garis Pengaruh di Lokasi 108
71. Gaya Geser Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q=9,3$  kN/m' Pada Garis Pengaruh di Lokasi 109
72. Gaya Geser Gelagar Jembatan Akibat Beban Jalur Rencana  $q=9,3$  kN/m' Pada Garis Pengaruh di Lokasi 110
73. Ordinat Garis Pengaruh Geser GP V-100
74. Ordinat Garis Pengaruh Geser GP V-101
75. Ordinat Garis Pengaruh Geser GP V-102
76. Ordinat Garis Pengaruh Geser GP V-103
77. Ordinat Garis Pengaruh Geser GP V-104
78. Ordinat Garis Pengaruh Geser GP V-105
79. Ordinat Garis Pengaruh Geser GP V-106
80. Ordinat Garis Pengaruh Geser GP V-107
81. Ordinat Garis Pengaruh Geser GP V-108
82. Ordinat Garis Pengaruh Geser GP V-109
83. Ordinat Garis Pengaruh Geser GP V-110

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Struktur jembatan adalah suatu bangunan fasilitas jalan yang berfungsi mendukung lalu-lintas jalan raya atau beban-beban bergerak yang terletak diatas suatu rintangan atau tempat yang rendah seperti sungai, kali, terusan, jalan raya atau rel kereta api. Jalan tersebut dapat berupa lintasan kereta api, jalan raya, jalan kecil, atau kombinasi semuanya.

Di Indonesia, struktur gelagar jembatan dengan menggunakan beton prategang (*prestressed concrete*) dan rangka baja (*truss bridge*) saat ini banyak ditemukan di Pulau Jawa dan Sumatera, meskipun ada beberapa tempat yang menggunakan struktur jembatan gantung (*suspension bridge*). Pemilihan jenis-jenis struktur jembatan tersebut mempertimbangkan beberapa aspek dalam perencanaannya, seperti keamanan, kenyamanan dan ekonomi.

Struktur beton prategang didefinisikan sebagai sesuatu sistem struktur beton khusus dengan cara memberikan tegangan awal tertentu pada komponen sebelum digunakan untuk mendukung beban luar sesuai dengan yang diinginkan. Memberikan gaya prategang berarti membuat tegangan permanen di dalam struktur dengan tujuan memperbaiki perilaku dan kekuatan pada macam-macam pembebanan.

Khusus struktur gelagar jembatan beton prategang (*prestressed concrete*) di Indonesia umumnya dirancang dengan menggunakan Peraturan Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (PPPJJR) dengan metode ASD (*Allowable stress design*), metode ini menggunakan pendekatan bahwa struktur diasumsikan elastis linier dan tegangan akibat beban kerja dibatasi dengan tegangan ijin. Keamanan dipenuhi dengan memilih tegangan kerja sebagai bagian terkecil dari tegangan ijin kekuatan komponen material. Tegangan ijin ditetapkan dalam bermacam-macam peraturan dan kemungkinan berbeda satu sama lain.

Berbeda dengan perencanaan PPPJJR, metode AASTHO LRFD menggunakan beban terfaktor yaitu beban kerja dikalikan dengan faktor beban dan struktur direncanakan untuk menahan beban terfaktor tersebut pada kapasitas batasnya. Beban terfaktor yang berhubungan dengan jenis beban ditujukan untuk mengurangi pengaruh derajat kemajemukan dan dari ketidaktentuan dari beban-beban tersebut. Pada kondisi batas, kuat batas lentur dihitung berdasarkan konsep kompatibilitas regangan dengan memperhitungkan regangan-regangan yang terjadi pada saat transfer prategang. Pendekatan dengan metode AASTHO LRFD dipandang lebih realistis dari pada pendekatan dengan metode perencanaan tegangan kerja (ASD) dimana semua beban diperlakukan sama.

## **1.2 Tujuan Penulisan**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah merencanakan struktur gelagar jembatan dengan metode AASTHO LRFD ditinjau dari aspek kekuatan struktur dalam menahan beban.



### 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan agar penulisan dapat terarah dan terfokus pada tujuan yang akan dicapai. Hal-hal yang penting yang perlu dibatasi antara lain:

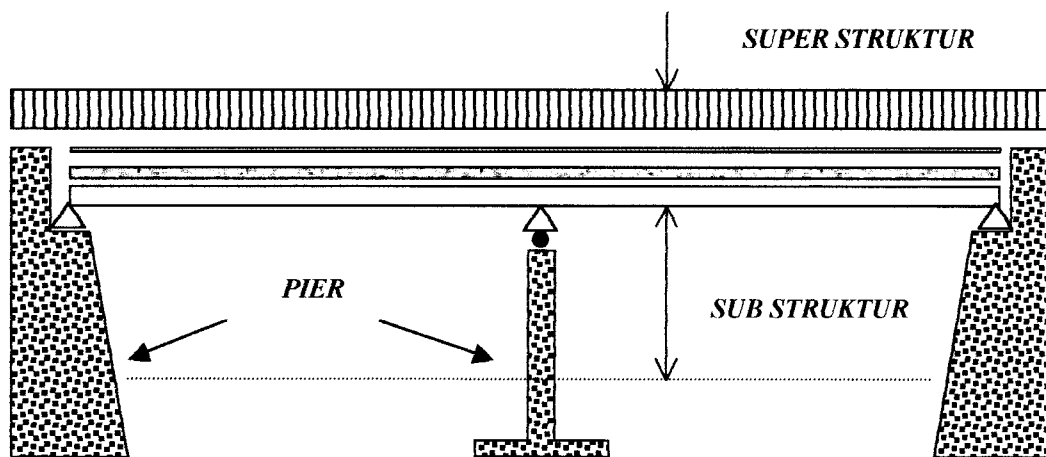
1. Struktur jembatan digunakan untuk jalan raya berupa gelagar beton prategang balok menerus (*continuous beam*) dua bentang dengan panjang yang sama.
2. Jenis gelagar adalah pasca tarik yang direkatkan (*bonded tendonds*) dan direncanakan dengan metode AASHTO LRFD 1994.
3. Gelagar berupa gelagar interior dengan penampang I dan tebal slab diasumsikan.
4. Sebelum penarikan gelagar dan slab dicor secara monolit dan diberi penyangga untuk menahan lendutan.
5. *Lay out* kabel direncanakan lurus dan kabel ditarik dari satu arah saja.
6. Lendutan dan *fatigue limite state* diabaikan.
7. Tulangan pasif pada gelagar diabaikan perhitungannya.
8. Jembatan yang direncanakan adalah tipe I kelas A dari standar bangunan atas jembatan gelagar beton prategang DPU.
9. Kabel prategang yang digunakan jenis *Strand Uncoated 7 wire super strand ASTM A-416, Grade 270 Low Relaxation*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Umum

Jembatan adalah suatu fasilitas bangunan jalan yang berfungsi mendukung lalu-lintas jalan raya atau beban-beban bergerak yang terletak di atas suatu rintangan atau tempat yang rendah seperti, danau, sungai, terusan, jalan raya atau rel kereta api. Jalan tersebut dapat berupa lintasan kereta api, jalan raya, jalan kecil, atau kombinasi semuanya (S.P. Bindra, 1970).



**Gambar 2.1** Komponen jembatan

Secara umum komponen jembatan dibagi dalam 2 bagian besar (Gambar 2.1), yaitu *superstructure* dan *substructure*. Bagian atas jembatan seperti sandaran, batu pengaman dan pendukung lantai dengan sistem struktur seperti balok, *girder* / gelagar, lengkungan dan kabel di atas tingkatan pendukung yang terdapat pada

*superstructure*. Sedangkan *substructure* adalah suatu sistem yang mendukung *superstructure*. *Substructure* terdiri dari bagian-bagian struktur pendukung jalan yang terdiri dari abutments, pilar / kolom dan pilar abutment, dinding sayap (*wing wall*), dan pondasi pilar dan pondasi *abutment* (S.P. Bindra, 1970).

## **2.2 Desain Pendahuluan Penampang Beton Prategang**

Pada desain pendahuluan penampang beton prategang untuk menahan lenturan dapat dibentuk dengan prosedur yang sangat sederhana, berdasarkan pengetahuan mengenai kopel gaya dalam C-T yaitu gaya desak (C) dan gaya tarik (T) yang bekerja pada penampang yang ditentukan oleh dua nilai penentu dari momen lentur yaitu momen total  $M_T$  yang menentukan tegangan akibat beban kerja, dan momen beban gelagar  $M_G$  yang menentukan lokasi c.g.s dan tegangan yang dialihkan. Desain sebuah penampang didasarkan pada pengetahuan mengenai analisisnya.

Pada desain penampang beton prategang untuk desain dengan teori kekuatan batas lebih sedikit daripada untuk desain dengan teori elastik, karena kekuatan lentur batas pada penampang dapat dinyatakan dengan persamaan-persamaan semi-empiris yang sederhana. Untuk desain pendahuluan dapat dianggap bahwa momen batas yang dipikul penampang prategang yang terekat adalah kekuatan batas baja dikalikan dengan lengan momen. Lengan momen tersebut bervariasi sesuai bentuk penampangnya, umumnya  $0,6h$  sampai  $0,9h$ , dengan rata-rata umumnya  $0,8h$ .

Pada saat desain dipertimbangkan, kekuatan adalah faktor yang penting, maka desain dapat didasarkan pada kekuatan batas. Jika tegangan tarik, retak

rangkak, atau lendutan adalah batasan yang menentukan, cara teori elastik yang digunakan. Jika kedua-duanya, yaitu kekuatan dan tegangan, merupakan kriteria yang menentukan suatu struktur, maka lebih baik memakai kedua cara tersebut untuk menjamin keamanan dan perilaku yang dapat diterima, meskipun dengan mengorbankan segi ekonomi. (T. Y. Lin & Ned H Burns, 2000).

### **2.3 Perencanaan Gelagar Beton Prategang**

Struktur beton prategang atau pratekan didefinisikan sebagai suatu sistem struktur beton khusus dengan cara memberikan tegangan awal tertentu pada komponen sebelum digunakan untuk mendukung beban luar sesuai dengan yang diinginkan. Tujuan memberikan tegangan awal atau prategang adalah untuk menimbulkan tegangan awal tekanan beton pada lokasi dimana nantinya akan timbul tegangan tarik pada waktu komponen mendukung beban sedemikian rupa sehingga diharapkan suatu beban seluruhnya bekerja tegangan tarik total berkurang atau bahkan lenyap sama sekali (Istimawan Dipohusodo, 1994).

Untuk memberikan tegangan awal pada struktur beton prategang dilakukan penarikan pada tendon prategang. Penarikan tendon prategang dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. *Pretensioning* (pra-tarik), yaitu penarikan tendon sebelum dilakukan pengecoran beton.
2. *Post-tensioning* (pasca tarik), yaitu penarikan tendon setelah beton mengeras.

## **2.4 Pendekatan Perencanaan**

Untuk memperoleh hasil perencanaan yang menjamin keamanan, beberapa pendekatan perencanaan dapat diterapkan. Pendekatan ini umumnya berdasarkan teori yang didukung oleh bukti-bukti / hasil penelitian. Beberapa pendekatan ini antara lain : perencanaan tegangan kerja (*working stress design*), perencanaan kekuatan batas (*ultimite strenght design*), perencanaan plastis (*limit and plastic design*), perencanaan non-linear (*non-linear design*), dan perencanaan probabilistik (*probabilistic design*). Meskipun perencanaan dengan satu cara sudah cukup, perancangan prategang pada saat ini biasanya merupakan kombinasi perencanaan tegangan kerja dan kekuatan batas (Naaman , 1982).

### **2.4.1 Perencanaan tegangan kerja (*Working stress design*)**

Pendekatan ini adalah tegangan pada beban kerja dibatasi dengan tegangan ijin dan struktur diasumsikan elastis linier. Tegangan ijin ditetapkan dalam bermacam-macam peraturan dan berbeda satu sama lain. Keamanan dipenuhi dengan memilih tegangan kerja sebagai bagian kecil dari karakteristik kekuatan komponen material.

### **2.4.2 Perencanaan kuat batas (*Ultimite strength design*)**

Pada pendekatan ini beban kerja rencana dikalikan dengan faktor beban dan struktur direncanakan untuk menahan beban terfaktor tersebut pada kapasitas batasnya. Beban terfaktor yang berhubungan dengan jenis beban ditunjukkan untuk mengurangi pengaruh derajat kemajemukan dan ketidaktentuan dari beban - beban tersebut. Pendekatan ini lebih realistis dari pada perencanaan tegangan kerja dimana semua beban diperlakukan sama.

## **2.5 Kehilangan beton prategang**

Pernyataan komisi PCI (1975) yang di publikasikan bersama dengan rekomendasinya memperkirakan kehilangan gaya prategang meringkaskan kondisi mutakhir menyatakan bahwa penentuan kehilangan tegangan yang tepat pada komponen-komponen struktur beton prategang adalah persoalan yang rumit karena laju kehilangan prategang akibat satu faktor, seperti relaksasi di tendon-tendon, secara terus-menerus digantikan oleh perubahan tegangan oleh faktor-faktor lain, seperti rangkai pada beton. Laju pada rangkai pada gilirannya digantikan oleh perubahan pada tegangan tendon. Sangat sulit untuk memisahkan jumlah netto kehilangan tegangan akibat setiap faktor pada kondisi-kondisi yang berbeda dari tegangan, keadaan lingkungan, pembebanan, dan faktor-faktor lainnya yang tidak pasti.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Pembebanan**

##### **3.1.1 Beban gravity**

Beban gravity adalah beban yang disebabkan oleh berat objek pada jembatan. Beban-beban seperti beban tetap dan beban berjalan, dan keduanya bekerja ke arah bawah terhadap pusat bumi (AASHTO LRFD, Bridge Specification 1994).

##### **3.1.2 Beban tetap (*permanent load*)**

Beban-beban yang termasuk beban tetap menurut beban AASTHO yaitu:

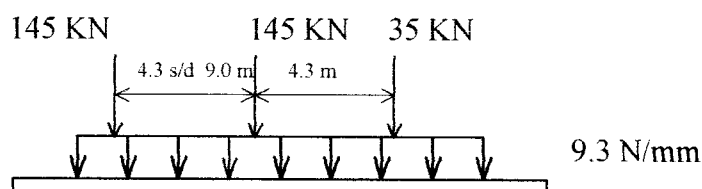
1. Beban mati dari komponen struktur dan perlengkapan nonstruktur (DC)
2. Beban mati dari permukaan aus dan kegunaannya. (DW)
3. Beban mati dari timbunan tanah (EV)
4. Beban tekanan tanah (EH)
5. Beban tambahan tanah (ES)
6. Pengereman (DD)

### 3.1.3 Beban tidak permanen (*Transient loads*)

#### 1. Beban rencana kendaraan

##### a. *Truck rencana*

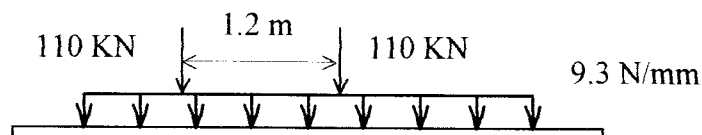
Merupakan konfigurasi pertama dari 3 jenis beban hidup, seperti diilustrasikan pada Gambar 3.1, beban truck rencana adalah model beban yang menyerupai jenis truck semi trailer. Sumbu bagian depan mempunyai berat 35 KN, yang terletak 4300 mm dibelakang sumbu kemudi beratnya 145 KN, dan sumbu trailer bagian belakang juga beratnya 145 KN dan diletakkan dengan susunan jarak yang berubah-ubah antara 4300 mm sampai dengan 9000 mm.



**Gambar 3.1** Beban rencana AASTHO untuk truck

##### b. *tandem rencana*

Konfigurasi ke-2 adalah beban tandem rencana dan diilustrasikan pada Gambar 3.2, terdiri dari 2 sumbu dengan berat 110 KN masing-masing jaraknya 1200 mm.

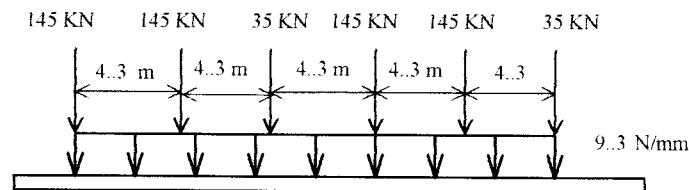


**Gambar 3.2** Beban rencana AASTHO untuk tandem



### c. *Beban jalur rencana*

Merupakan konfigurasi beban yang ketiga terdiri dari beban distribusi merata sebesar 9.3 N/mm dan diasumsikan menempati bagian 3000 mm secara melintang (Gambar 3.3).



**Gambar 3.3** Beban rencana AASTHO untuk beban jalur

## 3.2 Pembebanan Menurut PPPJJR 1997

### 3.2.1 Beban mati

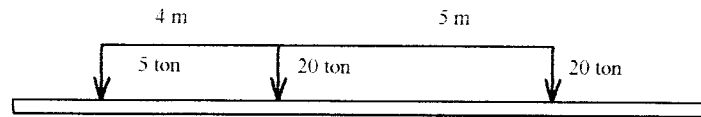
Beban mati adalah beban yang merupakan berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.

### 3.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan - kendaraan bergerak lalu lintas dan / atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan.

#### a. **Beban hidup terpusat (T)**

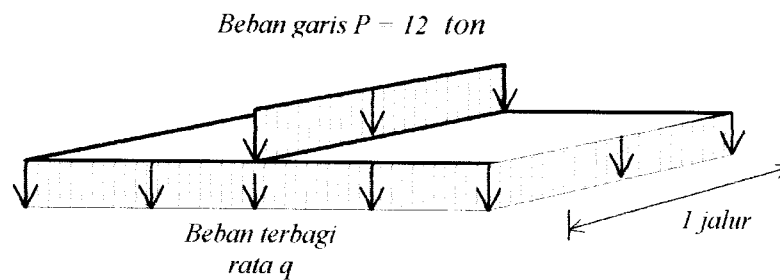
Beban hidup T merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan, beban T ini merupakan beban kendaraan truk yang mempunyai beban roda ganda (*dual wheel load*) sebesar 10 ton dengan ukuran-ukuran serta kedudukan seperti Gambar 3.4 berikut :



**Gambar 3.4** Beban hidup terpusat T untuk lantai kendaraan

### b. Beban Jalur (D)

Beban hidup D merupakan beban jalur untuk gelagar, beban D ini adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar  $q$  (ton per meter panjang per jalur), dan beban garis  $P$  (ton per jalur lalu lintas tersebut) seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini.



**Gambar 3.5** Beban jalur D untuk gelagar

Untuk menentukan beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) perlu diperhatikan ketentuan bahwa :

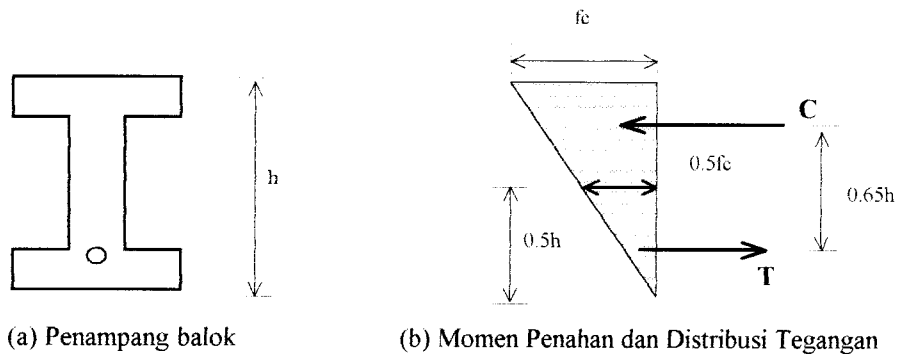
$$\text{Beban terbagi rata} = \frac{q}{2.75} \frac{\text{ton/meter}}{\text{meter}} \quad (3.1)$$

$$\text{Beban garis} = \frac{P}{2.75} \frac{\text{ton}}{\text{meter}} \times \text{koefisien kejut} \quad (3.2)$$

### 3.3 Perencanaan Penampang Gelagar Dengan Pendekatan Luas

Desain pendahuluan penampang beton prategang untuk menahan lenturan dapat dibentuk dengan prosedur yang sangat sederhana, berdasarkan pengetahuan mengenai kopel gaya dalam C-T yang bekerja pada penampang. Gaya prategang

efektif  $F$  yang diperlukan adalah dengan mengasumsikan lengan momen adalah  $0.65h$ .



**Gambar 3.6** Desain pendahuluan rencana balok

$$F = T = \frac{M_T}{0,65h} \quad (3.1)$$

Dengan  $M_T$  = momen total,  $h$  = tinggi penampang gelagar, jika diasumsikan lengan momen adalah  $0,65h$ , dan gaya prategang satuan efektif untuk baja adalah  $f_{se}$ , maka luas baja yang diperlukan adalah:

$$A_{ps} = \frac{F}{f_{se}} = \frac{M_T}{0,65hf_{se}} \quad (3.2)$$

Pada desain pendahuluan tegangan rata-rata dapat diambil kira-kira 50% dari tegangan ijin maksimum  $f_c$ , untuk beban kerja. Jadi

$$A_c = \frac{A_{ps} \cdot f_{se}}{0,5f_c} \quad (3.3)$$

Prosedur diatas dibuat berdasarkan desain untuk beban kerja dengan sedikit atau tanpa tegangan tarik pada beton. Untuk tinggi balok  $h$  diatas dengan proporsi yang umum dapat diperkirakan dengan rumus berikut:

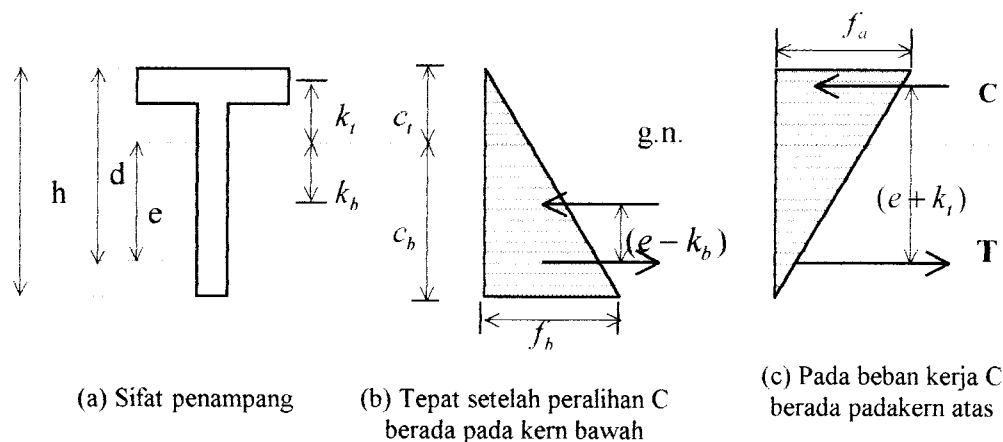
$$h = k\sqrt{M} \quad (3.4)$$

dengan:  $h$  = tinggi balok (cm),  $M$  = momen lentur maksimum ( $Tm$ ),  $k$  = koefisien yang bervariasi antara 10 sampai 13. Desain pendahuluan yang lebih tepat dapat dilakukan bilamana momen gelagar  $M_G$  diketahui selain dari momen total  $M_T$ , bila ternyata  $M_G$  jauh lebih besar dari 20 – 30%  $M_T$ , maka kondisi awal akibat  $M_G$  umumnya tidak akan menentukan desain, dan desain pendahuluan dibuat hanya dengan memperhatikan  $M_T$ . Bila  $M_G$  relatif kecil terhadap  $M_T$  maka c.g.s. tidak dapat ditempatkan terlalu jauh dari kern (inti), dan desain ditentukan oleh  $M_L = M_T - M_G$ . Dalam hal ini, lengan momen penahan untuk  $M_L$  diperkirakan sebesar  $k_t + k_b$  yang rata-rata sekitar  $0.5h$ . Dengan demikian total gaya prategang efektif  $F$  yang diperlukan adalah:

$$F = T = \frac{ML}{0,50h} \quad (3.5)$$

### 3.3.1 Perencanaan Awal Penampang

Menurut T.Y Lin (2000) bahwa pada perencanaan ini akan dibahas desain awal untuk penampang akibat lenturan berdasarkan teori elastik tanpa terjadi tegangan tarik pada penampang beton baik pada saat peralihan maupun pada beban kerja, berhubung tidak diperkenankan tegangan tarik pada beton c.g.s akan ditempatkan dibawah kern, dengan ketentuan sebagai berikut :



**Gambar 3.7** Distribusi tegangan, tanpa tegangan tarik pada beton

$$\text{Jika } \frac{M_G}{M_T} \leq 20\%$$

Untuk penampang yang di dapat dari desain pendahuluan, nilai-nilai  $M_G, k_t, k_b, A_c$  dihitung. Maka untuk mencari eksentrisitas  $e$  letak tendon terhadap garis netral dapat dihitung sebagai berikut:

$$e - k_b = \frac{M_g}{F_0} \quad (3.6)$$

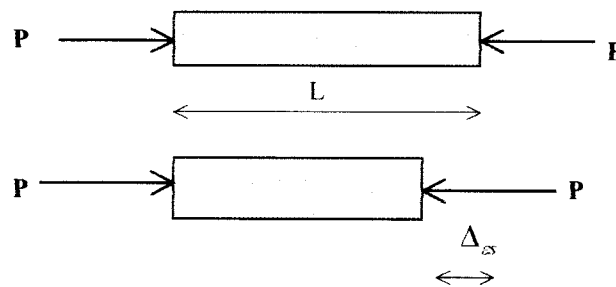
Dengan,  $M_G$  adalah momen akibat beban gelagar,  $F_0$  gaya prategang yang bekerja pada waktu peralihan, dan  $k_b = \frac{i_x}{c_t}$ . Maka luas penampang gelagar dapat dihitung kembali dengan persamaan sbb:

$$A_c = \frac{F_0 h}{f_b c_t} \quad (3.7)$$

2. Kehilangan prategang akibat gesekan.
3. Kehilangan gaya prategang akibat “*slip of anchorage*”

### 1. Akibat perpendekan elastis (*elastic shortening*)

Transfer gaya prategang ke beton mengakibatkan perpendekan elastis pada beton (*elastic shortening*) dan mereduksi gaya prategang. Mengacu pada hukum Hook perpendekan elastis beton adalah:



**Gambar 3.8** Perpendekan elastis pada beton

$$\Delta_{ES} = \frac{P_i L}{A_c E_c} \quad (3.10)$$

Dengan,  $P_i$  = gaya tekan,  $L$  = panjang batang,  $A_c$  = luas penampang beton dan  $E_c$  = modulus elastis. Untuk kehilangan gaya prategang pada sistem pasca tarik bervariasi mulai dari nol jika tendon diangkurkan secara simultan sehingga setengah nilai yang hitung .

$$\Delta f_{pES} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\Delta f_{pFS})_j \quad (3.11)$$

Dengan,  $n$  = jumlah tendon dan  $j$  = jumlah pengangkurkan.

## 2. Kehilangan gaya prategang akibat gesekan

Menurut ACI kehilangan gaya prategang terjadi pada perencanaan beton prategang pascatarik yang disebabkan oleh gesekan antara tendon dan *duck tendon*. Besaran kehilangan gaya prategang ini merupakan fungsi dari formasi tendon atau alinyement disebut *curvature effect*, dan simpangan lokal pada alinyement disebut *wobble effect*,

$$P_s = P_x \times e^{-(\mu\alpha + kL)} \quad (3.12)$$

Dimana :

$P_s$  = harga pratekan pada ujung kabel (dongkrak)

$P_x$  = gaya pratekan pada posisi x dari ujung kabel

$L$  = panjang kabel yang diukur dari ujung kabel ke lokasi x

$k$  = wobble effect (diambil = 0,0026 /m')

$\mu$  = koefisien gesek kabel dan material (diambil = 0,15)

$\alpha$  = sudut kabel (radian)

## 3. Kehilangan gaya prategang akibat *slip of anchorage*

Menurut T.Y Lin dan Burns (2000), bahwa kehilangan gaya prategang akibat slip ankur terjadi pada perencanaan beton prategang pascatarik dikarenakan oleh pemasangan pasak ankur ketika gaya dongkrak di salurkan ke ankur :

$$ACH = \Delta f_s = \frac{\Delta_a E_s}{L} \quad (3.13)$$

$\Delta_a$  = deformasi pengankuran / slip

$E_s = E_p$  = modulus elastis kabel = 197000 MPa

$L$  = panjang kabel

### 3.4.2 Kehilangan gaya prategang yang bergantung pada waktu

Kehilangan gaya prategang yang bergantung pada waktu terdiri dari :

1. Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi
2. Kehilangan gaya prategang akibat rangkak
3. Kehilangan gaya prategang akibat susut beton

#### 1. Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi

Menurut PCI Committee (1975), bahwa relaksasi pada tendon terjadi akibat tendon mengalami tegangan tarik dalam waktu cukup lama. Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi merupakan fungsi waktu  $t$  dan rasio tegangan awal terhadap tegangan leleh tendon ( $f_p / f_{pi}$ )

$$\Delta f_{pR} = f'_{pi} \left( \frac{\log t_2 - \log t_1}{10} \right) \left( \frac{f'_{pi}}{f_{py}} - 0.55 \right) \quad (3.14)$$

Dengan:

$f'_{pi}$  = tegangan awal tendon,  $f_{py}$  = kuat leleh tendon prategang,  $t_1$  = waktu awal interval,  $t_2$  = waktu akhir interval dari penarikan (*jacking*) ke waktu ketika kehilangan gaya prategang dipertimbangkan.

#### 2. Kehilangan gaya prategang akibat rangkak

Kehilangan gaya prategang akibat rangkak didapati dengan persamaan :

$$\Delta f_{pCR} = K_{CR} \frac{E_s}{E_c} (\bar{f}_{cir} - \bar{f}_{csd}) \quad (3.15)$$



Dengan:

$K_{cr} = 2.0$  untuk sistem struktur pratarik,  $K_{cr} = 1.6$  untuk komponen struktur pascatarik, keduanya untuk beton normal,  $\bar{f}_{cs}$  = tegangan beton pada garis berat tendon (c.g.c.) segera setelah peralihan (transfer),  $\bar{f}_{csd}$  = tegangan beton pada garis berat tendon (c.g.c.) akibat seluruh beban mati yang bekerja pada komponen struktur setelah diberi gaya prategang.

### 3. Kehilangan gaya prategang akibat susut beton

Menurut T. Y. Lin (2000), bahwa pada beton prategang pascatarik, jika rasio  $V/S$  dipertimbangkan dan kelembaban relatif diambil sebagai nilai dalam persen. Penjelasan umum PCI untuk kehilangan gaya prategang disebabkan susut adalah :

$$\Delta f_{pSH} = 8.2 \times 10^{-6} K_{SH} E_{PS} \left( 1 - 0.06 \frac{V}{S} \right) (100 - RH) \quad (3.16)$$

### 3.5 Keadaan Batas

Pada keadaan batas (*limite state*) jembatan beton bertulang harus direncanakan supaya *performance underload*-nya tidak melebihi keadaan limit yang telah ditentukan oleh AASHTO. Keadaan batas ini dapat digunakan pada seluruh tahapan umur jembatan dan termasuk *service, fatigue, strength*, dan *extrem event limite state*. Kondisi yang harus sesuai untuk masing-masing keadaan batas ini adalah yang faktor ketahanannya lebih besar dari pengaruh faktor kombinasi beban, atau secara sederhana, persediaan (*supply*) harus melebihi permintaan (*demand*).

Ketidaksamaan umum yang harus dipenuhi untuk masing-masing keadaan batas dapat di jelaskan sebagai berikut :

$$\phi Rn \geq \eta \sum \gamma_i Q_i \quad (3.17)$$

Dengan,  $\phi$  = faktor tahanan berdasar statistik,  $Rn$  = ketahanan nominal,  $\eta$  = pengali beban yang berhubungan dengan *ductality*, *redundancy* dan *operational impotence*,  $\gamma_i$  = faktor beban berdasar statistik,  $Q_i$  = efek gaya.

### 3.5.1 Kondisi Layan

Kondisi layan atau saat layan (*service limite state*) berhubungan dengan bagaimana kemampuan suatu jembatan dalam menahan beban ketika gaya mulai bekerja pada saat layan. Kekuatan yang dipertimbangkan adalah retak , deformasi, tegangan beton dan tegangan pada tendon prategang menurut kondisi layan biasa. Karena ketentuan selama keadaan batas layan tidak didasarkan secara statistik tetapi agak didasarkan atas percobaan dan keputusan teknik, faktor tahanan  $\phi$  dan faktor beban  $\gamma_i$  biasanya diambil sebagai satu kesatuan.

#### 1. Batas tegangan pada beton.

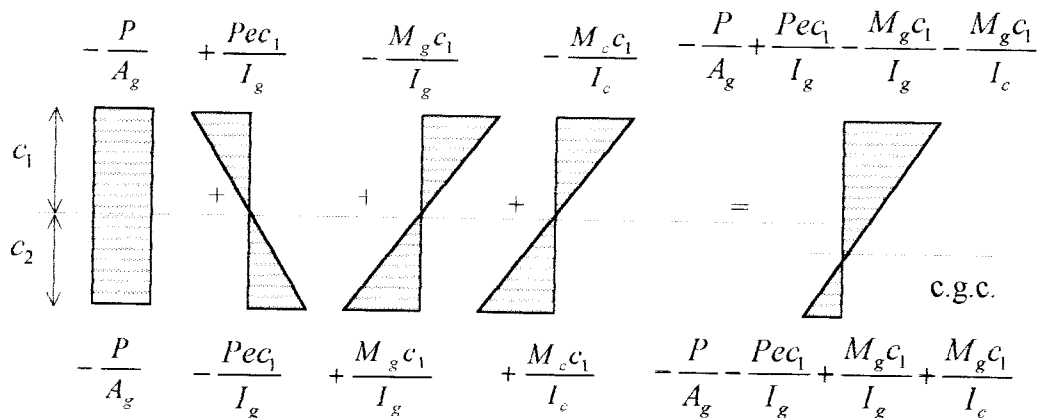
Keadaan batas layan masih digunakan dalam perencanaan bagian struktur beton bertulang yang mempunyai tendon prategang, yang bagian penampang pradesak agar tegangan beton  $f_c$  dapat ditentukan dari ketidakretakan elastisitas penampang properti dan persamaan yang umum:

$$f_c = -\frac{P}{A_g} \pm \frac{Pey}{I_g} \pm \frac{My}{I_g} \quad (3.18)$$

Dengan:  $P$  adalah gaya prategang,  $A_g$  adalah luas penampang melintang,  $e$  adalah eksentrisitas,  $M$  adalah momen yang disebabkan beban yang bekerja,  $y$  adalah jarak dari garis netral ke serat terluar,  $I_g$  adalah momen inertiya penampang. Jika gelagar tersebut adalah suatu konstruksi komposit, perlu pemisahan momen  $M$  ke momen akibat beban pada girder  $M_g$  dan momen akibat beban pada penampang komposit  $M_c$ , sebab nilai  $y$  dan  $I$  berbeda, yaitu:

$$f_c = -\frac{P}{A_g} \pm \frac{Pey}{I_g} \pm \frac{M_g y}{I_g} \pm \frac{M_c y_c}{I_c} \quad (3.19)$$

Dengan tanda (+) dan (-) untuk tegangan pada serat atas dan bawah harus konsisten dengan kesepakatan tanda yang dipilih. Dimana tarik bertanda (+) dan desak bertanda (-). Distribusi tegangan beton elastik linier ini diperlihatkan pada Gambar 3.9.



**Gambar 3.9** Distribusi tegangan beton pada saat layan

### 3.5.2 Keadaan Batas Kekuatan

Dalam keadaan batas kekuatan (*strength limite state*) perhitungan ketahanan (*resistance*) akibat pengaruh beban khusus seperti beban axial, lentur, geser atau

torsi, ketidaktentuaan diwakili oleh kuat kurang (*understrength*) atau faktor tahanan  $\phi$  (resistance factor  $\phi$ ). Faktor  $\phi$  dikalikan dengan perhitungan tahanan nominal  $R_n$  dan terpenuhinya suatu perencanaan ditentukan oleh memenuhi atau tidaknya ketidaksamaan yang dinyatakan dalam persamaan 3.19.

Pada balok dengan atau tanpa tegangan tarik yang merupakan gabungan dari nonprestressing reinforcement, faktor  $\phi$  tergantung pada rasio prategang parsial (*partial prestressing ratio / PPR*).

$$\phi = 0.90 + 0.10PPR \quad (3.20)$$

Dengan

$$PPR = \frac{A_{ps}f_{py}}{A_{ps}f_{py} + A_s f_y} \quad (3.21)$$

Dengan,

$A_{ps}$  adalah luas baja prategang,  $f_{py}$  adalah kuat leleh baja prategang,  $A_s$  adalah luas baja tulangan tarik nonprategang, dan  $f_y$  kuat leleh tulangan baja. Besarnya faktor kekuatan pada tiap- tiap komponen struktur dapat dilihat pada *lampiran 1, tabel 3.1*.

### 3.6 Tegangan Beton Bertulang

AASTHO (1994) *Bridge Specification* menyajikan penggabungan perlengkapan perencanaan yang digunakan untuk sebagian beton bertulang dengan kombinasi batang baja dengan kabel prategang. Masing-masing bagian sering disebut prategang parsial. Penjelasan yang dikembangkan juga dapat digunakan untuk beton bertulang dan beton prategang konvensional ketika satu tulangan baja atau yang lain tidak

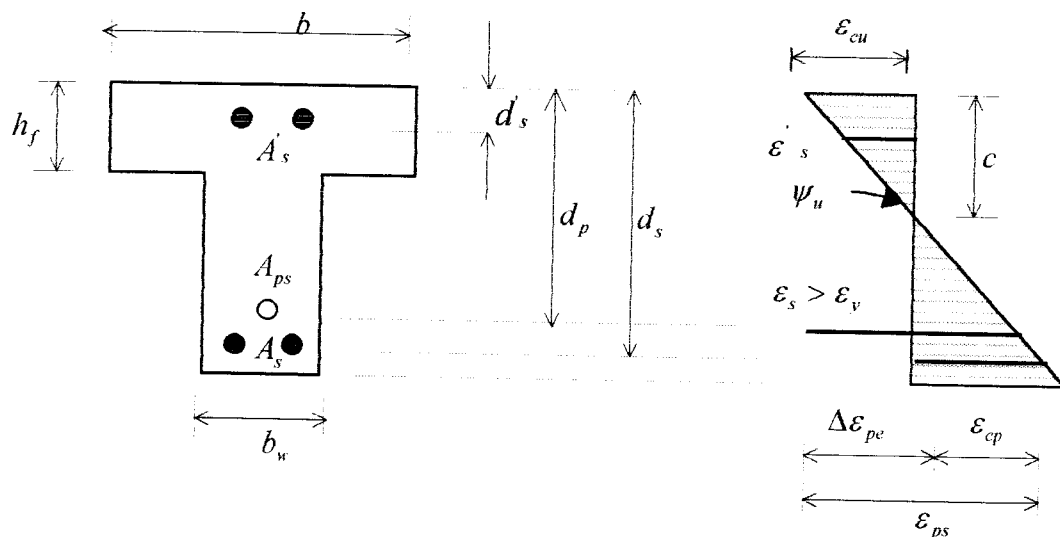
disajikan. Latar belakang untuk pengembangan perlengkapan ini dapat didapatkan pada loov (1988) dan Naaman (1992).

### 3.6.1 Tinggi sumbu netral pada balok dengan tendon yang direkatkan

Pertimbangan potongan melintang sayap pada balok beton bertulang dan diagram regangan linier diperlihatkan pada Gambar 3.10 Pada tendon yang direkatkan, kondisi kompatibilitas memberikan regangan pada beton disekitarnya sebagai :

$$\varepsilon_{cp} = -\varepsilon_{cu} \frac{d_p - c}{c} = -\varepsilon_{cu} \left( \frac{d_p}{c} - 1 \right) \quad (3.22)$$

Dengan  $\varepsilon_{cu}$  adalah regangan batas pada serat desak ekstrim,  $d_p$  adalah jarak dari serat desak ekstrim ke pusat tendon prategang, dan  $c$  adalah jarak dari serat desak ekstrim ke sumbu netral, kemudian regangan tarik dipertimbangkan positif dan regangan desak adalah negatif.



Gambar 3.10 Regangan pada penampang gelagar

Karena  $\varepsilon_{ps} = \varepsilon_{cp} + \Delta\varepsilon_{pe}$ , maka persamaannya menjadi :

$$\varepsilon_{ps} = -\varepsilon_{cu} \left( \frac{d_p}{c} - 1 \right) + \Delta\varepsilon_{pe} \quad (3.23)$$

$\Delta\varepsilon_{pe}$  adalah beda regangan,  $\varepsilon_{ps}$  adalah regangan pada tendon prategang,  $\varepsilon_{cp}$  adalah regangan pada daerah sekitar tendon, dimana  $\Delta\varepsilon_{pe}$  kira-kira sama dengan  $f_{pe}/E_p$ . Pada keadaan batas kekuatan, AASHTO menjelaskan  $\varepsilon_{cu} = -0,003$  jika beton tidak terikat. Untuk beton yang terikat  $\varepsilon_{cu}$  dapat diperkirakan dari ukuran yang lebih besar daripada beton yang tidak terikat (Mander et al, 1988), dengan kedua-duanya  $\Delta\varepsilon_{pe}$  dan  $\varepsilon_{cu}$ , merupakan konstanta yang tergantung pada pelaksanaan penarikan dan “*lateral confining plessure*” berturut-turut, regangan pada tendon prategang  $\varepsilon_{ps}$  dan tegangan yang sesuai  $f_{ps}$  adalah hanya fungsi dari rasio  $c/d_p$ .

Persamaan gaya pada Gambar 3.11 dapat digunakan untuk menentukan tinggi sumbu netral  $c$ , akan tetapi kebutuhan  $f_{ps}$  ini merupakan fungsi rasio  $c/d_p$ . Beberapa persamaan diterangkan oleh Loov (1988), diabsahkan oleh Naaman (1992) dan diambil oleh AASHTO.

$$f_{ps} = f_{pu} \left( 1 - k \frac{c}{d_p} \right) \quad (3.24)$$

$$k = 2 \left( 1.04 - \frac{f_{py}}{f_{pu}} \right) \quad (3.25)$$

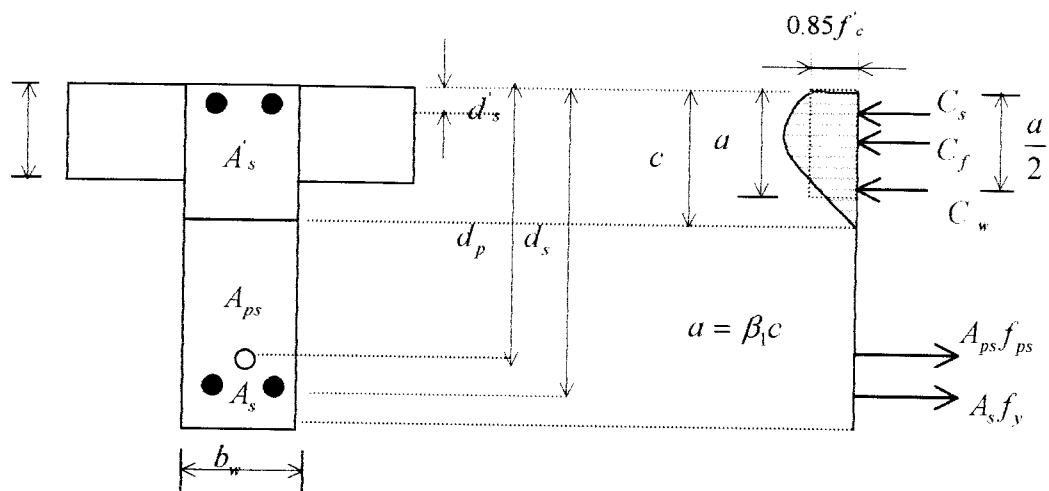
untuk kabel dengan relaksasi rendah  $f_{pu} = 1860$  Mpa, tabel 3.2 memberikan  $f_{py}/f_{pu} = 0,90$ , yang dihasilkan pada  $k = 0,28$ . Dengan menggunakan  $E_p = 197$  GPa,

dengan mengabaikan  $\varepsilon_{ce}$ , dan mengasumsikan  $\varepsilon_{cu} = 0.003$  dan  $f_{pe} = 0.56f_{pu}$ .

Persamaan 3.25 dan 3.26 menjadi:

$$\varepsilon_{ps} = 0.003 \frac{d_p}{c} + 0.0023 \quad (3.26)$$

$$f_{ps} = 1860 \left( 1 - 0.28 \frac{c}{d_p} \right) \quad (3.27)$$



**Gambar 3.11** Gaya-gaya pada penampang gelagar

Ketika penilaian gaya-gaya desak pada beton, baik sekali menggunakan blok tegangan persegi ekuivalen. Pada AASTHO, perlengkapan umum berikut untuk faktor blok tegangan yang diambil :

- Tegangan desak beton seragam  $0.85 f'_c$
- Ketinggian blok tegangan persegi  $a = \beta_1 c$

Dengan :

$$\beta_1 = 0.85 \text{ untuk } f'_c \leq 28 \text{ Mpa} \quad (3.28)$$

$$\beta_1 = 0.65 \text{ untuk } \geq 56 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \text{ untuk } 28 \text{ MPa} \leq f'_c \leq 56 \text{ MPa}$$

Catatan bahwa pada persamaan 3.30 dan derivasi yang berikut, tegangan desak  $f'_c$  dan  $f'_y$  diambil sebagai nilai absolutnya. Persamaan gaya balok pada Gambar 3.9 menghendaki bahwa gaya desak nominal total sama dengan gaya tarik nominal total :

$$C_n = T_n \quad (3.29)$$

Dengan :

$$C_n = C_w + C_f + C_s \quad (3.29 \text{ a})$$

$$T_n = A_{ps} f_{ps} + A_s f_y \quad (3.29 \text{ b})$$

Dengan :

$C_w$  = gaya desak beton pada badan,  $C_f$  = gaya desak beton pada sayap,  $C_s$  = gaya desak pada baja non-prategang,  $A_{ps}$  = luas baja prategang,  $f_{ps}$  = tegangan rata-rata baja prategang pada tahanan lentur nominal balok diberikan pada persamaan 3.27,  $A_s$  = luas tulangan tarik non-prategang,  $f_y$  = kuat leleh minimum pada tulangan tarik.

$$C_w = 0.85 f'_c a b_w = 0.85 \beta_1 f'_c c b_w \quad (3.30 \text{ a})$$

$$C_f = 0.85 \beta_1 f'_c (b - b_w) h_f \quad (3.30 \text{ b})$$

$$C_s = A'_s f'_y \quad (3.31)$$

$$\varepsilon'_s = \varepsilon_{cu} \frac{c - d'_s}{c} = \varepsilon_{cu} \left( 1 - \frac{d'_s}{c} \right) \quad (3.32)$$

$$T_n = A_{ps} f_{pu} \left( 1 - k \frac{c}{d_p} \right) + A_s f_y \quad (3.33)$$



$$C_n = 0.85\beta_1 f'_c c b_w + 0.85\beta_1 f'_c (b - b_w) h_f + A'_s f'_y \quad (3.34)$$

dengan persamaan tersebut didapat letak garis netral  $c$  terhadap serat atas adalah,

$$c = \frac{A_{ps} f_{pu} + A_s f_y - A'_s f'_y - 0.85\beta_1 f'_c (b - b_w) h_f}{0.85\beta_1 f'_c b_w + k A_{ps} f_{pu} / d_p} \geq h_f \quad (3.35)$$

### 3.6.2 Kuat Lentur Nominal

Dengan  $c$  dan  $f_{ps}$  diketahui tendon direkat (*bonded tendon*) dan tidak direkat (*unbonded tendon*), hal yang sederhana menentukan tegangan lentur nominal  $M_n$  untuk bagian balok beton bertulang. Pada Gambar 3.9 dan keseimbangan momen sekitar  $C_w$  didapatkan :

$$M_n = A_{ps} f_{ps} \left( d_p - \frac{a}{2} \right) + A_s f_y \left( d_s - \frac{a}{2} \right) + C_s \left( \frac{a}{2} - d'_s \right) + C_f \left( \frac{a}{2} - \frac{h_f}{2} \right) \quad (3.36)$$

Dimana  $a = \beta_1 c$  dan  $c$  tidak kurang dari ketebalan sayap desak  $h_f$ . Substitusi dari persamaan 3.32a dan 3.33 untuk  $C_f$  dan  $C_s$  menghasilkan

$$M_n = A_{ps} f_{ps} \left( d_p - \frac{a}{2} \right) + A_s f_y \left( d_s - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_y \left( \frac{a}{2} - d'_s \right) + 0.85\beta_1 f'_c (b - b_w) h_f \left( \frac{a}{2} - \frac{h_f}{2} \right) \quad (3.37)$$

Jika tinggi sumbu netral dari serat desak ekstrim  $c$  adalah lebih kecil dari ketebalan sayap desak  $h_f$ , atau jika balok tidak mempunyai sayap, kuat lentur nominal  $M_n$  untuk penampang balok dihitung dari persamaan (3.37) dengan  $b_w$  disusun sama dengan  $b$ .

### 3.6.3 Kuat Geser Balok Beton Bertulang

Kuat geser nominal  $V_n$  gelagar jembatan dijelaskan sebagai berikut :

$$V_n = V_c + V_s + V_p \leq 0,25 \cdot f'_c \cdot b_v \cdot d_v$$

$$V_c = 0,083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_v \cdot d_v$$

$$V_p = \frac{12}{52} \cdot F_f \cdot \sin \gamma$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$\varepsilon_x = \frac{(M_u / d_v) + 0,5 \cdot N_u + 0,5 \cdot V_u \cot \theta - A_{ps} \cdot f_{po}}{E_s \cdot A_s + E_p \cdot A_{ps}} \leq 0,002$$

$\frac{v}{f'_c}$  dan  $\varepsilon_x$  digunakan untuk mencari  $\theta$  dan  $\beta$  dari lampiran 1.table 3.3.

$$v = \frac{V_u - \phi \cdot V_p}{\phi \cdot b_v \cdot d_v}$$

$$\phi = 0,90$$

$$V_u = \eta \cdot [1,25 \cdot DC + 1,50 \cdot DW + 1,75 \cdot (LL + IM)]$$

$$M_u = \eta \cdot [1,25 \cdot DC + 1,50 \cdot DW + 1,75 \cdot (LL + IM)]$$

Dengan:

$V_c$  = kuat geser nominal beton,  $V_p$  = kuat geser nominal yang tersedia dari gaya prategang,  $V_s$  = kuat geser nominal baja,  $b_v$  = lebar gelagar untuk geser

$d_v$  = tinggi gelagar untuk geser

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 Waktu Penulisan**

waktu penulisan ini dilakukan mulai bulan oktober tahun 2000 dan direncanakan selesai pada bulan Mei 2001

#### **4.2 Data Struktur**

Model struktur beton prategang yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1.  $f_y = 400$  Mpa untuk beton non-prategang
2.  $f_{pu} = 1860$  Mpa untuk tendon prategang
3.  $f'_c = 25$  Mpa untuk slab.
4.  $f'_c = 40$  Mpa untuk mutu beton gelagar saat layan
5.  $f'_{ci} = 0,75 f'_c = 0,75.(40) = 30$  Mpa untuk mutu beton gelagar saat transfer.
6. Bentang gelagar adalah 25 m.

### **4.3 Variabel Penulisan**

Variabel yang digunakan adalah merencanakan Struktur Gelagar Jembatan dengan metode AASTHO LRFD 1994.



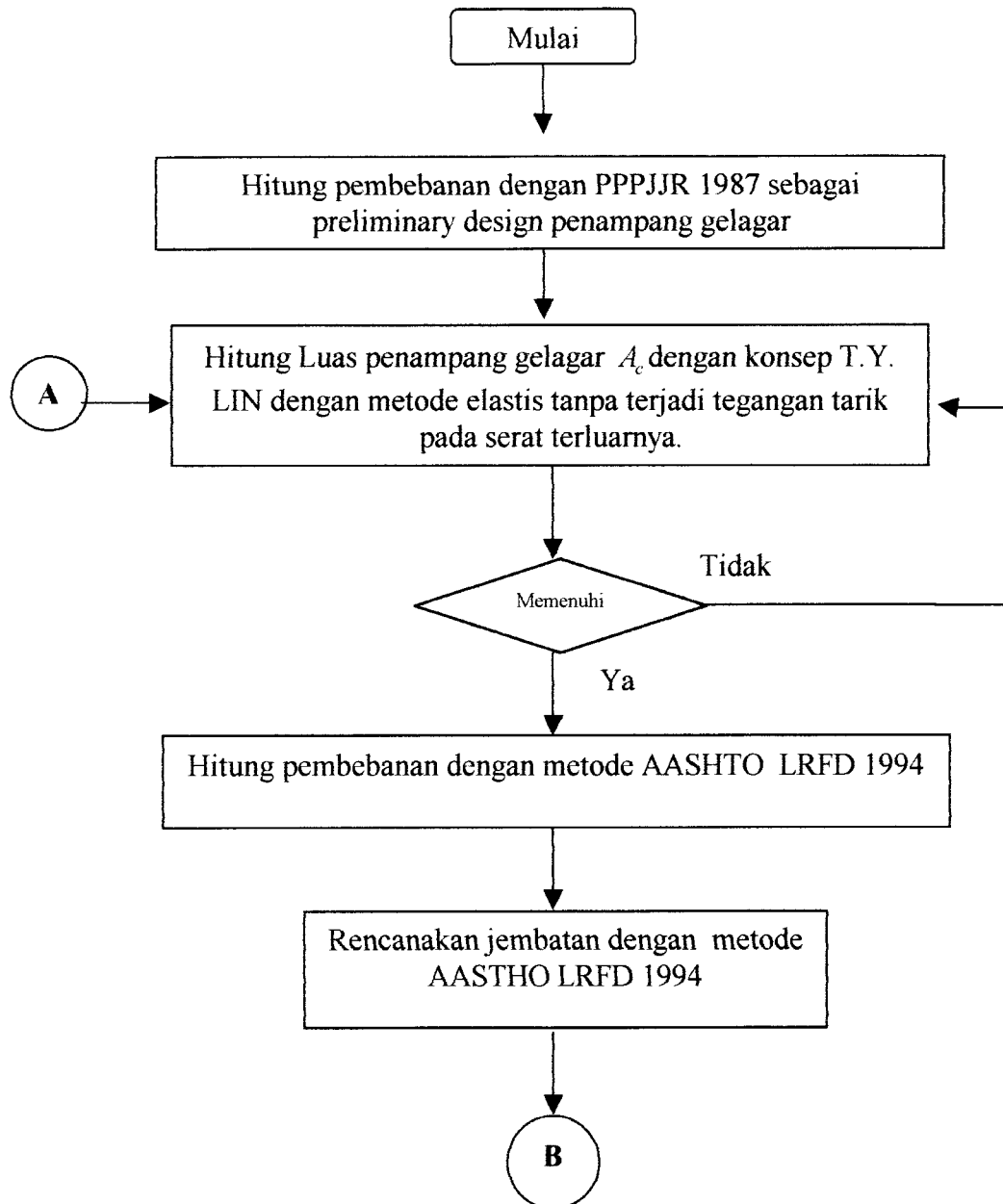
#### **4.5 Tahapan Analisa**

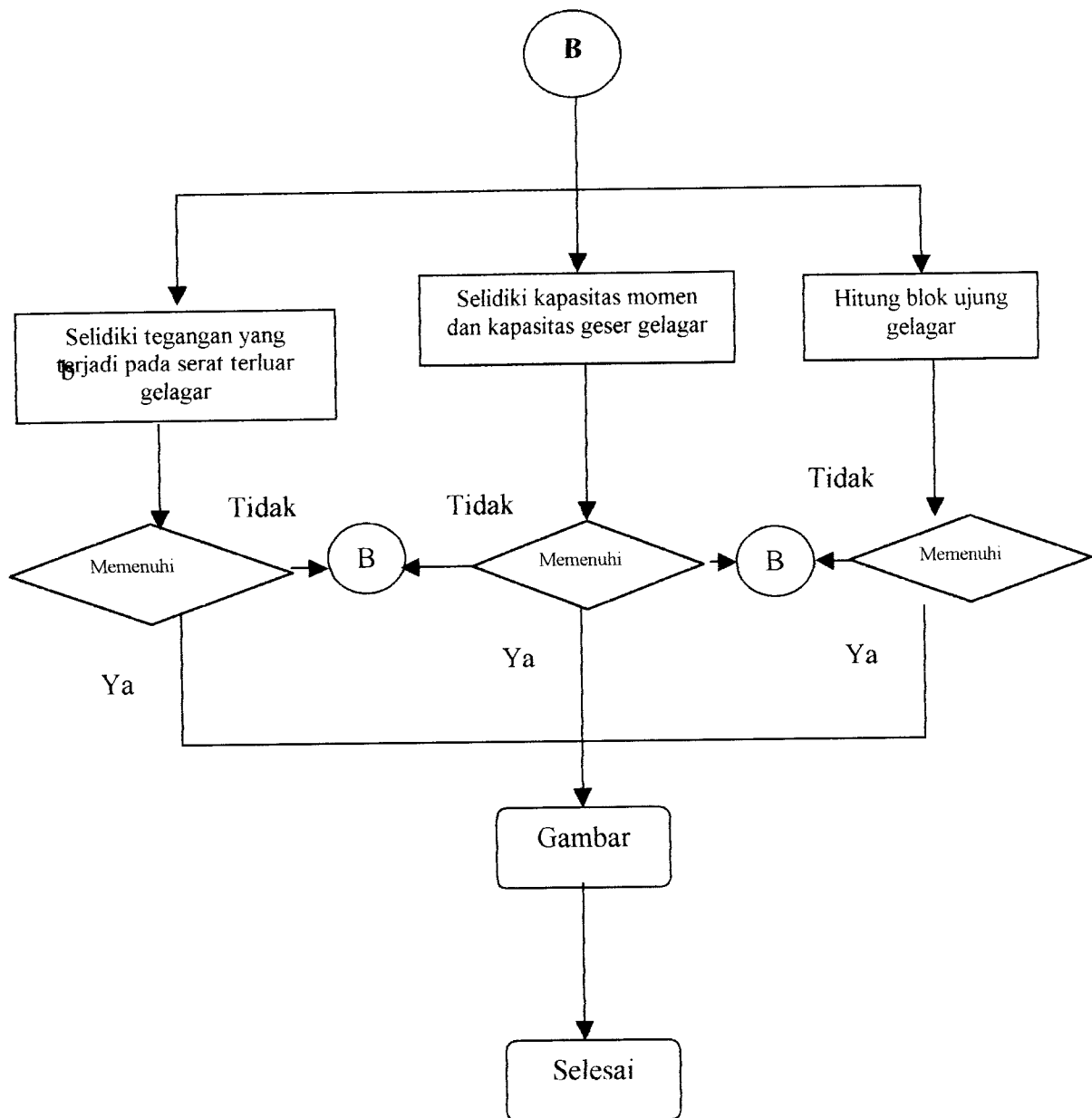
1. Menentukan Spesifikasi dan konfigurasi struktur bangunan.
2. Menghitung beban-beban yang bekerja
3. Menganalisa struktur dengan program Microfeap dan Excel.
4. Menghitung dimensi penampang dan luas tulangan yang diperlukan pada gelagar.
5. Menghitung kehilangan gaya prategang.
6. Kontrol tegangan yang terjadi pada gelagar.
7. Hitung kapasitas momen dan geser pada gelagar.
8. Menghitung Block ujung.

#### **4.6 Tahapan Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini dapat dilaksanakan dengan tahapan-tahapan seperti yang digambarkan pada flowchart dibawah ini.

### Flow Chart Perencanaan Gelagar







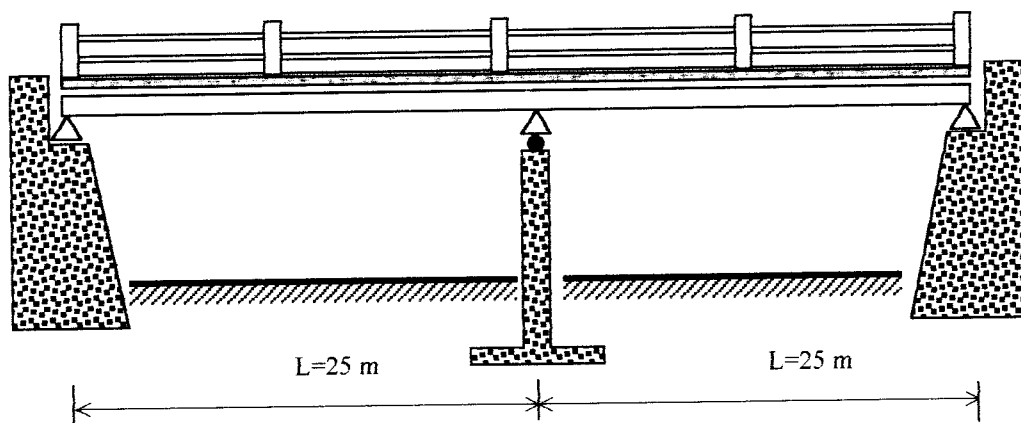
## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1. Perencanaan Awal Penampang Gelagar Beton Prategang

##### 5.1.1 Pendahuluan

Perhitungan perencanaan jembatan diawali dengan perencanaan luas penampang gelagar jembatan dengan pendekatan teori elastis yang dijelaskan oleh T.Y. Lin dengan pembebanan menggunakan PPPJJR 1987 kemudian penampang yang telah direncanakan dipakai untuk perencanaan jembatan dengan metode AASHTO LRFD 1994.

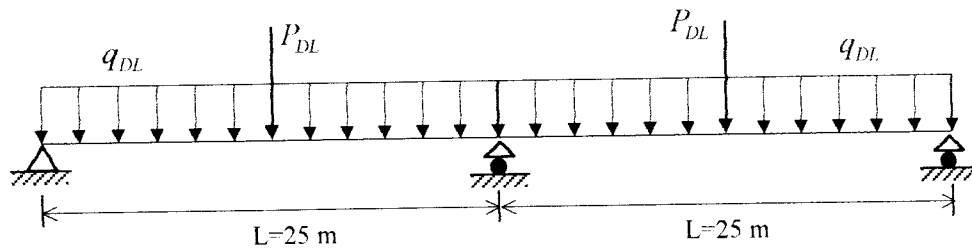


Gambar 5.1 Komponen jembatan

##### 5.1.2 Perencanaan Penampang Gelagar

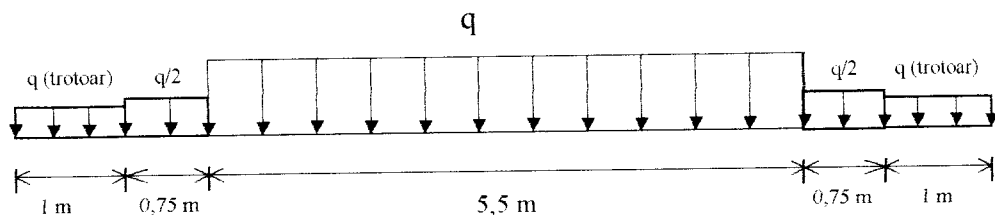
Dalam perencanaan penampang gelagar menurut T.Y. Lin (2000), momen akibat berat sendiri girder  $M_g$ , beban mati  $M_{DL}$ , beban hidup  $M_{LL}$  dan momen total  $M_T = (M_{DL} + M_{LL})$  harus terlebih dahulu dicari.





**Gambar 5.3** Distribusi beban mati pada arah memanjang

## 2. Beban Hidup



**Gambar 5.4** Distribusi beban hidup pada arah melintang PPPJJR 1987

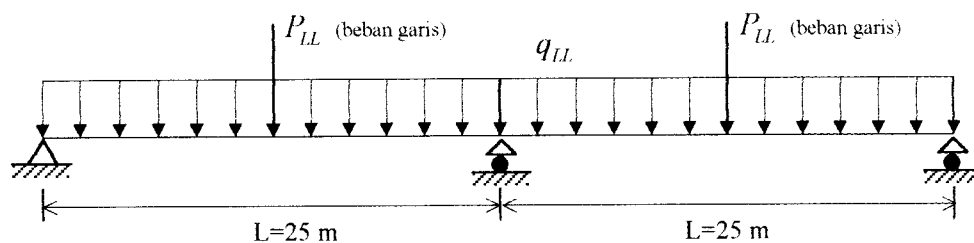
Distribusi beban hidup terbesar terdapat pada balok girder/gelagar interior sehingga diambil perencanaan beban hidup sebagai berikut:

a. *Beban hidup per lajur lalu lintas adalah:*

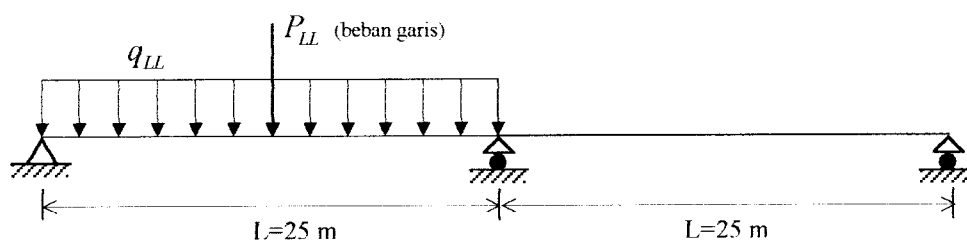
- Beban terbagi rata per lajur  $q = 2,2 \text{ t/m'}$  / lajur untuk  $L < 25 \text{ m}$  (PPPJJR 1987)
- Beban garis per lajur  $P = 12 \text{ ton}$  (PPPJJR 1987)
- Koefisien kejut  $K = 1 + \frac{20}{(50+L)} = 1 + \frac{20}{(50+25)} = 1,2667$  (PPPJJR 1987)

b. *Besar beban hidup per meter lebar jembatan adalah:*

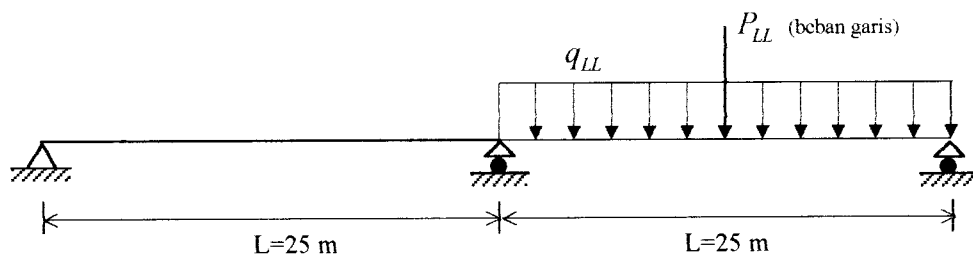
- Beban merata  $q_{LL} = \left( \frac{2,50}{2,75} \times 2,2 \right) = 2,00 \text{ t/m'} = 19,620 \text{ KN/m'}$
- Beban garis  $P_{LL} = \left( \frac{2,50}{2,75} \times 12 \right) \times \text{koefisien kejut}$   
 $= 10,9091 \times 1,2667 = 13,8186 \text{ ton} = 135,5599 \text{ KN}$



(a) Kombinasi 1



(b) Kombinasi 2



(c) Kombinasi 3

**Gambar 5.5** Kombinasi beban hidup pada gelagar

Dengan menggunakan paket program Microfeap didapat tabel momen-momen akibat berat sendiri girder/gelagar  $M_G$ , beban mati  $M_{DL}$ , beban hidup  $M_{LL}$  dan momen total  $M_T = (M_{DL} + M_{LL})$  lihat tabel 5.1 dan 5.2. Selanjutnya perencanaan awal penampang dapat dilihat pada tabel (5.3),(5.4),(5.5).





**TABEL 5.3 PERENCANAAN PENAMPANG BETON PRATEGANG DENGAN PENDEKATAN LUAS MENURUT METODE T.Y. LIN)**

Asumsi $M_G / M_T$ relatif besar					
No	Keterangan	Rumus / Simbol	Nilai	Nilai	Nilai
1	Momen Total	$M_T$	532,1508665	1 · m	5220,4000 KN · m
2	Kuat desak beton	$f_c$	40	MPa	40000 KN / m <sup>2</sup>
3	Kuat desak beton initial	$f_{ci}$	25	MPa	25000 KN / m <sup>2</sup>
4	Kuat tarik yang disyaratkan	$f_{pu}$	1840	MPa	1840000 KN / m <sup>2</sup>
5	Koefisien yang nilainya 10 s/d 13	$k$	10		10
6	Tinggi balok asumsi	$h = k\sqrt{M_T}$	230,684	cm	2,307 m
No	Hasil Perhitungan	Rumus / Simbol	Nilai	Nilai	Nilai
7	Tinggi balok yang digunakan	$h$	200	cm	2 m
8	Gaya prategang efektif	$F = T = \frac{M_T}{0.65h}$	409,3468	ton	4015,6923 kN
9	Tegangan prategang efektif	$f_{se} = 0.85 \times 0.7 \times f_{pu}$	1094,8000	MPa	1094800 KN / m <sup>2</sup>
10	Luas penampang tendon prategang	$A_{ps} = \frac{F}{f_{se}} = \frac{M_T}{0.65 \cdot h \cdot f_{se}}$	3667,96886	mm <sup>2</sup>	0,003667969 m <sup>2</sup>
11	Luas penampang beton prategang	$A_c = \frac{A_{ps} \cdot f_{se}}{0.5(0.45 f_c)}$	4461,8803	cm <sup>2</sup>	0,4462 m <sup>2</sup>
12	Luas penampang yang terpakai	$A_{C(terpakai)}$	7450	cm <sup>2</sup>	0,745 m <sup>2</sup>
13	Berat sendiri gelagar	$W_G = A_c \cdot \gamma_c$	1,8625	t / m <sup>3</sup>	18,271125 kN / m <sup>3</sup>
14	Momen akibat berat sendiri gelagar	$M_{G(baru)}$	145,4638124	l · m	1427,0000 KN · m
15	Momen total	$M_{T(baru)}$	521,4067278	l · m	5115,0000 KN · m
Check apakah nilai $\frac{M_G}{M_T} \geq 20\%$		$\frac{M_G}{M_T} =$	27,90 %		ASUMSI BENAR

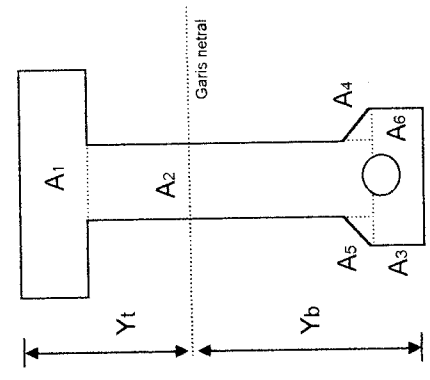
**TABEL 5.4 MENCARI PROPERTI PENAMPANG GELAGAR JEMBATAN**

Properti penampang 1 (Penampang persegi)	Lebar $b_1$ : 75 cm Tinggi $h_1$ : 25 cm Jarak $y_1$ : 12,5 cm Luas $A_1$ : 1875 cm <sup>2</sup> Inersia $I_1$ : 97656,25 cm <sup>4</sup>	Lebar $b_4$ : 20 cm Tinggi $h_4$ : 20 cm Jarak $y_4$ : 123,3333 cm Luas $A_4$ : 200 cm <sup>2</sup> Inersia $I_4$ : 4444,444444 cm <sup>4</sup>
Properti penampang 2 (Penampang persegi)	Lebar $b_2$ : 25 cm Tinggi $h_2$ : 155 cm Jarak $y_2$ : 77,5 cm Luas $A_2$ : 3875 cm <sup>2</sup> Inersia $I_2$ : 7758072,917 cm <sup>4</sup>	Properti penampang 5 (Penampang segitiga)
Properti penampang 3 (Penampang persegi)	Lebar $b_3$ : 65 cm Tinggi $h_3$ : 20 cm Jarak $y_3$ : 140 cm Luas $A_3$ : 1300 cm <sup>2</sup> Inersia $I_3$ : 43333,33333 cm <sup>4</sup>	Properti penampang 6 (Penampang lingkaran)
		Jari-jari $r$ : 0 cm Diameter $D$ : 0 cm Jarak $y_6$ : 0 cm Luas $A_6$ : 0 cm <sup>2</sup> Inersia $I_6$ : 0 cm <sup>4</sup>

Masukkan tinggi gelagar (h) :	200 cm
Luas total penampang ( $A_{total}$ ) :	7450 cm <sup>2</sup>
Jarak garis netral thd serat atas ( $Y_t$ ) :	74,51 cm
Jarak garis netral thd serat bawah ( $Y_b$ ) :	125,49 cm

Masukkan nilai jarak pusat berat terhadap garis netral ( $Y_n$ )

$Y_1$ :	61,99 cm
$Y_2$ :	27,99 cm
$Y_3$ :	115,49 cm
$Y_4$ :	98,82333333 cm
$Y_5$ :	98,82333333 cm
$Y_6$ :	0 cm



**GAMBAR PENAMPANG GELAGAR**

Inertia total penampang ( $I_{total}$ ) : 39394699,58 cm<sup>4</sup> : 0,393946996 m<sup>4</sup>



**PERENCANAAN PENAMPANG BETON PRATEGANG (LANJUTAN)  
DENGAN PENDEKATAN LUAS MENURUT METODE T.Y. LIN)**

**Mencari eksentrisitas e**

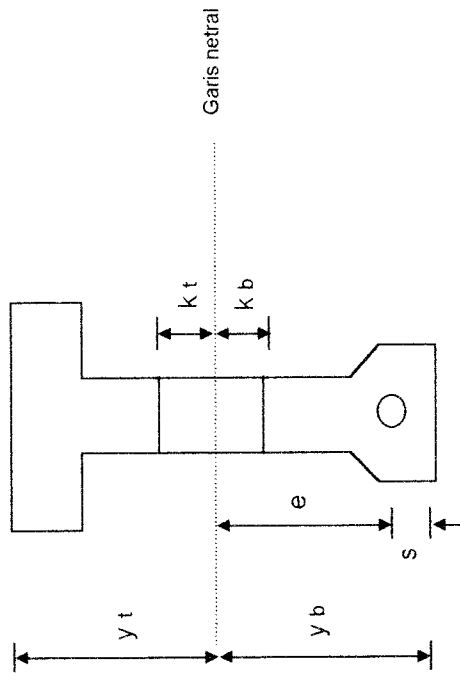
No	Keterangan	Rumus / Simbol	Nilai	Nilai
1	Luas penampang yang terpakai	$A_c$ (terpakai)	7450	$cm^2$
2	Inersia penampang gelagar	$I_c$	39394699,58	$cm^4$
3	Jarak serat atas terhadap c.g.c	$y_t$	74,51	$cm$
4	Jarak bawah atas terhadap c.g.c	$y_b$	125,49	$cm$
5	Jarak tendon terhadap serat bawah	s	20	$cm$
No	Hasil Perhitungan	Rumus / Simbol	Nilai	Nilai
6	Teg desak izin beton saat transver *)	$f_b = 0.6 \cdot f'_c$	15	$MPa$
7	Teg desak izin beton saat service *)	$f_t = 0.45 \cdot f'_c$	18	$MPa$
8	Jari jari inersia	$r_x = \sqrt{\frac{I_c}{A_c}}$	72,7178	$cm$
9	Kern atas	$k_t = \frac{r_x^2}{y_t}$	42,1379	$cm$
10	Kern bawah	$k_b = \frac{r_x^2}{y_b}$	70,9687	$cm$
11	Eksentrisitas	$e = y_b - s$	105,4900	$cm$
12	Gaya prategang efektif	$F = \frac{M_T}{(e - k_t)}$	353,1899	$ton$
13	Gaya prategang awal	$F_o = \frac{F}{0.85}$	415,5176	$ton$

**CATATAN:**

\*) Peraturan ACI

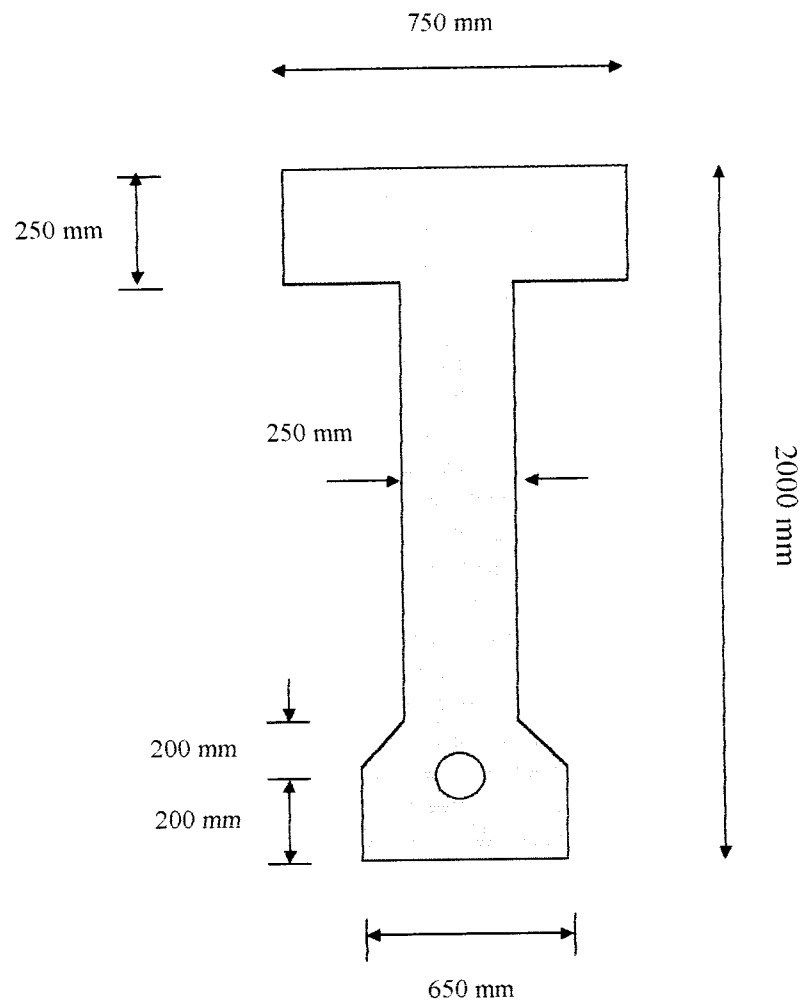
**PERENCANAAN PENAMPANG BETON PRATEGANG (LANJUTAN)  
DENGAN PENDEKATAN LUAS MENURUT METODE T.Y. LIN)**

No	Keterangan	Rumus / Simbol	Nilai	Nilai
14	Luas penampang yang diperlukan	$A_c = \frac{P \cdot h}{f_c \cdot y_b}$	3067,790558	0,306779056 m <sup>2</sup>
15	Luas penampang yang diperlukan	$A_c = \frac{V_u}{f_c} \left( 1 + \frac{e \cdot M_u}{k_t} \right)$	7262,903007	0,726290301 m <sup>2</sup>
<b>Ambil luas penampang Ac terbesar</b>		$A_{c(baru)}$	7262,903007	0,726290301 m <sup>2</sup>
<b>Check apakah nilai <math>A_{c(terpakai)} &gt; A_{c(baru)}</math></b>				
<b>MEMENUHI SYARAT, PENAMPANG DAPAT DIGUNAKAN !</b>				



**GAMBAR PENAMPANG GELAGAR  
BERDASARKAN PERHITUNGAN DIATAS**





**GAMBAR 1.** Penampang Gelagar

$$A_x = 745000 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 393,94699 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

**TABEL 5.5 KONTROL PENAMPANG BETON PRATEGANG  
TERHADAP TEGANGAN IZIN (ACI)**

No	Data Properti Material	Rumus / Simbol	Nilai	Nilai
1	Kuat desak beton	$f'_c$	40 MPa	40000 KN/m <sup>2</sup>
2	Kuat desak beton initial	$f'_{ci}$	25 MPa	25000 KN/m <sup>2</sup>
3	Kuat tarik yang disyaratkan	$f_{pu}$	1840 MPa	1840000 KN/m <sup>2</sup>
4	Teg desak izin beton saat transfer*)	$f_b = 0.6 \cdot f'_{ci}$	15 MPa	15000,0000 KN/m <sup>2</sup>
5	Teg desak izin beton saat service *)	$f_t = 0.45 \cdot f'_c$	18 MPa	18000,0000 KN/m <sup>2</sup>
6	Momen Total	$M_T$	521,4067278 t · m	<b>5115,0000</b> KN · m
7	Momen akibat beban mati	$M_{Dl}$	300,3873598 t · m	<b>2946,8000</b> KN · m
8	Luas penampang yang terpakai	$A_C$ (terpakai)	<b>7450</b> cm <sup>2</sup>	0,7450 m <sup>2</sup>
9	Inersia penampang gelagar	$I_c$	<b>39394699,58</b> cm <sup>4</sup>	0,3939 m <sup>4</sup>
10	Jarak serat atas terhadap c.g.c	$y_t$	<b>74,51</b> cm	0,7451 m
11	Jarak bawah atas terhadap c.g.c	$y_b$	<b>125,49</b> cm	1,2549 m
12	Jarak tendon terhadap serat bawah	s	<b>20</b> cm	0,2000 m
13	Eksentrisitas	$e = y_b - s$	105,4900 cm	1,0549 m
14	Gaya prategang awal	$P_o = P_{initial}$	415,5176 ton	<b>4076,2275</b> kN
15	Gaya prategang efektif	$F = P_{effective}$	353,1899 ton	<b>3464,7933</b> kN

**CATATAN:**

\*) Peraturan ACI

**KONTROL PENAMPANG BETON PRATEGANG (LANJUTAN)  
TERHADAP TEGANGAN IZIN (ACI)**

Tegangan initial (saat transfer)			
No	Hasil Perhitungan	Rumus / Simbol	Nilai
16	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_t = -\frac{P_t}{A_c}$	-5,471 MPa
17	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_t = +\frac{P_t \cdot e \cdot y_t}{I_c}$	8,133 MPa
18	Tegangan akibat beban mati	$f_t = -\frac{M_{DM} \cdot y_t}{I_c}$	-5,573 MPa
19	<b>Tegangan serat atas total</b>	$f_t = -\frac{P_t}{A_c} + \frac{P_t \cdot e \cdot y_t}{I_c} - \frac{M_{DM} \cdot y_t}{I_c}$	<b>-2,912 MPa</b>
<b>Ok ! Serat atas tidak terjadi tegangan tarik</b>			
20	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_b = -\frac{P_t}{A_c}$	-5,471 MPa
21	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_b = -\frac{P_t \cdot e \cdot y_b}{I_c}$	-13,697 MPa
22	Tegangan akibat beban mati	$f_b = +\frac{M_{DM} \cdot y_b}{I_c}$	9,387 MPa
23	<b>Tegangan serat bawah total</b>	$f_b = -\frac{P_t}{A_c} - \frac{P_t \cdot e \cdot y_b}{I_c} + \frac{M_{DM} \cdot y_b}{I_c}$	<b>-9,782 MPa</b>
<b>Ok ! Tegangan desak yang terjadi pada serat bawah &lt; tegangan desak ijin.</b>			

**KONTROL PENAMPANG BETON PRATEGANG (LANJUTAN)  
TERHADAP TEGANGAN IZIN (ACI)**

Tegangan layan (saat service)			
No	Hasil Perhitungan	Rumus / Simbol	Nilai
23	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_t = - \frac{P_e}{A_c}$	-5,5050 MPa
24	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_t = + \frac{P_e \cdot e \cdot y_t}{I_c}$	8,1828 MPa
25	Tegangan akibat beban mati	$f_t = - \frac{M_T \cdot y_t}{I_c}$	-9,6744 MPa
26	<b>Tegangan serat atas total</b>	$f_t = - \frac{P_e}{A_c} + \frac{P_e \cdot e \cdot y_t}{I_c} - \frac{M_T \cdot y_t}{I_c}$	<b>-6,9966 MPa</b>
<b>Ok ! Tegangan desak yang terjadi pada serat atas &lt; tegangan desak yang diizinkan.</b>			
27	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_b = - \frac{P_e}{A_c}$	-5,5050 MPa
28	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_b = - \frac{P_e \cdot e \cdot y_b}{I_c}$	-13,7815 MPa
29	Tegangan akibat beban mati	$f_b = + \frac{M_T \cdot y_b}{I_c}$	16,2936 MPa
30	<b>Tegangan serat bawah total</b>	$f_b = - \frac{P_e}{A_c} - \frac{P_e \cdot e \cdot y_b}{I_c} + \frac{M_T \cdot y_b}{I_c}$	<b>-2,9929 MPa</b>
<b>OK ! Serat bawah tidak terjadi tegangan tarik</b>			

## 5.2 Spesifikasi Perencanaan Gelagar Metode AASTHO LRFD 1994

### 5.2.1 Perencanaan awal penampang gelagar dengan metode AASHTO LRFD

1994

#### 1. Tebal minimum pada gelagar

$$\text{Tebal sayap atas} = 250 \text{ mm} \geq 50 \text{ mm} \quad \text{ok.}$$

$$\text{Tebal Badan} = 250 \text{ mm} \geq 125 \text{ mm} \quad \text{ok.}$$

$$\text{Tebal sayap bawah} = 200 \text{ mm} \geq 125 \text{ mm} \quad \text{ok.}$$

#### 2. Tinggi minimum gelagar (termasuk ketebalam pelat beton/*deck*)

$$h_{\min} = 0,045 \times L = 0,045 \times 25 \text{ m} = 1,125 \text{ m} = 1125 \text{ mm}$$

$$h = 1500 + 200 = 1700 \text{ cm} > h_{\min} \quad \text{ok.}$$

#### 3. Lebar sayap efektif

$$\text{Panjang bentang efektif} = 25 \text{ m} = 25000 \text{ mm}$$

##### a. Gelagar *interior* ( $b_i$ )

$$b_i = \frac{1}{2} \text{ bentang efektif} = \frac{1}{2} (25000) = 12500 \text{ mm}$$

$$b_i = 12t_s + \frac{1}{2} b_f = 12(200) + \frac{1}{2} (750) = 2775 \text{ mm}$$

$$b_i = \text{jarak antar gelagar} = 2500 \text{ mm}$$

Diambil nilai terkecil  $b_i = 2500 \text{ mm}$ .

##### b. Gelagar *exterior* ( $b_e$ )

$$b_e - \frac{b_i}{2} = \frac{1}{8} \text{ bentang efektif} = \frac{1}{8} (25000) = 312,50 \text{ mm}$$

$$b_e - \frac{b_i}{2} = 6t_s + \frac{1}{4} b_f = 6(200) + \frac{1}{4} (750) = 1387,50 \text{ mm}$$

$$b_e - \frac{b_i}{2} = \text{lebar kantilever} = 1700 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil nilai terkecil } b_e = 1387,50 + \frac{2500}{2} = 2637,50 \text{ mm.}$$

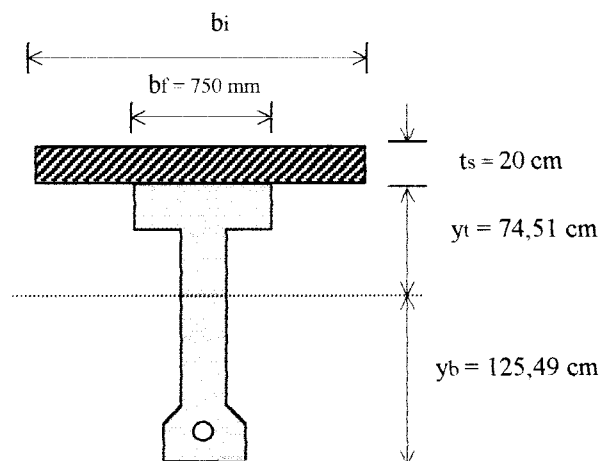
#### 4. Faktor distribusi momen (mg)

Tipe potongan melintang jembatan adalah beton precast atau beton *cast-in-place* Tabel 5.6

Kuat desak balok beton = 40 Mpa dan deck beton = 25 Mpa, sehingga rasio

$$\text{modulus } n = \sqrt{\frac{f'_c(\text{beam})}{f'_c(\text{deck})}} = \sqrt{\frac{40}{25}} = 1,2649$$

Faktor kekakuan  $K_C$  (lihat Gambar 5.6 untuk properti potongan melintang tambahan.)



**Gambar 5.6** Properti potongan melintang gelagar

$$e_g = y_t + \frac{t_s}{2} = 74,51 + \frac{20}{2} = 84,510 \text{ cm}$$

$$K_g = n(I_g + A \cdot e_g^2) = 1,2649 \times [39394699 + (7450 \times 84,51^2)]$$



$$= 117132463 \text{ cm}^4 = 1171324630070 \text{ mm}^4 = 1171,32 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\frac{K_g}{L \times t_s^3} = \frac{1171,32 \times 10^9}{25000 \times 200^3} = 5,8566$$

S = jarak antar gelagar = 2,5 m = 2500 mm

L = panjang bentang gelagar 25 m = 25000 mm

a. Balok *interior* dengan pelat/deck beton Tabel 5.7 A.

Satu pembebanan jalur rencana

$$mg_M^{SI} = 0,06 + \left(\frac{S}{4300}\right)^{0,4} \times \left(\frac{S}{L}\right)^{0,3} \times \left(\frac{K_g}{L \times t_s^3}\right)^{0,1}$$

$$mg_M^{SI} = 0,06 + \left(\frac{2500}{4300}\right)^{0,4} \times \left(\frac{2500}{25000}\right)^{0,3} \times (5,8566)^{0,1} = 0,54145$$

Dua pembebanan jalur rencana

$$mg_M^{Ml} = 0,075 + \left(\frac{S}{2900}\right)^{0,6} \times \left(\frac{S}{L}\right)^{0,2} \times \left(\frac{K_g}{L \times t_s^3}\right)^{0,1}$$

$$mg_M^{Ml} = 0,075 + \left(\frac{2500}{2900}\right)^{0,6} \times \left(\frac{2500}{25000}\right)^{0,2} \times (5,8566)^{0,1} = 0,76379$$

Diambil nilai terbesar yang menentukan yaitu  $mg_M^{Ml} = 0,76379$

b. Balok *exterior* dengan pelat/deck beton Tabel 5.7 B.

Satu pembebanan jalur rencana (Gambar 5.7)

$$\Sigma M_O = 0$$

$$R (2,50) - P/2 (2,50) - P/2 (0,7) = 0$$

$$R = \frac{P}{2} \frac{(2,50 + 0,70)}{2,50} = 0,640 P$$

$$g_M^{SE} = 0,640$$

$$mg_M^{SE} = 1,2 \times 0,640 = 0,7680$$

Dua atau lebih pembebanan jalur rencana

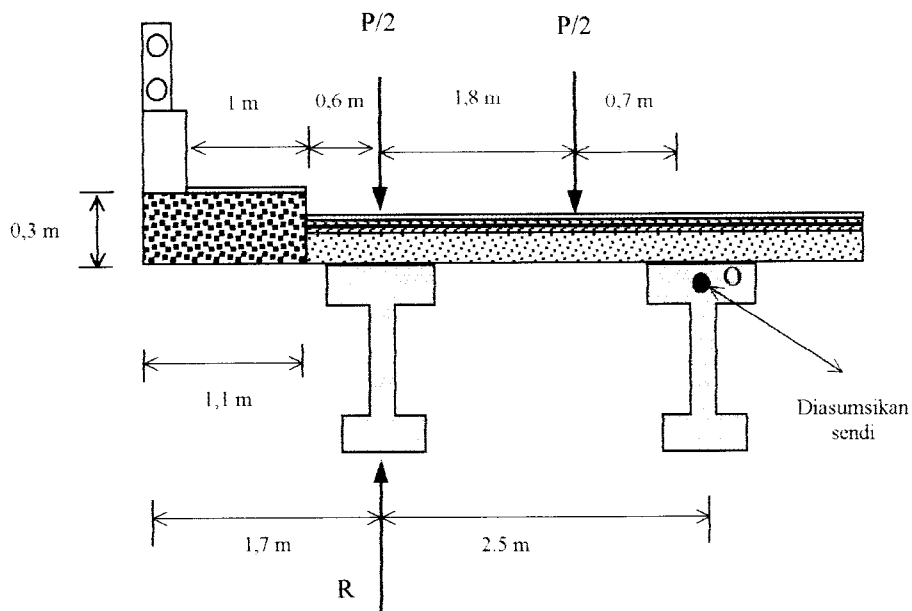
$$d_e = 1,70 - 1,1 = 0,6 \text{ m} = 600 \text{ mm}$$

$$e = 0,77 + \frac{d_e}{2800} = 0,77 + \frac{600}{2800} = 0,984 < 1,0$$

Gunakan  $e = 1,0$

$$mg_M^{ME} = e \times mg_M^{MI} = 1,0 \times 0,5613 = 0,5613$$

Diambil nilai terbesar yang menentukan yaitu  $mg_M^{ME} = 0,768$



**Gambar 5.7** Definisi *lever rule* untuk gelagar exterior

5. Faktor distribusi gaya geser, Tabel 5.7 C, table 5.7 D Tipe potongan melintang jembatan adalah beton *precast* atau beton *cast-in-place*.

a. Balok *interior*

Satu pembebanan jalur rencana

$$mg_{ir}^{SI} = 0,36 + \frac{S}{7600} = 0,36 + \frac{2500}{7600} = 0,6889$$

Dua pembebanan jalur rencana

$$mg_{ir}^{MI} = 0,2 + \frac{S}{3600} - \left( \frac{S}{10700} \right)^{2,0}$$

$$mg_{ir}^{MI} = 0,2 + \frac{2500}{3600} - \left( \frac{2500}{10700} \right)^{2,0} = 0,8399$$

Diambil nilai terbesar yang menentukan yaitu  $mg_{ir}^{MI} = 0,8399$

b. Balok *exterior*

Satu pembebanan jalur rencana (Gambar 5.7)

$$\Sigma M_o = 0$$

$$R (2,50) - P/2 (2,50) - P/2 (0,7) = 0$$

$$R = \frac{\frac{P}{2}(2,50 + 0,70)}{2,50} = 0,640 P$$

$$g_{ir}^{SE} = 0,640$$

$$mg_{ir}^{SE} = 1,2 \times 0,640 = 0,7680$$

Dua atau lebih pembebanan jalur rencana

$$d_e = 1,70 - 1,1 = 0,6 \text{ m} = 600 \text{ mm}$$

$$e = 0,60 + \frac{d_e}{3000} = 0,60 + \frac{600}{3000} = 0,80$$

$$mg_{ir}^{ME} = e \times mg_{ir}^{MI} = 0,8 \times 0,8399 = 0,67192$$

Diambil nilai terbesar yang menentukan yaitu  $mg_{ir}^{MI} = 0,7680$

### 5.3 Pembebanan Pada Gelagar Menerus

#### 5.3.1 Beban hidup

1. Menghitung gaya geser dan momen akibat beban hidup

Beban terpusat dikalikan dengan ordinat garis pengaruh dan beban merata dikalikan dengan luasan di bawah garis pengaruh. Tiap bentang pada gelagar dibagi menjadi 10 bagian di mulai dari lokasi 100 (bentang 1 joint 0) sampai dengan 210 (bentang 2 joint 10)

- a. Lokasi 100 (lihat garis pengaruh momen dan gaya geser di lampiran 3 )

Beban truck rencana

$$C1 : V_{100}^{Tr} = 35(0) + 145(1) + 145(0,786) + 35(0,582) = 279,340 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{100}^{Tr} = 35(1) + 145(0,786) + 145(0,582) + 35(0,309) = 244,175 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{100}^{Tr} = 0 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{100}^{Tr} = 0 \text{ kN m}$$

Beban tandem rencana

$$C1 : V_{101}^{Ta} = 110(1) + 110(0) = 110 \text{ kN (menentukan)}$$

$$C2 : V_{101}^{Ta} = 110(1) + 110(0,942) = 213,620 \text{ kN}$$

$$M_{101}^{Ta} = 0 \text{ kN m}$$

Beban jalur rencana

$$V_{100}^{Ln} = 102,068 \text{ kN (lihat tabel di lampiran)}$$

$$M_{100}^{Ln} = 0 \text{ kN m (lihat tabel di lampiran)}$$

b. Lokasi 101 (lihat grafik momen dan gaya geser di lampiran 3 )

Beban truck rencana

$$C1 : V_{101}^{Tr} = 35(0) + 145(0,88) + 145(0,664) + 35(0,472) = 240,40 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{101}^{Tr} = 35(0,88) + 145(0,664) + 145(0,472) + 35(0,286) = 205,53 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{101}^{Tr} = 35(0) + 145(2,19) + 145(1,664) + 35(1,171) = 599,8150 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{101}^{Tr} = 35(2,19) + 145(1,664) + 145(1,171) + 35(0,723) = 513,03 \text{ kN m}$$

Beban tandem rencana

$$C1 : V_{101}^{Ta} = 110(0,88) + 110(0,818) = 186,78 \text{ kN (menentukan)}$$

$$C2 : V_{101}^{Ta} = 110(-0,062) + 110(0,88) = 89,980 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{101}^{Ta} = 110(2,19) + 110(1,30) = 383,90 \text{ kN m (menentukan)}$$

$$C2 : M_{101}^{Ta} = 110(1,139) + 110(2,19) = 366,190 \text{ kN m}$$

Beban jalur rencana

$$V_{101}^{Ln} = 80,213 \text{ kN (lihat tabel di lampiran)}$$

$$M_{101}^{Ln} = 225,758 \text{ kNm (lihat tabel di lampiran)}$$

c. Lokasi 102 (lihat grafik momen dan gaya geser di lampiran 3 )

Beban truck rencana

$$C1 : V_{102}^{Tr} = 35(0,692) + 145(0,551) + 145(0,362) + 35(0,197) = 163,50 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{102}^{Tr} = 35(-0,034) + 145(0,692) + 145(0,551) + 35(0,362) = 191,715 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{102}^{Tr} = 35(0,526) + 145(3,76) + 145(2,742) + 35(1,806) = 1024,410 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{102}^{Tr} = 35(3,76) + 145(2,742) + 145(1,806) + 35(0,984) = 825,50 \text{ kN m}$$

**Beban tandem rencana**

$$C1 : V_{102}^{Ta} = 110(0,75) + 110(0,692) = 158,620 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{102}^{Ta} = 110(-0,188) + 110(0,75) = 61,820 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{102}^{Ta} = 795,520 \text{ kN m (menentukan)}$$

$$C2 : M_{102}^{Ta} = 727,980 \text{ kN m}$$

**Beban jalur rencana**

$$V_{102}^{Ln} = 61,262 \text{ kN (lihat tabel di lampiran)}$$

$$M_{102}^{Ln} = 393,158 \text{ kNm (lihat tabel di lampiran)}$$

d. Lokasi 103 (lihat grafik momen dan gaya geser di lampiran 3 )

**Beban truck rencana**

$$C1 : V_{103}^{Tr} = 35(0,36) + 145(0,441) + 145(0,260) + 35(0,119) = 127,86 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{103}^{Tr} = 35(-0,156) + 145(0,63) + 145(0,441) + 35(0,260) = 158,935 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{103}^{Tr} = 35(2,002) + 145(4,74) + 145(3,280) + 35(1,972) = 2279,67 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{103}^{Tr} = 35(0) + 145(2,002) + 145(4,74) + 35(3,280) = 1092,39 \text{ kN m}$$

**Beban tandem rencana**

$$C1 : V_{103}^{Ta} = 110(0,63) + 110(0,577) = 132,77 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{103}^{Ta} = 110(-0,312) + 110(0,63) = 33,968 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{103}^{Ta} = 110(4,74) + 110(4,322) = 996,820 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{103}^{Ta} = 110(3,972) + 110(4,74) = 958,320 \text{ kN m}$$

Beban jalur rencana

$$V_{103}^{Ln} = 45,221 \text{ kN (lihat tabel di lampiran)}$$

$$M_{103}^{Ln} = 429,660 \text{ kNm (lihat tabel di lampiran)}$$

e. Lokasi 104 (lihat grafik momen dan gaya geser di lampiran 3 )

Beban truck rencana

$$C1 : V_{104}^{Tr} = 35(0,52) + 145(0,331) + 145(0,175) + 35(0,05) = 93,320 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{104}^{Tr} = 35(-0,284) + 145(0,52) + 145(0,331) + 35(0,175) = 119,58 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{104}^{Tr} = 35(2,884) + 145(5,16) + 145(3,326) + 35(1,745) = 1392,485 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{104}^{Tr} = 35(0,70) + 145(2,884) + 145(5,16) + 35(3,326) = 1307,29 \text{ kN m}$$

Beban tandem rencana

$$C1 : V_{104}^{Ta} = 110(0,52) + 110(0,467) = 108,570 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{104}^{Ta} = 110(-0,427) + 110(0,52) = 10,230 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{104}^{Ta} = 110(5,16) + 110(4,632) = 1077,120 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{104}^{Ta} = 110(4,517) + 110(5,16) = 1063,70 \text{ kN m}$$

Beban jalur rencana

$$V_{104}^{Ln} = 31,853 \text{ kN (lihat tabel di lampiran)}$$

$$M_{104}^{Ln} = 553,583 \text{ kN m (lihat tabel di lampiran)}$$

f. Lokasi 105 ( Lihat Grafik Momen dan Gaya Geser di Lampiran 3 )

Beban Truck Rencana

$$C1: V_{105}^{Tr} = 35(0) + 145(-0,193) + 145(-0,401) + 35(-0,59) = -106,780 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{105}^{Tr} = 35(-0,193) + 145(-0,401) + 145(-0,59) + 35(0,235) = -142,2250 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{105}^{Tr} = 35(3,192) + 145(5,078) + 145(2,96) + 35(1,21) = 1319,629 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{105}^{Tr} = 35(1,478) + 145(3,192) + 145(5,0781) + 35(2,96) = 1354,495 \text{ kN m}$$

Beban Tandem Rencana

$$C1 : V_{105}^{Ta} = 110 (-0,537) + 110 (-0,59) = -123,970 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{105}^{Ta} = 110 (-0,59) + 110 (0,357) = -25,630 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{105}^{Ta} = 110 (5,0781) + 110 (4,465) = 1049,74 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{105}^{Ta} = 110 (4,537) + 110 (5,0781) = 1057,66 \text{ kN m}$$

Beban Jalur Rencana

$$V_{105}^{Ln} = -35,224 \text{ kN (Lihat Tabel di Lampiran)}$$

$$M_{105}^{Ln} = 502,781 \text{ kN m (Lihat Tabel di Lampiran)}$$

g. Lokasi 106 (Lihat Grafik Momen dan Gaya Geser di Lampiran 3 )

Beban Truck Rencana

$$C1 : V_{106}^{Tr} = 35(-0,101) + 145 (-0,317) + 145(-0,511) + 35(-0,70) = -148,0985 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{106}^{Tr} = 35(-0,317) + 145 (-0,511) + 145(-0,7) + 35(0,152) = -181,370 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{106}^{Tr} = 35 (2,978) + 145 (4,56) + 145 (2,267) + 35 (0,482) = 1111,015 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{106}^{Tr} = 35 (1,672) + 145 (2,978) + 145 (4,56) + 35 (2,261) = 1230,665 \text{ kN m}$$

Beban Tandem Rencana

$$C1 : V_{106}^{Ta} = 110 (-0,647) + 110 (-0,7) = -148,170 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{106}^{Ta} = 110 (-0,7) + 110 (0,257) = -48,730 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{106}^{Ta} = 110 (4,56) + 110 (3,888) = 929,280 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{106}^{Ta} = 110 (4,094) + 110 (4,56) = 951,940 \text{ kN m}$$



### Beban Jalur Rencana

$$V_{106}^{Ln} = -50,220 \text{ kN (Lihat Tabel di Lampiran)}$$

$$M_{106}^{Ln} = 481,740 \text{ kN m (Lihat Tabel di Lampiran)}$$

### h. Lokasi 107 (Lihat Grafik Momen dan Gaya Geser di Lampiran 3 )

#### Beban Truck Rencana

$$C1 : V_{107}^{Tr} = 35(-0,229) + 145 (-0,432) + 145(-0,621) + 35(-0,79) = -188,35 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{107}^{Tr} = 35(-0,432) + 145 (-0,621) + 145(-0,79) + 35(0,08) = 216,915 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{107}^{Tr} = 35(1,323) + 145(2,309) + 145(3,69) + 35(1,347) = 963,305 \text{ KN m}$$

$$C2 : M_{107}^{Tr} = 35(2,309) + 145(3,69) + 145(1,347) + 35(-0,330) = 799,63 \text{ KN m}$$

#### Beban Tandem Rencana

$$C1 : V_{107}^{Ta} = 110 (-0,747) + 110 (-0,79) = -169,07 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{107}^{Ta} = 110 (-0,79) + 110 (0,172) = -67,980 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{107}^{Ta} = 110 (3,69) + 110 (2,944) = 729,740 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{107}^{Ta} = 110 (3,272) + 110 (3,69) = 765,820 \text{ kN m}$$

#### Beban Jalur Rencana

$$V_{107}^{Ln} = -67,541 \text{ kN ( Lihat Tabel di Lampiran)}$$

$$M_{107}^{Ln} = 358,748 \text{ kN m ( Lihat Tabel di Lampiran)}$$

### i. Lokasi 108 (Lihat Grafik Momen dan Gaya Geser di Lampiran 3 )

#### Beban Truck Rencana

$$C1 : V_{108}^{Tr} = 35(-0,351) + 145 (-0,542) + 145(-0,725) + 35(-0,832) = -240,635 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{108}^{Tr} = 35(-0,542) + 145 (-0,725) + 145(-0,87) + 35(0,017) = -249,65 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{108}^{Tr} = 35(0,494) + 145(1,259) + 145(2,56) + 35(0,322) = 582,315 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{108}^{Tr} = 35(0,124) + 145(0,494) + 145(1,259) + 35(2,56) = 348,125 \text{ kN m}$$

#### Beban Tandem Rencana

$$C1 : V_{108}^{Ta} = 110(-0,832) + 110(-0,87) = -187,220 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{108}^{Ta} = 110(-0,87) + 110(0,070) = -88,00 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{108}^{Ta} = 110(2,56) + 110(1,883) = 488,730 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{108}^{Ta} = 110(2,157) + 110(2,56) = 518,870 \text{ kN m}$$

#### Beban Jalur Rencana

$$V_{108}^{Ln} = -86,839 \text{ kN (Lihat Tabel di Lampiran)}$$

$$M_{108}^{Ln} = 177,863 \text{ KNm (Lihat Tabel di Lampiran)}$$

j. lokasi 109 (Lihat Grafik Momen dan Gaya Geser di Lampiran 3 )

#### Beban Truck Rencana

$$C1 : V_{109}^{Tr} = 35(-0,462) + 145(-0,652) + 145(-0,812) + 35(-0,94) = -261,35 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{109}^{Tr} = 35(-0,652) + 145(-0,812) + 145(-0,94) + 35(-0,029) = -277,875 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{109}^{Tr} = 35(-0,538) + 145(-1,729) + 145(-2,16) + 35(-2,136) = 657,495 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{109}^{Tr} = 35(-1,729) + 145(-2,16) + 145(-2,136) + 35(-1,374) = 731,525 \text{ kN m}$$

#### Beban Tandem Rencana

$$C1 : V_{109}^{Ta} = 110(-0,906) + 110(-0,94) = -203,06 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{109}^{Ta} = 110(-0,94) + 110(0,031) = -99,99 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{109}^{Ta} = 110(-2,088) + 110(-2,16) = -467,28 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{109}^{Ta} = 110(-2,16) + 110(-2,136) = -472,56 \text{ kN m}$$

Beban Jalur Rencana

$$V_{109}^{Ln} = -107,880 \text{ kN (Lihat Tabel di Lampiran)}$$

$$M_{109}^{Ln} = -282,720 \text{ kNm (Lihat Tabel di Lampiran)}$$

k. Lokasi 110 (Lihat Grafik Momen dan Gaya Geser di Lampiran 3 )

Beban Truck Rencana

$$C1 : V_{110}^{Tr} = 35(-0,572) + 145 (-0,750) + 145(-0,890) + 35(-1,0) = -292,82 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{110}^{Tr} = 35(-0,75) + 145 (-0,89) + 145(-1,0) + 35(-0,062) = -302,47 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{110}^{Tr} = 35(-1,486) + 145(-2,167) + 145 (-2,4) + 35(-1,920) = -781,425 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{110}^{Tr} = 35(-2,167) + 145(-2,40) + 145(-1,920) + 35(-0,599) = -723,21 \text{ kN m}$$

Beban Tandem Rencana

$$C1 : V_{110}^{Ta} = 110(-0,971) + 110(-1,0) = -216,70 \text{ kN}$$

$$C2 : V_{110}^{Ta} = 110(-1) + 110 (-0,019) = -112,09 \text{ kN}$$

$$C1 : M_{110}^{Ta} = 110(-2,371) + 110(-2,40) = -524,81 \text{ kN m}$$

$$C2 : M_{110}^{Ta} = 110(-2,40) + 110(-2,318) = -518,98 \text{ kN m}$$

Beban Jalur Rencana

$$V_{110}^{Ln} = -130,433 \text{ kN (Lihat Tabel di Lampiran)}$$

$$M_{110}^{Ln} = -359,678 \text{ kN m (Lihat Tabel di Lampiran)}$$

### 5.3.2 Beban mati

Mengitung gaya geser dan momen akibat beban- beban lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.8 sampai dengan Tabel 5.13.

**TABEL 5.8 MOMEN AKIBAT BEBAN MATI  
PADA GELAGAR INTERIOR**

Bentang	Lokasi	Momen (kN.m)				M DL total
		Wg	DC	Digfragma	DW	
1	100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	101	356.280	613.330	45.160	100.880	1115.650
	102	602.940	1037.900	90.321	170.720	1901.881
	103	739.970	1273.800	135.480	209.520	2358.770
	104	767.380	1321.000	135.480	217.280	2441.140
	105	685.160	1179.500	112.900	194.000	2171.560
	106	493.310	849.230	90.320	139.680	1572.540
	107	191.840	330.260	45.161	54.319	621.580
	108	-219.250	-377.440	-45.160	-62.079	-703.929
	109	-739.970	-1273.800	-135.480	-209.520	-2358.770
2	110	-1370.300	-2359.000	-225.800	-387.990	-4343.090
	110	-1370.300	-2359.000	-225.800	-387.990	-4343.090
	201	-739.970	-1273.800	-135.480	-209.520	-2358.770
	202	-219.250	-377.440	-45.160	-62.079	-703.929
	203	191.840	330.260	45.161	54.319	621.580
	204	493.310	849.230	90.320	139.680	1572.540
	205	685.160	1179.500	112.900	194.000	2171.560
	206	767.380	1321.000	135.480	217.280	2441.140
	207	739.970	1273.800	135.480	209.520	2358.770
	208	602.940	1037.900	90.321	170.720	1901.881
209	356.280	613.330	45.160	100.880	1115.650	
210	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

**TABEL 5.9 GAYA GESER AKIBAT BEBAN MATI  
PADA GELAGAR INTERIOR**

Bentang	Lokasi	Gaya geser (kN)		
		Wg	DC	Digfragma
1	100	164.440	283.080	18.064
	101	120.590	207.590	18.064
	102	76.738	132.100	18.064
	103	32.887	56.615	18.064
	104	-10.963	-18.872	-9.032
	105	-54.813	-94.359	-9.032
	106	-98.663	-169.850	-9.032
	107	-142.510	-245.330	-36.128
	108	-186.360	-320.820	-36.128
	109	-230.210	-396.310	-36.128
2	110	-274.060	-471.800	-36.128
	110	274.060	471.800	36.128
	201	230.210	396.310	36.128
	202	186.360	320.820	36.128
	203	142.510	245.330	36.128
	204	98.662	169.850	9.032
	205	54.813	94.359	9.032
	206	10.962	18.872	9.032
	207	-32.887	-56.615	-18.064
	208	-76.738	-132.100	-18.064
	209	-120.590	-207.590	-18.064
210	-164.440	-283.080	-18.064	
				DW
				46.559
				34.143
				21.728
				9.312
				-3.104
				-15.520
				-27.935
				-40.351
				-52.767
				-65.183
				-77.598
				77.598
				65.183
				52.767
				40.351
				27.935
				15.520
				3.104
				-9.312
				-21.728
				-34.143
				-46.559

**TABEL 5.10 RINGKASAN MOMEN AKIBAT BEBAN HIDUP  
PADA GELAGAR INTERIOR**

GELAGAR	LOKASI	Momen akibat beban hidup (kN m)		mg <sub>M</sub> Interior	IM Gelagar	LL (kN m)	mg <sub>M</sub> (LL+IM) (kN m)
		truck / tandem	Lane				
1	100	0.000	0.000	0.764	0.333	0.000	0.000
	101	599.815	225.758	0.764	0.333	825.573	783.123
	102	1024.410	393.158	0.764	0.333	1417.568	1343.275
	103	2279.670	429.660	0.764	0.333	2709.330	2649.175
	104	1392.485	553.583	0.764	0.333	1946.068	1840.555
	105	1354.495	502.781	0.764	0.333	1857.276	1763.074
	106	1230.665	481.740	0.764	0.333	1712.405	1620.928
	107	963.305	358.748	0.764	0.333	1322.053	1254.780
	108	582.315	177.863	0.764	0.333	760.178	728.724
	109	-731.525	-282.720	0.764	0.333	-1014.245	-960.728
	110	-781.425	-359.678	0.764	0.333	-1141.103	-1070.312

**TABEL 5.11 RINGKASAN GAYA GESER AKIBAT BEBAN HIDUP  
PADA GELAGAR INTERIOR**

GELAGAR	LOKASI	Gaya geser akibat beban hidup (kN)		mg <sub>M</sub> Interior	IM Gelagar	LL (kN m)	mg <sub>V</sub> (LL+IM) (kN)
		truck / tandem	Lane				
1	100	279.300	102.068	0.840	0.333	381.368	398.427
	101	240.400	80.213	0.840	0.333	320.613	336.520
	102	191.715	61.262	0.840	0.333	252.977	266.096
	103	158.935	45.221	0.840	0.333	204.156	215.923
	104	119.580	31.853	0.840	0.333	151.433	160.634
	105	-142.225	-35.224	0.840	0.333	-177.449	-188.818
	106	-181.370	-50.220	0.840	0.333	-231.590	-245.239
	107	-216.000	-67.541	0.840	0.333	-283.541	-298.558
	108	-249.650	-86.839	0.840	0.333	-336.489	-352.441
	109	-277.875	-107.880	0.840	0.333	-385.755	-401.714
	110	-302.470	-130.433	0.840	0.333	-432.903	-448.192

**TABEL 5.12 MOMEN KOMBINASI DI BENTANG 1  
PADA GELAGAR INTERIOR**

Bentang	Lokasi	Momen Ms (kN m)				mg <sub>m</sub> (LL+IM) (kN m)	Mu (kN m)
		Wg	DC	Diagfragma	DW		
1	100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	101	356.280	613.330	45.160	100.880	783.123	2227.653
	102	602.940	1037.900	90.321	170.720	1343.275	3816.233
	103	739.970	1273.800	135.480	209.520	2649.175	6376.339
	104	767.380	1321.000	135.480	217.280	1840.555	5099.117
	105	685.160	1179.500	112.900	194.000	1763.074	4742.286
	106	493.310	849.230	90.320	139.680	1620.928	4009.552
	107	191.840	330.260	45.161	54.319	1254.780	2609.289
	108	-219.250	-377.440	-45.160	-62.079	728.724	621.204
	109	-739.970	-1273.800	-135.480	-209.520	-960.728	-3569.296
	110	-1370.300	-2359.000	-225.800	-387.990	-1070.312	-5401.729

Catatan :  $M_c = \eta(1.25DC + 1.50DW + 1.75(LL + IM))$

**TABEL 5.13 GAYA GESER KOMBINASI DI BENTANG 1  
PADA GELAGAR INTERIOR**

Bentang	Lokasi	Gaya geser Vs (kN)				mg <sub>v</sub> (LL+IM) (kN m)	Vu (kN)
		Wg	DC	Diagfragma	DW		
1	100	164.440	283.080	18.064	46.559	398.427	1086.340
	101	120.590	207.590	18.064	34.143	336.520	876.082
	102	76.738	132.100	18.064	21.728	266.096	651.667
	103	32.887	56.615	18.064	9.312	215.923	460.923
	104	-10.963	-18.872	-9.032	-3.104	160.634	229.495
	105	-54.813	-94.359	-9.032	-15.520	-188.818	-458.803
	106	-98.663	-169.850	-9.032	-27.935	-245.239	-659.940
	107	-142.510	-245.330	-36.128	-40.351	-298.558	-888.084
	108	-186.360	-320.820	-36.128	-52.767	-352.441	-1085.002
	109	-230.210	-396.310	-36.128	-65.183	-401.714	-1274.255
	110	-274.060	-471.800	-36.128	-77.598	-448.192	-1458.861

Catatan :  $V_u = \eta(1.25DC + 1.50DW + 1.75(LL + IM))$

### 1. Gelagar interior

DC (beban mati akibat komponen struktur dan non struktur)

$$\begin{aligned} \text{Berat beton} &= (2400 \text{ kg/m}^3) \times (9,81 \text{ m/det}^2) \times (10^{-9}) \\ &= 2,3544 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^3 \end{aligned}$$

- Slab (tebal 20 cm)  $= (2,3544 \times 10^{-5})(200)(2500)$   
 $= 11,7720 \text{ N/mm'}$
- Haunch (50 mm)  $= (2,3544 \times 10^{-5})(50)(750)$   
 $= 0,8829 \text{ N/mm'}$
- Gelagar  $= (2,3544 \times 10^{-5})(745000)$   
 $= 17,54 \text{ N/mm'}$
- Beban mati total (DC) per mm'  $= 30,1949 \text{ N/mm'}$

Diasumsikan diagfragma mempunyai tinggi 1550 mm dan tebal 300 mm

- Diagfragma  $= (2,3544 \times 10^{-5})(1550)(300)(2500-25)$   
 $= 27096,2010 \text{ N}$

DW (beban mati akibat lapisan perkerasan jalan)

- Perkerasan aspal tebal 90 mm  
 $= (2250 \text{ kg/m}^3)(10^{-9})(90 \text{ mm})(2500 \text{ mm})(9,81 \text{ m/det}^2)$   
 $= 4,9663 \text{ N/mm'}$

### 2. Gelagar exterior

DC 1 (beban mati akibat komponen struktur dan non struktur)

- Overhang  $= (1100)(300)(2,3544 \times 10^{-5})$   
 $= 8,3635 \text{ N/mm'}$



$$= 8,3635 \text{ kN} / \text{m}'$$

- Slab  $= (1850)(200)(2,3544 \times 10^{-5})$

$$= 8,7113 \text{ N} / \text{mm}'$$

- Haunch (50 mm)  $= (2,3544 \times 10^{-5})(50)(750)$

$$= 0,8829 \text{ N} / \text{mm}'$$

- Gelagar  $= (2,3544 \times 10^{-5})(745000)$

$$= 17,54 \text{ N} / \text{mm}'$$

- Beban mati total (DC 1) per  $\text{mm}' = 35,4977 \text{ N} / \text{mm}' = 35,4977 \text{ kN} / \text{m}'$

Diasumsikan diagfragma mempunyai tinggi 1550 mm dan tebal 300 mm

- Diagfragma  $= (2,3544 \times 10^{-5})(1550)(300)(2500-25)/2$

$$= 13548,1005 \text{ N}$$

DC 2 (beban mati akibat komponen struktur dan non struktur)

- Barrier  $= 4,65 \text{ N} / \text{mm}'$

DW (beban mati akibat lapisan perkerasan jalan)

- Perkerasan aspal tebal 90 mm

$$= (2250 \text{ kg} / \text{m}^3)(10^{-9})(90 \text{ mm})(1250+600 \text{ mm})(9,81 \text{ m} / \text{det}^2)$$

$$= 3,6751 \text{ N} / \text{mm}'$$

### 5.3.3 Rangkuman akibat beban-beban yang bekerja

#### 5.3.3.1 Gelagar interior

$$mg_M = 0,76379$$

$$mg_V = 0,8339$$

$$IM^{TR} = 33 \%$$

$$IM^{LV} = 0$$

$$w_g = 17,54 \text{ N} / \text{mm}'$$

$$DC 1 = 30,1949$$

$$DW = 4,9663 \text{ N/mm'}$$

$$\text{Diafragma} = 27096,2010 \text{ N}$$

### 5.3.3.2 Gelagar exterior

$$mg_M = 0,76379$$

$$mg_V = 0,8339$$

$$IM^{TR} = 33 \%$$

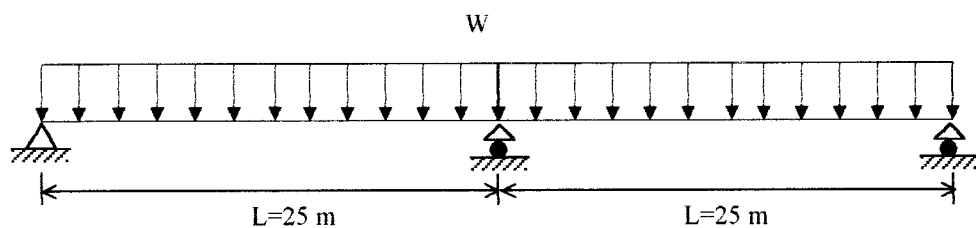
$$IM^{LN} = 0$$

$$w_g = 17,54 \text{ N/mm'}$$

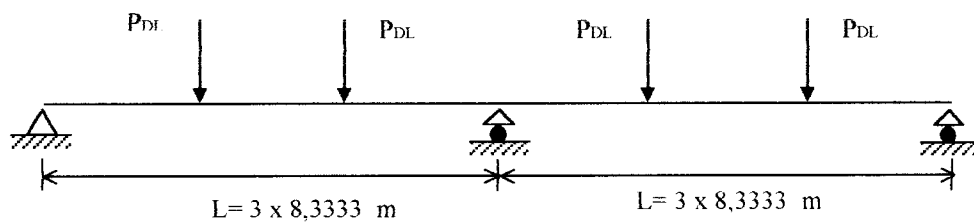
$$DC 1 = 30,1949$$

$$DW = 4,9663 \text{ N/mm'}$$

$$\text{Diafragma} = 27096,2010 \text{ N}$$



**Gambar 5.8** Gelagar jembatan akibat beban merata



**Gambar 5.9** Gelagar jembatan akibat beban terpusat

## 5.4 Keadaan Batas Layan

### 5.4.1 Menyelidiki Keadaan Batas Layan

#### 1. Batas Tegangan Tendon Prategang

$$f_{pu} = 1860 \text{ Mpa (low-relaxation 12.5 mm, seven-wire strands)}$$

$$A = 98.71 \text{ mm}^2 \text{ (Tabel)}$$

$$E_p = 197\,000 \text{ MPa}$$

Untuk tipe penarikan *post-tensioning*

$$\text{Saat penarikan (jacking)} \quad f_{pj} = 0,80 \quad f_{pu} = 0,80 (1860) = 1488 \text{ MPa}$$

$$\text{Setelah transfer} \quad f_{pt} = 0,74 \quad f_{pu} = 0,74 (1860) = 1376,40 \text{ MPa}$$

$$f_{py} = 0,90 \quad f_{pu} = 0,90 (1860) = 1674 \text{ MPa}$$

$$\text{Setelah kehilangan gaya} \quad f_{pe} = 0,80 \quad f_{py} = 0,80 (1674) = 1339,20 \text{ MPa}$$

## 2. Batas Tegangan Beton

$$f'_c = 40 \text{ MPa (Kuat desak beton saat berumur 28 hari)}$$

$$f'_{ci} = 0,75 \quad f'_c = 0,75 (40) = 30 \text{ MPa (Kuat desak beton saat penarikan awal)}$$

Tegangan sementara sebelum kehilangan gaya prategang (*post-tensioning*)

$$\text{Tegangan desak} \quad f_{ci} = 0,55 \quad f'_{ci} = 0,55 (30) = 16,50 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan tarik} \quad f_{ti} = 0,25 \sqrt{f'_{ci}} = 0,25 \sqrt{30} = 1,369 \text{ MPa} < 1,38 \text{ MPa}$$

$$\text{Gunakan } f_{ti} = 1,369 \text{ MPa}$$

Tegangan pada saat batas layan (*post tensioning*)

$$\text{Tegangan desak} \quad f_c = 0,45 \quad f'_c = 0,45 (40) = 18 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan tarik} \quad f_t = 0,50 \sqrt{f'_c} = 0,50 \sqrt{40} = 3,1613 \text{ MPa (service III)}$$

### **Modulus elastis**

$$E_{ci} = 4800 \sqrt{f'_{ci}} = 4800 \sqrt{30} = 26290,6828 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4800 \sqrt{f'_c} = 4800 \sqrt{40} = 30357,8655 \text{ Mpa}$$

### 3. Memilih Tendon Prategang Awal

*Section properties* gelagar jembatan adalah sebagai berikut :

$$A_g = 745000 \text{ mm}^2$$

$$I_g = 3939469958 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

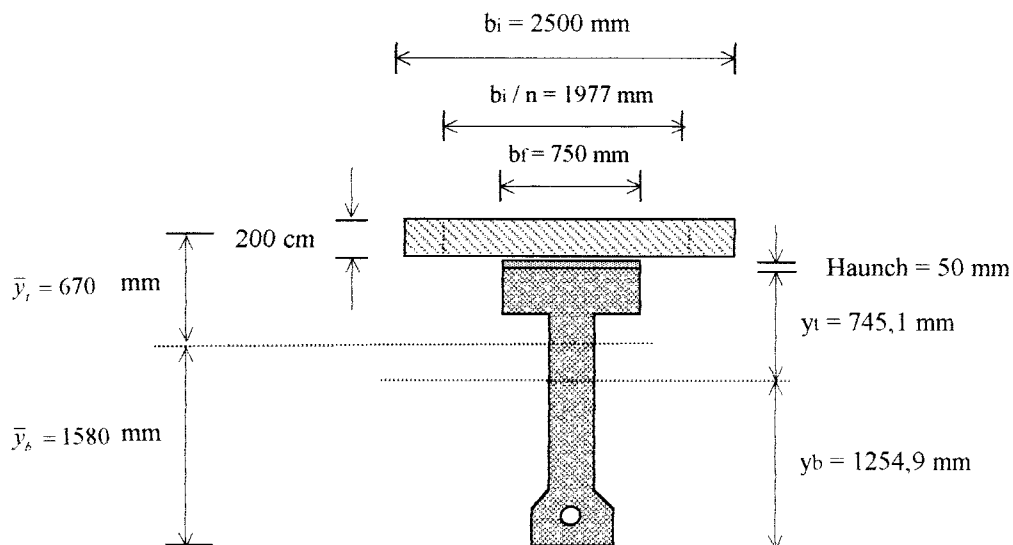
$$S_{tg} = \frac{I_g}{y_{tg}} = \frac{393,9469958 \times 10^9}{745,1} = 528,7169 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_{bg} = \frac{I_g}{y_{bg}} = \frac{393,9469958 \times 10^9}{1254,9} = 313,927 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

*Section properties* gelagar komposit interior (Gambar 5.10 ) sebagai berikut :

Jarak garis netral terhadap bagian atas slab :

$$\bar{y} = \frac{395400(100) + 37500(225) + 745000(995,1)}{395400 + 37500 + 745000} = 670,1138 \text{ mm}$$



**Gambar 5.10** *Section propertis gelagar interior*

$$I_c = \frac{1}{12}(1977)(200^3) + (395400 \times 570^2) + \frac{1}{12}(750)(50^3) + (37500 \times 445^2) \\ + (393,9469958 \times 10^9) + (745000 \times 325,1^2)$$

$$= 609,90326 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$S_{ic} = \frac{I_c}{y_{ic}} = \frac{609,90326 \times 10^9}{670} = 910,3034 \times 10^6 \text{ mm}^3 \text{ (bagian atas slab)}$$

$$S_{ic} = \frac{I_c}{y_{ic}} = \frac{609,90326 \times 10^9}{420} = 1452,151 \times 10^6 \text{ mm}^3 \text{ (bagian atas gelagar)}$$

$$S_{bc} = \frac{I_c}{y_{bc}} = \frac{609,90326 \times 10^9}{1580} = 386,0147 \times 10^6 \text{ mm}^3 \text{ (bag. bawah gelagar)}$$

Analisis pendahuluan gelagar *interior* pada posisi 103

$$f_{bg} = -\frac{F_f}{A_g} - \frac{F_f e_g}{S_{bg}} + \frac{M_{dg} + M_{ds}}{S_{bg}} + \frac{M_{da} + M_L}{S_{bc}} \leq 3,1613 \text{ MPa}$$

$M_{dg}$  = Momen yang disebabkan oleh berat sendiri girder

$$= 739,970 \text{ kN m}$$

$M_{ds}$  = Momen yg disebabkan beban mati beton basah & diafragma

$$= (1273,80 + 135,48) - 739,97 = 669,310 \text{ kN m}$$

$M_{da}$  = Momen yang disebabkan oleh tambahan beban mati setelah

beton mengeras = 209,52 kN m

$M_L$  = Momen disebabkan oleh beban hidup + beban kejut (service III)

$$= 0,8 \times 2649,175 \text{ kN m} = 2119,34 \text{ kN m}$$

$e_g$  = jarak dari pusat berat gelagar ke pusat berat tendon

$$= 745,1 - 100 = 645,1 \text{ mm}$$

$$f_{bg} = -\frac{F_f}{745000} - \frac{F_f(645,1)}{313,927 \times 10^6} + \frac{(739,970 + 669,31) \times 10^6}{313,927 \times 10^6} \leq 3,1613 \text{ MPa}$$

$$F_f = 4511130,12 \text{ N} = 4511,1301 \text{ kN}$$

Diasumsikan kehilangan gaya prategang pada tendon adalah  $0,60 f_{pu}$   
 $= 0,60 \times (1860) = 1116 \text{ MPa} = 1116 \text{ N/mm}^2$

$$A_{ps} \geq \frac{F_f}{0,60 f_{pu}} = \frac{4511,13 \times 10^3}{1116} = 4042 \text{ mm}^2$$

Menurut Collins and Mitchell (1991) untuk syarat kekuatan yang baik dapat digunakan pendekatan sebagai berikut :

$$\phi Mn = \phi (A_{ps} \times 0,95 f_{pu} + A_s f_y) \times 0,9h \geq M_u$$

Dengan

$$\phi = 1,0 \text{ (Untuk beton prategang)}$$

$$\text{PPR} = 1,0 \text{ (prestress ratio)}$$

$$h = \text{tinggi total potongan melintang komposit} = 2250 \text{ mm}$$

$$M_u = \text{momen terfaktor Strength I}$$

$$A_{ps} \geq \frac{M_u}{\phi \times 0,90 \times f_{pu} \times (0,90 \times h)} = \frac{6376,339 \times 10^6}{1,0 \times 0,90 \times 1860 \times 0,9 \times 2250}$$

$$A_{ps} = 4042 \text{ mm}^2 \geq 1881 \text{ mm}^2$$

Gunakan tendon 44 - 12,70 mm<sup>2</sup> (  $A_{ps} = 44 \times 98,71 = 4343,24 \text{ mm}^2$  ).

## 5.5 Perhitungan Kehilangan Gaya Prategang

### 5.5.1 Pendahuluan

Kehilangan gaya prategang tipe beton prategang pasca-tarik dapat terjadi akibat perpendekan elastis beton (*elastic shortening*), gesekan (*friction*), slip ankur, relaksasi, rangkak (*creep*), penyusutan (*shrinkage*).

### 5.5.2 Kehilangan gaya prategang jangka pendek

#### A. Perpendekan elastis (*Elastic shortening*) $\Delta f_{pES}$

$$f_{pES} = -\frac{F_i}{A_g} - \frac{F_i \times e_n \times y_{(n-1)}}{I_g}$$

dengan :

$e_n$  = jarak dari pusat berat tendon (n) ke pusat berat gelagar

$A_g$  = luas penampang gelagar

$I_g$  = inersia gelagar

$y_{(n-1)}$  = jarak pusat tendon (n-1) terhadap pusat berat gelagar

$$\Delta f_{pES} = \frac{E_p}{E_{ci}} \sum f_{pES}$$

dengan

$$E_p = 197000 \text{ MPa}$$

$$E_{ci} = 4800\sqrt{30} = 26290,6828 \text{ MPa}$$

1.1 Saat kabel selubung 1 (terdiri dari 10 kabel) di tarik lalu di angkurkan

Maka tidak terjadi kehilangan gaya prategang.

1.2 Saat kabel selubung 2 (terdiri dari 12 kabel) di tarik lalu diangkurkan

Terjadi kehilangan gaya prategang di lokasi kabel 1 adalah :

$$F_{i-1} = 0,70 f_{pu} A_{ps} = 0,70(1860)(10)(98,71) = 1285,2 \text{ kN}$$

Pada tumpuan di lokasi 100 dan 210

$$f_{pES1} = -\frac{1285,2 \times 10^3}{745000} + \frac{(1285,2 \times 10^3) \times 0 \times 300}{393,947 \times 10^9}$$

= - 1,7251 MPa (tanda negatif menunjukkan perpendekan elastis)

a. Pada lokasi 104 dan 206

$$f_{pES1} = -\frac{1285,2 \times 10^3}{745000} - \frac{(1285,2 \times 10^3) \times 1154,9^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 6,0764 \text{ MPa}$$

c. Pada di lokasi 110

$$f_{pES1} = -\frac{1285,2 \times 10^3}{745000} + \frac{(1285,2 \times 10^3) \times 645^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 0.3679 \text{ MPa}$$

1.3 Saat kabel selubung 3 (terdiri 12 kabel) ditarik lalu diangkurkan

Terjadi kehilangan gaya prategang pada lokasi tendon 1 dan 2.

$$F_{i-1} = 0,70 f_{pu} A_{ps} = 0,70(1860)(10)(98,71) = 1285,2 \text{ kN}$$

$$F_{i-2} = 0,70 f_{pu} A_{ps} = 0,70(1860)(12)(98,71) = 1542,245 \text{ kN}$$

a. Pada tumpuan di lokasi 100 dan 210

$$f_{pES1} = -\frac{1285,2 \times 10^3}{745000} + \frac{(1285,2 \times 10^3) \times 300^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 1,4315 \text{ MPa}$$

$$f_{pES2} = -\frac{1542,245 \times 10^3}{745000} - \frac{(1542,245 \times 10^3) \times 300 \times 0}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 3,4795 \text{ MPa}$$

b. Pada lokasi 104 dan 206

$$f_{pES1} = -\frac{1285,2 \times 10^3}{745000} - \frac{(1285,2 \times 10^3) \times 1154,9^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 6,0764 \text{ MPa}$$



$$f_{pES2} = -\frac{1542,245 \times 10^3}{745000} - \frac{(1542,245 \times 10^3) \times 1154,9^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 7,2917 \text{ MPa}$$

c. Pada di lokasi 110

$$f_{pES1} = -\frac{1285,2 \times 10^3}{745000} + \frac{(1285,2 \times 10^3) \times 645,0^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 0.3679 \text{ MPa}$$

$$f_{pES2} = -\frac{1542,245 \times 10^3}{745000} + \frac{(1542,245 \times 10^3) \times 645,0^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 0,4413 \text{ MPa}$$

1.4 Saat kabel selubung 4 (terdiri dari 10 kabel) 1 di tarik lalu diangkurkan.

Terjadi kehilangan gaya prategang pada lokasi tendon 1,2 dan 3.

$$F_{i-1} = 0,70 f_{pu} A_{ps} = 0,70(1860)(10)(98,71) = 1285,2 \text{ kN}$$

$$F_{i-2} = 0,70 f_{pu} A_{ps} = 0,70(1860)(12)(98,71) = 1542,245 \text{ kN}$$

$$F_{i-3} = 0,70 f_{pu} A_{ps} = 0,70(1860)(12)(98,71) = 1542,245 \text{ kN}$$

a. Pada tumpuan di lokasi 100 dan 210

$$f_{pES1} = -\frac{1285,2 \times 10^3}{745000} + \frac{(1285,2 \times 10^3) \times 600 \times 300}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 1,1379 \text{ MPa}$$

$$f_{pES2} = -\frac{1542,245 \times 10^3}{745000} - \frac{(1542,245 \times 10^3) \times 600 \times 0}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 2,0701 \text{ MPa}$$

$$f_{pES3} = -\frac{1542,245 \times 10^3}{745000} - \frac{(1542,245 \times 10^3) \times 600 \times 300}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 2,7748 \text{ Mpa}$$

b. Pada lokasi 104 dan 206

$$f_{pES1} = -\frac{1285,2 \times 10^3}{745000} - \frac{(1285,2 \times 10^3) \times 1154,9^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 6,0764 \text{ MPa}$$

$$f_{pES2} = -\frac{1542,245 \times 10^3}{745000} - \frac{(1542,245 \times 10^3) \times 1154,9^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 7,2877 \text{ MPa}$$

$$f_{pES3} = -\frac{1542,245 \times 10^3}{745000} - \frac{(1542,245 \times 10^3) \times 1154,9^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 7,2877 \text{ Mpa}$$

c. Pada di lokasi 110

$$f_{pES1} = -\frac{1285,2 \times 10^3}{745000} + \frac{(1285,2 \times 10^3) \times 645,0^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 0,3679 \text{ MPa}$$

$$f_{pES2} = -\frac{1542,245 \times 10^3}{745000} + \frac{(1542,245 \times 10^3) \times 645,0^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 0,4413 \text{ MPa}$$

$$f_{pES3} = -\frac{1542,245 \times 10^3}{745000} + \frac{(1542,245 \times 10^3) \times 645,0^2}{393,947 \times 10^9}$$

$$= - 0,4413 \text{ MPa}$$

Kehilangan gaya prategang total akibat perpindahan elastis dapat dilihat pada Tabel 5.14 dan Tabel 5.15.

## B. Gesekan (*friction*) Standard ACI

$$P_s = P_x \times e^{-(\mu\alpha + kL)}$$

$P_s$  = harga pratekan pada ujung kabel (dongkrak)

$P_x$  = gaya pratekan pada posisi  $x$  dari ujung kabel

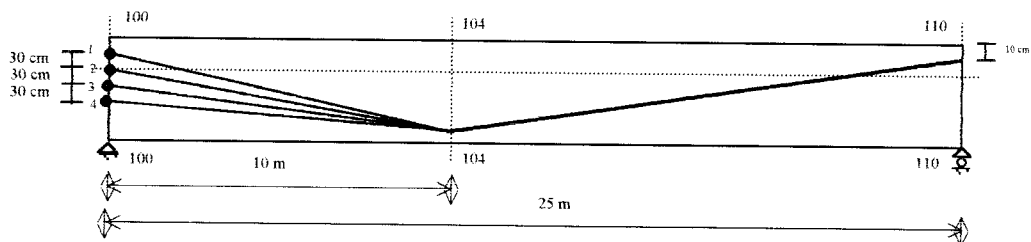
$L$  = panjang kabel yang diukur dari ujung kabel ke lokasi  $x$

$k$  = *wobble effect* (diambil = 0,0026 /m')

$\mu$  = koefisien gesek kabel dan material (diambil = 0,15)

$\alpha$  = sudut kabel (radian)

Kabel ditarik dari 1 arah yaitu 100



**Gambar 5.11** Letak tendon pada bentang 1 (titik 100 – 110)

### 1. Mencari sudut rotasi

#### a. Sudut pada lokasi 100 s/d 104

$$\phi_{(100-104)1} = \frac{145,5}{1000} = 0,1455 \quad (\text{kabel 1})$$

$$\phi_{(100-104)2} = \frac{115,491}{1000} = 0,115 \quad (\text{kabel 2})$$

$$\phi_{(100-104)3} = \frac{85,49}{1000} = 0,0855 \quad (\text{kabel 3})$$

$$\phi_{(100-104)4} = \frac{55,49}{1000} = 0,0555 \quad (\text{kabel 4})$$

**TABEL 5.14 KEHILANGAN TEGANGAN (LOSS)  
AKIBAT PERPENDEKAN ELASTIS BETON**

Loss yang terjadi saat tendon di selubung 1 ditarik lalu diangkurkan (MPa)				
Keterangan	Tendon di selubung 1	Tendon di selubung 2	Tendon di selubung 3	Tendon di selubung 4
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 100	0.00	0.00	0.00	0.00
Tegangan beton pada lokasi 104	0.00	0.00	0.00	0.00
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 110	0.00	0.00	0.00	0.00
Tegangan beton pada lokasi 206	0.00	0.00	0.00	0.00
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 210	0.00	0.00	0.00	0.00

Loss yang terjadi saat tendon di selubung 2 ditarik lalu diangkurkan (MPa)				
Keterangan	Tendon di selubung 1	Tendon di selubung 2	Tendon di selubung 3	Tendon di selubung 4
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 100	1,7251	0	0	0
Tegangan beton pada lokasi 104	6,0764	0	0	0
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 110	0.3679	0	0	0
Tegangan beton pada lokasi 206	6,0764	0	0	0
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 210	1,7251	0	0	0

**KEHILANGAN TEGANGAN (LOSS)  
AKIBAT PERPENDEKAN ELASTIS BETON (Lanjutan)**

<i>Loss yang terjadi saat tendon di selubung 3 ditarik lalu diangkurkan (MPa)</i>				
<i>Keterangan</i>	<i>Tendon di selubung 1</i>	<i>Tendon di selubung 2</i>	<i>Tendon di selubung 3</i>	<i>Tendon di selubung 4</i>
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 100	1,4315	3,4795	0	0
Tegangan beton pada lokasi 104	6,0764	7,2917	0	0
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 110	0,3679	0,4413	0	0
Tegangan beton pada lokasi 206	6,0764	7,2917	0	0
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 210	1,4315	3,4795	0	0

<i>Loss yang terjadi saat tendon di selubung 4 ditarik lalu diangkurkan (MPa)</i>				
<i>Keterangan</i>	<i>Tendon di selubung 1</i>	<i>Tendon di selubung 2</i>	<i>Tendon di selubung 3</i>	<i>Tendon di selubung 4</i>
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 100	1,1379	2,0721	2,7748	0
Tegangan beton pada lokasi 104	2,0764	7,2877	7,2877	0
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 110	0,3679	0,4413	0,4413	0
Tegangan beton pada lokasi 206	2,0764	7,2877	7,2877	0
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 210	1,1379	2,0721	2,7748	0

**TABEL 5.15 TOTAL PROSENTASE KEHILANGAN TEGANGAN (LOSS)  
AKIBAT PERPENDEKAN ELASTIS BETON**

Total loss yang terjadi saat tendon di masing-masing selubung ditarik lalu diangkurkan				
Keterangan	Tendon di selubung 1	Tendon di selubung 2	Tendon di selubung 3	Tendon di selubung 4
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 100	4.29	5.55	2.77	0.00
Tegangan beton pada lokasi 104	14.23	14.58	7.29	0.00
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 110	1.10	0.88	0.44	0.00
Tegangan beton pada lokasi 206	14.23	14.58	7.29	0.00
Tegangan beton pada dukungan di lokasi 210	4.29	5.55	2.77	0.00
Loss rata-rata(MPa)	7.63	8.23	4.11	0.00
<b>% Loss</b>	<b>4.39</b>	<b>4.74</b>	<b>2.37</b>	<b>0.00</b>

b. Sudut pada lokasi 104 s/d 110

$$\phi_{(104-110)1} = \phi_{(104-110)2} = \phi_{(104-110)3} = \phi_{(104-110)4} = \frac{180}{1500} = 0,1200$$

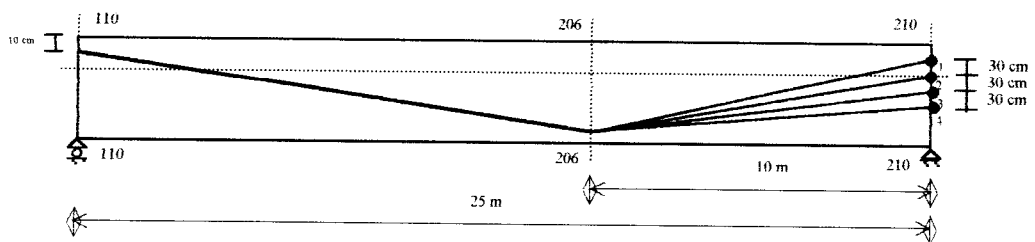
c. Perubahan sudut di lokasi 104 adalah  $\phi_{104} = \phi_{100-104} + \phi_{104-110}$

$$\phi_{104-1} = 0,1455 + 0,120 = 0,2655$$

$$\phi_{104-2} = 0,1150 + 0,120 = 0,2350$$

$$\phi_{104-3} = 0,0855 + 0,120 = 0,2055$$

$$\phi_{104-4} = 0,0555 + 0,120 = 0,1755$$



**Gambar 5.12** Letak tendon pada bentang 2 (titik 110 – 210)

d. Sudut pada lokasi 206 s/d 210

$$\phi_{(206-210)1} = \frac{145,5}{1000} = 0,1455 \text{ (kabel 1)}$$

$$\phi_{(206-210)2} = \frac{115,491}{1000} = 0,115 \text{ (kabel 2)}$$

$$\phi_{(206-210)3} = \frac{85,49}{1000} = 0,0855 \text{ (kabel 3)}$$

$$\phi_{(206-210)4} = \frac{55,49}{1000} = 0,0555 \text{ (kabel 4)}$$

e. Sudut pada lokasi 110 s/d 206

$$\phi_{(110-206)1} = \phi_{(110-206)2} = \phi_{(110-206)3} = \phi_{(110-206)4} = \frac{180}{1500} = 0,1200$$

f. Perubahan sudut di lokasi 206 adalah

$$\phi_{206} = \phi_{110-206} + \phi_{206-210}$$

$$\phi_{206-1} = 0,1455 + 0,120 = 0,2655$$

$$\phi_{206-2} = 0,1150 + 0,120 = 0,2350$$

$$\phi_{206-3} = 0,0855 + 0,120 = 0,2055$$

$$\phi_{206-4} = 0,0555 + 0,120 = 0,1755$$

g. Tinjau kabel pada dukungan 110

$$\phi_{110} = \phi_{104-110} + \phi_{110-206}$$

$$\phi_{110-1} = \phi_{110-2} = \phi_{110-3} = \phi_{110-4} = 0,12 + 0,12 = 0,24$$

2. Kehilangan gaya prategang saat ditarik dari 100 (Tabel 5.16, 5.17a, 5.17b).

C. Slip Pada Angkur

Menurut *T.Y. Lin* dan *Ned H. Burns* rumus umum menghitung kehilangan gaya prategang akibat slip angkur adalah :

$$ACH = \Delta f_s = \frac{\Delta_c E_s}{L}$$

$\Delta_c$  = deformasi pengangkuran / slip

$E_s = E_p$  = modulus elastis kabel = 197000 MPa

L = panjang kabel

1. Kabel pada selubung 1

$$L = 2 \times (15107,6 + 10120,2) = 50455,60 \text{ mm}$$



$$f_i = 0,7 \cdot f_{pu} = 0,7 \times 1860 = 1302 \text{ Mpa}$$

Maka perpanjangan total untuk tendon 1

$$\Delta_a = \frac{1302 \times 50455,60}{197000} = 333,5 \text{ mm}$$

Asumsi slip terjadi sebesar 2,5 mm maka loss akibat slip sebesar

$$\Delta f_s = \frac{2,5}{333,5} \times 100\% = 0,7496 \%$$

2. Kabel pada selubung 2

$$L = 2 \times (15107,614 + 10078,431) = 50372,1 \text{ mm}$$

$$f_i = 0,7 \cdot f_{pu} = 0,7 \times 1860 = 1302 \text{ Mpa}$$

Maka perpanjangan total untuk tendon 1

$$\Delta_a = \frac{1302 \times 50372,1}{197000} = 332,916 \text{ mm}$$

Asumsi slip terjadi sebesar 2,5 mm maka loss akibat slip sebesar

$$\Delta f_s = \frac{2,5}{332,916} \times 100\% = 0,7509 \%$$

3. Kabel pada selubung 3

$$L = 2 \times (15107,6 + 10045,49) = 50306,2 \text{ mm}$$

$$f_i = 0,7 \cdot f_{pu} = 0,7 \times 1860 = 1302 \text{ Mpa}$$

Maka perpanjangan total untuk tendon 1

$$\Delta_a = \frac{1302 \times 50306,18}{197000} = 332,48 \text{ mm}$$

Asumsi slip terjadi sebesar 2,5 mm maka loss akibat slip sebesar

$$\Delta f_s = \frac{2,5}{332,48} \times 100\% = 0,7519 \%$$

**TABEL 5.16 KEHILANGAN PRATEGANG  
AKIBAT GESEKAN SUATU TENDON DENGAN SELUBUNG BETON  
KABEL DITARIK DARI TUMPUAN DI LOKASI 100**

Tendon / kabel di selubung 1								
Segmen titik	L (m)	$k \cdot L$	$\alpha$ (radian)	$\mu \cdot \alpha$	$k \cdot L + \mu \cdot \alpha$	$e^{-(k \cdot L + \mu \cdot \alpha)}$	Gaya pratekan pada ujung segmen	Loss di ujung segmen (%)
100 - 104	10	0.026	0	0.0000	0.0260	0.9743	Pi	2.5665
104	0	0	0.2655	0.0398	0.0398	0.9610	Pi	6.3706
104 - 110	15	0.039	0	0.0000	0.0390	0.9618	Pi	9.9519
110	0	0	0.24	0.0360	0.0360	0.9646	Pi	13.1360
110 - 206	15	0.039	0	0.0000	0.0390	0.9618	Pi	16.4585
206	0	0	0.2655	0.0398	0.0398	0.9610	Pi	19.7201
206 - 210	10	0.026	0	0.0000	0.0260	0.9743	Pi	21.7805

Tendon / kabel di selubung 2								
Segmen titik	L (m)	$k \cdot L$	$\alpha$ (radian)	$\mu \cdot \alpha$	$k \cdot L + \mu \cdot \alpha$	$e^{-(k \cdot L + \mu \cdot \alpha)}$	Gaya pratekan pada ujung segmen	Loss di ujung segmen (%)
100 - 104	10	0.026	0	0.0000	0.0260	0.9743	Pi	2.5665
104	0	0	0.235	0.0353	0.0353	0.9654	Pi	5.9412
104 - 110	15	0.039	0	0.0000	0.0390	0.9618	Pi	9.5389
110	0	0	0.24	0.0360	0.0360	0.9646	Pi	12.7376
110 - 206	15	0.039	0	0.0000	0.0390	0.9618	Pi	16.0754
206	0	0	0.235	0.0353	0.0353	0.9654	Pi	18.9822
206 - 210	10	0.026	0	0.0000	0.0260	0.9743	Pi	21.0615

**TABEL KEHILANGAN PRATEGANG (Lanjutan)**  
**AKIBAT GESEKAN SUATU TENDON DENGAN SELUBUNG BETON**  
**KABEL DITARIK DARI TUMPUAN DI LOKASI 100**

Tendon / kabel di selubung 3								
Segmen titik	L (m)	$k \cdot L$	$\alpha$ (radian)	$\mu \cdot \alpha$	$k \cdot L + \mu \cdot \alpha$	$e^{-(k \cdot L + \mu \cdot \alpha)}$	Gaya pratekan pada ujung segmen	Loss di ujung segmen (%)
100 - 104	10	0.026	0	0.0000	0.0260	0.9743	0.9743 Pi	2.5665
104	0	0	0.2055	0.0308	0.0308	0.9696	0.9448 Pi	5.5241
104 - 110	15	0.039	0	0.0000	0.0390	0.9618	0.9086 Pi	9.1378
110	0	0	0.24	0.0360	0.0360	0.9646	0.8765 Pi	12.3506
110 - 206	15	0.039	0	0.0000	0.0390	0.9618	0.8430 Pi	15.7032
206	0	0	0.2055	0.0308	0.0308	0.9696	0.8174 Pi	18.2620
206 - 210	10	0.026	0	0.0000	0.0260	0.9743	0.7964 Pi	20.3598

Tendon / kabel di selubung 4								
Segmen titik	L (m)	$k \cdot L$	$\alpha$ (radian)	$\mu \cdot \alpha$	$k \cdot L + \mu \cdot \alpha$	$e^{-(k \cdot L + \mu \cdot \alpha)}$	Gaya pratekan pada ujung segmen	Loss di ujung segmen (%)
100 - 104	10	0.026	0	0.0000	0.0260	0.9743	0.9743 Pi	2.5665
104	0	0	0.1755	0.0263	0.0263	0.9740	0.9490 Pi	5.0980
104 - 110	15	0.039	0	0.0000	0.0390	0.9618	0.9127 Pi	8.7280
110	0	0	0.24	0.0360	0.0360	0.9646	0.8804 Pi	11.9553
110 - 206	15	0.039	0	0.0000	0.0390	0.9618	0.8468 Pi	15.3230
206	0	0	0.1755	0.0263	0.0263	0.9740	0.8248 Pi	17.5230
206 - 210	10	0.026	0	0.0000	0.0260	0.9743	0.8036 Pi	19.6398

4. Kabel pada selubung 4

$$L = 2 \times (15107,6 + 10042,89) = 50300,98\text{mm}$$

$$f_i = 0,7 \cdot f_{pu} = 0,7 \times 1860 = 1302 \text{ Mpa}$$

Maka perpanjangan total untuk tendon 1

$$\Delta_a = \frac{1302 \times 50300,98}{197000} = 332,446 \text{ mm}$$

Asumsi slip terjadi sebesar 2,5 mm maka loss akibat slip sebesar

$$\Delta f_s = \frac{2,5}{332,446} \times 100\% = 0,7520 \%$$

### 5.5.3 Total kehilangan jangka pendek

Kehilangan total gaya prategang jangka pendek adalah

$$\Delta f_{pT} = \Delta f_{pES1} + \Delta f_{pF} + \Delta f_{pACH}$$

dengan

$\Delta f_{pES}$  = kehilangan prategang akibat perpendekan elastis

$\Delta f_{pF}$  = kehilangan prategang akibat gesekan

$\Delta f_{pACH}$  = kehilangan prategang akibat slip angkur

Kehilangan prategang pada masing masing selubung dan lokasi tendon dapat dilihat pada Tabel 5.17 A.

### 5.5.4 Kehilangan gaya prategang jangka panjang

#### 5.5.4.1 Penyusutan (*shrinkage*)

Menurut T. Y. Lin rumus umum penyusutan adalah :

$$SH = \varepsilon_{sh} \cdot K_{sh} \cdot E_s$$

$$\varepsilon_{sh} = 8,2 \times 10^{-6} \left(1 - 0,06 \frac{v}{s}\right) (100 - RH)$$

Dengan

$v$  = volume gelagar

$s$  = luas selimut gelagar yang berhubungan dengan udara luar

$RH$  = *relative humidity* (kelembaban relatif) = 60%

$K_{sh} = 0,58$  (tabel)

$E_s = 197000$  MPa

$$\frac{v}{s} = \frac{7450}{(2 \times (25 + 135 + 20 + 20) + 75 + 65)} = 13,7963 \text{ cm} = 5,43 \text{ in}$$

$$\varepsilon_{sh} = 8,2 \times 10^{-6} (1 - 0,06 \cdot 5,43) (100 - 60) = 0,000221138$$

$$SH = 0,000221138 \cdot 0,58 \cdot 197000 = 25,267 \text{ MPa}$$

Prosentase kehilangan gaya prategang

$$\Delta f_{sSH} = \frac{SH}{0,7 \cdot f_{pu}} \times 100\%$$

$$\Delta f_{sSH} = \frac{25,267}{0,7 \cdot 1860} \times 100\% = 1,941 \%$$

#### 5.5.4.2 Relaksasi

Menurut PCI committee rumus umum relaksasi adalah :

$$RET = f_{st} \left( \frac{\log 24t - \log 24t_1}{10} \right) \left( \frac{f_{st}}{f_{pv}} - 0,55 \right)$$

Dengan

$f_{st}$  = tegangan tarik awal yang dikerjakan pada kabel

$$\left( \frac{f_{st}}{f_{py}} - 0,55 \right) \geq 0,05$$

- Saat transfer  $t_1 = 1$  hari sampai dengan saat beban hidup bekerja  $t = 1$  tahun

$$t_1 \text{ asumsi} = 1 \text{ hari} = 24 \text{ jam}$$

$$t = 1 \text{ tahun} = 365 \text{ hari} = 8760 \text{ jam}$$

$$f_{py} = 0,85 f_{pu} = 0,85 \cdot 1860 = 1581 \text{ MPa}$$

$$f_{st} = 0,75 f_{pu} = 0,75 \cdot 1860 = 1395 \text{ MPa}$$

$$RET = 1395 \left( \frac{\log 8760 - \log 24}{10} \right) \left( \frac{1395}{1581} - 0,55 \right)$$

$$RET = 118,796 \text{ Mpa}$$

Posentase kehilangan gaya prategang akibat relaksai tendon adalah

$$\Delta f_{pR} = \frac{118,796}{1395} \times 100\% = 8,5159 \%$$

### 5.5.5 Total kehilangan gaya prategang jangka panjang

Kehilangan total gaya prategang jangka panjang adalah

$$\Delta f_{pT} = \Delta f_{pSH} + \Delta f_{pR}$$

dengan

$\Delta f_{pSH}$  = kehilangan prategang akibat penyusutan beton

$\Delta f_{pR}$  = kehilangan prategang akibat relaksasi tendon

$$\Delta f_{pT} = 1,941 + 8,5159 = 10,4569 \%$$

Kehilangan prategang pada masing masing selubung dan lokasi tendon dapat dilihat pada Tabel 5.17 B.

**TABEL 5.17 A TOTAL KEHILANGAN TEGANGAN  
JANGKA PENDEK  
KABEL DITARIK DARI TUMPUAN DI LOKASI 100**

<b>Loss pada tendon / kabel di selubung 1</b>				
<i>Segmen titik</i>	Loss akibat gesekan	Loss akibat perpendekan elastis	Loss akibat slip ankur	Loss total (%)
100	0	4.39	0.7496	5.1396
100 - 104	2.5665	4.39	0.7496	7.7061
104	6.3706	4.39	0.7496	11.5102
104 - 110	9.9519	4.39	0.7496	15.0915
110	13.1360	4.39	0.7496	18.2756
110 - 206	16.4585	4.39	0.7496	21.5981
206	19.7200	4.39	0.7496	24.8596
206 - 210	21.7805	4.39	0.7496	26.9201
210	21.7805	4.39	0.7496	26.9201

<b>Loss pada tendon / kabel di selubung 2</b>				
<i>Segmen titik</i>	Loss akibat gesekan	Loss akibat perpendekan elastis	Loss akibat slip ankur	Loss total (%)
100	0	4.74	0.751	5.4910
100 - 104	2.5665	4.74	0.751	8.0575
104	5.9412	4.74	0.751	11.4322
104 - 110	9.5389	4.74	0.751	15.0299
110	12.7376	4.74	0.751	18.2286
110 - 206	16.0754	4.74	0.751	21.5664
206	18.9822	4.74	0.751	24.4732
206 - 210	21.0615	4.74	0.751	26.5525
210	21.0615	4.74	0.751	26.5525

**TABEL 5.17 A TOTAL KEHILANGAN TEGANGAN  
JANGKA PENDEK (Lanjutan)**

<b>Loss pada tendon / kabel di selubung 3</b>				
<i>Segmen titik</i>	Loss akibat gesekan	Loss akibat perpendekan elastis	Loss akibat slip ankur	Loss total (%)
100	0	2.37	0.7519	3.1219
100 - 104	2.5665	2.37	0.7519	5.6884
104	5.5241	2.37	0.7519	8.646
104 - 110	9.1378	2.37	0.7519	12.2597
110	12.3506	2.37	0.7519	15.4725
110 - 206	15.7032	2.37	0.7519	18.8251
206	18.2620	2.37	0.7519	21.3839
206 - 210	20.3598	2.37	0.7519	23.4817
210	20.3598	2.37	0.7519	23.4817

<b>Loss pada tendon / kabel di selubung 4</b>				
<i>Segmen titik</i>	Loss akibat gesekan	Loss akibat perpendekan elastis	Loss akibat slip ankur	Loss total (%)
100	0	0	0.752	0.752
100 - 104	2.5665	0	0.752	3.3185
104	5.0980	0	0.752	5.85
104 - 110	8.7280	0	0.752	9.48
110	11.9553	0	0.752	12.7073
110 - 206	15.3230	0	0.752	16.075
206	17.5230	0	0.752	18.275
206 - 210	19.6398	0	0.752	20.3918
210	19.6398	0	0.752	20.3918



**TABEL 5.17 B TOTAL KEHILANGAN  
JANGKA PANJANG  
KABEL DITARIK DARI TUMPUAN DI LOKASI 100**

<b>Loss pada tendon / kabel di selubung 1</b>			
<i>Segmen titik</i>	Loss akibat susut	Loss akibat relaksasi	Loss total (%)
100	1.941	8.5159	10.4569
100 - 104	1.941	8.5159	10.4569
104	1.941	8.5159	10.4569
104 - 110	1.941	8.5159	10.4569
110	1.941	8.5159	10.4569
110 - 206	1.941	8.5159	10.4569
206	1.941	8.5159	10.4569
206 - 210	1.941	8.5159	10.4569
210	1.941	8.5159	10.4569

<b>Loss pada tendon / kabel di selubung 2</b>			
<i>Segmen titik</i>	Loss akibat gesekan	Loss akibat perpendekan elastis	Loss total (%)
100	1.941	8.5159	10.4569
100 - 104	1.941	8.5159	10.4569
104	1.941	8.5159	10.4569
104 - 110	1.941	8.5159	10.4569
110	1.941	8.5159	10.4569
110 - 206	1.941	8.5159	10.4569
206	1.941	8.5159	10.4569
206 - 210	1.941	8.5159	10.4569
210	1.941	8.5159	10.4569

**TOTAL 5.17 B KEHILANGAN TEGANGAN  
JANGKA PANJANG (Lanjutan)**

<b>Loss pada tendon / kabel di selubung 3</b>			
<i>Segmen titik</i>	Loss akibat susut	Loss akibat relaksasi	Loss total (%)
100	1.941	8.5159	10.4569
100 - 104	1.941	8.5159	10.4569
104	1.941	8.5159	10.4569
104 - 110	1.941	8.5159	10.4569
110	1.941	8.5159	10.4569
110 - 206	1.941	8.5159	10.4569
206	1.941	8.5159	10.4569
206 - 210	1.941	8.5159	10.4569
210	1.941	8.5159	10.4569

<b>Loss pada tendon / kabel di selubung 4</b>			
<i>Segmen titik</i>	Loss akibat gesekan	Loss akibat perpendekan elastis	Loss total (%)
100	1.941	8.5159	10.4569
100 - 104	1.941	8.5159	10.4569
104	1.941	8.5159	10.4569
104 - 110	1.941	8.5159	10.4569
110	1.941	8.5159	10.4569
110 - 206	1.941	8.5159	10.4569
206	1.941	8.5159	10.4569
206 - 210	1.941	8.5159	10.4569
210	1.941	8.5159	10.4569

## 5.6 Kontrol Tegangan Gelagar

### 5.6.1 Kontrol Tegangan Gelagar Saat Transfer

Di asumsikan tendon ditarik saat beban gelagar dan slab / pelat lantai telah bekerja dan di cor secara monolit. Sehingga luas penampang dan inersia adalah penampang komposit antara gelagar dan platnya.

#### 5.6.1.1 Tegangan pada lokasi 104

Gaya prategang pada masing-masing selubung tendon dilokasi 104 setelah terjadi *loss* :

$$F_{i-1} = (1 - 11,5102\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,8849 \times 1285,20 \text{ kN} = 1137,271 \text{ kN}$$

$$F_{i-2} = (1 - 11,432\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,8857 \times 1542,245 \text{ kN} = 1365,932 \text{ kN}$$

$$F_{i-3} = (1 - 8,646\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,9135 \times 1542,245 \text{ kN} = 1408,9025 \text{ kN}$$

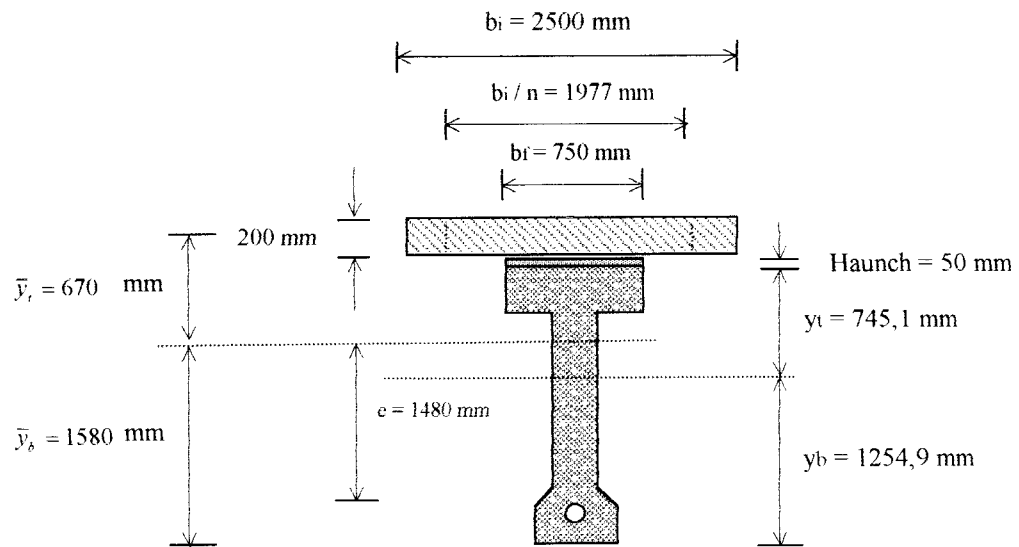
$$F_{i-4} = (1 - 5,850\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,9925 \times 1285,20 \text{ kN} = 1210,015 \text{ kN}$$

$$F_{TOTAL} = 1137,271 + 1365,932 + 1408,932 + 1210,015 = 5122,150 \text{ kN}$$

*Section properties* gelagar komposit *interior* (Gambar 5.13) sebagai berikut :

Jarak garis netral terhadap bagian atas slab :

$$\bar{y} = \frac{395400(100) + 37500(225) + 745000(995,1)}{395400 + 37500 + 745000} = 670,1138 \text{ mm}$$



**Gambar 5.13** Section properties gelagar interior lokasi 104 dan 206

$$I_c = \frac{1}{12}(1977)(200^3) + (395400 \times 570^2) + \frac{1}{12}(750)(50^3) + (37500 \times 445^2) \\ + (393,9469958 \times 10^9) + (745000 \times 325,1^2) \\ = 609,90326 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$A_c = 745000 + 37500 + 395400 = 1177900 \text{ mm}^2$$

$$e = 1580 - 100 = 1480 \text{ mm}$$

Tegangan yang terjadi pada serat bawah

$$f_{\text{bawah}} = -\frac{5122,15 \cdot 10^3}{1177900} - \frac{5122,15 \cdot 10^3 \times 1480 \times 1580}{609,9033 \cdot 10^9} + \frac{2441,14 \cdot 10^6 \times 1580}{609,9033 \cdot 10^9}$$

$$f_{\text{bawah}} = -17,6631 \text{ MPa} > f_c = 0,55 f'_c \quad \text{NO !!}$$

Tegangan yang terjadi pada serat atas :

$$f_{\text{atas}} = -\frac{5122,15 \cdot 10^3}{1177900} + \frac{5122,15 \cdot 10^3 \times 1480 \times 670}{609,9033 \cdot 10^9} - \frac{2441,14 \cdot 10^6 \times 670}{609,9033 \cdot 10^9}$$

$$f_{atas} = 1.2975 \text{ MPa} < f_t = 0,25\sqrt{f'_{ci}} \quad \text{OK!!}$$

Tegangan desak yang terjadi pada serat bawah di lokasi 104 melebihi batas ijin yang telah di tentukan. Untuk mengatasinya maka jarak eksentrisitas  $e$  antara tendon dengan garis netral di perkecil dengan menaikkan tendon keatas menjadi 20 cm. Perhitungan kontrol tegangan lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan 5.19.

#### 5.6.1.2 Tegangan pada lokasi 110

Gaya prategang pada masing-masing selubung tendon dilokasi 104 setelah terjadi *loss* :

$$F_{i-1} = (1 - 18,275\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,817 \times 1285,2 \text{ kN} = 1050,01 \text{ kN}$$

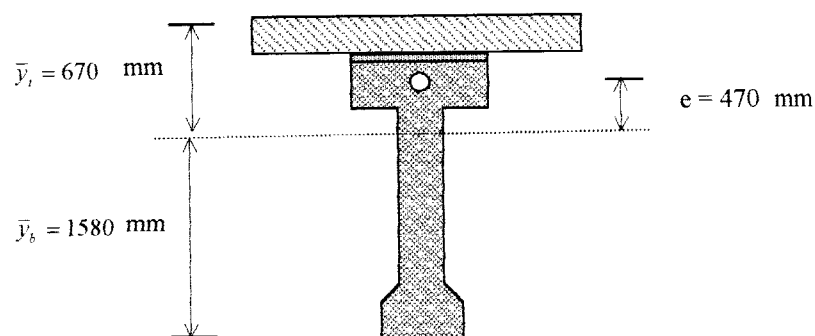
$$F_{i-2} = (1 - 18,229\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,818 \times 1542,245 \text{ kN} = 1261,56 \text{ kN}$$

$$F_{i-3} = (1 - 15,473\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,845 \times 1542,245 \text{ kN} = 1303,62 \text{ kN}$$

$$F_{i-4} = (1 - 12,7073\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,873 \times 1285,20 \text{ kN} = 1121,89 \text{ kN}$$

$$F_{TOTAL} = 1050,01 + 1261,56 + 1303,62 + 1121,89 = 4737,0758 \text{ kN}$$

*Section properties* gelagar komposit interior (Gambar 5.14 ) sebagai berikut :



**Gambar 5.14** Penampang *properties* gelagar interior lokasi 110

**TABEL 5.18 PROPERTI PENAMPANG KOMPOSIT BETON PRATEGANG  
DI LOKASI 104**

No	Data Properti Material	Rumus / Simbol	Nilai	Nilai
1	Kuat desak beton	$f'_c$	40 MPa	40000 KN/m <sup>2</sup>
2	Kuat desak beton initial	$f'_{ci} = 0,75 \cdot f'_c$	30 MPa	30000 KN/m <sup>2</sup>
3	Kuat tarik yang disarankan	$f_{pu}$	1840 MPa	1840000 KN/m <sup>2</sup>
4	Teg desak izin beton saat transfer*)	$f_b = 0,55 \cdot f'_{ci}$	16,5 MPa	16500,0000 KN/m <sup>2</sup>
5	Teg desak izin beton saat service *)	$f_i = 0,45 \cdot f'_c$	18 MPa	18000,0000 KN/m <sup>2</sup>
6	Teg tarik izin beton saat transfer*)	$f_t = 0,25 \sqrt{f'_{ci}}$	1,3693 MPa	1369,3064 KN/m <sup>2</sup>
7	Teg tarik izin beton saat service *)	$f_t = 0,5 \sqrt{f'_c}$	3,1623 MPa	3162,2777 KN/m <sup>2</sup>
8	Momen Total	$M_T$	519,7876656 t · m	5099,1170 KN · m
9	Momen akibat beban mati	$M_{Dl}$	248,841998 t · m	2441,1400 KN · m
10	Luas penampang yang terpakai	$A_{C(terpakai)}$	11779 cm <sup>2</sup>	1,1779 m <sup>2</sup>
11	Inersia penampang gelagar	$I_c$	6,0990E+07 cm <sup>4</sup>	0,6099 m <sup>4</sup>
12	Jarak serat atas terhadap c.g.c	$y_t$	67 cm	0,6700 m
13	Jarak bawah atas terhadap c.g.c	$y_b$	158 cm	1,5800 m
14	Jarak tendon terhadap serat bawah	s	20 cm	0,2000 m
15	Eksentrisitas	$e = y_b - s$	138,0000 cm	1,3800 m
16	Gaya prategang awal (saat transfer)	$P'_o = P_{initial}$	522,1356 ton	5122,1500 kN
17	Gaya prategang efektif (saat layan)	$P = P_{effective}$	467,5364 ton	4586,5319 kN

**TABEL 5.19 KONTROL PENAMPANG KOMPOSIT BETON PRATEGANG TERHADAP TEGANGAN IZIN (AASHTO) DI LOKASI 104**

Tegangan initial (saat transver)			
No	Hasil Perhitungan	Rumus / Simbol	Nilai
18	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_t = -\frac{P_t}{A_c}$	-4,3485 MPa
19	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_t = +\frac{P_t \cdot e \cdot y_t}{I_c}$	7,7651 MPa
20	Tegangan akibat beban mati	$f_t = -\frac{M_{DM} \cdot y_t}{I_c}$	-2,6817 MPa
21	<b>Tegangan serat atas total</b>	$f_t = -\frac{P_t}{A_c} + \frac{P_t \cdot e \cdot y_t}{I_c} - \frac{M_{DM} \cdot y_t}{I_c}$	<b>0,7348 MPa</b>
<b>Ok ! Tegangan yang terjadi &lt; tegangan ijin</b>			
22	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_b = -\frac{P_t}{A_c}$	-4,3485 MPa
23	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_b = -\frac{P_t \cdot e \cdot y_b}{I_c}$	-18,3117 MPa
24	Tegangan akibat beban mati	$f_b = +\frac{M_{DM} \cdot y_b}{I_c}$	6,3240 MPa
25	<b>Tegangan serat bawah total</b>	$f_b = -\frac{P_t}{A_c} - \frac{P_t \cdot e \cdot y_b}{I_c} + \frac{M_{DM} \cdot y_b}{I_c}$	<b>-16,3362 MPa</b>
<b>Ok ! Tegangan desak yang terjadi pada serat bawah &lt; tegangan desak ijin.</b>			

**TABEL 5.19 KONTROL PENAMPANG KOMPOSIT BETON PRATEGANG (LANJUTAN)  
TERHADAP TEGANGAN IZIN (AASHTO) DI LOKASI 104**

Tegangan layan (saat service)			
No	Hasil Perhitungan	Rumus / Simbol	Nilai
26	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_t = -\frac{P_c}{A_c}$	-3,8938 MPa
27	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_t = +\frac{P_c \cdot e \cdot y_t}{I_c}$	6,9531 MPa
28	Tegangan akibat beban mati	$f_t = -\frac{M_T \cdot y_t}{I_c}$	-5,6016 MPa
29	Tegangan serat atas total	$f_t = -\frac{P_c}{A_c} + \frac{P_c \cdot e \cdot y_t}{I_c} - \frac{M_T \cdot y_t}{I_c}$	<b>-2,5423 MPa</b>
<b>Ok ! Tegangan desak yang terjadi pada serat atas &lt; tegangan desak yang diizinkan.</b>			
30	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_b = -\frac{P_c}{A_c}$	-3,8938 MPa
31	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_b = -\frac{P_c \cdot e \cdot y_b}{I_c}$	-16,3968 MPa
32	Tegangan akibat beban mati	$f_b = +\frac{M_T \cdot y_b}{I_c}$	13,2096 MPa
33	Tegangan serat bawah total	$f_b = -\frac{P_c}{A_c} - \frac{P_c \cdot e \cdot y_b}{I_c} + \frac{M_T \cdot y_b}{I_c}$	<b>-7,0810 MPa</b>
<b>OK ! Tegangan yang terjadi &lt; tegangan yang di ijinakan</b>			



*Section properties* gelagar komposit interior (Gambar 5.14 ) sebagai berikut :

$$I_c = 609,90356 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$A_c = 745000 + 37500 + 395400 = 1177900 \text{ mm}^2$$

$$y_b = 1580 \text{ mm}^2 \text{ dan } y_t = 670 \text{ mm}^2$$

$$e = 670 - 200 = 470 \text{ mm}$$

Perhitungan kontrol tegangan lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 5.20 dan 5.21.

### 5.6.1.3 Tegangan pada lokasi 206

Gaya prategang pada masing-masing selubung tendon dilokasi 206 setelah terjadi *loss* :

$$F_{i-1} = (1 - 24,8596\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,751 \times 1285,2 \text{ kN} = 965,7044 \text{ kN}$$

$$F_{i-2} = (1 - 24,4732\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,755 \times 1542,245 \text{ kN} = 1164,808 \text{ kN}$$

$$F_{i-3} = (1 - 21,3839\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,786 \times 1542,245 \text{ kN} = 1212,453 \text{ kN}$$

$$F_{i-4} = (1 - 18,275\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,817 \times 1285,20 \text{ kN} = 1050,32 \text{ kN}$$

$$F_{TOTAL} = 965,7044 + 1164,808 + 1212,453 + 1050,32 = 4393,295 \text{ kN}$$

*Section properties* gelagar komposit interior (Gambar 5.14 ) sebagai berikut :

$$I_c = 609,90356 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$A_c = 745000 + 37500 + 395400 = 1177900 \text{ mm}^2$$

$$y_b = 1580 \text{ mm}^2 \text{ dan } y_t = 670 \text{ mm}^2$$

$$e = 670 - 200 = 470 \text{ mm}$$

Perhitungan kontrol tegangan lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 5.22 dan 5.23.

**TABEL 5.20 PROPERTI PENAMPANG KOMPOSIT BETON PRATEGANG  
DI LOKASI 110**

No	Data Properti Material	Rumus / Simbol	Nilai	Nilai
1	Kuat desak beton	$f'_c$	40 MPa	40000 KN/m <sup>2</sup>
2	Kuat desak beton initial	$f'_{ci} = 0,75 \cdot f'_c$	30 MPa	30000 KN/m <sup>2</sup>
3	Kuat tarik yang disyaratkan	$f_{pu}$	1840 MPa	1840000 KN/m <sup>2</sup>
4	Teg desak izin beton saat transfer*)	$f_b = 0,55 \cdot f'_{ci}$	16,5 MPa	16500,0000 KN/m <sup>2</sup>
5	Teg desak izin beton saat service *)	$f_i = 0,45 \cdot f'_c$	18 MPa	18000,0000 KN/m <sup>2</sup>
6	Teg tarik izin beton saat transfer*)	$f_t = 0,25 \sqrt{f'_{ci}}$	1,3693 MPa	1369,3064 KN/m <sup>2</sup>
7	Teg tarik izin beton saat service *)	$f_t = 0,5 \sqrt{f'_c}$	3,1623 MPa	3162,2777 KN/m <sup>2</sup>
8	Momen Total	$M_T$	550,6349643 t · m	<b>5401,7290</b> KN · m
9	Momen akibat beban mati	$M_{Dl}$	442,7206932 t · m	<b>4343,0900</b> KN · m
10	Luas penampang yang terpakai	$A_C$ (terpakai)	<b>11779</b> cm <sup>2</sup>	1,1779 m <sup>2</sup>
11	Inersia penampang gelagar	$I_c$	<b>6,0990E+07</b> cm <sup>4</sup>	0,6099 m <sup>4</sup>
12	Jarak serat atas terhadap c.g.c	$y_t$	<b>67</b> cm	0,6700 m
13	Jarak bawah atas terhadap c.g.c	$y_b$	<b>158</b> cm	1,5800 m
14	Jarak tendon terhadap serat bawah	<b>s</b>	<b>20</b> cm	0,2000 m
15	Eksentrisitas	$e = y_t - s$	47,0000 cm	0,4700 m
16	Gaya prategang awal (saat transfer)	$P_s = P_{initial}$	482,8823 ton	<b>4737,0758</b> kN
17	Gaya prategang efektif (saat transfer)	$F = P_{effective}$	432,3878 ton	<b>4241,7245</b> kN

**TABEL 5.21 KONTROL PENAMPANG KOMPOSIT BETON PRATEGANG TERHADAP TEGANGAN IZIN (AASHTO) DI LOKASI 110**

Tegangan initial (saat transver)			
No	Hasil Perhitungan	Rumus / Simbol	Nilai
18	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_t = -\frac{P_t}{A_c}$	-4,0216 MPa
19	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_t = -\frac{P_t \cdot e \cdot y_t}{I_c}$	-2,4458 MPa
20	Tegangan akibat beban mati	$f_t = +\frac{M_{DL} \cdot y_t}{I_c}$	4,7710 MPa
21	<b>Tegangan serat atas total</b>	$f_t = -\frac{P_t}{A_c} - \frac{P_t \cdot e \cdot y_t}{I_c} + \frac{M_{DL} \cdot y_t}{I_c}$	<b>-1,6964 MPa</b>
<b>Ok ! Tegangan yang terjadi &lt; tegangan ijin</b>			
22	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_b = -\frac{P_t}{A_c}$	-4,0216 MPa
23	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_b = +\frac{P_t \cdot e \cdot y_b}{I_c}$	5,7677 MPa
24	Tegangan akibat beban mati	$f_b = -\frac{M_{DL} \cdot y_b}{I_c}$	-11,2511 MPa
25	<b>Tegangan serat bawah total</b>	$f_b = -\frac{P_t}{A_c} + \frac{P_t \cdot e \cdot y_b}{I_c} - \frac{M_{DL} \cdot y_b}{I_c}$	<b>-9,5050 MPa</b>
<b>Ok ! Tegangan desak yang terjadi pada serat bawah &lt; tegangan desak ijin.</b>			

**TABEL 5.21 KONTROL PENAMPANG KOMPOSIT BETON PRATEGANG (LANJUTAN)  
TERHADAP TEGANGAN IZIN (AASHTO) DI LOKASI 110**

Tegangan layan (saat service)			
No	Hasil Perhitungan	Rumus / Simbol	Nilai
26	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_t = -\frac{P_e}{A_c}$	-3,6011 MPa
27	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_t = -\frac{P_e \cdot e \cdot y_t}{I_c}$	-2,1901 MPa
28	Tegangan akibat beban mati	$f_t = +\frac{M_T \cdot y_t}{I_c}$	5,9340 MPa
<b>29</b>	<b>Tegangan serat atas total</b>	$f_t = -\frac{P_e}{A_c} - \frac{P_e \cdot e \cdot y_t}{I_c} + \frac{M_T \cdot y_t}{I_c}$	<b>0,1428 MPa</b>
<b>Ok ! Tegangan desak yang terjadi pada serat atas &lt; tegangan desak yang diizinkan.</b>			
30	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_b = -\frac{P_e}{A_c}$	-3,6011 MPa
31	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_b = +\frac{P_e \cdot e \cdot y_b}{I_c}$	5,1646 MPa
32	Tegangan akibat beban mati	$f_b = -\frac{M_T \cdot y_b}{I_c}$	-13,9936 MPa
<b>33</b>	<b>Tegangan serat bawah total</b>	$f_b = -\frac{P_e}{A_c} + \frac{P_e \cdot e \cdot y_b}{I_c} - \frac{M_T \cdot y_b}{I_c}$	<b>-12,4301 MPa</b>
<b>OK ! Tegangan yang terjadi &lt; tegangan yang di ijinan</b>			

**CATATAN:**

\*) Peraturan AASHTO LRFD 1994

**TABEL 5.22 PROPERTI PENAMPANG KOMPOSIT BETON PRATEGANG  
DI LOKASI 206**

No	Data Properti Material	Rumus / Simbol	Nilai	Nilai
1	Kuat desak beton	$f'_c$	40 MPa	40000 KN/m <sup>2</sup>
2	Kuat desak beton initial	$f'_{ci} = 0,75 \cdot f'_c$	30 MPa	30000 KN/m <sup>2</sup>
3	Kuat tarik yang disyaratkan	$f_{pu}$	1840 MPa	1840000 KN/m <sup>2</sup>
4	Teg desak izin beton saat transfer*)	$f_b = 0,55 \cdot f'_{ci}$	16,5 MPa	16500,0000 KN/m <sup>2</sup>
5	Teg desak izin beton saat service *)	$f_t = 0,45 \cdot f'_c$	18 MPa	18000,0000 KN/m <sup>2</sup>
6	Teg tarik izin beton saat transfer*)	$f_t = 0,25 \sqrt{f'_d}$	1,3693 MPa	1369,3064 KN/m <sup>2</sup>
7	Teg tarik izin beton saat service *)	$f_t = 0,5 \sqrt{f'_c}$	3,1623 MPa	3162,2777 KN/m <sup>2</sup>
8	Momen Total	$M_T$	519,7879715 t · m	5099,1200 KN · m
9	Momen akibat beban mati	$M_{pL}$	248,841998 t · m	2441,1400 KN · m
10	Luas penampang yang terpakai	$A_c$ (terpakai)	11779 cm <sup>2</sup>	1,1779 m <sup>2</sup>
11	Inersia penampang gelagar	$I_c$	6,0990E+07 cm <sup>4</sup>	0,6099 m <sup>4</sup>
12	Jarak serat atas terhadap c.g.c	$y_t$	67 cm	0,6700 m
13	Jarak bawah atas terhadap c.g.c	$y_b$	158 cm	1,5800 m
14	Jarak tendon terhadap serat bawah	s	20 cm	0,2000 m
15	Eksentrisitas	$e = y_b - s$	138,0000 cm	1,3800 m
16	Gaya prategang awal (saat transfer)	$P_i = P_{nomad}$	447,8384 ton	4393,2950 kN
17	Gaya prategang efektif (saat layan)	$P' = P_{effective}$	401,0084 ton	3933,8925 kN

**TABEL 5.23 KONTROL PENAMPANG KOMPOSIT BETON PRATEGANG TERHADAP TEGANGAN IZIN (AASHTO) DI LOKASI 210**

Tegangan initial (saat transfer)			
No	Hasil Perhitungan	Rumus / Simbol	Nilai
18	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_t = -\frac{P}{A_c}$	-3,7298 MPa
19	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_t = +\frac{P \cdot e \cdot y_t}{I_c}$	6,6601 MPa
20	Tegangan akibat beban mati	$f_t = -\frac{M_{DL} \cdot y_t}{I_c}$	-2,6817 MPa
21	<b>Tegangan serat atas total</b>	$f_t = -\frac{P}{A_c} + \frac{P \cdot e \cdot y_t}{I_c} - \frac{M_{DL} \cdot y_t}{I_c}$	<b>0,2487 MPa</b>
<b>Ok ! Tegangan yang terjadi &lt; tegangan ijin</b>			
22	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_b = -\frac{P}{A_c}$	-3,7298 MPa
23	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_b = -\frac{P \cdot e \cdot y_b}{I_c}$	-15,7060 MPa
24	Tegangan akibat beban mati	$f_b = +\frac{M_{DL} \cdot y_b}{I_c}$	6,3240 MPa
25	<b>Tegangan serat bawah total</b>	$f_b = -\frac{P}{A_c} - \frac{P \cdot e \cdot y_b}{I_c} + \frac{M_{DL} \cdot y_b}{I_c}$	<b>-13,1118 MPa</b>
<b>Ok ! Tegangan desak yang terjadi pada serat bawah &lt; tegangan desak ijin.</b>			

**TABEL 5.23 KONTROL PENAMPANG KOMPOSIT BETON PRATEGANG (LANJUTAN)  
TERHADAP TEGANGAN (AASHTO) DI LOKASI 210**

Tegangan layan (saat service)			
No	Hasil Perhitungan	Rumus / Simbol	Nilai
26	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_t = -\frac{P_e}{A_c}$	-3,3398 MPa
27	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_t = +\frac{P_e \cdot e \cdot y_t}{I_c}$	5,9637 MPa
28	Tegangan akibat beban mati	$f_t = -\frac{M_T \cdot y_t}{I_c}$	-5,6016 MPa
<b>29</b>	<b>Tegangan serat atas total</b>	$f_t = -\frac{P_e}{A_c} + \frac{P_e \cdot e \cdot y_t}{I_c} - \frac{M_T \cdot y_t}{I_c}$	<b>-2,9776 MPa</b>
<b>Ok ! Tegangan desak yang terjadi pada serat atas &lt; tegangan desak yang diizinkan.</b>			
30	Tegangan akibat gaya tarik tendon	$f_b = -\frac{P_e}{A_c}$	-3,3398 MPa
31	Tegangan akibat exentrisitas tendon	$f_b = -\frac{P_e \cdot e \cdot y_b}{I_c}$	-14,0636 MPa
32	Tegangan akibat beban mati	$f_b = +\frac{M_T \cdot y_b}{I_c}$	13,2097 MPa
<b>33</b>	<b>Tegangan serat bawah total</b>	$f_b = -\frac{P_e}{A_c} - \frac{P_e \cdot e \cdot y_b}{I_c} + \frac{M_T \cdot y_b}{I_c}$	<b>-4,1937 MPa</b>
<b>OK ! Tegangan yang terjadi &lt; tegangan yang di ijinakan</b>			

**CATATAN:**

\*) Peraturan AASHTO LRFD 1994

## 5.6.2 Menghitung tegangan gelagar saat service (layan)

Gaya prategang efektif pada masing-masing selubung tendon setelah terjadi

*loss* :

$$F_{i-1} = (1 - 26,30\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,7370 \times 1285,2 \text{ kN} = 947,1924 \text{ kN}$$

$$F_{i-2} = (1 - 25,84\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,7416 \times 1542,245 \text{ kN} = 1143,7289 \text{ kN}$$

$$F_{i-3} = (1 - 23,13\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,7687 \times 1542,245 \text{ kN} = 1185,5237 \text{ kN}$$

$$F_{i-4} = (1 - 20,39\%)(0,70 f_{pu} A_{ps}) = 0,7961 \times 1285,20 \text{ kN} = 1023,1477 \text{ kN}$$

$$F_{TOTAL} = 947,1924 + 1143,7289 + 1185,5237 + 1023,1477 = 4299,5927 \text{ kN}$$

## 5.7 Menyelidiki Kuat Batas Beton

### 5.7.1 Lentur

#### 5.7.1.1 Kapasitas gelagar pada lokasi 104 dan 206

a. Luas baja tulangan yang diperlukan

$$\beta = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \times \beta \times \frac{600}{f_y + 600}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 40}{400} \times 0,764 \times \frac{600}{400 + 600} = 0,038964$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,038964 = 0,029223$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,7647$$



$$R_n = \frac{M_n}{A'_c \cdot d} = \frac{5099,12 \times 10^6}{712500 \cdot 1950} = 3,67$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(11,7647 \cdot 3,67)}{400}} \right) = 0,0097324$$

$$A_s = A'_c \cdot \rho_{perlu} = 712500 \times 0,0097324 = 6934,32 \text{ mm}^2$$

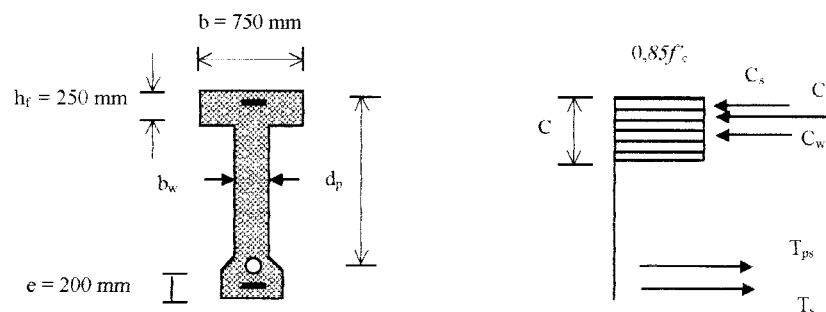
Gunakan tulangan baja D-40 maka  $A_{D-40} = 1256,6 \text{ mm}^2$

$$\text{jumlah tulangan } n = \frac{A_s}{A_{D-40}} = 5,518 \approx 6 \text{ buah}$$

Karena gaya tarik baja tulangan didukung juga oleh tendon maka dicoba jumlah tulangan sebanyak 3 buah

$$A_{aktual} = n \cdot A_{D-50} = 3 \times (0,25 \times \pi \times 40^2) = 3769,9 \text{ mm}^2$$

b. Mencari jarak c



**Gambar 5.15** Diagram tegangan beton

$b = 750 \text{ mm}$  ,  $b_w = 250 \text{ mm}$ ,  $h_f = 250 \text{ mm}$ ,

$$d_p = 2000 - 200 = 1800 \text{ mm}$$

$$f'_c = 40 \text{ MPa} , f_{py} = 1860 \text{ MPa}$$

$$A_{ps} = 4343,24 \text{ mm}^2 , f_{pu} = 1860 \text{ MPa}$$

Keseimbangan gaya antara gaya desak  $C_n$  dan tarik  $T_n$  adalah

$$T_n = C_n$$

$$T_{ps} + T_s = C_s + C_f + C_w$$

$$A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y = A'_s \cdot f'_y + 0,85 \cdot f'_c \cdot h_f \cdot (b - b_f) + 0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot c$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left( 1 - k \frac{c}{d_p} \right)$$

$$k = 2 \left( 1,04 - \frac{f_{py}}{f_{pu}} \right) = 2 \left( 1,04 - \frac{0,9 \cdot f_{pu}}{f_{pu}} \right) = 0,28$$

$$c = \frac{A_{ps} \cdot f_{pu} + A_s \cdot f_y - A'_s \cdot f'_y - 0,85 \cdot f'_c \cdot (b - b_w) \cdot h_f}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w + k \cdot A_{ps} \cdot (f_{pu} / d_p)}$$

Diasumsikan bahwa beton bertulangan sebelah :

$$c = \frac{4343,24 \cdot 1860 + 5890,5 \cdot 400 - 0,85 \cdot 40 \cdot (750 - 250) \cdot 250}{0,85 \cdot 40 \cdot 250 + 0,28 \cdot 4343,24 \cdot (1860 / 1800)}$$

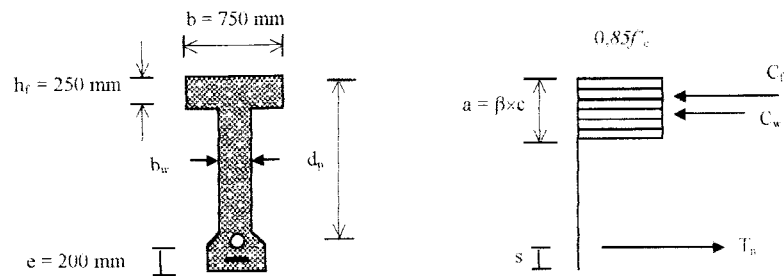
$$c = 633,88 \text{ mm} \approx 634 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{d_e} \leq 0,42$$

$$\frac{c}{d_p} = \frac{634}{1800} = 0,352 \quad \text{Ok!}$$

$$a = \beta \cdot c = 0,764 \times 634 = 484,376 \text{ mm} >$$

## c. Kapasitas momen gelagar



**Gambar 5.16** Kopel gaya dalam gelagar dilokasi 104

Mencari letak resultan gaya s terhadap serat bawah gelagar :

$$f_{ps} = f_{pu} \left( 1 - k \frac{c}{d_p} \right) = 1860 \left( 1 - 0,28 \frac{927}{1800} \right) = 1592$$

$$s = \frac{T_{ps} \cdot 200 + T_s \cdot 50}{T_{ps} + T_s} = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot 200 + A_s \cdot f_y \cdot 50}{A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y}$$

$$s = \frac{4343,24 \cdot 1592 \cdot 200 + 3769,9 \cdot 400 \cdot 50}{4343,24 \cdot 1592 + 3769,9 \cdot 400} = 173 \text{ mm}$$

Diasumsikan bahwa beton bertulangan sebelah artinya  $A'_s = 0$  sehingga  $C'_s = 0$

$$M_n = C_f (2000 - 173 - h_f / 2) + C_w \cdot (2000 - 173 - a / 2)$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot \left\{ h_f \cdot (b - b_w) \cdot (2000 - 173 - h_f / 2) + a \cdot b_w \cdot (2000 - 173 - a / 2) \right\}$$

$$M_n = 0,85 \cdot 40 \cdot \left\{ 250 \cdot (750 - 250) \cdot (2000 - 173 - 250 / 2) + 484,4 \cdot 250 \cdot (2000 - 173 - 484,4 / 2) \right\}$$

$$M_n = 1375875552 \text{ N mm}$$

$$= 13758,8 \text{ KN m}$$

$$M_u = \phi \cdot M_n$$

$$= 1 \times 13758,8 = 13758,8 > 5099,12 \text{ kN m Ok aman !!}$$

### 5.7.1.2 Kapasitas gelagar pada lokasi I10

a. Luas baja tulangan yang diperlukan

$$\beta = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \times \beta \times \frac{600}{f_y + 600}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 40}{400} \times 0,764 \times \frac{600}{400 + 600} = 0,038964$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,038964 = 0,029223$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,7647$$

$$R_n = \frac{M_n}{A'_c \cdot d} = \frac{5401,73 \times 10^6}{670000 \cdot 1950} = 4,1345$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(11,7647 \cdot 4,1345)}{400}} \right) = 0,0110552$$

$$A_s = A'_c \cdot \rho_{\text{perlu}} = 670000 \times 0,0110552 = 7407 \text{ mm}^2$$

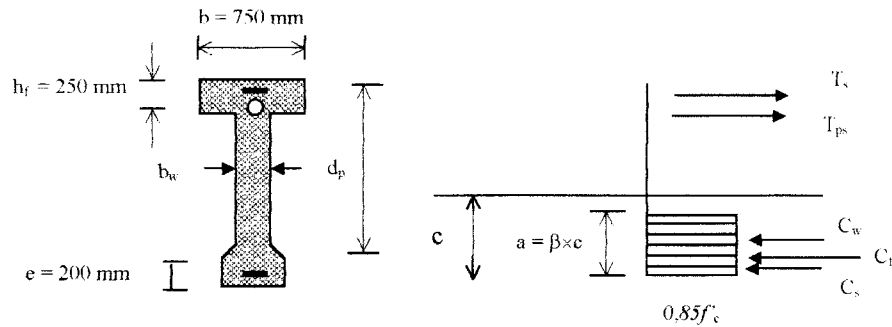
Gunakan tulangan baja D-40 maka  $A_{D-40} = 1256,6 \text{ mm}^2$

$$\text{jumlah tulangan } n = \frac{A_s}{A_{D-50}} = 5,89 \approx 6 \text{ buah}$$

Karena gaya tarik baja tulangan didukung juga oleh tendon maka dicoba jumlah tulangan sebanyak 3 buah

$$A_{aktual} = n \cdot A_{D-50} = 3 \times (0.25 \times \pi \times 40^2) = 3769,9 \text{ mm}^2$$

b. Mencari jarak  $c$



**Gambar 5.17** Diagram tegangan beton

$$b = 650 \text{ mm}, b_w = 250 \text{ mm}, h_f = 200 \text{ mm},$$

$$d_p = 2000 - 200 = 1800 \text{ mm}$$

$$f'_c = 40 \text{ MPa}, f_{py} = 1860 \text{ MPa}$$

$$A_{ps} = 4343,24 \text{ mm}^2, f_{pu} = 1860 \text{ MPa}$$

Keseimbangan gaya antara gaya desak  $C_n$  dan tarik  $T_n$  adalah

$$T_n = C_n$$

$$T_{ps} + T_s = C_s + C_f + C_w$$

$$A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y = A'_s \cdot f'_y + 0,85 \cdot f'_c \cdot h_f \cdot (b - b_f) + 0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot c$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left( 1 - k \frac{c}{d_p} \right)$$

$$k = 2 \left( 1,04 - \frac{f_{py}}{f_{pu}} \right) = 2 \left( 1,04 - \frac{0,9 \cdot f_{pu}}{f_{pu}} \right) = 0,28$$

$$c = \frac{A_{ps} \cdot f_{pu} + A_s \cdot f_y - A'_s \cdot f'_y - 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot (b - b_w) \cdot h_f}{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot b_w + k \cdot A_{ps} \cdot (f_{pu} / d_p)}$$

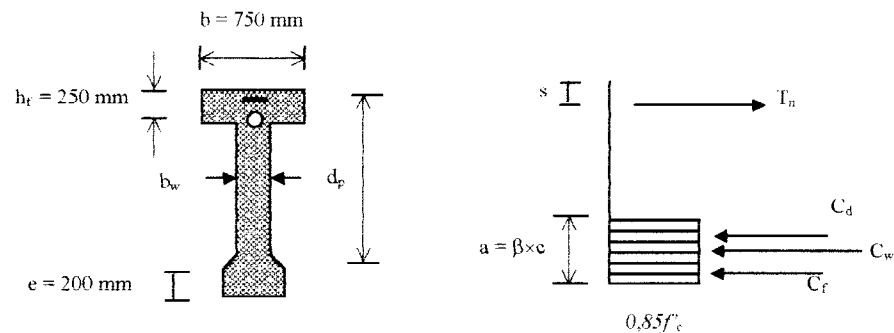
Diasumsikan bahwa beton bertulangan sebelah artinya  $A'_s = 0$  :

$$c = \frac{4343,24 \cdot 1860 + 3769,9 \cdot 400 - 0,85 \cdot 40 \cdot \{(650 - 250) \cdot 200 + 2(20000)\}}{0,85 \cdot 40 \cdot 250 + 0,28 \cdot 4343,24 \cdot (1860 / 1800)}$$

$$c = 564,37 \text{ mm} \approx 564 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c = 0,764 \times 564 = 431,2 \text{ mm}$$

### c. Kapasitas momen gelagar



**Gambar 5.18** Kopel gaya dalam gelagar dilokasi 110

Mencari letak resultan gaya  $T_n$  terhadap serat bawah gelagar :

$$f_{ps} = f_{pu} \left( 1 - k \frac{c}{d_p} \right) = 1860 \left( 1 - 0,28 \frac{927}{1800} \right) = 1592$$

$$s = \frac{T_{ps} \cdot 200 + T_s \cdot 50}{T_{ps} + T_s} = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot 200 + A_s \cdot f_y \cdot 50}{A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y}$$

$$s = \frac{4343,24 \cdot 1592 \cdot 200 + 3769,9 \cdot 400 \cdot 50}{4343,24 \cdot 1592 + 3769,9 \cdot 400} = 173 \text{ mm}$$

Diasumsikan bahwa beton bertulangan sebelah artinya  $A'_s = 0$  sehingga  $C'_s = 0$

$$M_n = C_f (2000 - 173 - h_f / 2) + C_w \cdot (2000 - 173 - a / 2)$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot h_f \cdot (2000 - 173 - h_f / 2) + 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot (2000 - 173 - a / 2)$$

$$M_n = 0,85 \cdot 40 \cdot 250 \cdot 750 \cdot (2000 - 173 - 250 / 2)$$

$$+ 0,85 \cdot 40 \cdot 708,5 \cdot 250 \cdot (2000 - 173 - 708,5 / 2)$$

$$M_n = 1971951869 \text{ N mm}$$

$$= 19719,5 \text{ KN m}$$

$$M_u = \phi \cdot M_n = 1 \times 19719,5 > 5099,12 \text{ kN m}$$

## 5.8 Gaya geser

### 5.8.1 Gaya geser di lokasi 104 dan 206

a. Rumus umum

$$V_n = V_c + V_s + V_p \leq 0,25 \cdot f'_c \cdot b_v \cdot d_v$$

Dengan

$$\phi_n = 0,9$$

$$\eta = 0,95$$

$V_c$  = kuat geser nominal beton

$V_s$  = kuat geser nominal baja

$V_p$  = kuat geser nominal yang tersedia dari gaya prategang.

$h$  = tinggi penampang beton komposit

$d_e$  = tinggi efektif beton komposit dari serat atas sampai dengan pusat

berat tendon = 2250 – 200 = 2050 mm.

$$a = \beta \cdot c = 0,764 \times 634 = 484,376 \text{ mm (pada lokasi 104)}$$

$$d_e - \frac{a}{2} \leq d_e = 2050 - (484,4/2) = 1807,8 \text{ mm (menentukan)}$$

$$0,90 \cdot d_e \leq d_e = 0,90 \times 1565,60 = 1409,04 \text{ mm}$$

$$0,72 \cdot h \leq d_e = 0,72 \times 2250 = 1620 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $d_v = 1807,8 \text{ mm}$

Dari Tabel 5.13 telah didapat nilai

$$V_u = \eta \cdot [1,25 \cdot DC + 1,50 \cdot DW + 1,75 \cdot (LL + IM)]$$

$$V_u = 229,495 \text{ kN}$$

$$M_u = \eta \cdot [1,25 \cdot DC + 1,50 \cdot DW + 1,75 \cdot (LL + IM)]$$

$$M_u = 5099,117 \text{ kN m}$$

b. Distribusi prategang pada ketahanan geser

$V_p$  = komponen vertikal gaya prategang

*Transfer length* =  $60 \times \text{diameter tendon} = 60 \times (12,70) = 762,0 \text{ mm}$ .

*Critical section* untuk geser  $\geq 0,5 \cdot d_v \cdot \cot\theta$  atau  $d_v = 1807,8 \text{ mm}$ .

$d_v > \text{transfer length}$ , karena itu nilai penuh  $V_p$  dapat digunakan .

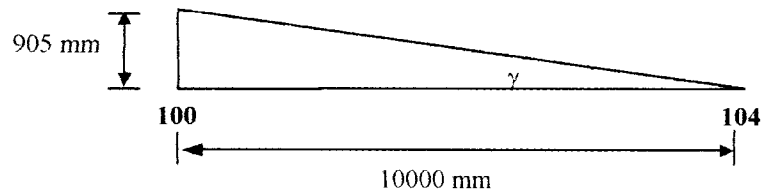
Letak titik pusat selubung tendon gabungan terhadap serat atas gelagar :

$$y = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3 + A_4 y_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

$$y = \frac{A \cdot (44,5 + 74,5 + 104,5 + 134,5)}{4 \cdot A} = 89,5 \text{ cm} = 895 \text{ mm}$$

Letak titik pusat selubung tendon gabungan di lokasi 100 terhadap titik pusat selubung tendon di lokasi 104 adalah =  $2000 - 895 - 200 = 905 \text{ mm}$





**Gambar 5.19** Profil senar tendon

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{905}{10000} = 5,17^\circ$$

$$F'_f = 4586,532 \text{ kN}$$

$F'_f$  = gaya prategang efektif di lokasi 104

$$V_p = \frac{12}{52} \cdot F'_f \cdot \sin \gamma = \frac{12}{52} (4586,532) \sin 5,17^\circ = 95,3764 \text{ kN}$$

Gaya geser rencana

$$v = \frac{V_u - \phi \cdot V_p}{\phi \cdot b_v \cdot d_v}$$

$$v = \frac{(229,495 - 0,9 \cdot 95,3764) \times 10^3}{0,9 \cdot 250 \cdot 1807,8} = 3,5418 \text{ MPa}$$

$$\frac{v}{f'_c} = \frac{3,5418}{40} = 0,0883$$

$$d_e = 2250 - 200 = 2050 \text{ mm}$$

Iterasi pertama

$$d_e - \frac{a}{2} \leq d_e = 2050 - (484,4/2) = 1807,8 \text{ mm}$$

$$0,90 \cdot d_e \leq d_e = 0,90 \times 2050 = 1845 \text{ mm (menentukan)}$$

$$0,72 \cdot h \leq d_e = 0,72 \times 2250 = 1620 \text{ mm}$$

$$d_v = 1845 \text{ mm}$$

Gaya prategang efektif di lokasi 104 adalah  $F_e = 4586,5319 \text{ kN}$

$$f_{po} \approx f_{se} = \frac{F_e}{A_{ps}} = \frac{4586,5319 \times 10^3}{44 \times 98,7} = 1056,1232 \text{ MPa}$$

Asumsi  $\theta = 28^\circ$

$$\varepsilon_x = \frac{(M_u / d_v) + 0,5 \cdot N_u + 0,5 \cdot V_u \cot \theta - A_{ps} \cdot f_{po}}{E_s \cdot A_s + E_p \cdot A_{ps}} \leq 0,002$$

Diasumsikan gelagar tidak terjadi gaya aksial  $N_u$ ,  $A_s = 3(A_{D-40})$

$$\varepsilon_x = \frac{(5099,12 \times 10^6 / 1845) + 0,5 \cdot 229,5 \times 10^3 \cdot \cot(28^\circ) - 4586,53 \times 10^3}{200000 \cdot 3769,9 + 197000 \cdot 4343,8} \leq 0,002$$

$$\varepsilon_x = -0,0009983 < 0,0020 \text{ OK !}$$

karena  $\varepsilon_x$  bernilai negatif maka  $\varepsilon_x$  dikurangi oleh faktor  $F_\varepsilon$

$$F_\varepsilon = \frac{E_s A_s + E_p A_{ps}}{E_c A_c + E_s A_s + E_p A_{ps}}$$

$$E_c = 4800 \cdot \sqrt{f'_c} = 4800 \cdot \sqrt{40} = 30357,87 \text{ MPa}$$

$A_c$  = adalah luas beton pada bagian tarik lentur dari gelagar komposit

digambarkan sebagai bagian bawah beton setinggi  $h/2$

$$h = 2000 + 50 + 200 = 2250 \text{ mm}, h/2 = 2250/2 = 1125 \text{ mm}$$

$$A_c = (650 \times 200) + (2 \times \frac{1}{2} \times 200 \times 200) + 25 \times (1125 - 200)$$

$$= 395000 \text{ mm}^2$$

$$F = \frac{(200000 \cdot 3769,9 + 197000 \cdot 4343,8)}{(30357,87 \cdot 395000 + 200000 \cdot 3769,9 + 197000 \cdot 4343,8)} = 0,118$$

$$\varepsilon_x = 0,118 \times -0,000344 = -0,0001178 = 0,1178 \times 10^{-3}$$

Dengan menggunakan  $\frac{v}{f'_c} = 0,0883 \times 10^{-3}$  dan  $\varepsilon_x$  dari grafik lampiran 1

Tabel 3.3 di dapat nilai  $\theta = 27^\circ$ , maka

$$\text{Cot } \theta = 1,9626 \quad \beta = 6,75$$

Iterasi kedua

$$\theta = 27^\circ$$

$$M_{DC} = 1321,00 \text{ kN m (Tabel 5.10)}$$

$$e = d_p - (y_{girder} + t_s + 50)$$

$$= 1845 - (745 + 200 + 50) = 850 \text{ mm}$$

$$f_{pc} = -\frac{F_f}{A_{girder}} + \frac{F_f \cdot e \cdot (y_{b.composite} - y_{b.girder})}{I_{girder}} - \frac{M_{DC} \cdot (y_{b.composite} - y_{b.composite})}{I_{girder}}$$

$$f_{pc} = -\frac{4586,532 \times 10^3}{745000} + \frac{4586,532 \times 10^3 \cdot 850 \cdot (1580 - 1255)}{393,947 \times 10^9}$$

$$-\frac{1321 \times 10^6 \cdot (1580 - 1255)}{393,947 \times 10^9}$$

$$= -4,02998 \text{ MPa}$$

$$f_{po} = f_{se} + f_{pc} \frac{E_p}{E_c} = 1056,1232 + 4,3 \frac{197000}{30357,87}$$

$$= -1082,275 \text{ MPa (Precompression)}$$

$$\varepsilon_x = \frac{(5099,12 \times 10^6 / 1845) + 0,5 \cdot 229,5 \times 10^3 \cdot \text{cot}(27^\circ) - 1082,275 \times 10^3}{200000 \cdot 3769,9 + 197000 \cdot 4343,8}$$

$$\varepsilon_x = 0,00118449 = 1,18449 \times 10^{-3}$$

Dengan menggunakan  $\frac{v}{f'_c} = 0,0883 \times 10^{-3}$  dan  $\varepsilon_x$  dari grafik lampiran 1

Tabel 3.3 di dapat nilai  $\theta = 27^\circ$ ,  $\beta = 6,75$  OK!

$$\begin{aligned} V_c &= 0,083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_v \cdot d_v \\ &= 0,083 \cdot 6,75 \cdot \sqrt{40} \cdot 250 \cdot 1845 = 1634,362 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tersedia

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{229,495}{0,9} - 1634,362 = - 1379,368 \text{ kN}$$

Tanda negatif berarti bahwa gelagar secara teoritis tidak membutuhkan tulangan baja untuk sengkang. Tetapi secara praktis tetap harus diberi tulangan tarik. Perhitungan pada lokasi 110 dan 206 akan di jelaskan dalam Tabel 5.24 Lampiran 2

### 5.9 Block Ujung (*End Block*)

1. Gaya prategang awal (saat *jacking*) di blok ujung (*end block*) lokasi 100 selubung tendon 1, 2, 3, dan 4.

$$\begin{aligned} F_{i-1} &= (0,70 \times f_{pu} \times A_{ps}) \\ &= (0,70 \times 1860 \times 10 \times 98,71) \times 10^{-3} = 1285,204 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{i-2} &= (0,70 \times f_{pu} \times A_{ps}) \\ &= (0,70 \times 1860 \times 12 \times 98,71) \times 10^{-3} = 1542,245 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{i-3} &= (0,70 \times f_{pu} \times A_{ps}) \\ &= (0,70 \times 1860 \times 12 \times 98,71) \times 10^{-3} = 1542,245 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$F_{i-4} = (0,70 \times f_{pu} \times A_{ps})$$

$$= (0,70 \times 1860 \times 10 \times 98,71) \times 10^{-3} = 1285,204 \text{ kN}$$

$$F_{i-total} = 1285,204 + 1542,245 + 1542,245 + 1285,204 = 5654,898 \text{ kN}$$

a. Jarak resultan gaya terhadap serat atas

$$y = \frac{\sum(F_{i-n} \times y_n)}{F_{i-total}}$$

$$y = \frac{(1285,204 \cdot 44,5) + (1542,245 \cdot 74,5) + (1542,245 \cdot 104,5) + (1285,204 \cdot 134,5)}{5654,898}$$

$$= 89,50 \text{ cm} = 895 \text{ mm}$$

$$e = 1000 - 895 = 105 \text{ mm}$$

$$A_g = 700 \times 2000 = 1,400 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$I_g = 1/12 \times (700 \times 2000^3) = 466,6667 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

b. Tegangan beton di serat atas akibat gaya prategang awal

$$\text{Rumus umum} \quad f_t = -\frac{F_i}{A_g} \pm \frac{F_i \times e^2}{I_g}$$

$$f_t = -\frac{5654,898 \times 10^3}{1,40 \times 10^6} - \frac{(5654,898 \times 10^3) \times 105^2}{466,6667 \times 10^9}$$

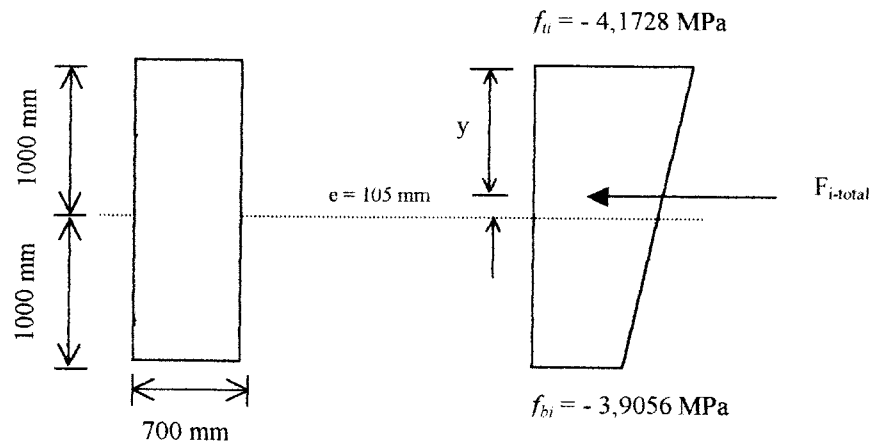
$$= -4,17280981 \approx 4,1728 \text{ MPa}$$

c. Tegangan beton di serat bawah akibat gaya prategang awal

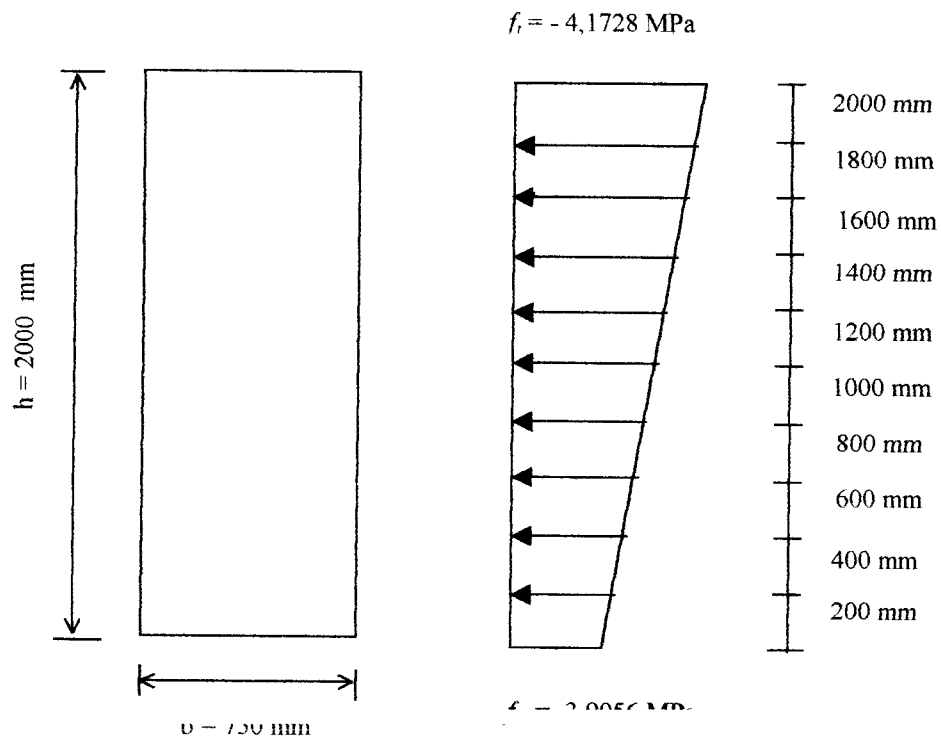
$$\text{Rumus umum} \quad f_b = -\frac{F_i}{A_g} \pm \frac{F_i \times e^2}{I_g}$$

$$f_{bi} = -\frac{5654,898 \times 10^3}{1,40 \times 10^6} + \frac{(5654,898 \times 10^3) \times 105^2}{466,6667 \times 10^9}$$

$$= -3,9056159 \approx 3,9056 \text{ MPa}$$



**Gambar 5.20** Tegangan pada blok ujung 100



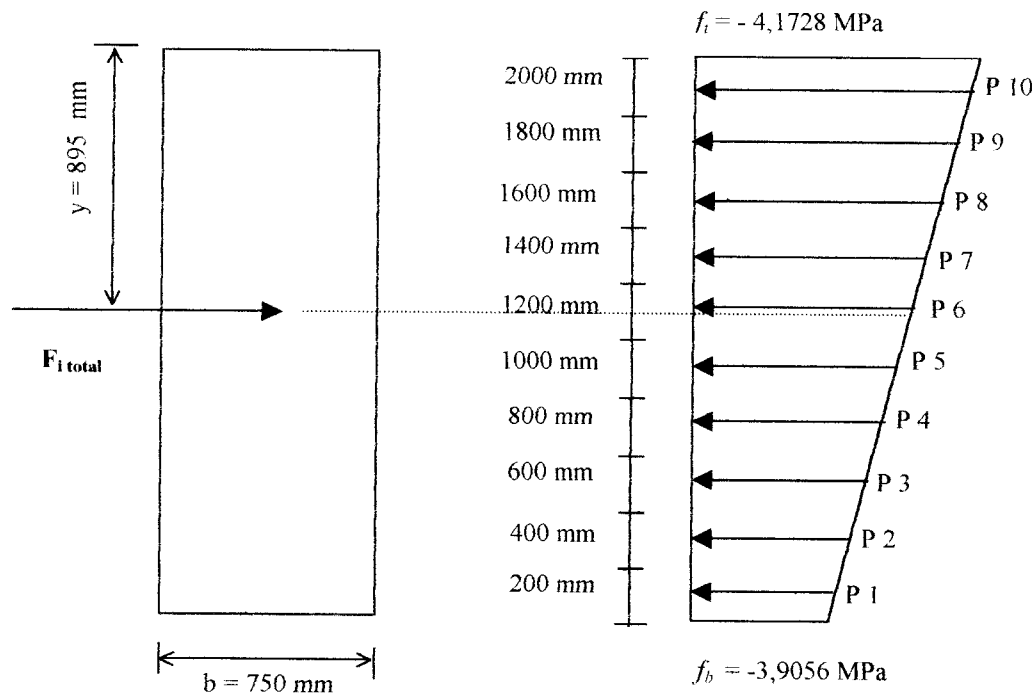
**Gambar 5.21** Diagram tegangan blok ujung di lokasi 100 setiap interval 200 mm

**Tabel 5.25** Tegangan rata-rata di blok ujung pada lokasi 100 setiap interval 200 mm

Jarak dari serat bawah (mm)	Tegangan (MPa)	Tegangan rata-rata (MPa)	Tegangan rata-rata (MPa)
0	3,0560	f1 = 3,4942	f2 = 3,9457
200	3,9323		
400	3,9590	f3 = 3,9724	f4 = 3,9991
600	3,9857		
800	4,0124	f5 = 4,0258	f6 = 4,0525
1000	4,0391		
1200	4,0658	f7 = 4,0792	f8 = 4,1059
1400	4,0925		
1600	4,1192	f9 = 4,1326	f10 = 4,1593
1800	4,1459		
2000	4,1726		

**Tabel 5.26** Gaya-gaya di blok ujung pada lokasi 100 setiap interval 200 mm

Tegangan $f_n$ (MPa)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Gaya $P_n$ (kN)
3,4942	750	200	P1 = 524,130
3,9457	750	200	P2 = 591,855
3,9724	750	200	P3 = 595,860
3,9991	750	200	P4 = 599,865
4,0258	750	200	P5 = 603,870
4,0525	750	200	P6 = 607,875
4,0792	750	200	P7 = 611,880
4,1059	750	200	P8 = 615,885
4,1326	750	200	P9 = 619,890
4,1593	750	200	P10 = 623,895



**Gambar 5.22** Diagram gaya-gaya di blok ujung pada lokasi 100 setiap interval 200 mm

d. Momen akibat tegangan beton

$$M_{200} = 524,130 \times 100 = 52413 \text{ kN mm} = 52,413 \text{ kN m}$$

$$\begin{aligned} M_{400} &= (524,130 \times 300) + (591,855 \times 100) = 216424,50 \text{ kN mm} \\ &= 216,4245 \text{ kN m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{600} &= (524,130 \times 500) + (591,855 \times 300) + (595,860 \times 100) \\ &= 499207,50 \text{ kN mm} = 499,2075 \text{ kN m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{800} &= (524,130 \times 700) + (591,855 \times 500) + (595,860 \times 300) \\ &+ (599,865 \times 100) = 901563 \text{ kN mm} = 901,563 \text{ kN m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{1000} &= (524,130 \times 900) + (591,855 \times 700) + (595,860 \times 500) \\ &+ (599,865 \times 300) + (603,870 \times 100) = 1424292,00 \text{ kN mm} \\ &= 1424,292 \text{ kN m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 M_{1200} &= (524,130 \times 1100) + (591,855 \times 900) + (595,860 \times 700) \\
 &+ (599,865 \times 500) + (603,870 \times 300) + (607,875 \times 100) \\
 &= 2068,1955 \text{ kN mm} = 2068,1955 \text{ kN m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{1400} &= (524,130 \times 1300) + (591,855 \times 1100) + (595,860 \times 900) \\
 &+ (599,865 \times 700) + (603,870 \times 500) + (607,875 \times 300) \\
 &+ (611,880 \times 100) = 2834074,50 \text{ kN mm} = 2834,0745 \text{ kN m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{1600} &= (524,130 \times 1500) + (591,855 \times 1300) + (595,860 \times 1100) \\
 &+ (599,865 \times 900) + (603,870 \times 700) + (607,875 \times 500) \\
 &+ (611,880 \times 300) + (615,885 \times 100) = 3722730 \text{ kN mm} \\
 &= 3722,730 \text{ kN m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{1800} &= (524,130 \times 1700) + (591,855 \times 1500) + (595,860 \times 1300) \\
 &+ (599,865 \times 1100) + (603,870 \times 900) + (607,875 \times 700) \\
 &+ (611,880 \times 500) + (615,885 \times 300) + (619,890 \times 100) \\
 &= 4734,963 \text{ kN mm} = 4734,963 \text{ kN m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{2000} &= (524,130 \times 1900) + (591,855 \times 1700) + (595,860 \times 1500) \\
 &+ (599,865 \times 1300) + (603,870 \times 1100) + (607,875 \times 900) \\
 &+ (611,880 \times 700) + (615,885 \times 500) + (619,890 \times 300) \\
 &+ (623,895 \times 100) = 5871574,50 \text{ kN mm} = 5871,5745 \text{ kN m}
 \end{aligned}$$

e. Momen akibat gaya prategang

$$M_{200} = 0 \text{ kN mm}$$

$$M_{400} = 0 \text{ kN mm}$$

$$M_{600} = 0 \text{ kN mm}$$

$$M_{800} = 0 \text{ kN mm}$$

$$M_{1000} = 0 \text{ kN mm}$$

$$M_{1200} = (5654,898) \times (95,00 \times 10^{-3}) = - 537,2153 \text{ N m}$$

$$M_{1400} = (5654,898) \times (295,00 \times 10^{-3}) = - 1668,9 \text{ kN m}$$

$$M_{1600} = (5654,898) \times (495,00 \times 10^{-3}) = - 2799,1745 \text{ kN m}$$

$$M_{1800} = (5654,898) \times (695,00 \times 10^{-3}) = - 3930,1541 \text{ kN m}$$

$$M_{2000} = (5654,898) \times (895,00 \times 10^{-3}) = - 5061,1337 \text{ kN m}$$

f. Momen netto

**Tabel 5.27** Hitungan momen-momen pada penampang

Jarak dari sisi bawah (m)	Momen yang disebabkan :		Momen netto (kN m)
	Tegangan beton (kN m)	Gaya prategang (kN m)	
0,00	0	0	0
0,20	52,413	0	52,413
0,40	216,4245	0	216,4245
0,60	499,2075	0	499,2075
0,80	901,563	0	901,563
1,00	1424,292	0	1424,292
1,20	2068,1955	-537,2153	<b>1530,9802</b>
1,40	2834,0745	-1668,9	1165,1745
1,60	3722,73	-2799,1745	923,5555
1,80	4734,963	-3930,1541	804,8089
2,00	5871,5745	-5061,1337	810,4408

Momen maximum  $M_{\max} = 1530,9802 \text{ kN}\times\text{m}$  yang terjadi pada blok ujung di lokasi 100 digunakan untuk menghitung luas sengkang yang diperlukan.

g. Menghitung luasan sengkang pada blok ujung

Rumus pendekatan yang dipakai adalah:

$$A_t = \frac{M_{\max}}{f_y(h-x)}$$

Dengan:

$M_{max}$  = momen netto maksimum yang terjadi blok ujung

$f_y$  = kuat tarik tegangan sengkang baja = 400 MPa

$h$  = tinggi gelagar = 2000 mm

$x$  = jarak pusat gaya-gaya sengkang terhadap ujung gelagar.

= diasumsikan 1000 mm

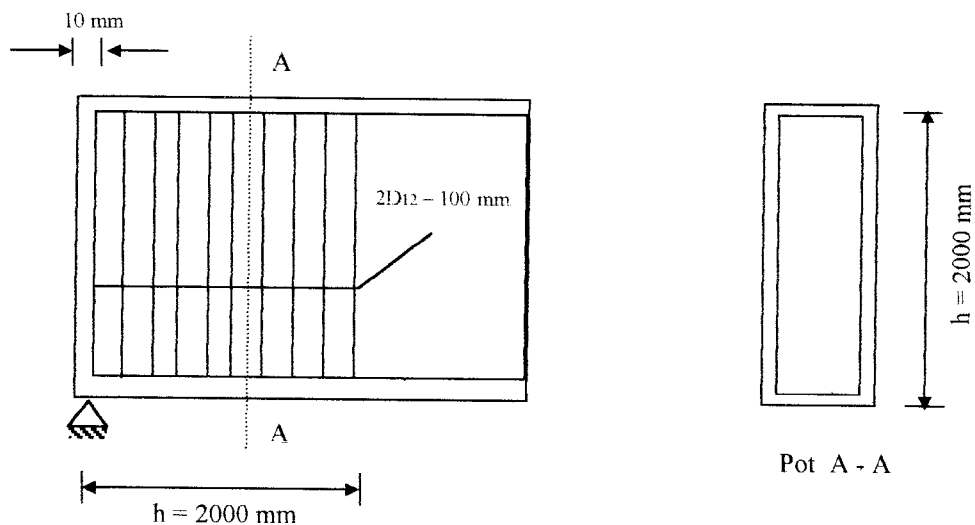
$$A_t = \frac{1530,9802 \times 10^6}{400(2000 - 1000)}$$

$$A_t = 3827,4505 \text{ mm}^2$$

Jika menggunakan sengkang D<sub>13</sub> ( $A=132,7 \text{ mm}^2$ ) maka :

$$n = \frac{3827,4505}{132,7} = 28,84 \approx 29 \text{ buah,}$$

maka tulangan yang digunakan minimum sebanyak 29 buah sepanjang h.



**Gambar 5.23** Penulangan blok ujung di lokasi 100

## **BAB IV**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Perencanaan gelagar jembatan dengan metode American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) LRFD 1994 menggunakan penampang gelagar beton berbentuk I dengan tinggi 2000 mm dan menggunakan kabel jenis *strand uncoated 7 wire super strand ASTM A-416 grade 270 low relaxation* berjumlah 44 buah berdiameter 12,7 mm dan ditarik satu arah dari lokasi 100.

Penempatan kabel pada ujung gelagar (lokasi 100 dan 210) diletakkan dengan jumlah dan letak yang berbeda (Gambar 3). Pada selubung kabel 1 (K1), selubung tendon 2 (K2), selubung kabel 3 (K3), selubung 4 (K4) berturut-turut diletakkan 445 mm, 745 mm, 1045 mm, 1345 mm dari serat atas gelagar, dan jumlah kabel berturut-turut sebanyak 10, 12, 12, 10 buah.

Kehilangan gaya prategang yang terjadi pada saat transfer (perpendekan elastis beton, slip ankur, dan gesekan) dan kehilangan saat layan (relaksasi tendon, rangkai beton, dan susut) di masing-masing selubung (K1, K2, K3, K4) dan lokasi tendon mempunyai nilai yang berbeda (Tabel 5.17). Kehilangan gaya prategang terkecil terletak di lokasi 100 dan terbesar terletak di lokasi 210 karena gesekan tendon dan selubungnya yang ditarik dari lokasi 100. Kehilangan gaya

prategang akibat gesek paling dominan pada saat transfer karena dipengaruhi oleh panjang kabel dan besarnya sudut.

Kapasitas momen yang dimiliki oleh gelagar beton cukup besar karena bentuk profil I mempunyai tinggi 2000 mm sehingga mempunyai lengan momen yang relatif panjang. Tulangan yang di gunakan adalah D-40 untuk tulangan struktur dan D-25 untuk tulangan pasifnya.

## 6.2 Saran

Perencanaan jembatan dengan metode AASTHO LRFD 1994 merupakan perencanaan jembatan yang relatif baru di Indonesia. Perlu pengkajian yang mendalam dan menyeluruh adalah syarat mutlak dalam merencanakan struktur jembatan dengan menggunakan metode ini, dimulai dari pembebanan jalan, perencanaan tebal pelat/deck, gelagar, kolom jembatan sampai dengan pondai. Keterbatasan waktu, literatur dan kemampuan mempelajari literatur yang ada adalah salah satu kendala buat kami. Untuk itu kami membatasi perencanaan jembatan ini hanya pada *gelagar jembatan* saja dan mengasumsikan nilai komponen-komponen tertentu untuk mempermudah pengerjaannya.

Perencanaan jembatan dengan metode AASTHO LRFD 1994 sangat menarik untuk dikaji bagi mahasiswa-mahasiswa dari berbagai bidang studi seperti struktur, transportasi, manajemen konstruksi dan lain-lainnya. Banyak hal yang dapat dipelajari atau dibandingkan antara metode ini dengan metode yang lain. Sehingga perencanaan jembatan dengan metode AASTHO LRFD 1994 dapat dilanjutkan oleh mahasiswa FTSP UIN Yogyakarta pada khususnya dan mahasiswa jurusan teknik sipil pada umumnya. Hal-hal yang dapat dilanjutkan adalah :

1. Perencanaan tebal slab jembatan dengan metode AASTHO LRFD 1994.
2. Membandingkan perencanaan gelagar jembatan dengan metode USD (*Ultimate Strength Design*) dengan ASD (*Allowed Stress Design*) ditinjau dari kekuatan struktur dan anggaran biayanya.
3. Perencanaan kolom dan pondasi jembatan tahan gempa.

## DAFTAR PUSTAKA

\_\_\_\_\_ ,1993, Al Quran dan Terjemahannya, Departemen Agama Republik Indonesia, Jakarta

\_\_\_\_\_ , 1994, *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications and System International Units*.

\_\_\_\_\_ , 1997, Pedoman Perencanaan Pembebanan Jalan Raya, Yayasan Badan Penerbit PU.

\_\_\_\_\_ , Standar Bangunan Atas Jembatan Gelagar Beton Pratekan Tipe I – Kelas A, Direktorat Bina Program Jalan, Direktorat Jenderal Binamarga, DPU.

\_\_\_\_\_ , 1995, Pedoman Praktek Kerja dan Tugas Akhir , Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta.

\_\_\_\_\_ 1979, *Steel Designers Manual, Fourth Edition Metric*.

Barker M Richard and Pucket A. Jay 1997, *Design of Highway Bridges : Base on AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*, John Willey and Son, Inc.

Bindra S.P *Prinsiples and Practise of Bridge Engeneering*, Dhapat and Son Inc, New Delhi.

Dipohusodo Istimawan, 1994, *Struktur Beton Bertulang : Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Echols M. John dan Shadily Hasan, 1997, Kamus Inggris Indonesia, PT. Gamedia , Jakarta.

Frick Heinz, 1994, Mekanika Teknik : Statika dan Kegunaanya, Kanisius, Yogyakarta.

Kardiono, Bahan bangunan

N. Krisna Raju, 1988, *Prestressed Concrete*, McGraw-Hill, Inc

Supriadi Bambang dan Agus Setyo Muntohar, 2000, Jembatan

Salmon G Charles and Johnsons E John 1992, *Steel Structure : Design and Behavior, Emphasizing Load and Resistance Factor Design*; HapperCollins Publisher Inc.

Soemono, 1984, *Statika I*, Penerbit ITB, Bandung.

T. Y. Lin and Ned H. Burns, 1999, *Design of Prestressed Concrete Structures*, Jonh Willey & Sons, Inc.

Vis.W.C dan Kusuma H. Gideon 1993, Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang : Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03, Erlangga, Jakarta.

Wahyudi Laurentius dan Rahim A Sjahrir. 1992, *Metode Plastis : Analisis dan Disain*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Widodo , Diktat Kuliah Tegangan Bahan, Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta.



**TABLE 3.1 Resistance Factors for Conventional Construction**

Strength Limit State	$\Phi$ Factor
For Flexure and tension	
Reinforced concrete	0.90
Prestressed concrete	1.00
For shear and Torsion	
Normal weight concrete	0.90
Lightweight concrete	0.70
For Axial compression with spirals or ties, except for seismic Zones 3 and 4	0.75
For bearing on concrete	0.70
For compression in strut-and-tie models	0.70
for compression in anchorage zones	
Normal weight concrete	0.80
Lightweight concrete	0.65
For tension in steel in anchorage zones	1.00

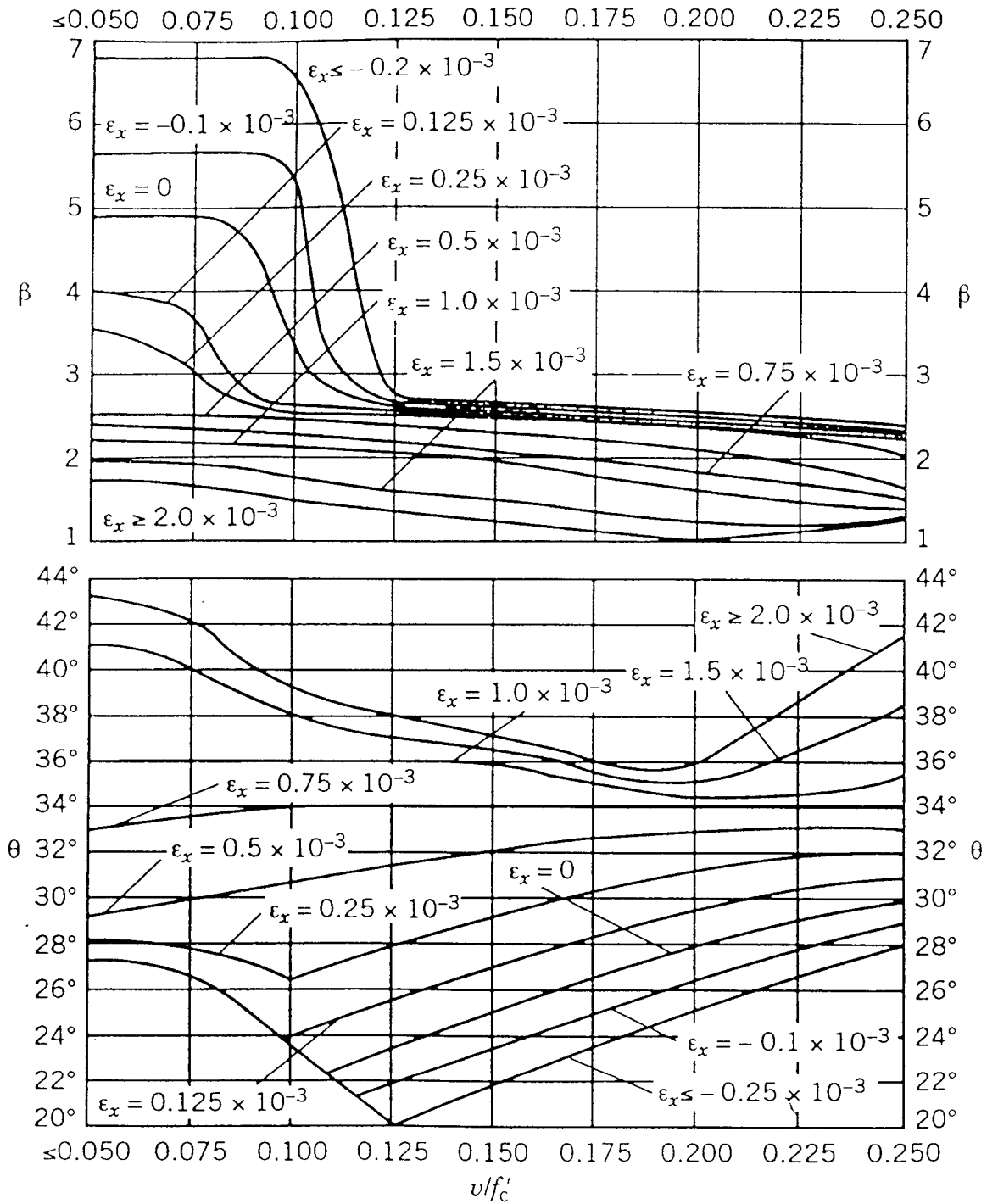
“In AASHTO [A5.5.4.2]. [From AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Copyright 1994 by the American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC. Used by permission].

**TABLE 3.2 Properties of Prestressing Strand and Bar<sup>a</sup>**

Material	Grade or Type	Diameter (mm)	Tensile Strength, $f_{pu}$ (MPa)	Yield Strength, $f_{py}$ (MPa)
Strand	1725 MPa (Grade 250)	6.35–15.24	1725	85% of $f_{pu}$ except
	1860 MPa (Grade 270)	9.53–15.24	1860	90% of $f_{pu}$ for low-relaxation strand
Bar	Type 1, Plain	19–35	1035	85% of $f_{pu}$
	Type 2, Deformed	15–36	1035	80% of $f$

<sup>a</sup>In AASHTO Table 5.4.4.1-1. [From AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Copyright © 1994 by the American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC. Used by permission.]

**TABEL 3.3**



Values of  $\theta$  and  $\beta$  for sections with web reinforcement (AASHTO Fig. 5.8.3.4.2-1). [From AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Copyright © 1994 by the American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC. Used by permission.]

**TABLE 3.4 Stress Limits For Concrete at Prestress Transfer Stage**

Compressive Stresses	
Pretensioned components	$0.60 f'_{ci}$
Post-tensioned components	$0.55 f'_{ci}$
Tensile Stresses	
Precompressed tensile zone without bonded reinforcement	N/A <sup>b</sup>
Other tensile zones without bonded reinforcement	$0.25\sqrt{f'_{ci}} \leq 1.38$
Tensile zones with bonded reinforcement sufficient to resist 120 % of the tension force in the cracked concrete computed on the basis of an uncracked section	$0.58\sqrt{f'_{ci}}$
Handling stresses in prestressed piles	$0.415\sqrt{f'_{ci}}$

<sup>a</sup> In AASHTO [A5.9.4.1]. [From AASHTO LRFD Bridge Design specification, Copyright 1994 by the American Association of Highway and Transportation Officials, Washington, DC. Used by Permission].

N/A = Not applicable

**TABLE 3.5 Stress Limits For Concrete at Service Load Stage**

Compressive stress-load combination Service I	
Due to permanent loads	$0.45f'_c$
Due to permanent and transient loads and during shipping and handling	$0.60f'_c$
Tensile Stresses-load combination Service III for components with bonded prestressing tendons.	
Precompressed tensile zone assuming uncracked sections.	
Components with bonded prestressing tendons other than piles	$0.50\sqrt{f'_c}$
Components Subjected to severe corrosive conditions	$0.25\sqrt{f'_c}$
Components with unbonded prestressing tendons	No tension
other tensile zone stresses are limited by those given for the prestress transfer stage in Table 7.6	

“In AASHTO [A5.9.4.2]. [From AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Copyright 1994 by the American of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC. Used by permission].

**TABLE 3.6 Stress Limits For Prestressing Tendons**

Tendon Type			
	Stress Relieved Strand and Plain High-Strength Bars	Low Relaxation Strand	Deformed High Strength Bars
At jacking: ( $f_{pi}$ )			
Pretensioning post-tensioning	$0.72f_{pu}$ $0.76f_{pu}$	$0.78f_{pu}$ $0.80f_{pu}$	$0.75f_{pu}$
After transfer ( $f_{pt}$ )			
pretensioning	$0.70f_{pu}$	$0.74f_{pu}$	
Post-tensioning At anchorages and couplers immediately	$0.70f_{pu}$	$0.70f_{pu}$	$0.66f_{pu}$
after anchor set	$0.70f_{pu}$	$0.74f_{pu}$	$0.66f_{pu}$
Post-tensioning- general At service limit state: ( $f_{pe}$ ) After Losses	$0.80f_{pv}$	$0.80f_{pv}$	$0.80f_{pv}$

“ In AASHTO Table 5.9.3-1. [from AASHTO LRFD Bridge Design Specification, Copyright 1994 by the American Association of state Highway and Transportation Officials, Washington dc. Used by permission].

**TABEL 3.7** Load Combination and Load Factors<sup>a</sup>

Load Combination	DC DD DW EH EV ES	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU CR SH	TG	SE	Use One of These at a Time			
										EQ	IC	CT	CV
Limit State													
STRENGTH-I	$\gamma_p$	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-
STRENGTH-II	$\gamma_p$	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-
STRENGTH-III	$\gamma_p$	-	1.00	1.40	-	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-
STRENGTH-IV EH, EV, ES, DW DC ONLY	$\gamma_p$ 1.5	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-
STRENGTH-V	$\gamma_p$	1.35	1.00	0.40	0.40	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-
EXTREME EVENT-I	$\gamma_p$	$\gamma_{EO}$	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-
EXTREME EVENT-II	$\gamma_p$	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00
SERVICE-I	1.00	1.00	1.00	0.30	0.30	1.00	1.00/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-
SERVICE-II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-
SERVICE-III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-
FATIGUE-LL, IM, AND CE ONLY	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>a</sup>AASHTO Table 3.4.1-1. [From AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Copyright © 1994 by the American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC. Used by Permission].

**TABEL 3.8** Unit Densities<sup>a</sup>

Material	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )
Aluminum	2800
Bituminous wearing surfaces	2250
Cast iron	7200
Cinder filling	960
Compact sand, silt, or clay	1925
Concrete, lightweight (includes reinforcement)	1775
Concrete, sand-lightweight (includes reinforcement)	1925
Concrete, normal (includes reinforcement)	2400
Loose sand, silt, or gravel	1600
Soft clay	1600
Rolled gravel, macadam, or ballast	2450
Steel	7850
Stone masonry	2725
Hardwood	800
Softwood	800
Transit rails, ties and fastening per track	0.3 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>In AASHTO Table 3.5.1-1. [From AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Copyright © 1994 by the American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC. Used by Permission].

<sup>b</sup>In kilograms per cubic millimeter (kg/mm)

**TABEL 3.9** Load Factors for Permanent Loads,  $\gamma_p^a$

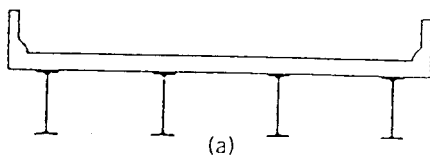
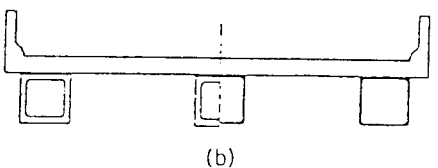
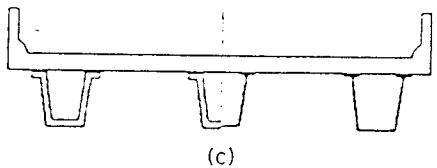
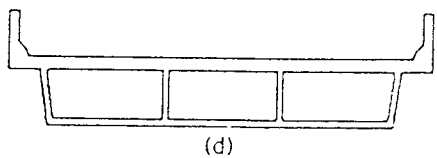
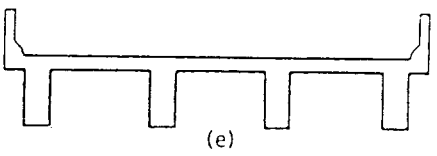
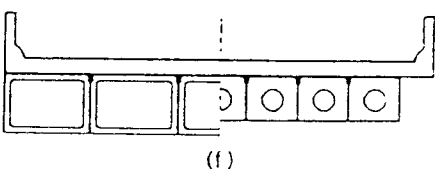
Type of Load	Load Factor	
	Maximum	Minimum
<i>DC</i> : Component and Attachments	1.25	0.90
<i>DD</i> : Downdrag	1.80	0.45
<i>DW</i> : Wearing Surfaces and Utilities	1.50	0.65
<i>EH</i> : Horizontal Earth Pressure		
• Active	1.50	0.90
• At-Rest	1.35	0.90
<i>EV</i> : Vertical Earth Pressure		
• Overall Stability	1.35	N/A
• Retaining Structure	1.35	1.00
• Rigid Buried Structure	1.30	0.90
• Rigid Frames	1.35	0.90
• Flexible Buried Structures other than Metal Box Culverts	1.95	0.90
• Flexible Metal Box Culverts	1.50	0.90
<i>ES</i> : Earth Surcharge	1.50	0.75

<sup>a</sup>AASHTO Table 3.4.1-2. [From *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*, Copyright © 1994 by the American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC. Used by Permission].

# **LAMPIRAN 2**

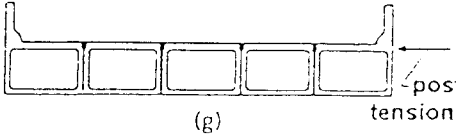
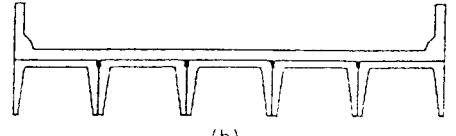
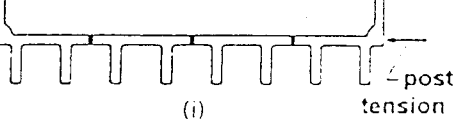
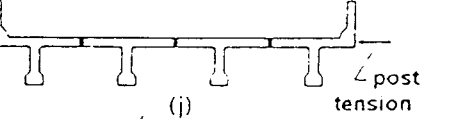
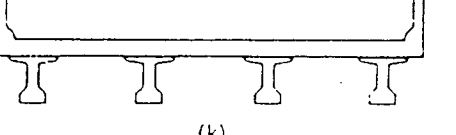
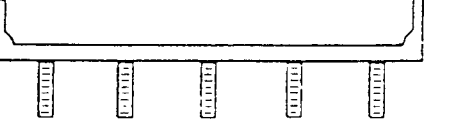


**TABEL 5.6 Common Girder Bridge Cross Sections.<sup>a</sup>**

SUPPORTING COMPONENTS	TYPE OF DECK	TYPICAL CROSS SECTION
Steel Beam	Cast-in-place concrete slab precast concrete slab, steel grid, glued/spiked panels, stressed wood	 (a)
Closed Steel or Precast Concrete Boxes	Cast-in-place concrete slab	 (b)
Open Steel or Precast Concrete Boxes	Cast-in-place concrete slab, precast concrete deck slab	 (c)
Cast-in-Place Concrete Multi-cell Box	Monolithic concrete	 (d)
Cast-in-Place Concrete Tee Beam	Monolithic concrete	 (e)
Precast Solid, Voided or Cellular Concrete Boxes with Shear Keys	Cast-in-place concrete overlay	 (f)

<sup>a</sup>(AASHTO Table 4.6.2.2.1-1). [From *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*, Copyright © 1994 by the American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC. Used by permission].

**TABEL 5.6 (Continued)**

SUPPORTING COMPONENTS	TYPE OF DECK	TYPICAL CROSS SECTION
Precast Solid, Voided or Cellular Concrete Box with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	 <p>(g)</p>
Precast Concrete Channel Sections with Shear Keys	Cast-in-place concrete overlay	 <p>(h)</p>
Precast Concrete Double Tee Section with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	 <p>(i)</p>
Precast Concrete Tee Section with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	 <p>(j)</p>
Precast Concrete I or Bulb-Tee Sections	Cast-in-place concrete, precast concrete	 <p>(k)</p>
Wood Beams	Cast-in-place concrete or plank, glued/spiked panels or stressed wood	 <p>(l)</p>

**TABEL 5.7** Vehicles per Girder for Concrete Deck on Steel or Concrete Beams; Concrete T-Beams; T- and Double T-Sections Transversely Post-Tensioned Together<sup>a</sup>

Action/Location	AASHTO Table	Distribution Factors ( $mg$ ) <sup>c</sup>	Skew Correction Factor <sup>b</sup>	Range of Applicability
A. Moment interior girder	4.6.2.2.2b-1	<p>One design lane loaded:</p> $mg_{\text{moment}}^{SI} = 0.06 + \left( \frac{S}{4300 \text{ mm}} \right)^{0.4} \left( \frac{S}{L} \right)^{0.3} \left( \frac{K_e}{Lt^3} \right)^{0.1}$ <p>Two or more (multiple) design lanes loaded:</p> $mg_{\text{moment}}^{MI} = 0.075 + \left( \frac{S}{2900 \text{ mm}} \right)^{0.6} \left( \frac{S}{L} \right)^{0.2} \left( \frac{K_e}{Lt^3} \right)^{0.1}$	$1 - C_1(\tan \theta)^{1.5}$ $C_1 = 0.25 \left( \frac{K_e}{Lt^3} \right)^{0.25} \left( \frac{S}{L} \right)^{0.5}$ If $\theta < 30^\circ$ , then $C_1 = 0.0$ If $\theta > 60^\circ$ , then $\theta = 60^\circ$	$1100 \leq S \leq 4900 \text{ mm}$ $110 \leq t_s \leq 300 \text{ mm}$ $6000 \leq L \leq 73\,000 \text{ mm}$ No. of beams $\geq 4$ $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$
B. Moment exterior girder	4.6.2.2.2d-1	<p>One design lane loaded:</p> <p>Use lever rule</p> <p>Two or more (multiple) design lanes loaded:</p> $mg_{\text{moment}}^{ME} = e * mg_{\text{moment}}^{MI}$ $e = 0.77 + \frac{d_e}{2800 \text{ mm}} \geq 1.0$ <p><math>d_e</math> is positive if girder is inside of barrier, otherwise negative</p>	N/A	$-300 \leq d_e \leq 1700 \text{ mm}$

C. Shear interior girder	4.6.2.2.3a-1	One design lane loaded	$1.0 + 0.20 \left( \frac{Lt_s^3}{K_s} \right)^{0.3} \tan \theta$	$1100 \leq S \leq 4900 \text{ mm}$ $110 \leq t_s \leq 300 \text{ mm}$ $6000 \leq L \leq 73\,000 \text{ mm}$ $4 \times 10^9 \leq K_s \leq 3 \times 10^{12} \text{ mm}^4$ No. of beams $\geq 4$ $0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$
		$m_{\text{shear}}^{SI} = 0.36 + \frac{S}{7600 \text{ mm}}$ Two or more (multiple) design lanes loaded $m_{\text{shear}}^{MI} = 0.2 + \frac{S}{3600 \text{ mm}} - \left( \frac{S}{10\,700 \text{ mm}} \right)^2$		
D. Shear exterior girder	4.6.2.2.3b-1	One design lane loaded	N/A	$-300 \leq d_e \leq 1700 \text{ mm}$
		Use lever rule Two or more (multiple) design lanes loaded $m_{\text{shear}}^{ME} = e * m_{\text{shear}}^{MI}$ $e = 0.6 + \frac{d_e}{3000 \text{ mm}}$ $d_e$ is positive if girder is inside of barrier, otherwise negative		

see Table 2.2 for applicable cross sections.

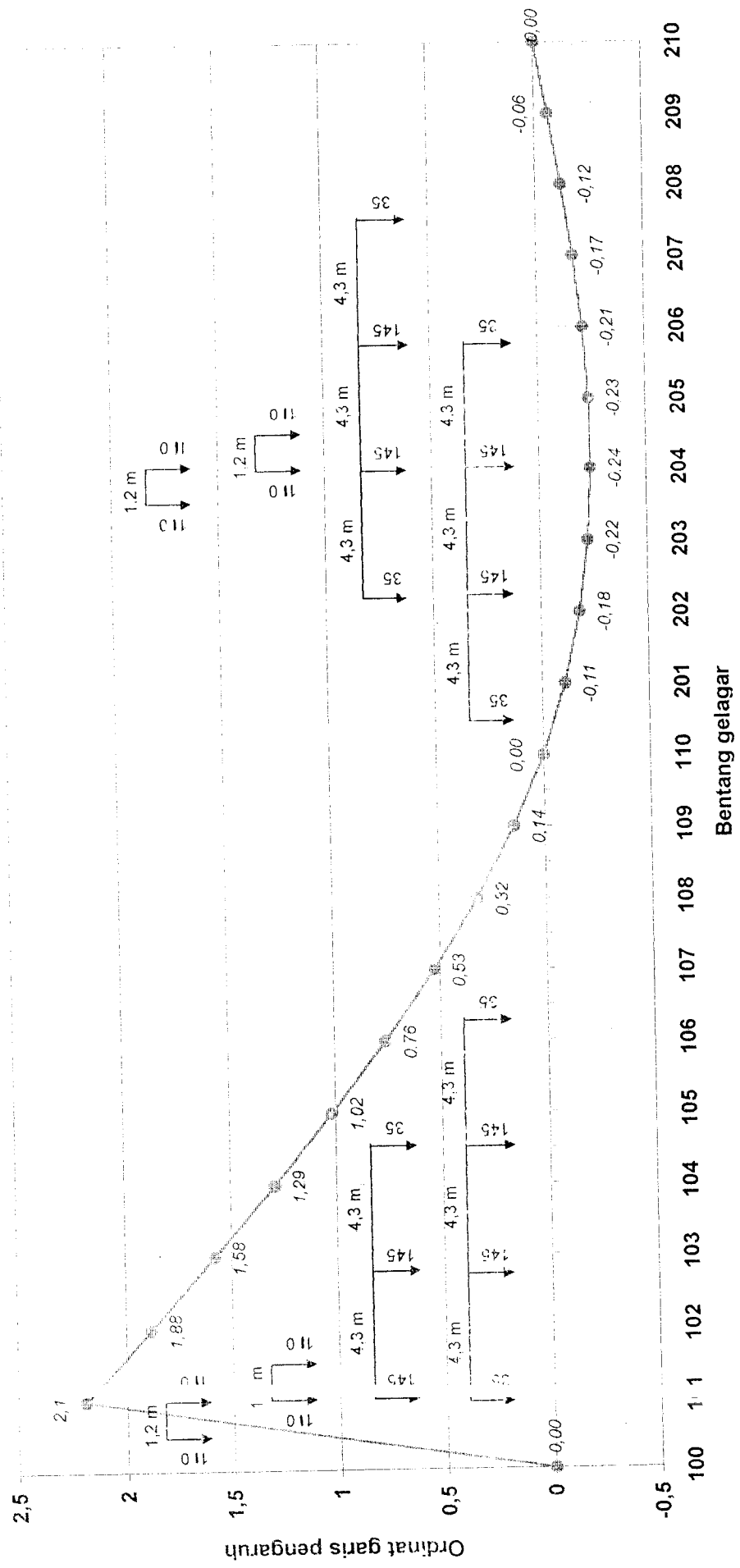
Not applicable = N/A.

Equations include multiple presence factor; for lever rule engineer must perform factoring by  $m$ .

**LAMPIRAN – LAMPIRAN**  
**GARIS PENGARUH MOMEN DAN GESER**  
**AKIBAT BEBAN BERGERAK**

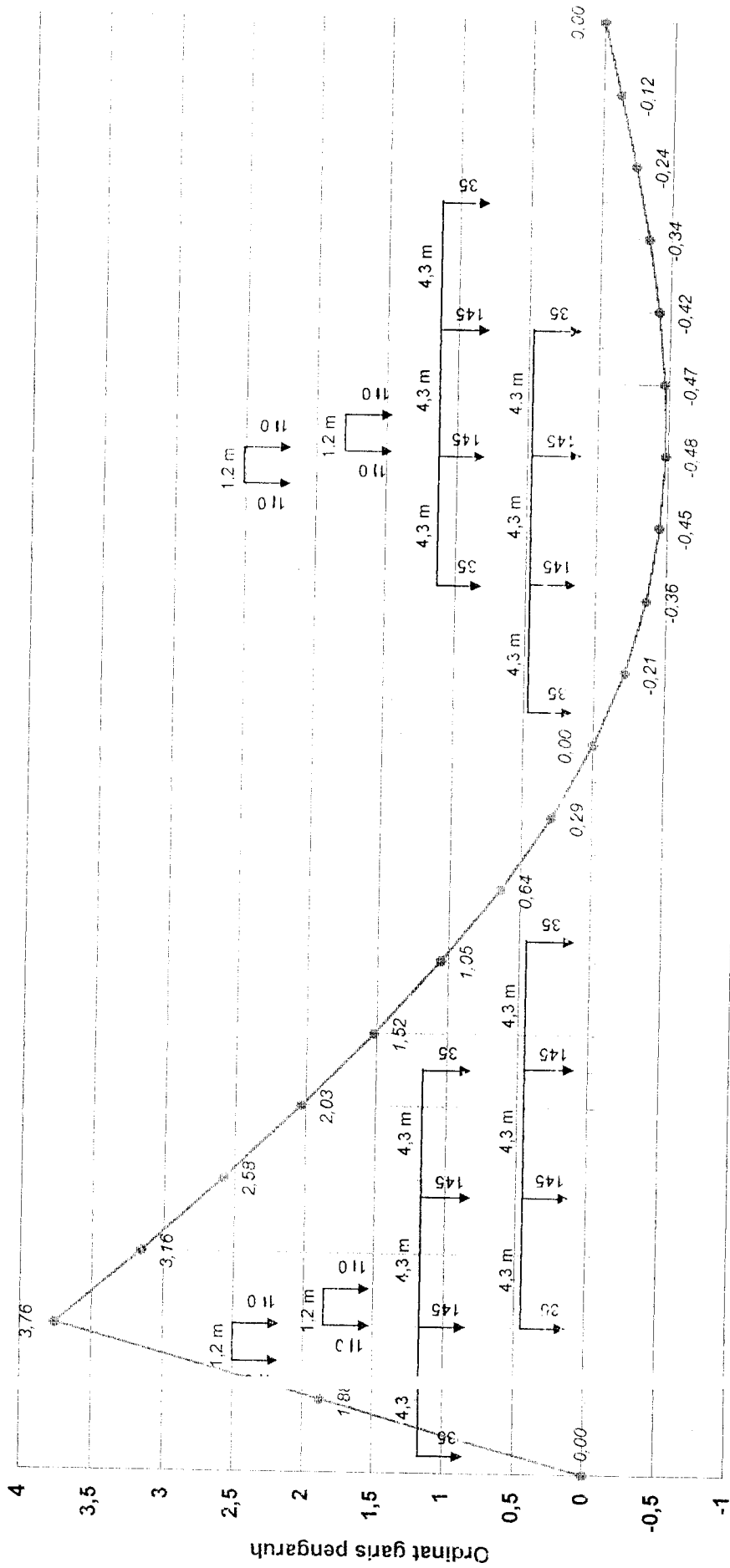
# Grafik garis pengaruh momen di lokasi 101 (GP M-101)

---●--- Garis pengaruh



# Grafik garis pengaruh momen di lokasi 102 (GP M-102)

---●--- Garis pengaruh

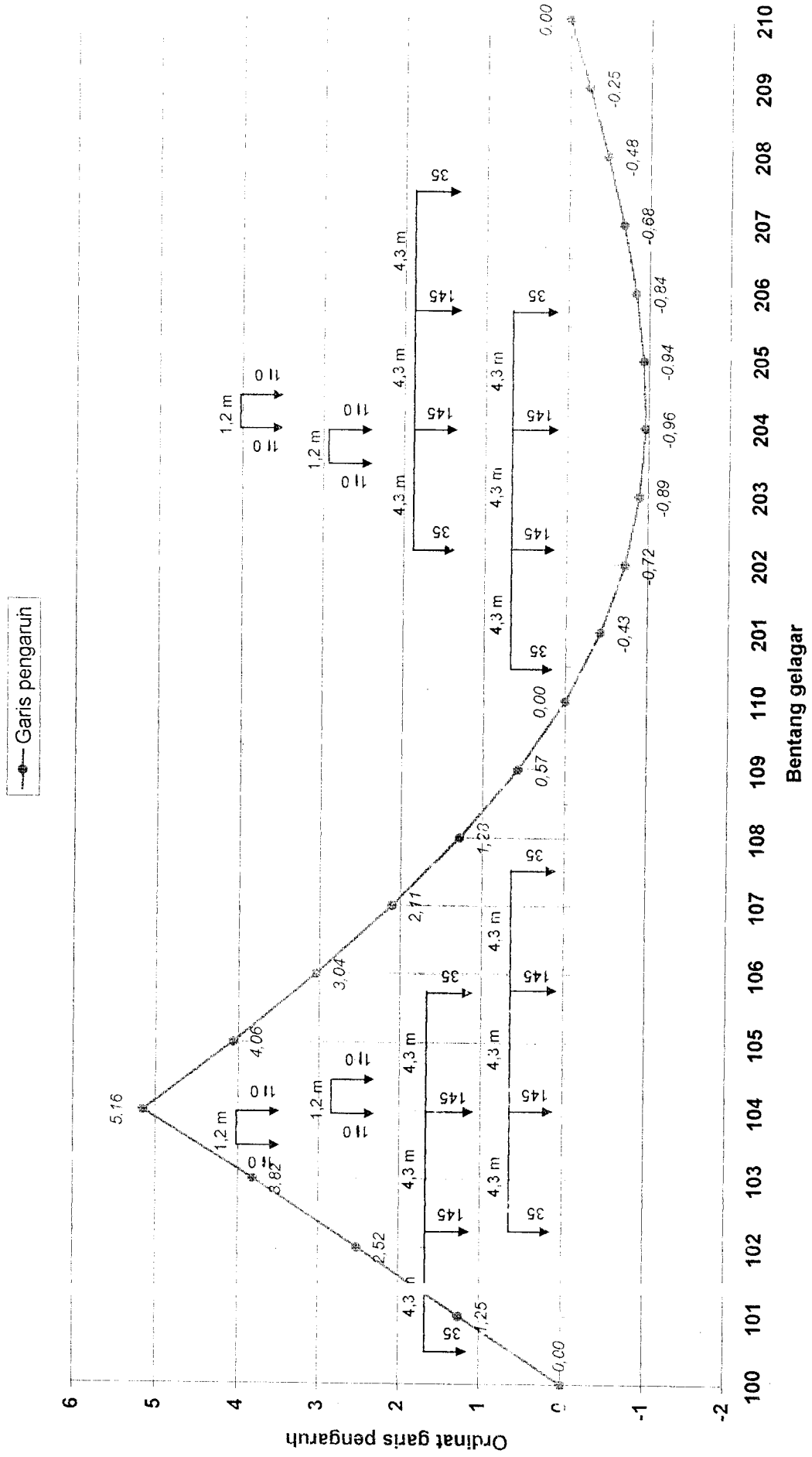


Bentang gelagar

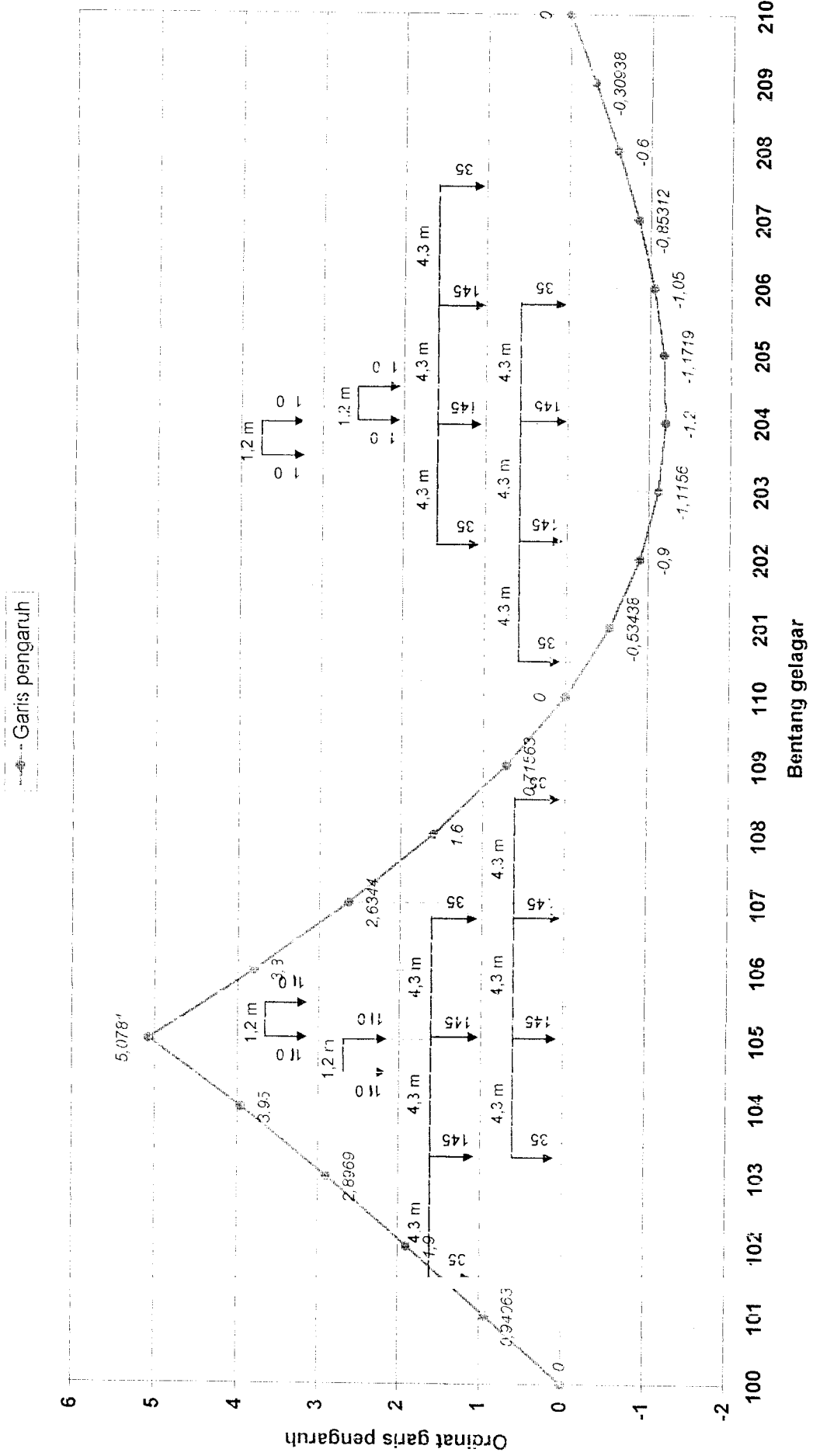




Grafik garis pengaruh momen di lokasi 104 (GP M-104)

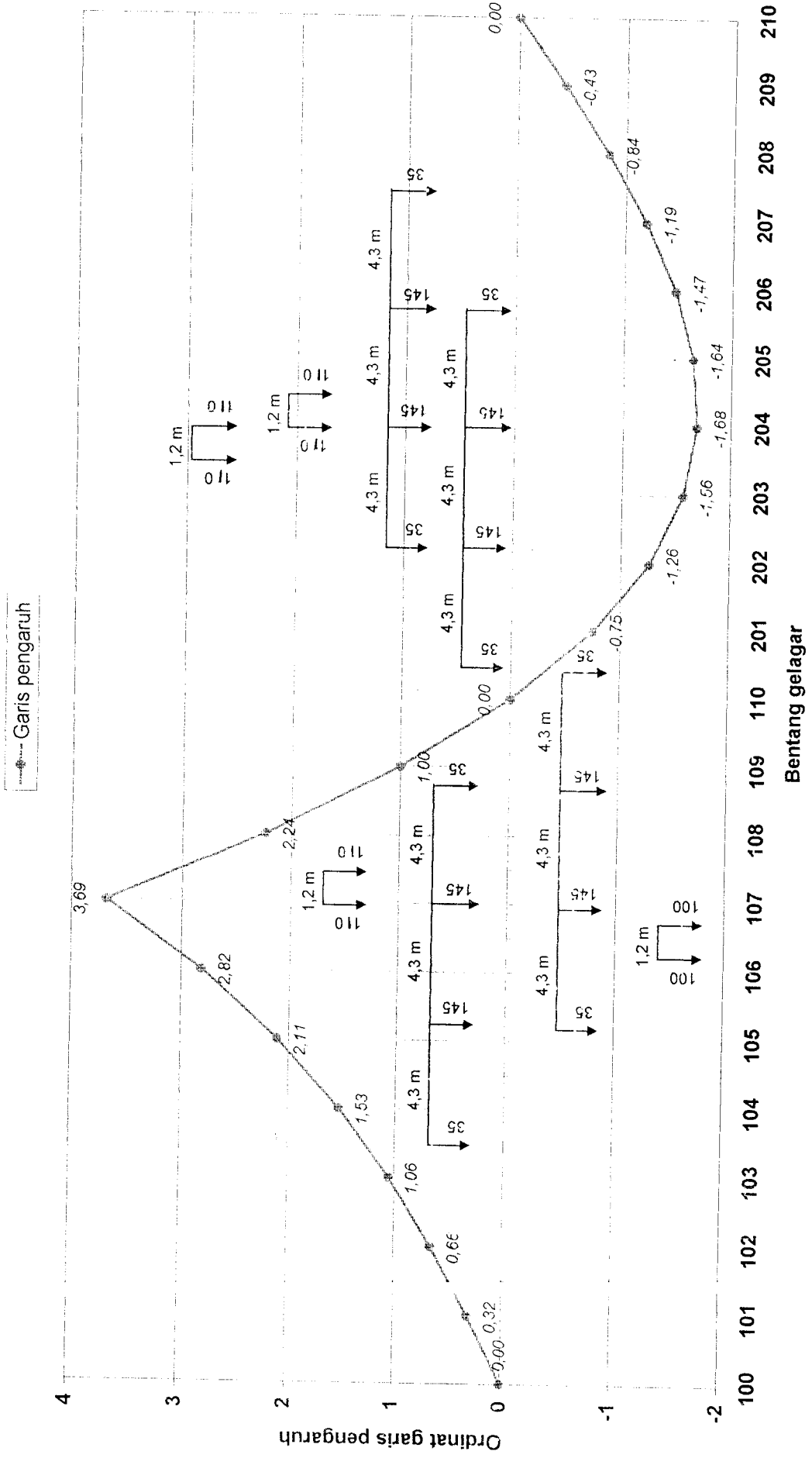


Grafik garis pengaruh momen di lokasi 105 (GP M-105)

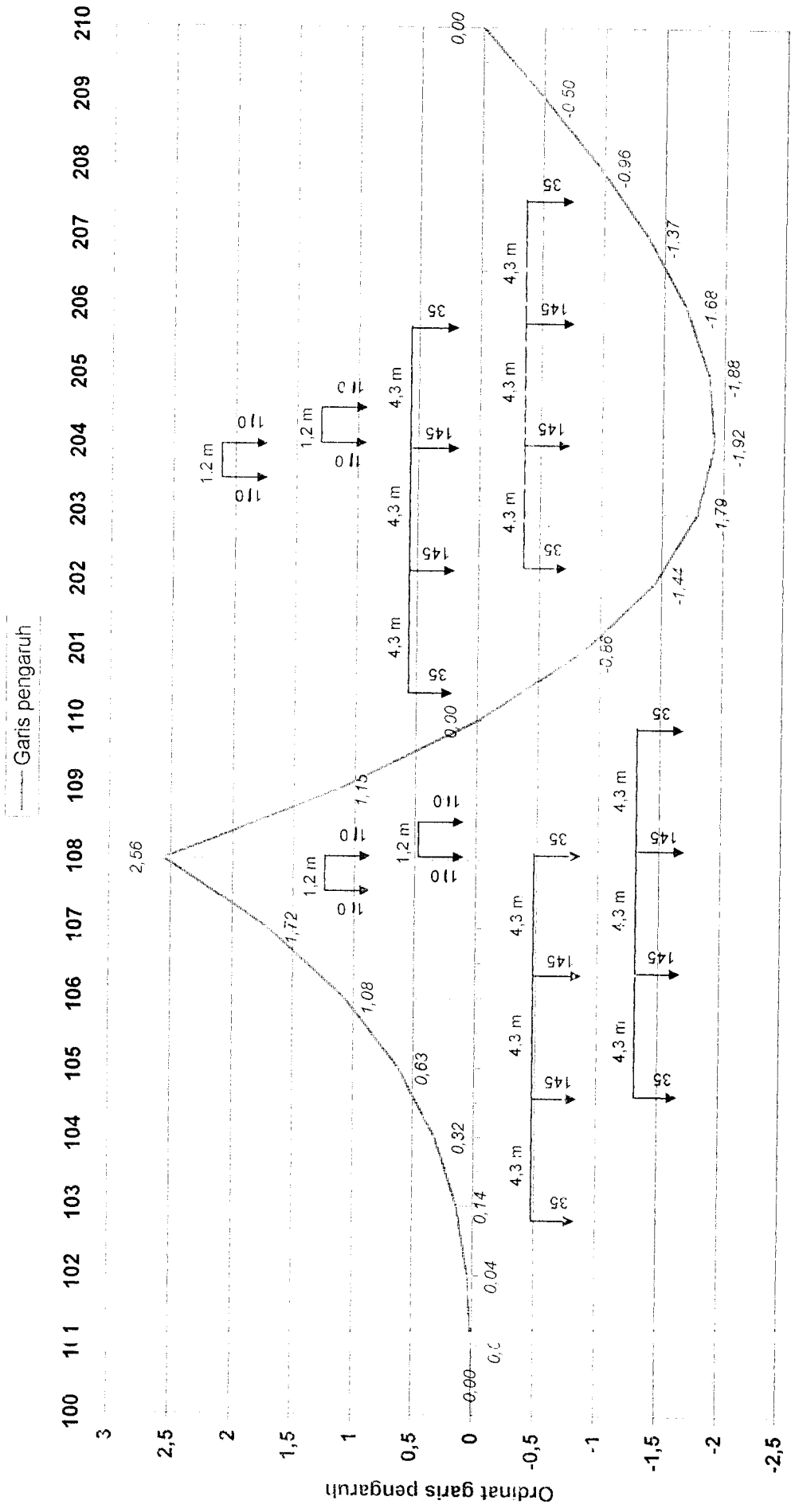




# Grafik garis pengaruh momen di lokasi 107 (GP M-107)

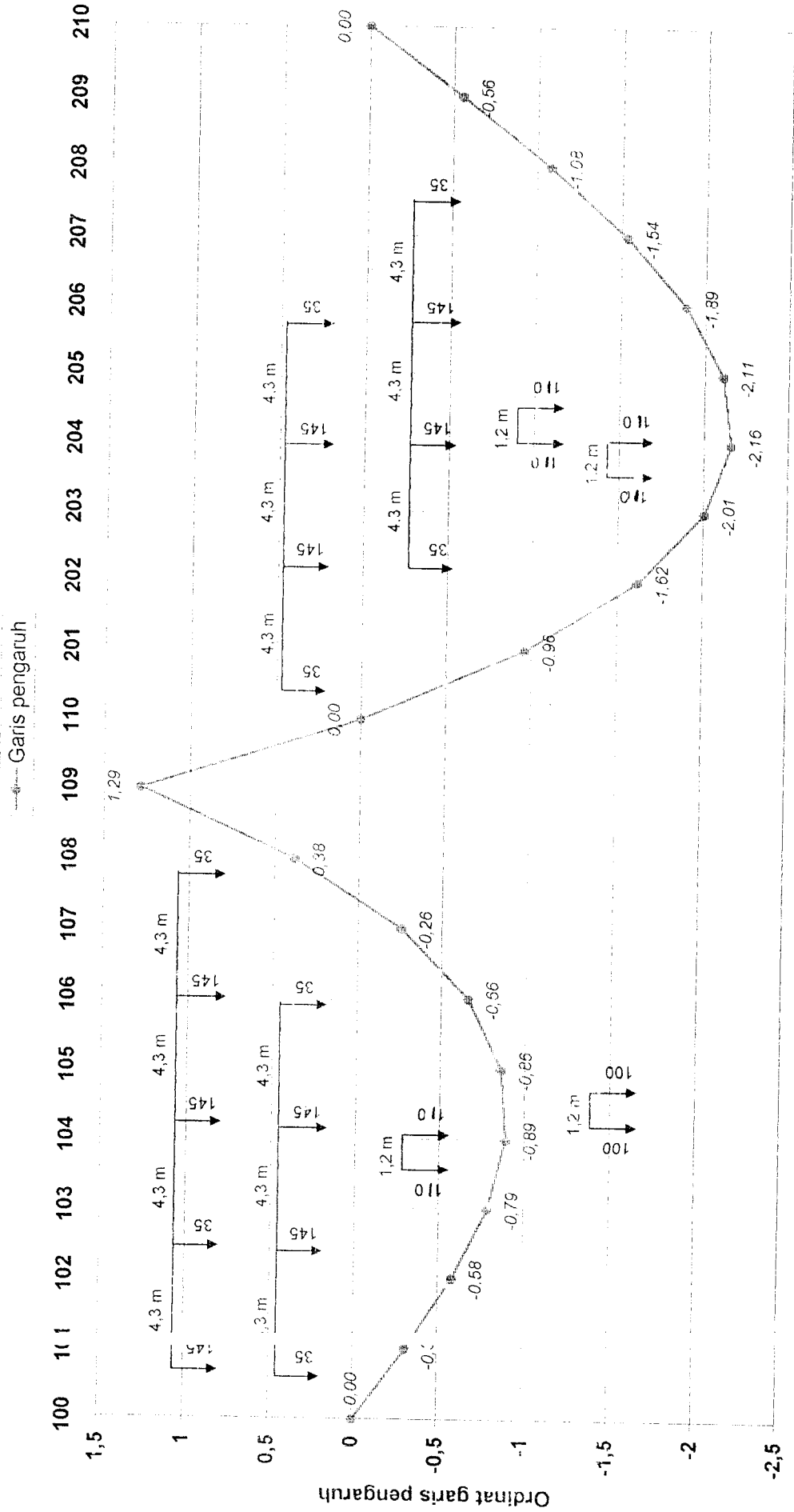


# Grafik garis pengaruh momen di lokasi 108 (GP M-108)



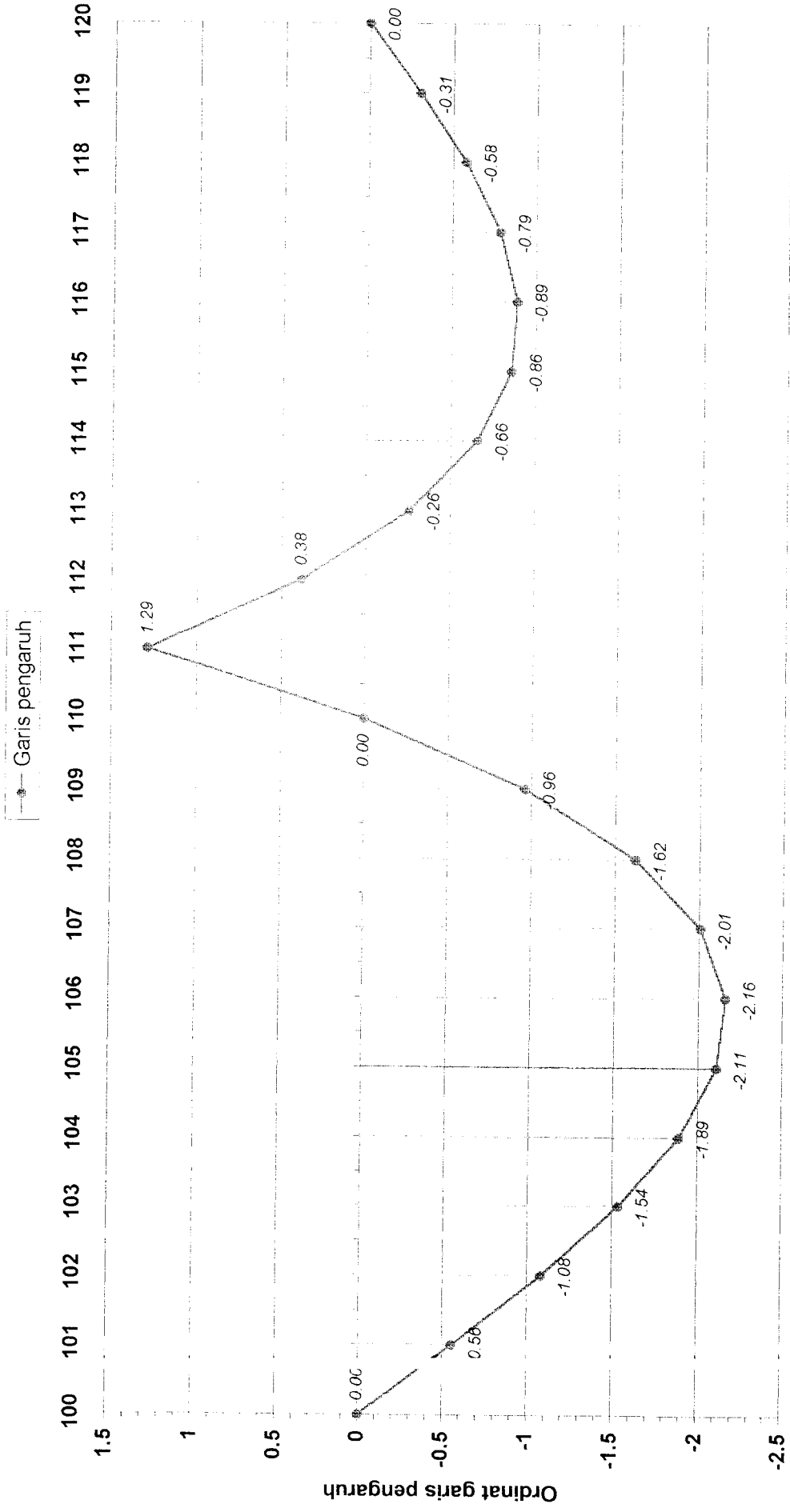
Bentang gelagar

# Grafik garis pengaruh momen di lokasi 9 (GP M-109)



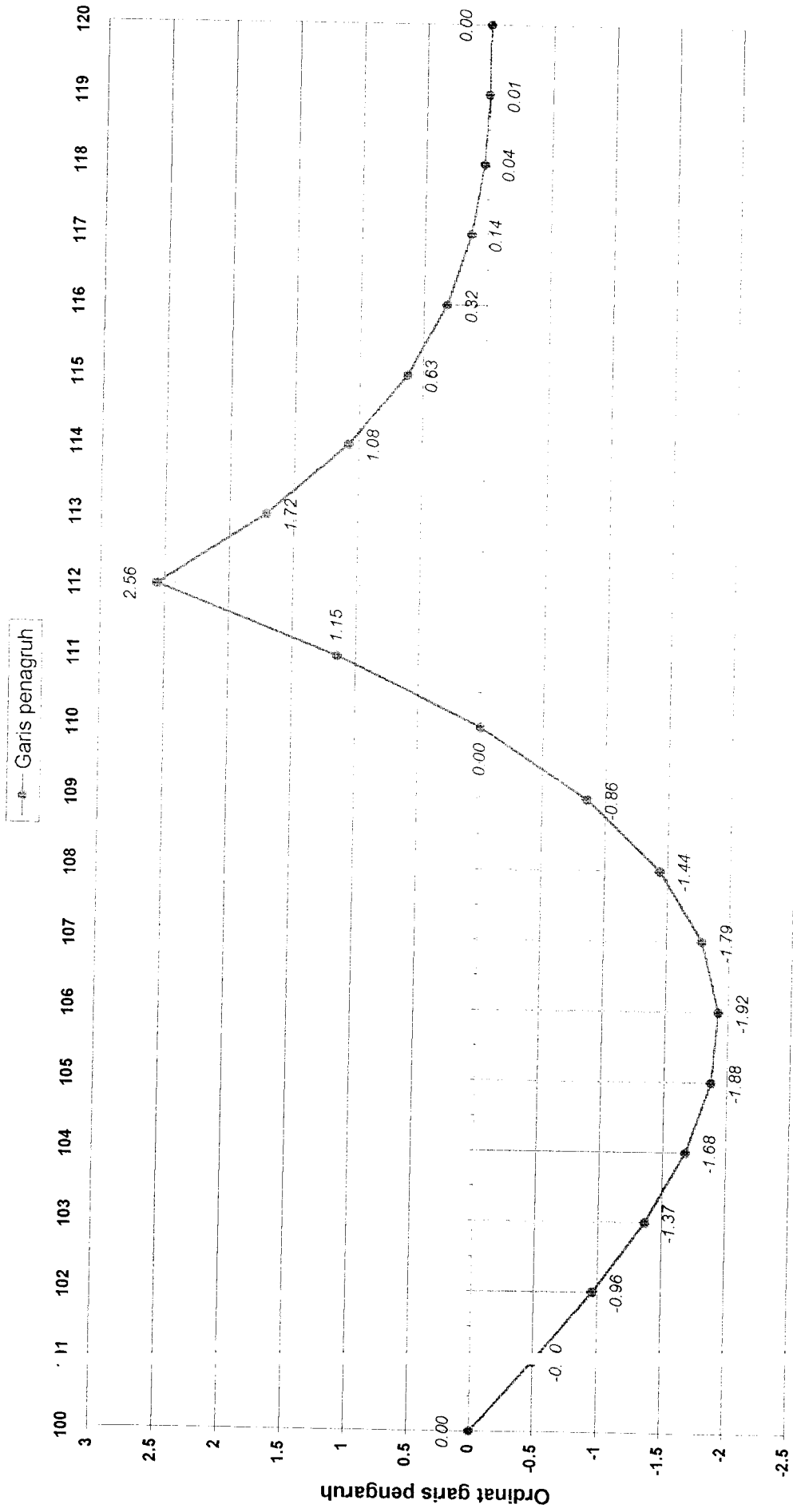
Bentang gelagar

Garis pengaruh momen di titik 201 (GP M-201)



Bentang gelagar

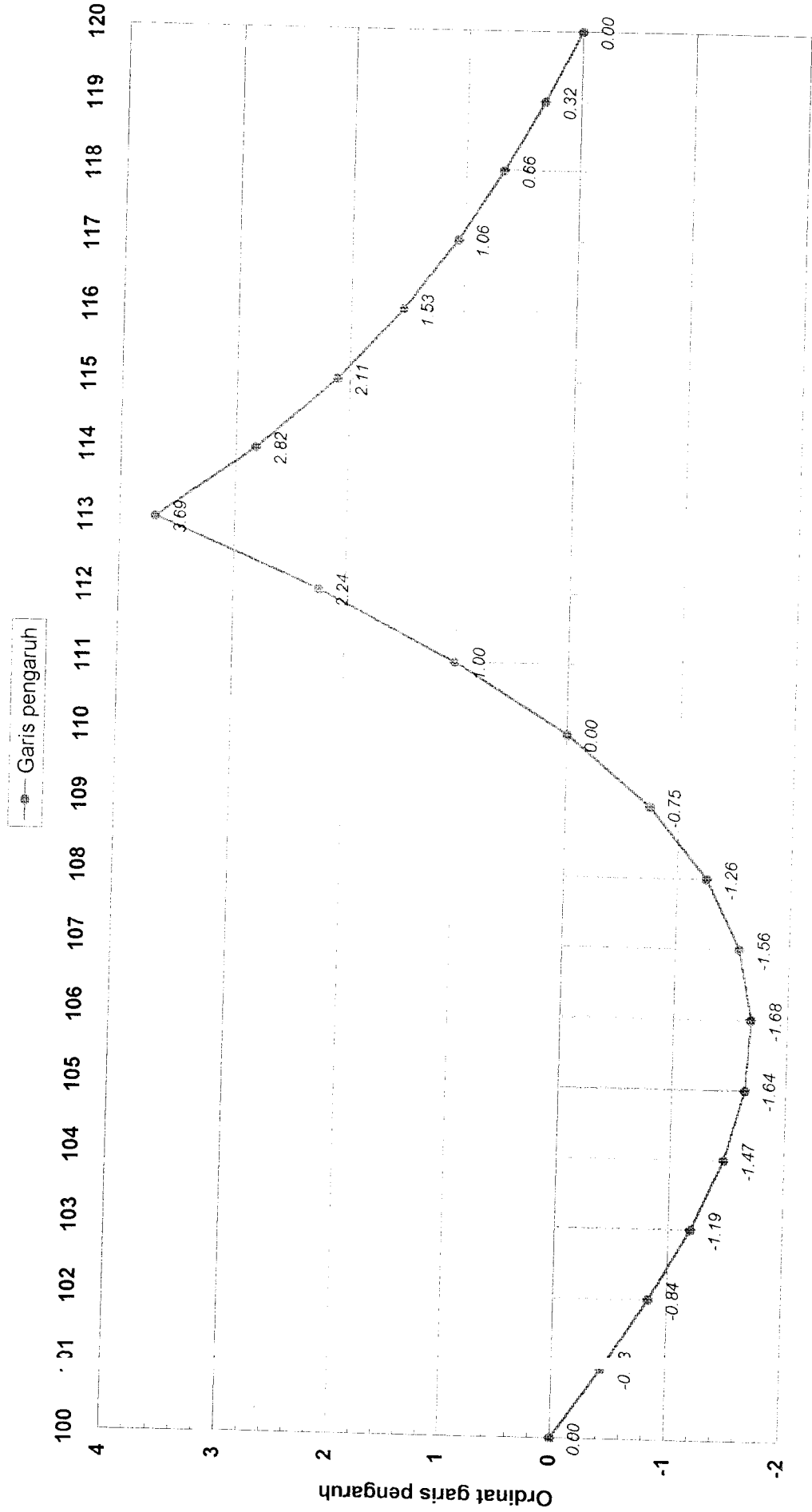
Grafik garis penagruh momen di titik 202 (GP M-202)



Bentang gelagar

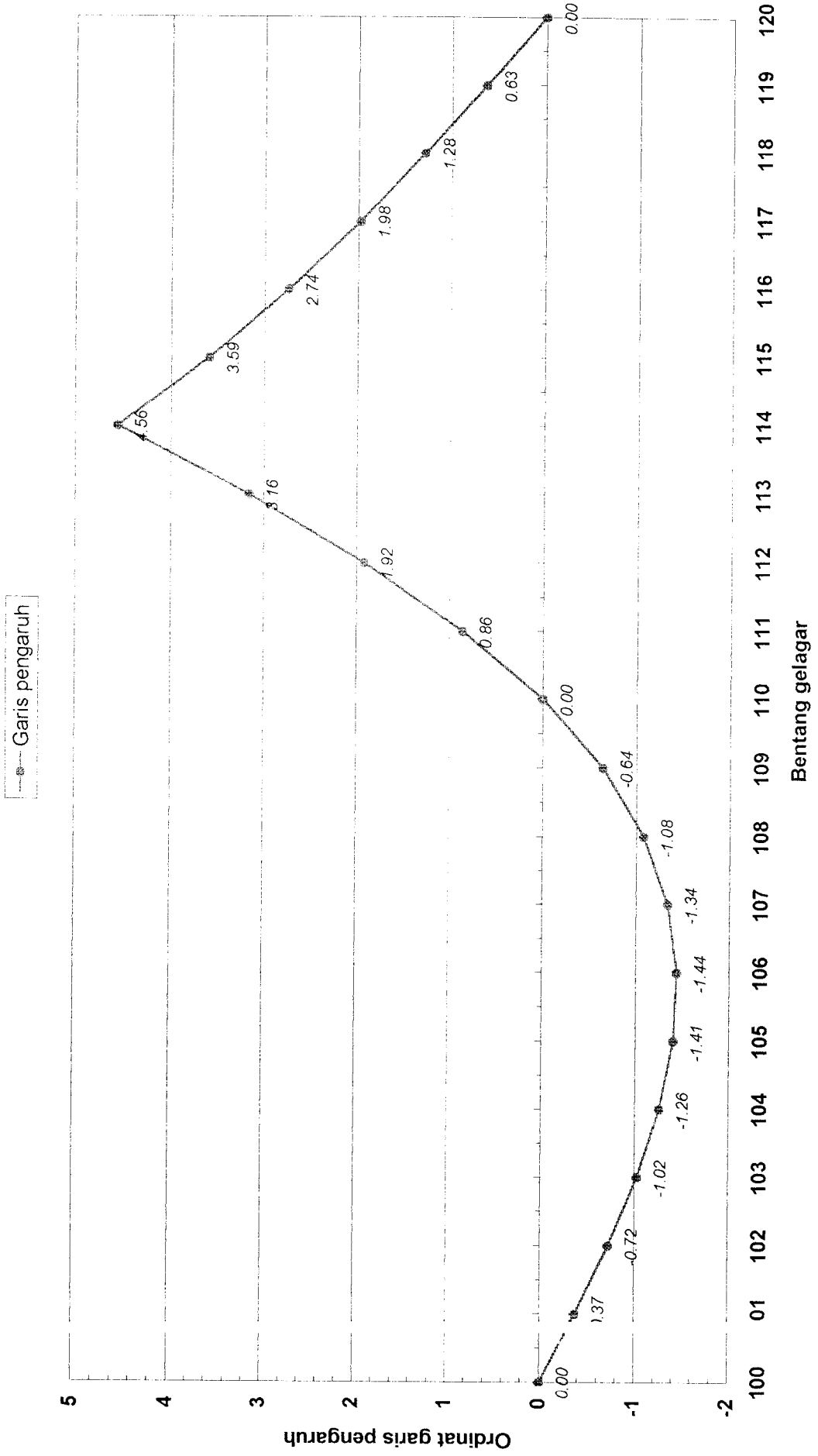


Garis pengaruh momen di titik 203 (GP M-203)

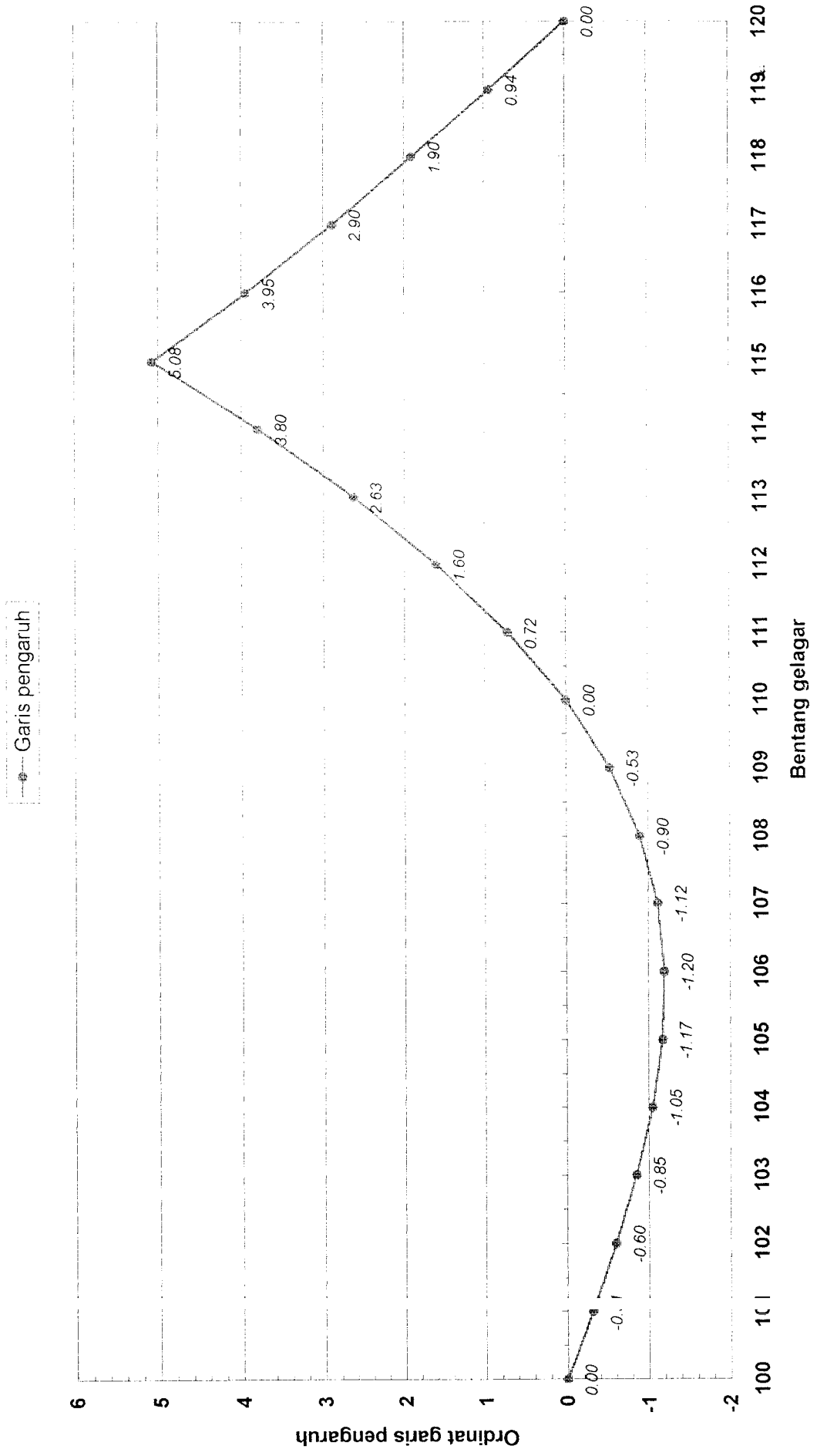


Bentang gelagar

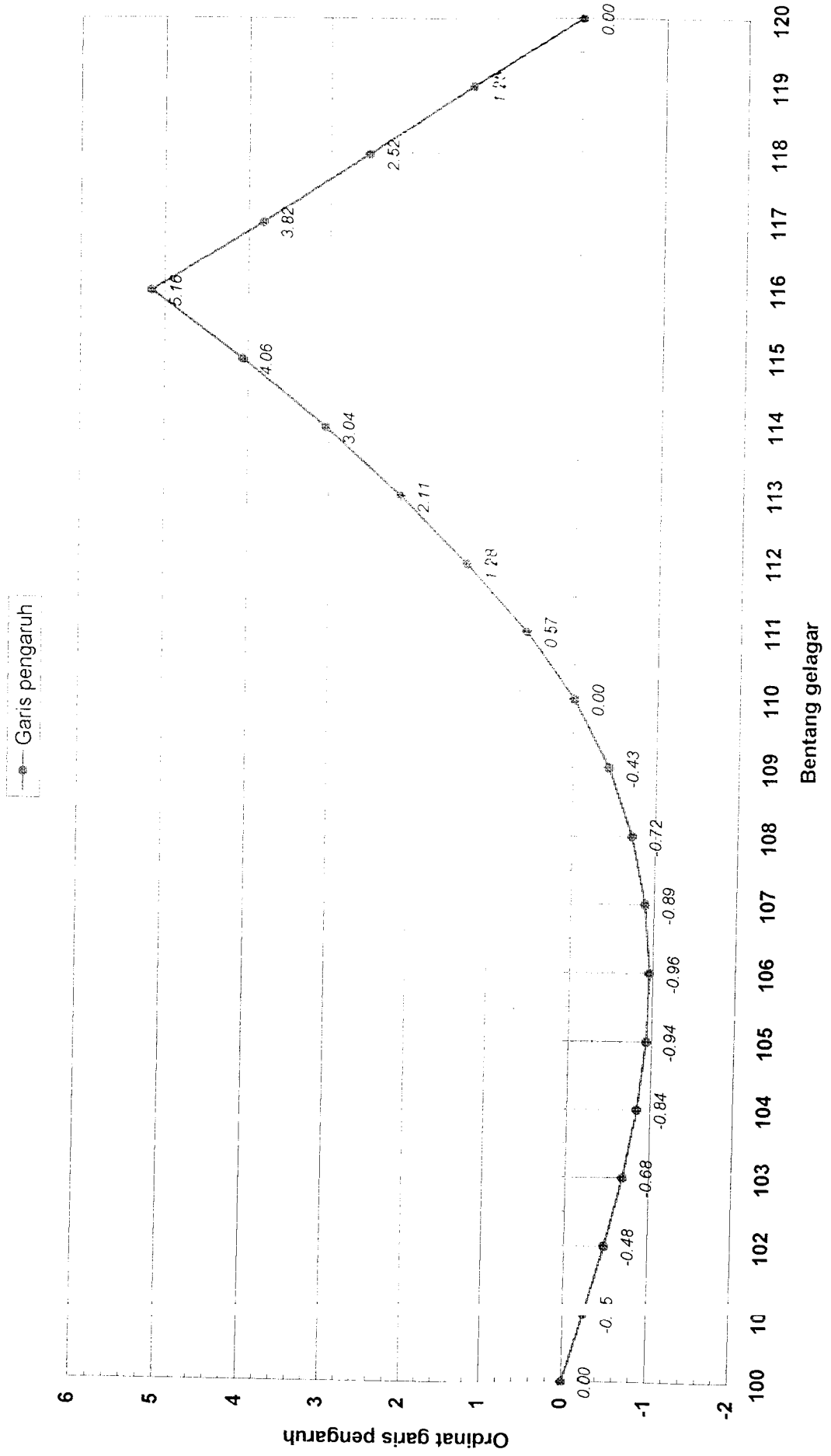
### Garis pengaruh momen di titik 204 (GP M-204)



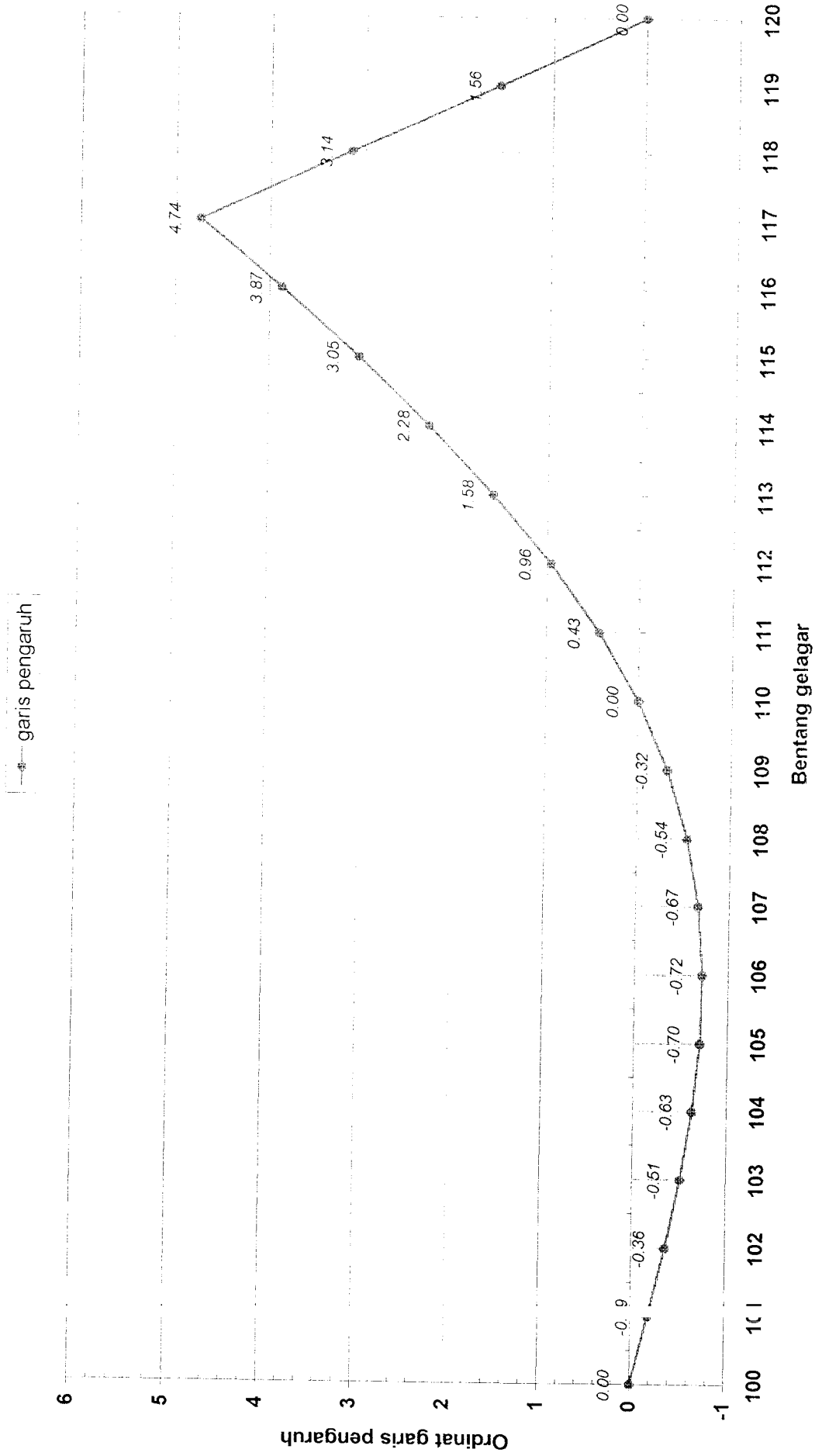
### Garis pengaruh momen di titik 205 (GP M-205)



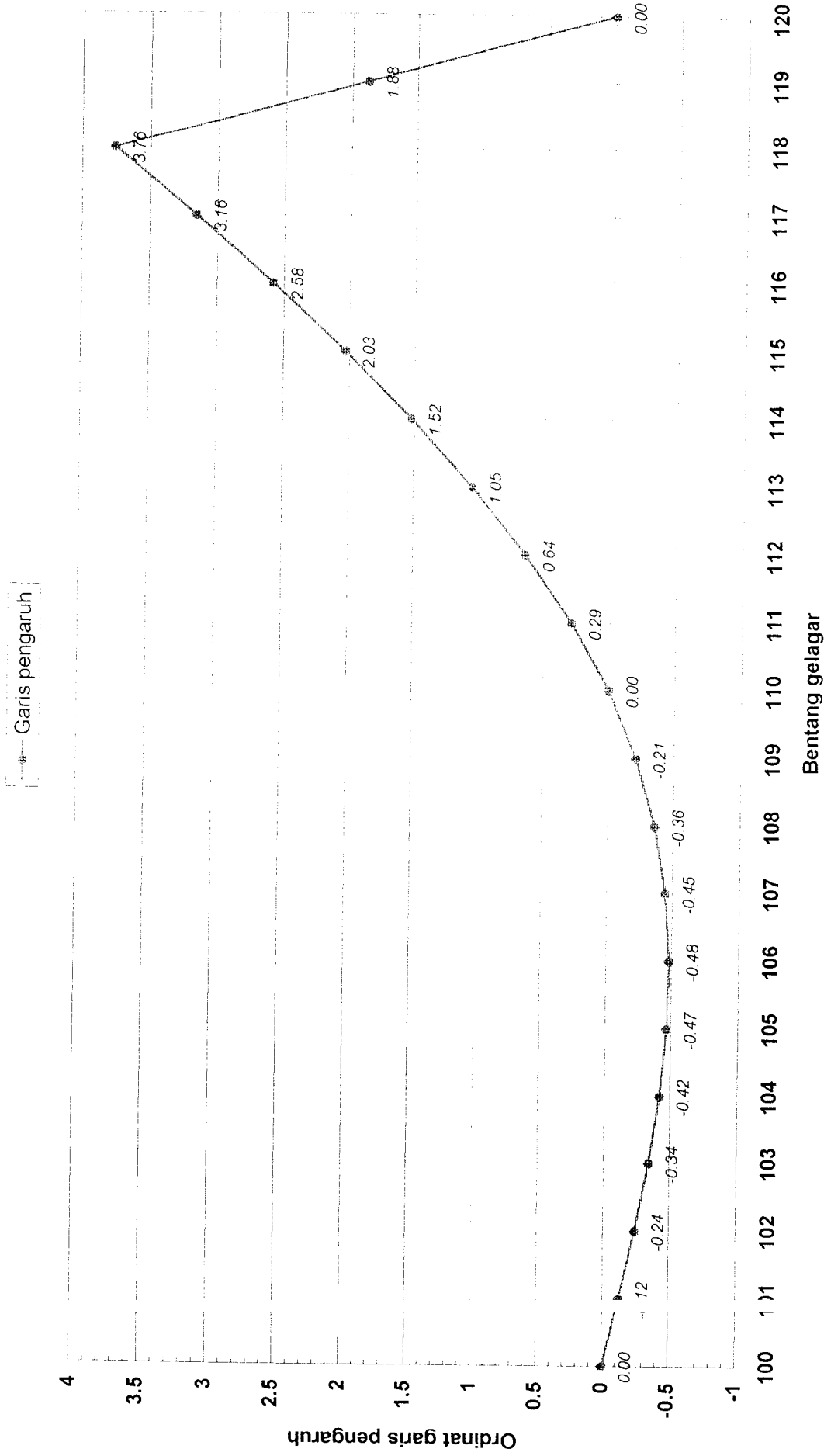
Garis pengaruh momen di titik 206 (GP M-206)



Garis pengaruh momen di titik 207 (GP M-207)



### Garis pengaruh momen di titik 208 (GP M-208)



Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 100 dan 210

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	0	0	0.000	0.000
101 - 102	2.5	0	0	0.000	0.000
102 - 103	2.5	0	0	0.000	0.000
103 - 104	2.5	0	0	0.000	0.000
104 - 105	2.5	0	0	0.000	0.000
105 - 106	2.5	0	0	0.000	0.000
106 - 107	2.5	0	0	0.000	0.000
107 - 108	2.5	0	0	0.000	0.000
108 - 109	2.5	0	0	0.000	0.000
109 - 110	2.5	0	0	0.000	0.000
<b>Momen di lokasi 100 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	0	0	0.000	0.000
201 - 202	2.5	0	0	0.000	0.000
202 - 203	2.5	0	0	0.000	0.000
203 - 204	2.5	0	0	0.000	0.000
204 - 205	2.5	0	0	0.000	0.000
205 - 206	2.5	0	0	0.000	0.000
206 - 207	2.5	0	0	0.000	0.000
207 - 208	2.5	0	0	0.000	0.000
208 - 209	2.5	0	0	0.000	0.000
209 - 210	2.5	0	0	0.000	0.000
<b>Momen di lokasi 100 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
				0.000	0.000

Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$   
pada garis pengaruh di lokasi 101

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	2.19	0	2.738	25.459
101 - 102	2.5	2.19	1.88	5.088	47.314
102 - 103	2.5	1.88	1.58	4.325	40.223
103 - 104	2.5	1.58	1.29	3.588	33.364
104 - 105	2.5	1.29	1.02	2.888	26.854
105 - 106	2.5	1.02	0.76	2.225	20.693
106 - 107	2.5	0.76	0.53	1.613	14.996
107 - 108	2.5	0.53	0.32	1.063	9.881
108 - 109	2.5	0.32	0.14	0.575	5.348
109 - 110	2.5	0.14	0	0.175	1.628
<b>Momen di lokasi 101 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	-0.11	0	24.275	225.758
201 - 202	2.5	-0.18	-0.11	-0.138	-1.279
202 - 203	2.5	-0.22	-0.18	-0.363	-3.371
203 - 204	2.5	-0.24	-0.22	-0.500	-4.650
204 - 205	2.5	-0.24	-0.23	-0.575	-5.348
205 - 206	2.5	-0.23	-0.21	-0.588	-5.464
206 - 207	2.5	-0.21	-0.17	-0.550	-5.115
207 - 208	2.5	-0.17	-0.12	-0.475	-4.418
208 - 209	2.5	-0.12	-0.06	-0.363	-3.371
209 - 210	2.5	-0.06	0	-0.225	-2.093
<b>Momen di lokasi 101 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
				-0.075	-0.698
					<b>-3.850</b>
<b>-35.805</b>					



Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 102

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	1.88	0	2.350	21.855
101 - 102	2.5	3.76	1.88	7.050	65.565
102 - 103	2.5	3.76	3.16	8.650	80.445
103 - 104	2.5	3.16	2.58	7.175	66.728
104 - 105	2.5	2.58	2.03	5.763	53.591
105 - 106	2.5	2.03	1.52	4.438	41.269
106 - 107	2.5	1.52	1.05	3.213	29.876
107 - 108	2.5	1.05	0.64	2.113	19.646
108 - 109	2.5	0.64	0.29	1.163	10.811
109 - 110	2.5	0.29	0	0.363	3.371
<b>Momen di lokasi 102 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	-0.21	0	-0.263	-2.441
201 - 202	2.5	-0.36	-0.21	-0.713	-6.626
202 - 203	2.5	-0.45	-0.36	-1.013	-9.416
203 - 204	2.5	-0.48	-0.45	-1.163	-10.811
204 - 205	2.5	-0.48	-0.47	-1.188	-11.044
205 - 206	2.5	-0.47	-0.42	-1.113	-10.346
206 - 207	2.5	-0.42	-0.34	-0.950	-8.835
207 - 208	2.5	-0.34	-0.24	-0.725	-6.743
208 - 209	2.5	-0.24	-0.12	-0.450	-4.185
209 - 210	2.5	-0.12	0	-0.150	-1.395
<b>Momen di lokasi 102 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
				<b>-7.725</b>	<b>-71.843</b>

**Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 103**

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	1.56	0	1.950	18.135
101 - 102	2.5	3.14	1.56	5.875	54.638
102 - 103	2.5	4.74	3.14	9.850	91.605
103 - 104	2.5	4.74	3.87	10.763	100.091
104 - 105	2.5	3.87	3.05	8.650	80.445
105 - 106	2.5	3.05	2.28	6.663	61.961
106 - 107	2.5	2.28	1.58	4.825	44.873
107 - 108	2.5	1.58	0.96	3.175	29.528
108 - 109	2.5	0.96	0.43	1.738	16.159
109 - 110	2.5	0.43	0	0.538	4.999
<b>Momen di lokasi 103 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	-0.32	0	-0.400	-3.720
201 - 202	2.5	-0.54	-0.32	-1.075	-9.998
202 - 203	2.5	-0.67	-0.54	-1.513	-14.066
203 - 204	2.5	-0.72	-0.67	-1.738	-16.159
204 - 205	2.5	-0.72	-0.7	-1.775	-16.508
205 - 206	2.5	-0.7	-0.63	-1.663	-15.461
206 - 207	2.5	-0.63	-0.51	-1.425	-13.253
207 - 208	2.5	-0.51	-0.36	-1.088	-10.114
208 - 209	2.5	-0.36	-0.19	-0.688	-6.394
209 - 210	2.5	-0.19	0	-0.238	-2.209
<b>Momen di lokasi 103 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
				<b>-10.125</b>	<b>-94.163</b>

**Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 104**

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	1.25	0	1.563	14.531
101 - 102	2.5	2.52	1.25	4.713	43.826
102 - 103	2.5	3.82	2.52	7.925	73.703
103 - 104	2.5	5.16	3.82	11.225	104.393
104 - 105	2.5	5.16	4.06	11.525	107.183
105 - 106	2.5	4.06	3.04	8.875	82.538
106 - 107	2.5	3.04	2.11	6.438	59.869
107 - 108	2.5	2.11	1.28	4.238	39.409
108 - 109	2.5	1.28	0.57	2.313	21.506
109 - 110	2.5	0.57	0	0.713	6.626
<b>Momen di titik lokasi pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	-0.43	0	-0.538	-4.999
201 - 202	2.5	-0.72	-0.43	-1.438	-13.369
202 - 203	2.5	-0.89	-0.72	-2.013	-18.716
203 - 204	2.5	-0.96	-0.89	-2.313	-21.506
204 - 205	2.5	-0.96	-0.94	-2.375	-22.088
205 - 206	2.5	-0.94	-0.84	-2.225	-20.693
206 - 207	2.5	-0.84	-0.68	-1.900	-17.670
207 - 208	2.5	-0.68	-0.48	-1.450	-13.485
208 - 209	2.5	-0.48	-0.25	-0.913	-8.486
209 - 210	2.5	-0.25	0	-0.313	-2.906
<b>Momen di lokasi 104 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
					<b>-143.918</b>
					<b>-15.475</b>

**Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 105**

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	0.941	0	1.176	10.939
101 - 102	2.5	1.9	0.941	3.551	33.027
102 - 103	2.5	2.897	1.9	5.996	55.765
103 - 104	2.5	3.95	2.897	8.559	79.596
104 - 105	2.5	5.078	3.95	11.285	104.951
105 - 106	2.5	5.078	3.8	11.098	103.207
106 - 107	2.5	3.8	2.634	8.043	74.795
107 - 108	2.5	2.634	1.6	5.293	49.220
108 - 109	2.5	1.6	0.716	2.895	26.924
109 - 110	2.5	0.716	0	0.895	8.324
<b>Momen di lokasi 105 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	-0.534	0	-0.668	-6.208
201 - 202	2.5	-0.9	-0.534	-1.793	-16.670
202 - 203	2.5	-1.116	-0.9	-2.520	-23.436
203 - 204	2.5	-1.2	-1.116	-2.895	-26.924
204 - 205	2.5	-1.2	-1.172	-2.965	-27.575
205 - 206	2.5	-1.172	-1.05	-2.778	-25.831
206 - 207	2.5	-1.05	-0.853	-2.379	-22.122
207 - 208	2.5	-0.853	-0.6	-1.816	-16.891
208 - 209	2.5	-0.6	-0.309	-1.136	-10.567
209 - 210	2.5	-0.309	0	-0.386	-3.592
<b>Momen di lokasi 105 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
					<b>-16.875</b>
					<b>-156.938</b>

Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 106

Interval	Lebar Iuasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	0.63	0	0.788	7.324
101 - 102	2.5	1.28	0.63	2.388	22.204
102 - 103	2.5	1.98	1.28	4.075	37.898
103 - 104	2.5	2.74	1.98	5.900	54.870
104 - 105	2.5	3.59	2.74	7.913	73.586
105 - 106	2.5	4.56	3.59	10.188	94.744
106 - 107	2.5	4.56	3.16	9.650	89.745
107 - 108	2.5	3.16	1.92	6.350	59.055
108 - 109	2.5	1.92	0.86	3.475	32.318
109 - 110	2.5	0.86	0	1.075	9.998
<b>Momen di lokasi 106 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	0.63	0	0.788	7.324
201 - 202	2.5	1.28	0.63	2.388	22.204
202 - 203	2.5	1.98	1.28	4.075	37.898
203 - 204	2.5	2.74	1.98	5.900	54.870
204 - 205	2.5	3.59	2.74	7.913	73.586
205 - 206	2.5	4.56	3.59	10.188	94.744
206 - 207	2.5	4.56	3.16	9.650	89.745
207 - 208	2.5	3.16	1.92	6.350	59.055
208 - 209	2.5	1.92	0.86	3.475	32.318
209 - 210	2.5	0.86	0	1.075	9.998
<b>Momen di lokasi 106 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
					<b>48.625</b>
					<b>452.213</b>

Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 107

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	0.32	0	0.400	3.720
101 - 102	2.5	0.66	0.32	1.225	11.393
102 - 103	2.5	1.06	0.66	2.150	19.995
103 - 104	2.5	1.53	1.06	3.238	30.109
104 - 105	2.5	2.11	1.53	4.550	42.315
105 - 106	2.5	2.82	2.11	6.163	57.311
106 - 107	2.5	3.69	2.82	8.138	75.679
107 - 108	2.5	3.69	2.24	7.413	68.936
108 - 109	2.5	2.24	1	4.050	37.665
109 - 110	2.5	1	0	1.250	11.625
<b>Momen di lokasi 107 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	-0.75	0	-0.938	-8.719
201 - 202	2.5	-1.26	-0.75	-2.513	-23.366
202 - 203	2.5	-1.56	-1.26	-3.525	-32.783
203 - 204	2.5	-1.68	-1.56	-4.050	-37.665
204 - 205	2.5	-1.68	-1.64	-4.150	-38.595
205 - 206	2.5	-1.64	-1.47	-3.888	-36.154
206 - 207	2.5	-1.47	-1.19	-3.325	-30.923
207 - 208	2.5	-1.19	-0.84	-2.538	-23.599
208 - 209	2.5	-0.84	-0.43	-1.588	-14.764
209 - 210	2.5	-0.43	0	-0.538	-4.999
<b>Momen di lokasi 107 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
				<b>-23.600</b>	<b>-219.480</b>

**Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 108**

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	0.01	0	0.013	0.116
101 - 102	2.5	0.04	0.01	0.063	0.581
102 - 103	2.5	0.14	0.04	0.225	2.093
103 - 104	2.5	0.32	0.14	0.575	5.348
104 - 105	2.5	0.63	0.32	1.188	11.044
105 - 106	2.5	1.08	0.63	2.138	19.879
106 - 107	2.5	1.72	1.08	3.500	32.550
107 - 108	2.5	2.56	1.72	5.350	49.755
108 - 109	2.5	2.56	1.15	4.638	43.129
109 - 110	2.5	1.15	0	1.438	13.369
<b>Momen di lokasi 108 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	-0.86	0	19.125	177.863
201 - 202	2.5	-1.44	-0.86	-1.075	-9.998
202 - 203	2.5	-1.79	-1.44	-2.875	-26.738
203 - 204	2.5	-1.92	-1.79	-4.038	-37.549
204 - 205	2.5	-1.92	-1.88	-4.638	-43.129
205 - 206	2.5	-1.88	-1.68	-4.750	-44.175
206 - 207	2.5	-1.68	-1.37	-4.450	-41.385
207 - 208	2.5	-1.37	-0.96	-3.813	-35.456
208 - 209	2.5	-0.96	-0.5	-2.913	-27.086
209 - 210	2.5	-0.5	0	-1.825	-16.973
<b>Momen di lokasi 108 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
					-27.050
					-251.565

**Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}$   
pada garis pengaruh di lokasi 109**

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	-0.31	0	-0.388	-3.604
101 - 102	2.5	-0.58	-0.31	-1.113	-10.346
102 - 103	2.5	-0.79	-0.58	-1.713	-15.926
103 - 104	2.5	-0.89	-0.79	-2.100	-19.530
104 - 105	2.5	-0.89	-0.86	-2.188	-20.344
105 - 106	2.5	-0.86	-0.66	-1.900	-17.670
106 - 107	2.5	-0.66	-0.26	-1.150	-10.695
107 - 108	2.5	-0.26	0.38	0.150	1.395
108 - 109	2.5	1.29	0.38	2.088	19.414
109 - 110	2.5	1.29	0	1.613	14.996
<b>Momen di lokasi 109 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	-0.96	0	-1.200	-11.160
201 - 202	2.5	-1.62	-0.96	-3.225	-29.993
202 - 203	2.5	-2.01	-1.62	-4.538	-42.199
203 - 204	2.5	-2.16	-2.01	-5.213	-48.476
204 - 205	2.5	-2.16	-2.11	-5.338	-49.639
205 - 206	2.5	-2.11	-1.89	-5.000	-46.500
206 - 207	2.5	-1.89	-1.54	-4.288	-39.874
207 - 208	2.5	-1.54	-1.08	-3.275	-30.458
208 - 209	2.5	-1.08	-0.56	-2.050	-19.065
209 - 210	2.5	-0.56	0	-0.700	-6.510
<b>Momen di lokasi 109 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
					<b>-282.720</b>
					<b>-30.400</b>



Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 110

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	-0.62	0	-0.775	-7.208
101 - 102	2.5	-1.2	-0.62	-2.275	-21.158
102 - 103	2.5	-1.71	-1.2	-3.638	-33.829
103 - 104	2.5	-2.1	-1.71	-4.763	-44.291
104 - 105	2.5	-2.34	-2.1	-5.550	-51.615
105 - 106	2.5	-2.4	-2.34	-5.925	-55.103
106 - 107	2.5	-2.4	-2.23	-5.788	-53.824
107 - 108	2.5	-2.23	-1.8	-5.038	-46.849
108 - 109	2.5	-1.8	-1.07	-3.588	-33.364
109 - 110	2.5	-1.07	0	-1.338	-12.439
<b>Momen di lokasi 110 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	-1.07	0	-1.338	-12.439
201 - 202	2.5	-1.8	-1.07	-3.588	-33.364
202 - 203	2.5	-2.23	-1.8	-5.038	-46.849
203 - 204	2.5	-2.4	-2.23	-5.788	-53.824
204 - 205	2.5	-2.4	-2.34	-5.925	-55.103
205 - 206	2.5	-2.34	-2.1	-5.550	-51.615
206 - 207	2.5	-2.1	-1.71	-4.763	-44.291
207 - 208	2.5	-1.71	-1.2	-3.638	-33.829
208 - 209	2.5	-1.2	-0.62	-2.275	-21.158
209 - 210	2.5	-0.62	0	-0.775	-7.208
<b>Momen di lokasi 110 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
				<b>-38.675</b>	<b>-359.678</b>

Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di titik 201

Interval	Lebar luisan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	-0.56	0	-0.700	-6.510
101 - 102	2.5	-1.08	-0.56	-2.050	-19.065
102 - 103	2.5	-1.54	-1.08	-3.275	-30.458
103 - 104	2.5	-1.89	-1.54	-4.288	-39.874
104 - 105	2.5	-2.11	-1.89	-5.000	-46.500
105 - 106	2.5	-2.16	-2.11	-5.338	-49.639
106 - 107	2.5	-2.16	-2.01	-5.213	-48.476
107 - 108	2.5	-2.01	-1.62	-4.538	-42.199
108 - 109	2.5	-1.62	-0.96	-3.225	-29.993
109 - 110	2.5	-0.96	0	-1.200	-11.160
<b>Momen di titik 201 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	1.29	0	1.613	14.996
201 - 202	2.5	1.29	0.38	2.088	19.414
202 - 203	2.5	0.38	-0.26	0.150	1.395
203 - 204	2.5	-0.66	-0.26	-1.150	-10.695
204 - 205	2.5	-0.86	-0.66	-1.900	-17.670
205 - 206	2.5	-0.89	-0.86	-2.188	-20.344
206 - 207	2.5	-0.89	-0.79	-2.100	-19.530
207 - 208	2.5	-0.79	-0.58	-1.713	-15.926
208 - 209	2.5	-0.58	-0.31	-1.113	-10.346
209 - 210	2.5	-0.31	0	-0.388	-3.604
<b>Momen di titik 201 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
					<b>-6.700</b>
					<b>-62.310</b>

Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}$   
pada garis pengaruh di titik 202

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	-0.5	0	-0.625	-5.813
101 - 102	2.5	-0.96	-0.5	-1.825	-16.973
102 - 103	2.5	-1.37	-0.96	-2.913	-27.086
103 - 104	2.5	-1.68	-1.37	-3.813	-35.456
104 - 105	2.5	-1.88	-1.68	-4.450	-41.385
105 - 106	2.5	-1.92	-1.88	-4.750	-44.175
106 - 107	2.5	-1.92	-1.79	-4.638	-43.129
107 - 108	2.5	-1.79	-1.44	-4.038	-37.549
108 - 109	2.5	-1.44	-0.86	-2.875	-26.738
109 - 110	2.5	-0.86	0	-1.075	-9.998
<b>Momen di titik 202 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	1.15	0	1.438	13.369
201 - 202	2.5	2.56	1.15	4.638	43.129
202 - 203	2.5	2.56	1.72	5.350	49.755
203 - 204	2.5	1.72	1.08	3.500	32.550
204 - 205	2.5	1.08	0.63	2.138	19.879
205 - 206	2.5	0.63	0.32	1.188	11.044
206 - 207	2.5	0.32	0.14	0.575	5.348
207 - 208	2.5	0.14	0.04	0.225	2.093
208 - 209	2.5	0.04	0.01	0.063	0.581
209 - 210	2.5	0.01	0	0.013	0.116
<b>Momen di titik 202 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
				<b>19.125</b>	<b>177.863</b>

**Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di titik 203**

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	-0.43	0	-0.538	-4.999
101 - 102	2.5	-0.84	-4.3	-6.425	-59.753
102 - 103	2.5	-1.19	-0.84	-2.538	-23.599
103 - 104	2.5	-1.47	-1.19	-3.325	-30.923
104 - 105	2.5	-1.64	-1.47	-3.888	-36.154
105 - 106	2.5	-1.68	-1.64	-4.150	-38.595
106 - 107	2.5	-1.68	-1.56	-4.050	-37.665
107 - 108	2.5	-1.56	-1.26	-3.525	-32.783
108 - 109	2.5	-1.26	-0.75	-2.513	-23.366
109 - 110	2.5	-0.75	0	-0.938	-8.719
<b>Momen di titik 203 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	1	0	1.250	11.625
201 - 202	2.5	2.24	1	4.050	37.665
202 - 203	2.5	3.69	2.24	7.413	68.936
203 - 204	2.5	3.69	2.82	8.138	75.679
204 - 205	2.5	2.82	2.11	6.163	57.311
205 - 206	2.5	2.11	1.53	4.550	42.315
206 - 207	2.5	1.53	1.06	3.238	30.109
207 - 208	2.5	1.06	0.66	2.150	19.995
208 - 209	2.5	0.66	0.32	1.225	11.393
209 - 210	2.5	0.32	0	0.400	3.720
<b>Momen di titik 203 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
					<b>358.748</b>

Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di titik 204

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	-0.37	0	-0.463	-4.301
101 - 102	2.5	-0.72	-0.37	-1.363	-12.671
102 - 103	2.5	-1.02	-0.72	-2.175	-20.228
103 - 104	2.5	-1.26	-1.02	-2.850	-26.505
104 - 105	2.5	-1.41	-1.26	-3.338	-31.039
105 - 106	2.5	-1.44	-1.41	-3.563	-33.131
106 - 107	2.5	-1.44	-1.34	-3.475	-32.318
107 - 108	2.5	-1.34	-1.08	-3.025	-28.133
108 - 109	2.5	-1.08	-0.64	-2.150	-19.995
109 - 110	2.5	-0.64	0	-0.800	-7.440
<b>Momen di titik 204 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	-0.37	0	-0.463	-4.301
201 - 202	2.5	-0.72	0.86	0.175	1.628
202 - 203	2.5	-1.02	1.92	1.125	10.463
203 - 204	2.5	-1.26	3.16	2.375	22.088
204 - 205	2.5	-1.41	3.59	2.725	25.343
205 - 206	2.5	-1.44	2.74	1.625	15.113
206 - 207	2.5	-1.44	1.98	0.675	6.278
207 - 208	2.5	-1.34	1.28	-0.075	-0.698
208 - 209	2.5	-1.08	0.63	-0.563	-5.231
209 - 210	2.5	-0.64	0	-0.800	-7.440
<b>Momen di titik 204 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
					<b>65.914</b>
					<b>7.088</b>

**Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di titik 205**

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	-0.31	0	-0.388	-3.604
101 - 102	2.5	-0.6	-0.31	-1.138	-10.579
102 - 103	2.5	-0.85	-0.6	-1.813	-16.856
103 - 104	2.5	-1.05	-0.85	-2.375	-22.088
104 - 105	2.5	-1.17	-1.05	-2.775	-25.808
105 - 106	2.5	-1.2	-1.17	-2.963	-27.551
106 - 107	2.5	-1.2	-1.12	-2.900	-26.970
107 - 108	2.5	-1.12	-0.9	-2.525	-23.483
108 - 109	2.5	-0.9	-0.53	-1.788	-16.624
109 - 110	2.5	-0.53	0	-0.063	-6.161
<b>Momen di titik 205 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	0.72	0	0.900	8.370
201 - 202	2.5	1.6	0.72	2.900	26.970
202 - 203	2.5	2.63	1.6	5.288	49.174
203 - 204	2.5	3.8	2.63	8.038	74.749
204 - 205	2.5	5.08	3.8	11.100	103.230
205 - 206	2.5	5.08	3.95	11.288	104.974
206 - 207	2.5	3.95	2.9	8.563	79.631
207 - 208	2.5	2.9	1.9	6.000	55.800
208 - 209	2.5	1.9	0.94	3.550	33.015
209 - 210	2.5	0.94	0	1.175	10.928
<b>Momen di titik 205 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
				<b>58.800</b>	<b>546.840</b>

Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di titik 207

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	-0.19	0	-0.238	-2.209
101 - 102	2.5	-0.36	-0.19	-0.688	-6.394
102 - 103	2.5	-0.51	-0.36	-1.088	-10.114
103 - 104	2.5	-0.63	-0.51	-1.425	-13.253
104 - 105	2.5	-0.7	-0.63	-1.663	-15.461
105 - 106	2.5	-0.72	-0.7	-1.775	-16.508
106 - 107	2.5	-0.72	-0.67	-1.738	-16.159
107 - 108	2.5	-0.67	-0.54	-1.513	-14.066
108 - 109	2.5	-0.54	-0.32	-1.075	-9.998
109 - 110	2.5	-0.32	0	-0.400	-3.720
<b>Momen di titik 207 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
				<b>-11.600</b>	<b>-107.880</b>
110 - 201	2.5	0.43	0	0.538	4.999
201 - 202	2.5	0.96	0.43	1.738	16.159
202 - 203	2.5	1.58	0.96	3.175	29.528
203 - 204	2.5	2.28	1.58	4.825	44.873
204 - 205	2.5	3.05	2.28	6.663	61.961
205 - 206	2.5	3.87	3.05	8.650	80.445
206 - 207	2.5	4.74	3.14	9.850	91.605
207 - 208	2.5	4.74	1.56	7.875	73.238
208 - 209	2.5	3.14	1.56	5.875	54.638
209 - 210	2.5	1.56	0	1.950	18.135
<b>Momen di titik 207 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
				<b>48.863</b>	<b>454.421</b>

Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di titik 208

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	-0.12	0	-0.150	-1.395
101 - 102	2.5	-0.24	-0.12	-0.450	-4.185
102 - 103	2.5	-0.34	-0.24	-0.725	-6.743
103 - 104	2.5	-0.42	-0.34	-0.950	-8.835
104 - 105	2.5	-0.47	-0.42	-1.113	-10.346
105 - 106	2.5	-0.48	-0.47	-1.188	-11.044
106 - 107	2.5	-0.48	-0.45	-1.163	-10.811
107 - 108	2.5	-0.45	-0.36	-1.013	-9.416
108 - 109	2.5	-0.36	-0.21	-0.713	-6.626
109 - 110	2.5	-0.21	0	-0.263	-2.441
<b>Momen di titik 208 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
110 - 201	2.5	0.29	0	0.363	3.371
201 - 202	2.5	0.64	0.29	1.163	10.811
202 - 203	2.5	1.05	0.64	2.113	19.646
203 - 204	2.5	1.52	1.05	3.213	29.876
204 - 205	2.5	2.03	1.52	4.438	41.269
205 - 206	2.5	2.58	2.03	5.763	53.591
206 - 207	2.5	3.16	2.58	7.175	66.728
207 - 208	2.5	3.76	3.16	8.650	80.445
208 - 209	2.5	3.76	1.88	7.050	66.565
209 - 210	2.5	1.88	0	2.350	21.855
<b>Momen di titik 208 pada saat q terletak di bentang 2</b>					
					<b>40.750</b>
					<b>378.975</b>



**Momen gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$   
pada garis pengaruh di titik 209**

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Momen (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
100 - 101	2.5	-0.06	0	-0.075	-0.698
101 - 102	2.5	-0.12	-0.06	-0.225	-2.093
102 - 103	2.5	-0.17	-0.12	-0.363	-3.371
103 - 104	2.5	-0.21	-0.17	-0.475	-4.418
104 - 105	2.5	-0.23	-0.21	-0.550	-5.115
105 - 106	2.5	-0.24	-0.23	-0.588	-5.464
106 - 107	2.5	-0.24	-0.22	-0.575	-5.348
107 - 108	2.5	-0.22	-0.18	-0.500	-4.650
108 - 109	2.5	-0.18	-0.11	-0.363	-3.371
109 - 110	2.5	-0.11	0	-0.138	-1.279
<b>Momen di titik 209 pada saat q terletak di bentang 1</b>					
				<b>-3.850</b>	<b>-35.805</b>
110 - 201	2.5	0.14	0	0.175	1.628
201 - 202	2.5	0.32	0.14	0.575	5.348
202 - 203	2.5	0.53	0.32	1.063	9.881
203 - 204	2.5	0.76	0.53	1.613	14.996
204 - 205	2.5	1.02	0.76	2.225	20.693
205 - 206	2.5	1.29	1.02	2.888	26.854
206 - 207	2.5	1.58	1.29	3.588	33.364
207 - 208	2.5	1.88	1.58	4.325	40.223
208 - 209	2.5	2.19	1.88	5.088	47.314
209 - 210	2.5	2.19	0	2.738	25.459
<b>Momen di titik 209 pada saat q terletak di bentang 2</b>				<b>23.525</b>	<b>218.783</b>

**ORDINAT GARIS PENGARUH MOMEN  
AKIBAT BEBAN TERKONSENTRASI**

**Ordinat garis pengaruh momen GP M-100**

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap Batas bawah	Hasil Ordinat Y
		Batas atas	Batas bawah		
1	2.5	0	0	0.000	0.000
	2.5	0	0	0.000	0.000
	2.5	0	0	0.000	0.000
	2.5	0	0	0.000	0.000
	2.5	0	0	0.000	0.000
2	2.5	0	0	0.000	0.000
	2.5	0	0	0.000	0.000
	2.5	0	0	0.000	0.000
	2.5	0	0	0.000	0.000
	2.5	0	0	0.000	0.000
	2.5	0	0	0.000	0.000

**Ordinat garis pengaruh momen GP M-101**

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap Batas bawah	Hasil Ordinat Y
		Batas atas	Batas bawah		
1	2.5	2.19	0	1.300	1.139
	2.5	2.19	1.88	1.300	2.041
	2.5	1.88	1.58	0.700	1.664
	2.5	1.29	1.02	1.400	1.171
	2.5	0.76	0.53	2.100	0.723
2	2.5	-0.11	0	1.400	-0.062
	2.5	-0.22	-0.18	0.700	-0.191
	2.5	-0.24	-0.22	1.300	-0.230
	2.5	-0.24	-0.23	1.300	-0.235
	2.5	-0.23	-0.21	0.700	-0.216
	2.5	-0.17	-0.12	1.400	-0.148

**Ordinat garis pengaruh momen GP M-102**

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap Batas bawah	Hasil Ordinat Y
		Batas atas	Batas bawah		
1	2.5	1.88	0	0.700	0.526
	2.5	3.76	1.88	1.300	2.858
	2.5	3.76	3.16	1.300	3.472
	2.5	3.16	2.58	0.700	2.742
	2.5	2.03	1.52	1.400	1.806
	2.5	1.05	0.64	2.100	0.984
2	2.5	-0.21	0	1.400	-0.118
	2.5	-0.45	-0.36	0.700	-0.385
	2.5	-0.48	-0.45	1.300	-0.466
	2.5	-0.48	-0.47	1.300	-0.475
	2.5	-0.47	-0.42	0.700	-0.434
	2.5	-0.34	-0.24	1.400	-0.296

**ORDINAT GARIS PENGARUH MOMEN  
AKIBAT BEBAN TERKONSENTRASI**

**Ordinat garis pengaruh momen GP M-103**

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap Batas bawah	Hasil Ordinat Y
		Batas atas	Batas bawah		
1	2.5	3.14	1.56	0.700	2.002
	2.5	4.74	3.14	1.300	3.972
	2.5	4.74	3.87	1.300	4.322
	2.5	3.87	3.05	0.700	3.280
	2.5	2.28	1.58	1.400	1.972
2	2.5	-0.32	0	1.400	-0.179
	2.5	-0.67	-0.54	0.700	-0.576
	2.5	-0.72	-0.67	1.300	-0.696
	2.5	-0.72	-0.7	1.300	-0.710
	2.5	-0.7	-0.63	0.700	-0.650
	2.5	-0.51	-0.36	1.400	-0.444

**Ordinat garis pengaruh momen GP M-104**

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap Batas bawah	Hasil Ordinat Y
		Batas atas	Batas bawah		
1	2.5	1.25	0	1.400	0.700
	2.5	3.82	2.52	0.700	2.884
	2.5	5.16	3.82	1.300	4.517
	2.5	5.16	4.06	1.300	4.632
	2.5	4.06	3.04	0.700	3.326
	2.5	2.11	1.28	1.400	1.745
2	2.5	-0.43	0	1.400	-0.241
	2.5	-0.89	-0.72	0.700	-0.768
	2.5	-0.96	-0.89	1.300	-0.926
	2.5	-0.96	-0.94	1.300	-0.950
	2.5	-0.94	-0.84	0.700	-0.868
	2.5	-0.68	-0.48	1.400	-0.592

**Ordinat garis pengaruh momen GP M-105**

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap Batas bawah	Hasil Ordinat Y
		Batas atas	Batas bawah		
1	2.5	1.9	0.941	1.400	1.478
	2.5	3.95	2.897	0.700	3.192
	2.5	5.078	3.95	1.300	4.537
	2.5	5.078	3.8	1.300	4.465
	2.5	3.8	2.634	0.700	2.960
	2.5	1.6	0.716	1.400	1.211
2	2.5	-0.534	0	1.400	-0.299
	2.5	-1.116	0.9	0.700	0.336
	2.5	-1.116	1.116	1.300	-0.836
	2.5	-1.2	-1.172	1.300	-1.187
	2.5	-1.172	-1.05	0.700	-1.084
	2.5	-0.853	-0.6	1.400	-0.742

**ORDINAT GARIS PENGARUH MOMEN  
AKIBAT BEBAN TERKONSENTRASI**

Ordinat garis pengaruh momen GP M-106

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap Batas bawah	Hasil Ordinat Y
		Batas atas	Batas bawah		
1	2.5	1.98	1.28	1.400	1.672
	2.5	3.59	2.74	0.700	2.978
	2.5	4.56	3.59	1.300	4.094
	2.5	4.56	3.16	1.300	3.888
	2.5	3.16	1.92	0.700	2.267
	2.5	0.86	0	1.400	0.482
2	2.5	-0.64	0	1.400	-0.358
	2.5	-1.34	-1.08	0.700	-1.153
	2.5	-1.44	-1.34	1.300	-1.392
	2.5	-1.44	-1.41	1.300	-1.426
	2.5	-1.41	-1.26	0.700	-1.302
	2.5	-1.02	-0.72	1.400	-0.888

Ordinat garis pengaruh momen GP M-107

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap Batas bawah	Hasil Ordinat Y
		Batas atas	Batas bawah		
1	2.5	1.53	1.06	1.400	1.323
	2.5	2.82	2.11	0.700	2.309
	2.5	3.69	2.82	1.300	3.272
	2.5	3.69	2.24	1.300	2.994
	2.5	2.24	1	0.700	1.347
2	2.5	-0.75	0	1.100	-0.330
	2.5	-0.75	0	1.400	-0.420
	2.5	-1.56	-1.26	0.700	-1.344
	2.5	-1.68	-1.56	1.300	-1.622
	2.5	-1.68	-1.64	1.300	-1.661
	2.5	-1.64	-1.47	0.700	-1.518
	2.5	-1.19	-0.84	1.400	-1.036

Ordinat garis pengaruh momen GP M-108

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap Batas bawah	Hasil Ordinat Y
		Batas atas	Batas bawah		
1	2.5	0.14	0.04	2.100	0.124
	2.5	0.63	0.32	1.400	0.494
	2.5	1.72	1.08	0.700	1.259
	2.5	2.56	1.72	1.300	2.157
	2.5	2.56	1.15	1.300	1.883
	2.5	1.15	0	0.700	0.322
2	2.5	-0.86	0	1.400	-0.482
	2.5	-1.92	-1.79	1.300	-1.858
	2.5	-1.92	-1.88	1.300	-1.901
	2.5	-1.88	-1.68	0.700	-1.736
	2.5	-1.37	-0.96	1.400	-1.190

**ORDINAT GARIS PENGARUH MOMEN  
AKIBAT BEBAN TERKONSENTRASI**

Ordinat garis pengaruh momen GP M-109

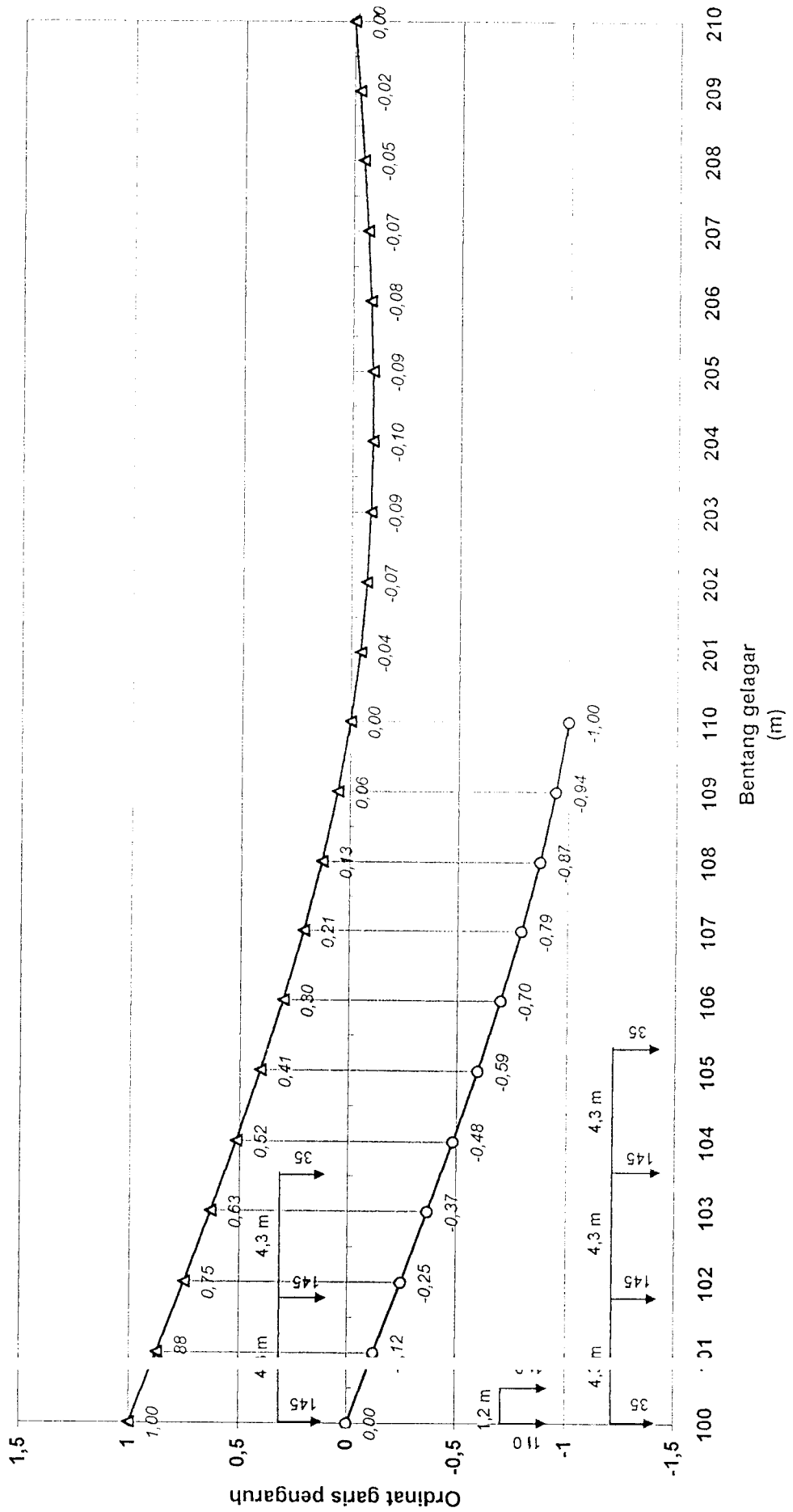
Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap Batas bawah	Hasil Ordinat Y
		Batas atas	Batas bawah		
1					
2	2.5	-0.96	0	1.400	-0.538
	2.5	-2.01	-1.62	0.700	-1.729
	2.5	-2.16	-2.01	1.300	-2.088
	2.5	-2.16	-2.11	1.300	-2.136
	2.5	-1.54	-1.08	1.600	-1.374

Ordinat garis pengaruh momen GP M-110

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap Batas bawah	Hasil Ordinat Y
		Batas atas	Batas bawah		
1	2.5	-1.71	-1.2	1.400	-1.486
	2.5	-2.34	-2.1	0.700	-2.167
	2.5	-2.4	-2.34	1.300	-2.371
	2.5	-2.4	-2.23	1.300	-2.318
	2.5	-2.23	-1.8	0.700	-1.920
	2.5	-1.07	0	1.400	-0.599
2	2.5	-1.71	-1.2	1.400	-1.486
	2.5	-2.34	-2.1	0.700	-2.167
	2.5	-2.4	-2.34	1.300	-2.371
	2.5	-2.4	-2.23	1.300	-2.318
	2.5	-2.23	-1.8	0.700	-1.920
	2.5	-1.07	0	1.400	-0.599

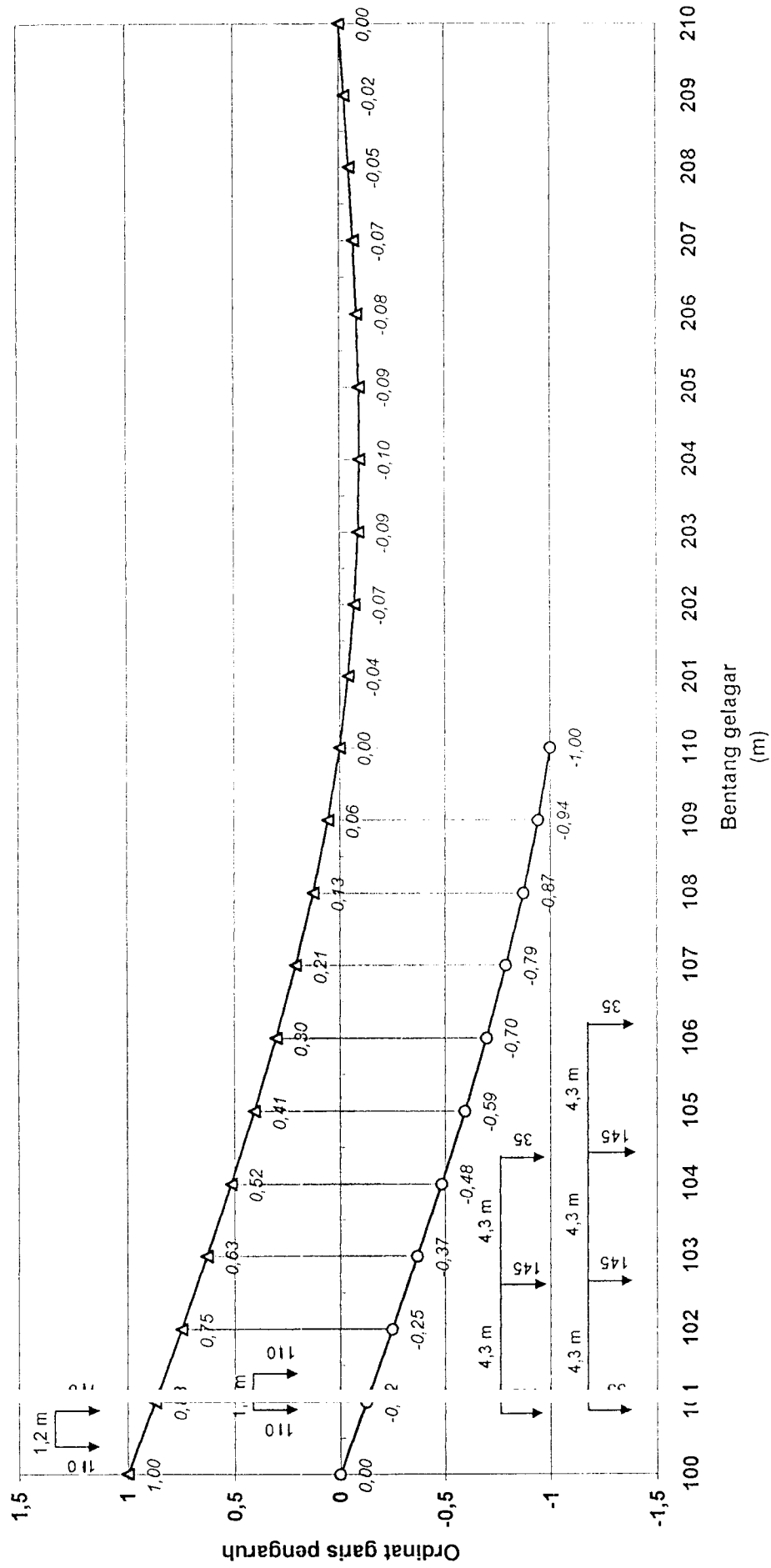
# GARIS PENGARUH GAYA GESER PADA TUMPUAN DI LOKASI 100

—▲— Garis pengaruh pada tumpuan di titik 0 —○— Shear Force envelope pada bentang 1



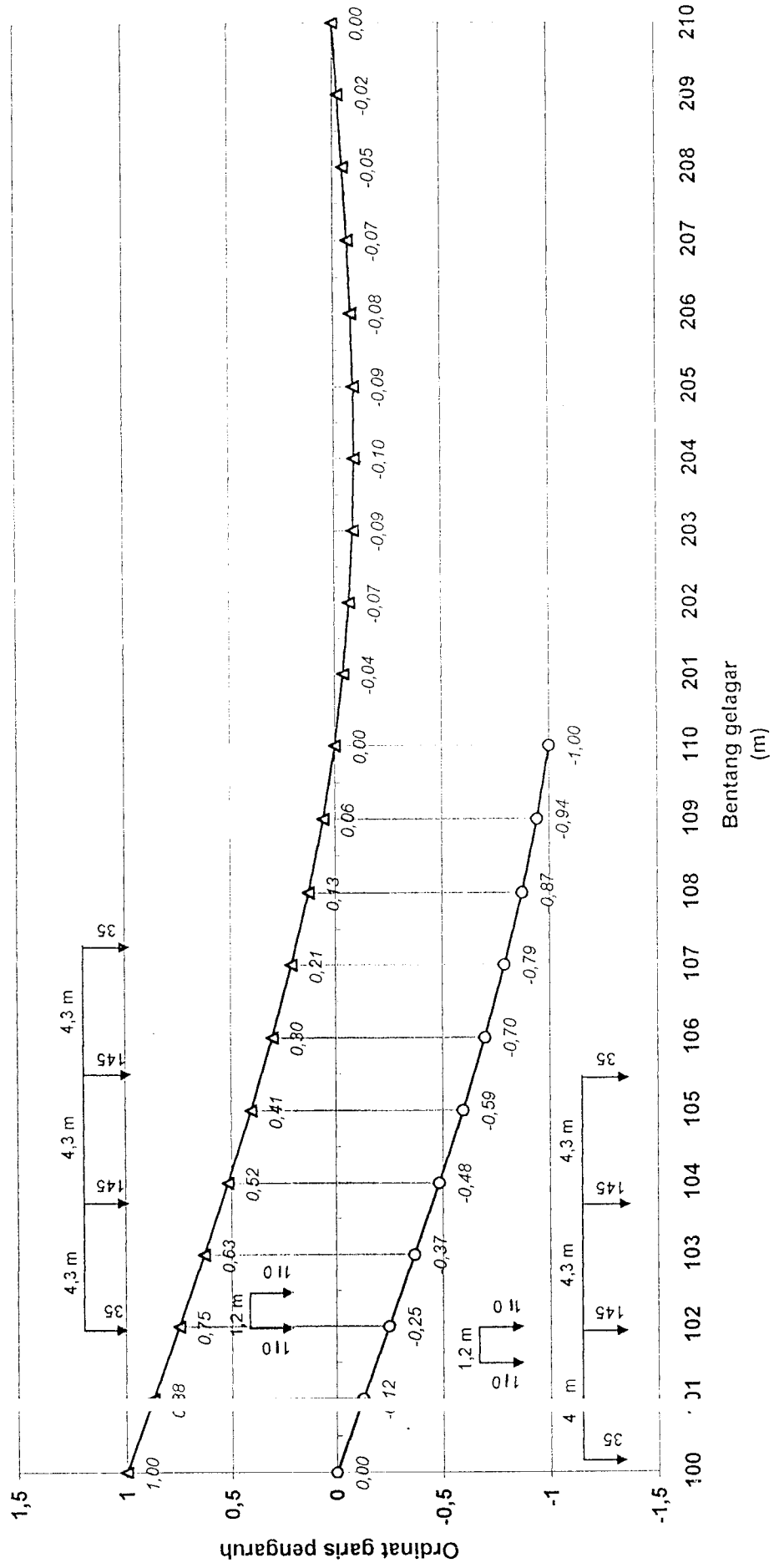
## GARIS PENGARUH GAYA GESER PADA TUMPUAN DI LOKASI 101

—▲— Garis pengaruh pada tumpuan di titik 0 —○— Shear Force envelope pada bentang 1



# GARIS PENGARUH GAYA GESER PADA TUMPUAN DI LOKASI 102

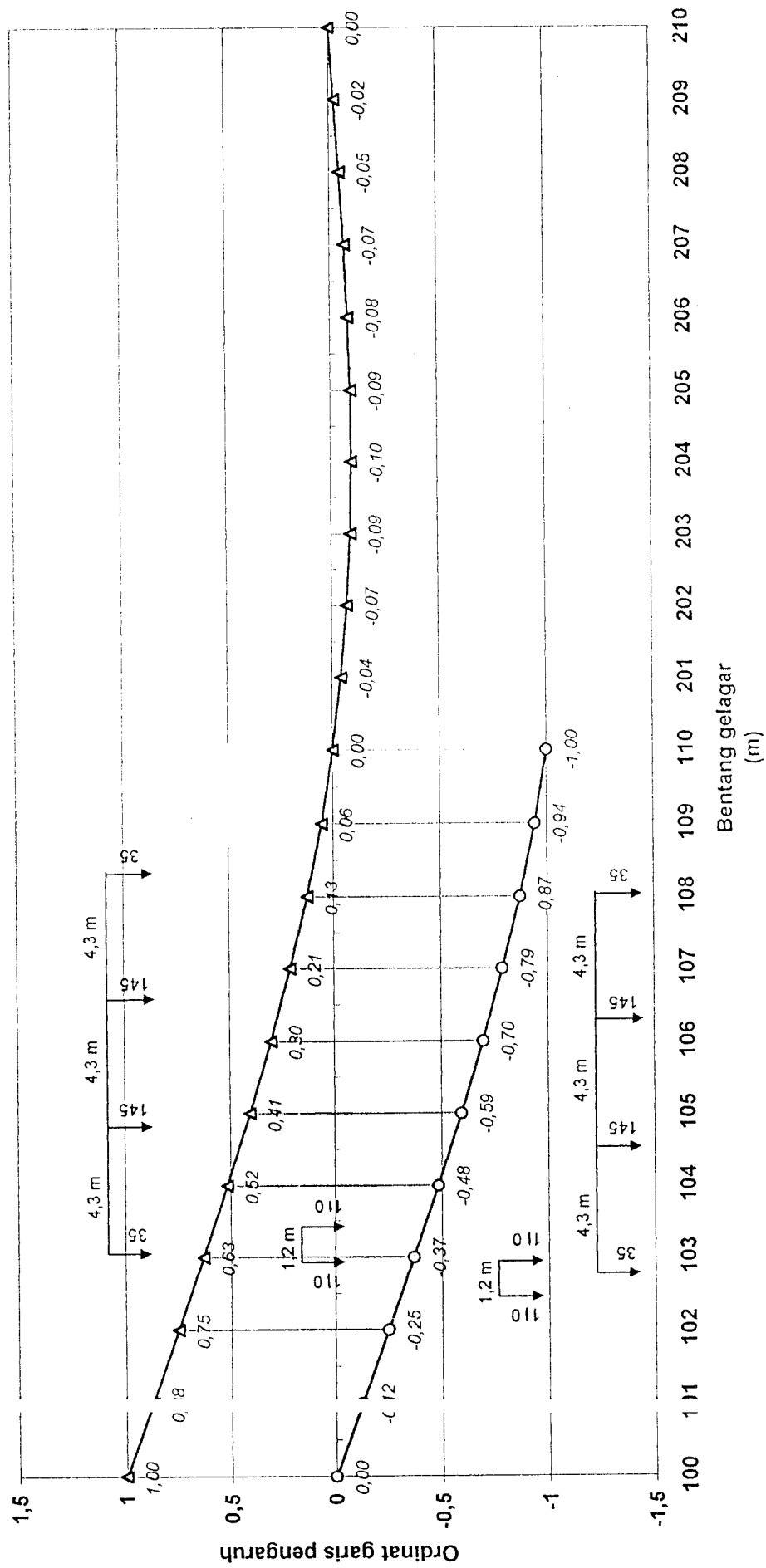
—▲— Garis pengaruh pada tumpuan di titik 0 —○— Shear Force envelope pada bentang 1





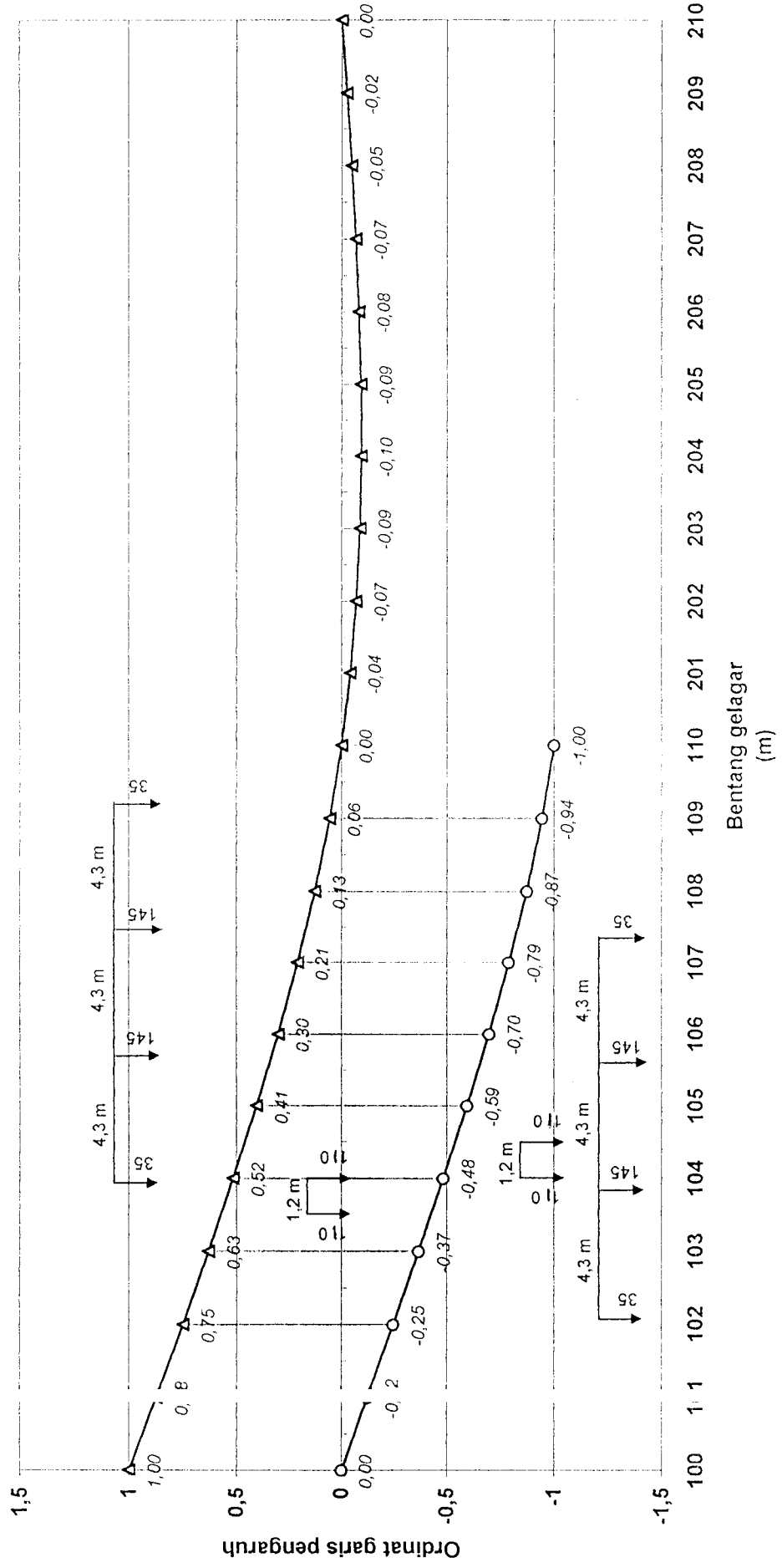
# GARIS PENGARUH GAYA GESER PADA TUMPUAN DI LOKASI 103

▲— Garis pengaruh pada tumpuan di titik 0    ○— Shear Force envelope pada bentang 1



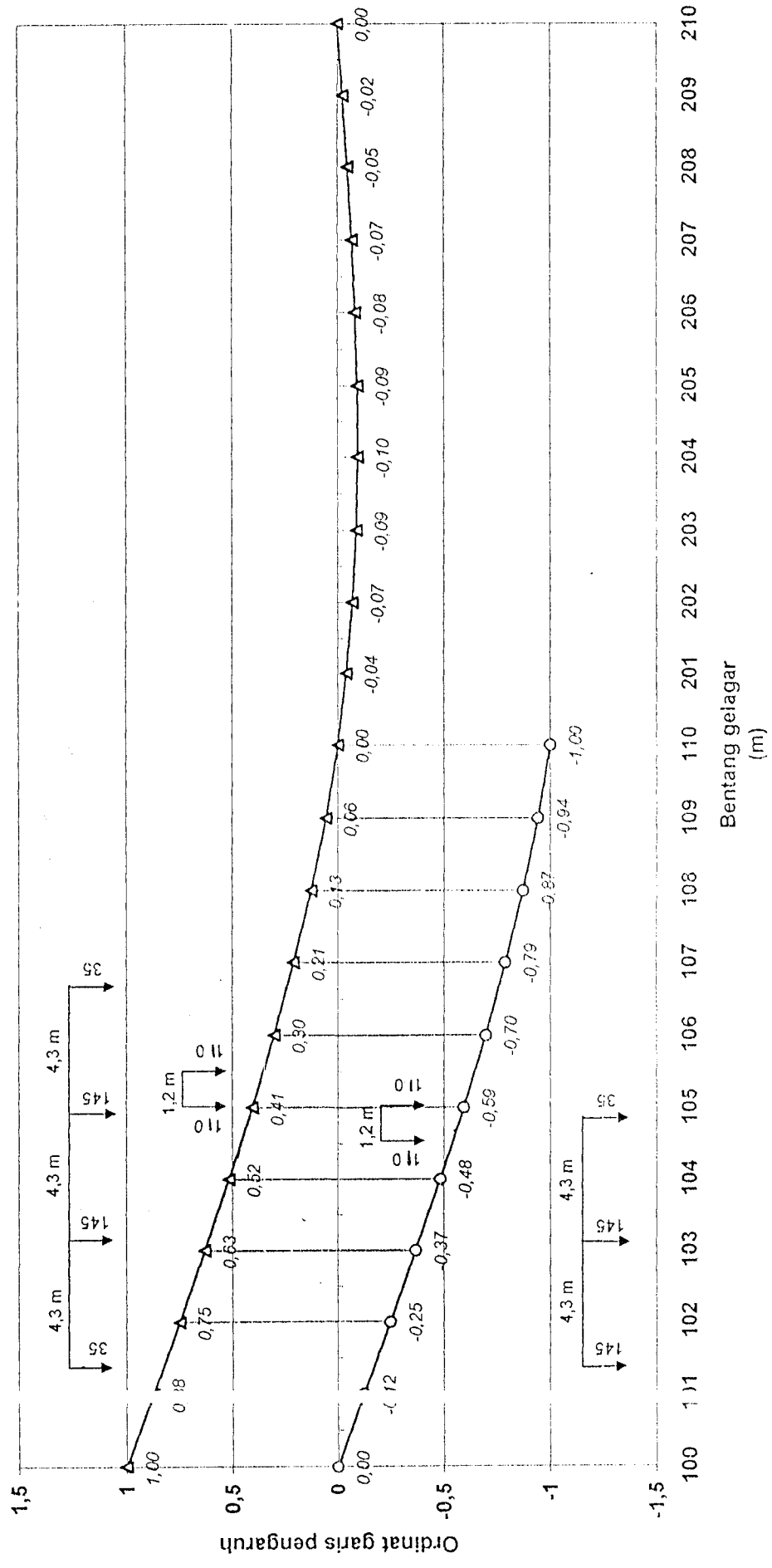
## GARIS PENGARUH GAYA GESER PADA TUMPUAN DI LOKASI 104

—▲— Garis pengaruh pada tumpuan di titik 0    —○— Shear Force envelope pada bentang 1



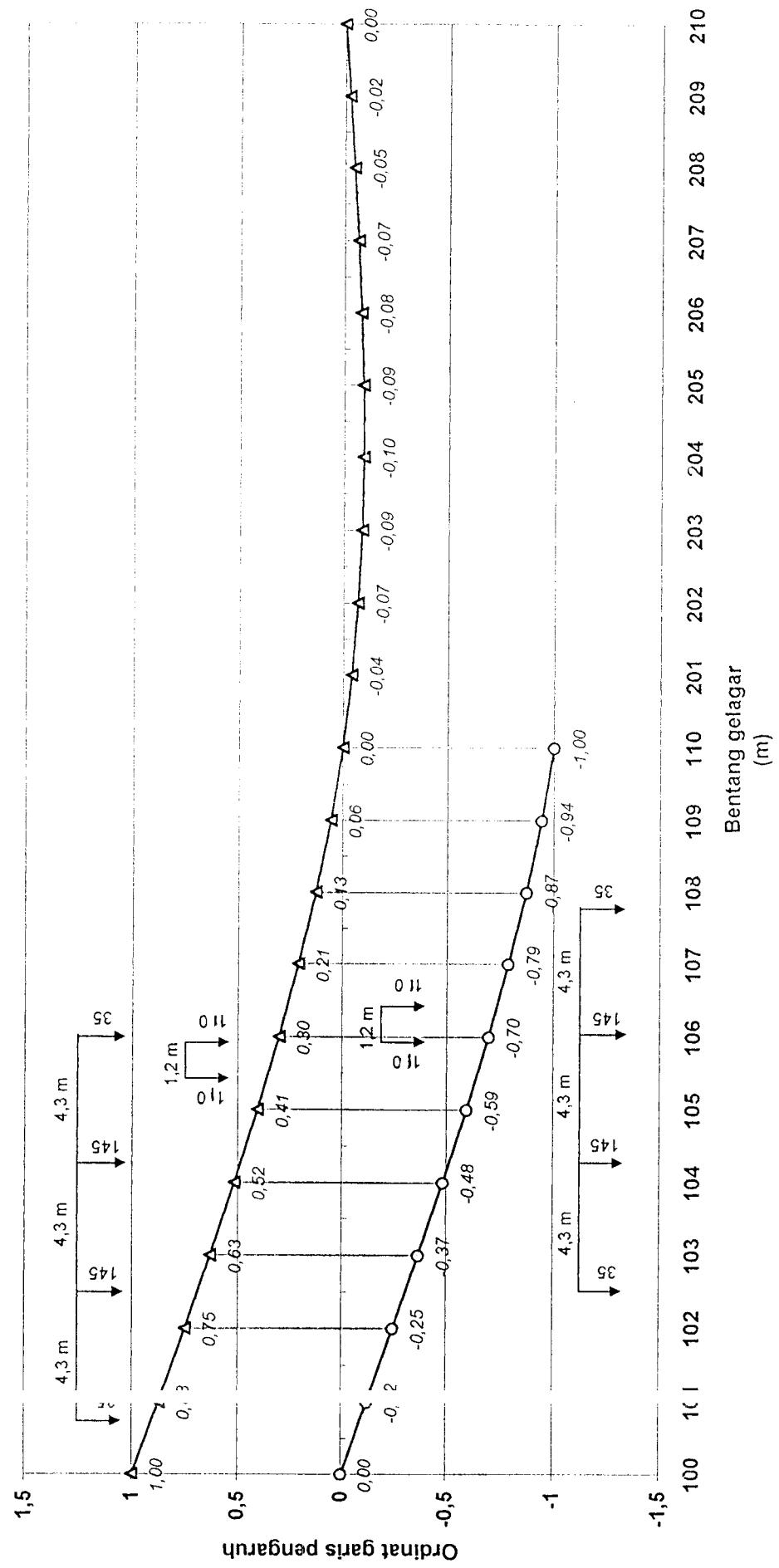
## GARIS PENGARUH GAYA GESER PADA TUMPUAN DI LOKASI 105

▲— Garis pengaruh pada tumpuan di titik 0    ○— Shear Force envelope pada bentang 1



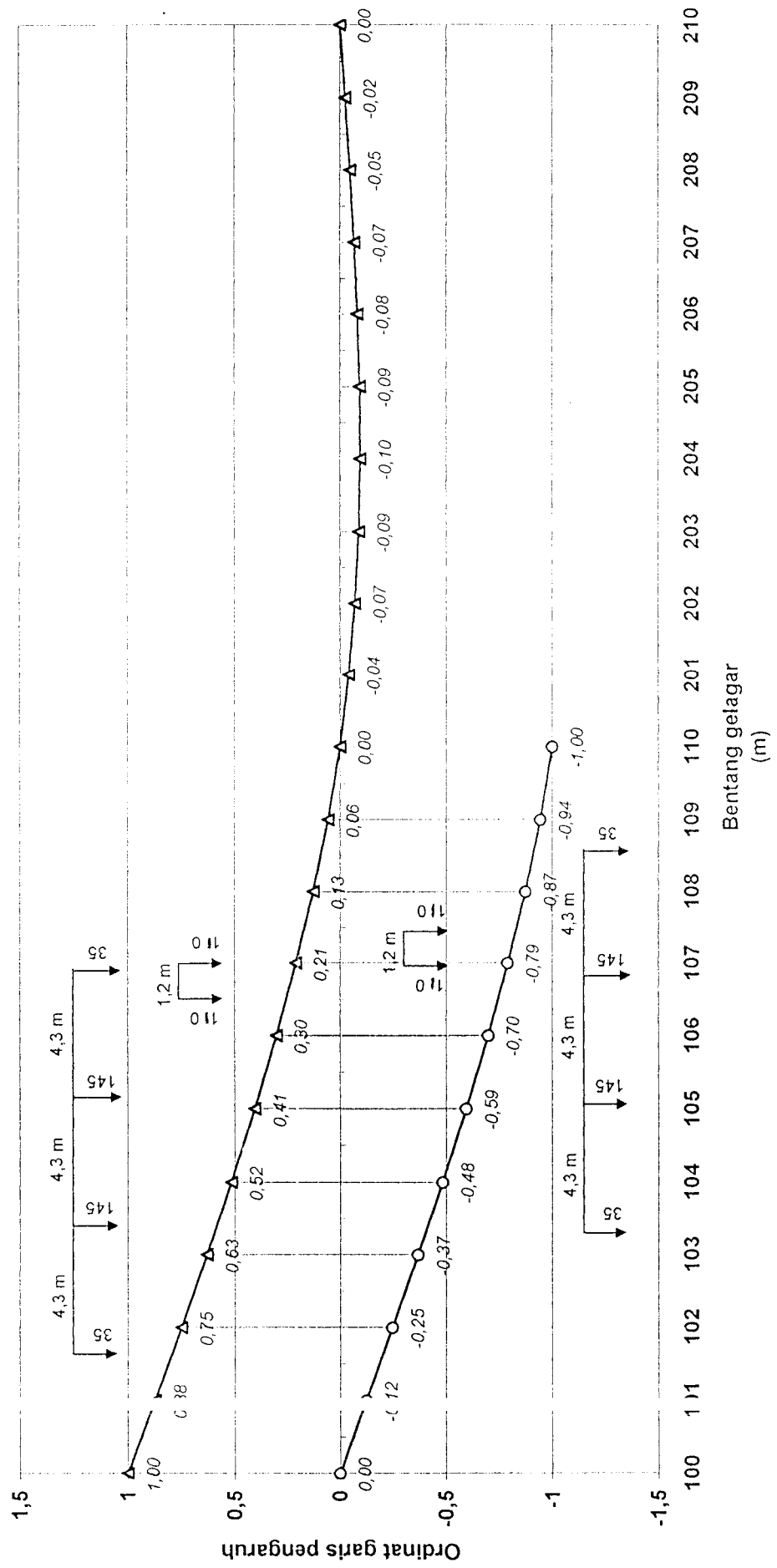
# GARIS PENGARUH GAYA GESER PADA TUMPUAN DI LOKASI 106

▲— Garis pengaruh pada tumpuan di titik 0 —○— Shear Force envelope pada bentang 1



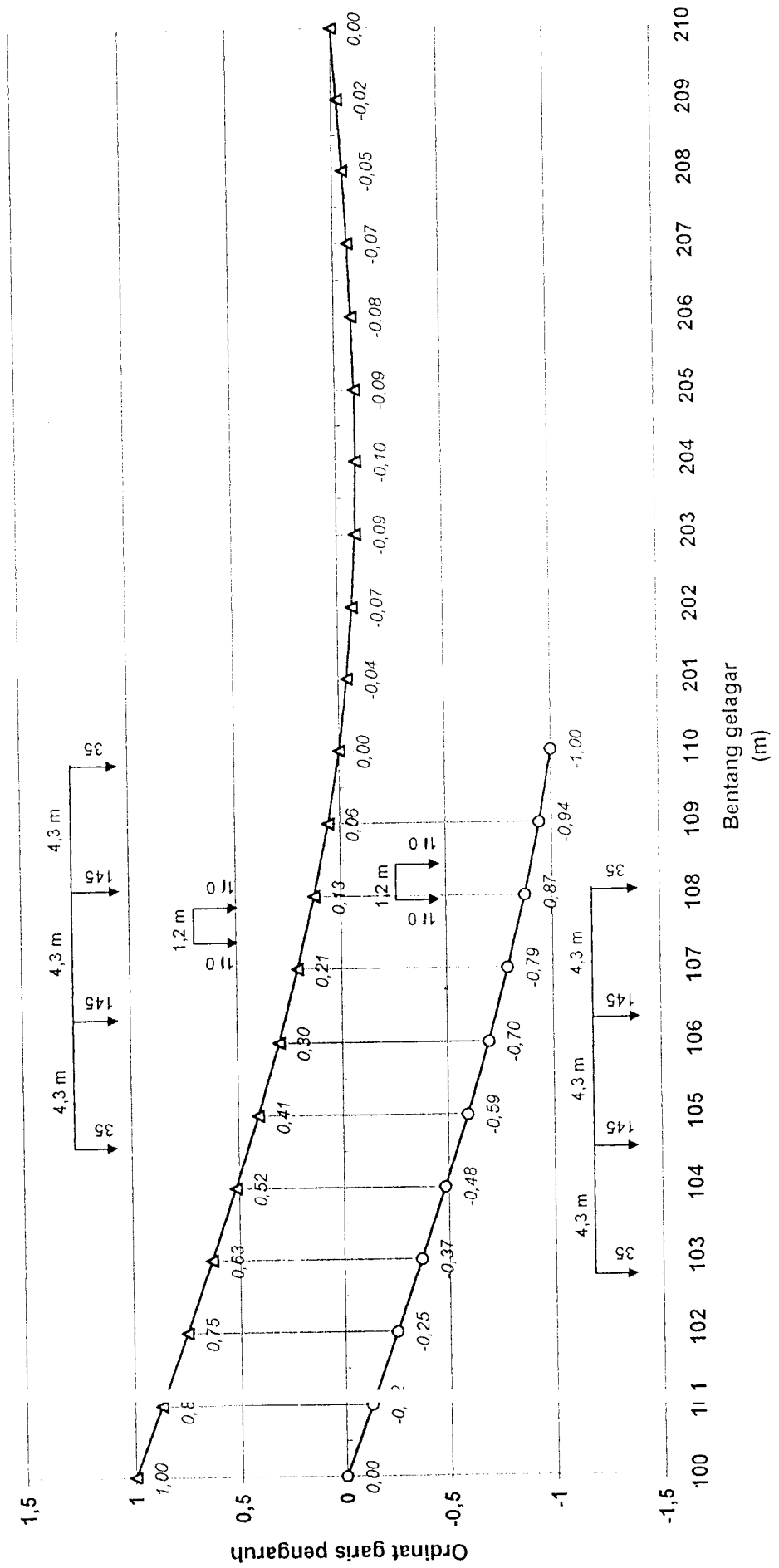
## GARIS PENGARUH GAYA GESER PADA TUMPUAN DI LOKASI 107

—▲— Garis pengaruh pada tumpuan di titik 0 —○— Shear Force envelope pada bentang 1



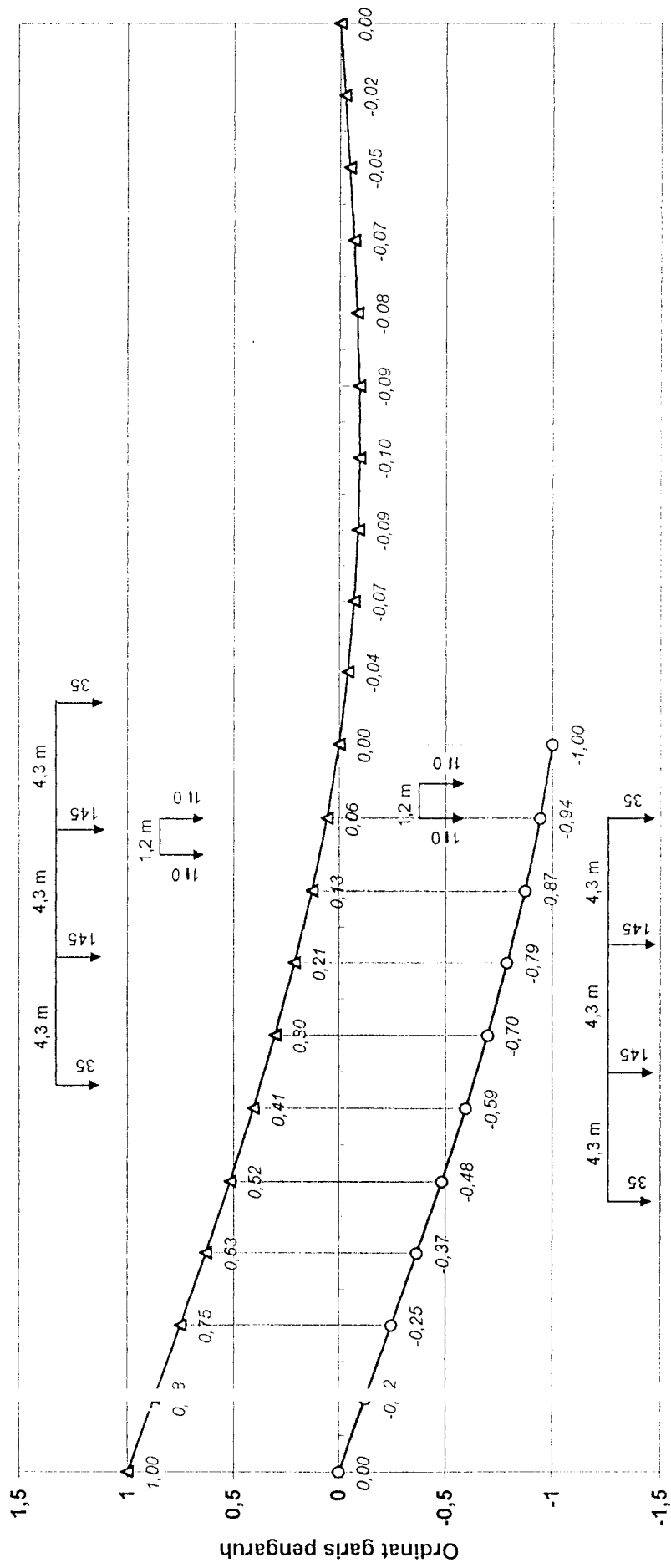
# GARIS PENGARUH GAYA GESER PADA TUMPUAN DI LOKASI 108

—▲— Garis pengaruh pada tumpuan di titik 0 —○— Shear Force envelope pada bentang 1



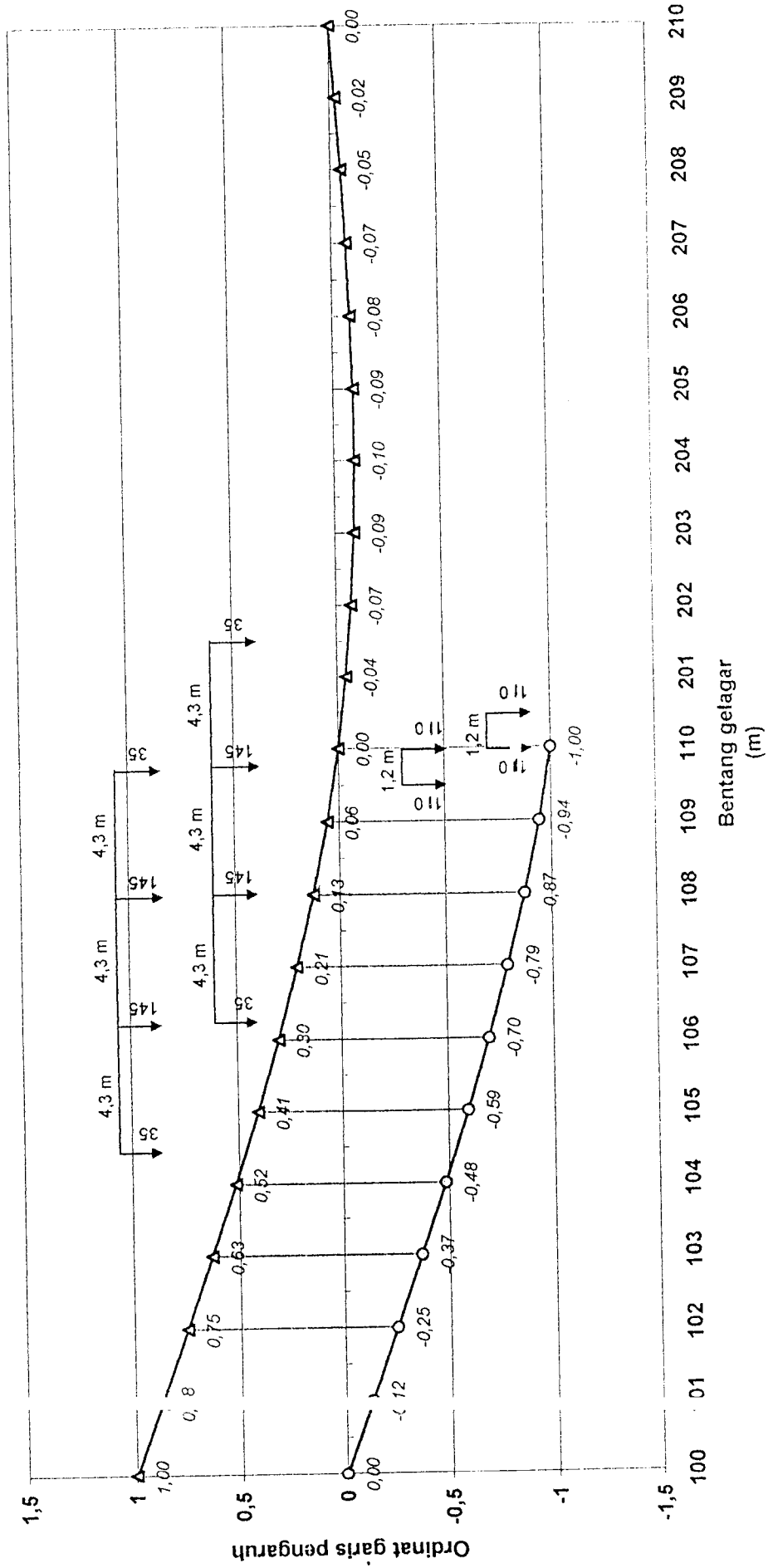
# GARIS PENGARUH GAYA GESER PADA TUMPUAN DI LOKASI 109

—▲— Garis pengaruh pada tumpuan di titik 0 —○— Shear Force envelope pada bentang 1



# GARIS PENGARUH GAYA GESER PADA TUMPUAN DI LOKASI 110

▲— Garis pengaruh pada tumpuan di titik 0    ○— Shear Force envelope pada bentang 1





Gaya geser gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$   
pada garis pengaruh di lokasi 100

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Gaya geser (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
110 - 101	2.5	1	0.88	2.350	21.855
101 - 102	2.5	0.88	0.75	2.038	18.949
102 - 103	2.5	0.75	0.63	1.725	16.043
103 - 104	2.5	0.63	0.52	1.438	13.369
104 - 105	2.5	0.52	0.41	1.163	10.811
105 - 106	2.5	0.41	0.3	0.888	8.254
106 - 107	2.5	0.3	0.21	0.638	5.929
107 - 108	2.5	0.21	0.13	0.425	3.953
108 - 109	2.5	0.13	0.06	0.238	2.209
109 - 110	2.5	0.06	0	0.075	0.698
<b>Total</b>					<b>102.068</b>

Gaya geser gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$   
pada garis pengaruh di lokasi 101

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Gaya geser (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
110 - 101	2.5	-	-	-	-
101 - 102	2.5	0.88	0.75	2.038	18.949
102 - 103	2.5	0.75	0.63	1.725	16.043
103 - 104	2.5	0.63	0.52	1.438	13.369
104 - 105	2.5	0.52	0.41	1.163	10.811
105 - 106	2.5	0.41	0.3	0.888	8.254
106 - 107	2.5	0.3	0.21	0.638	5.929
107 - 108	2.5	0.21	0.13	0.425	3.953
108 - 109	2.5	0.13	0.06	0.238	2.209
109 - 110	2.5	0.06	0	0.075	0.698
<b>Total</b>					<b>80.213</b>

Gaya geser gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$   
pada garis pengaruh di lokasi 102

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Gaya geser (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
110 - 101	2.5	~	~	~	~
101 - 102	2.5	~	~	~	~
102 - 103	2.5	0.75	0.63	1.725	16.043
103 - 104	2.5	0.63	0.52	1.438	13.369
104 - 105	2.5	0.52	0.41	1.163	10.811
105 - 106	2.5	0.41	0.3	0.888	8.254
106 - 107	2.5	0.3	0.21	0.638	5.929
107 - 108	2.5	0.21	0.13	0.425	3.953
108 - 109	2.5	0.13	0.06	0.238	2.209
109 - 110	2.5	0.06	0	0.075	0.698
<b>Total</b>					<b>61.264</b>

Gaya geser gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$   
pada garis pengaruh di lokasi 103

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Gaya geser (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
110 - 101	2.5	~	~	~	~
101 - 102	2.5	~	~	~	~
102 - 103	2.5	~	~	~	~
103 - 104	2.5	0.63	0.52	1.438	13.369
104 - 105	2.5	0.52	0.41	1.163	10.811
105 - 106	2.5	0.41	0.3	0.888	8.254
106 - 107	2.5	0.3	0.21	0.638	5.929
107 - 108	2.5	0.21	0.13	0.425	3.953
108 - 109	2.5	0.13	0.06	0.238	2.209
109 - 110	2.5	0.06	0	0.075	0.698
<b>Total</b>					<b>45.221</b>

Gaya geser gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$   
pada garis pengaruh di lokasi 104

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Gaya geser (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
110 - 101	2.5	~	~	~	~
101 - 102	2.5	~	~	~	~
102 - 103	2.5	~	~	~	~
103 - 104	2.5	~	~	~	~
104 - 105	2.5	0.52	0.41	1.163	10.811
105 - 106	2.5	0.41	0.3	0.888	8.254
106 - 107	2.5	0.3	0.21	0.638	5.929
107 - 108	2.5	0.21	0.13	0.425	3.953
108 - 109	2.5	0.13	0.06	0.238	2.209
109 - 110	2.5	0.06	0	0.075	0.698
<b>Total</b>					<b>31.853</b>

Gaya geser gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$   
pada garis pengaruh di lokasi 105

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Gaya geser (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
110 - 101	2.5	-0.12	0	-0.150	-1.395
101 - 102	2.5	-0.25	-0.12	-0.463	-4.301
102 - 103	2.5	-0.37	-0.25	-0.775	-7.208
103 - 104	2.5	-0.48	-0.37	-1.063	-9.881
104 - 105	2.5	-0.59	-0.48	-1.338	-12.439
105 - 106	~	~	~	~	~
106 - 107	~	~	~	~	~
107 - 108	~	~	~	~	~
108 - 109	~	~	~	~	~
109 - 110	~	~	~	~	~
<b>Total</b>					<b>-35.224</b>

Gaya geser gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 106

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Gaya geser (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
110 - 101	2.5	-0.12	0	-0.150	-1.395
101 - 102	2.5	-0.25	-0.12	-0.463	-4.301
102 - 103	2.5	-0.37	-0.25	-0.775	-7.208
103 - 104	2.5	-0.48	-0.37	-1.063	-9.881
104 - 105	2.5	-0.59	-0.48	-1.338	-12.439
105 - 106	2.5	-0.7	-0.59	-1.613	-14.996
106 - 107	~	~	~	~	~
107 - 108	~	~	~	~	~
108 - 109	~	~	~	~	~
109 - 110	~	~	~	~	~
Total					-50.220

Gaya geser gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 107

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Gaya geser (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
110 - 101	2.5	-0.12	0	-0.150	-1.395
101 - 102	2.5	-0.25	-0.12	-0.463	-4.301
102 - 103	2.5	-0.37	-0.25	-0.775	-7.208
103 - 104	2.5	-0.48	-0.37	-1.063	-9.881
104 - 105	2.5	-0.59	-0.48	-1.338	-12.439
105 - 106	2.5	-0.7	-0.59	-1.613	-14.996
106 - 107	2.5	-0.79	-0.7	-1.863	-17.321
107 - 108	~	~	~	~	~
108 - 109	~	~	~	~	~
109 - 110	~	~	~	~	~
Total					-67.541

Gaya geser gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 108

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Gaya geser (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
110 - 101	2.5	-0.12	0	-0.150	-1.395
101 - 102	2.5	-0.25	-0.12	-0.463	-4.301
102 - 103	2.5	-0.37	-0.25	-0.775	-7.208
103 - 104	2.5	-0.48	-0.37	-1.063	-9.881
104 - 105	2.5	-0.59	-0.48	-1.338	-12.439
105 - 106	2.5	-0.7	-0.59	-1.613	-14.996
106 - 107	2.5	-0.79	-0.7	-1.863	-17.321
107 - 108	2.5	-0.87	-0.79	-2.075	-19.298
108 - 109	~	~	~	~	~
109 - 110	~	~	~	~	~
Total					-86.839

Gaya geser gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}'$   
pada garis pengaruh di lokasi 109

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai		Luasan grafik	Gaya geser (kN)
		Batas atas	Batas bawah		
110 - 101	2.5	-0.12	0	-0.150	-1.395
101 - 102	2.5	-0.25	-0.12	-0.463	-4.301
102 - 103	2.5	-0.37	-0.25	-0.775	-7.208
103 - 104	2.5	-0.48	-0.37	-1.063	-9.881
104 - 105	2.5	-0.59	-0.48	-1.338	-12.439
105 - 106	2.5	-0.7	-0.59	-1.613	-14.996
106 - 107	2.5	-0.79	-0.7	-1.863	-17.321
107 - 108	2.5	-0.87	-0.79	-2.075	-19.298
108 - 109	2.5	-0.94	-0.87	-2.263	-21.041
109 - 110	~	~	~	~	~
Total					-107.880

Gaya geser gelagar jembatan akibat beban jalur rencana  $q = 9,3 \text{ kN/m}^2$   
pada garis pengaruh di lokasi 110

Interval	Lebar luasan (m)	Nilai			Luasan grafik	Gaya geser (kN)
		Batas atas	Batas bawah			
110 - 101	2.5	-0.12	0		-0.150	-1.395
101 - 102	2.5	-0.25	-0.12		-0.463	-4.301
102 - 103	2.5	-0.37	-0.25		-0.775	-7.208
103 - 104	2.5	-0.48	-0.37		-1.063	-9.881
104 - 105	2.5	-0.59	-0.48		-1.338	-12.439
105 - 106	2.5	-0.7	-0.59		-1.613	-14.996
106 - 107	2.5	-0.79	-0.7		-1.863	-17.321
107 - 108	2.5	-0.87	-0.79		-2.075	-19.298
108 - 109	2.5	-0.94	-0.87		-2.263	-21.041
109 - 110	2.5	-1	-0.94		-2.425	-22.553
<b>Total</b>					<b>-14.025</b>	<b>-130.433</b>

## ORDINAT GARIS PENGARUH GAYA GESER AKIBAT BEBAN TERPUSAT TRUCK/TANDEM

Ordinat garis pengaruh geser GP V-100

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap	Hasil
		Batas atas	Batas bawah	Batas bawah	Ordinat Y
1	2.5	1	0.88	1.300	0.942
	2.5	0.88	0.75	0.700	0.786
	2.5	0.63	0.52	1.400	0.582
	2.5	0.41	0.3	2.100	0.392

Ordinat garis pengaruh geser GP V-101

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap	Hasil
		Batas atas	Batas bawah	Batas bawah	Ordinat Y
1	2.5	-0.12	0	1.3	-0.062
	2.5	0.88	0.75	1.300	0.818
	2.5	0.75	0.63	0.700	0.664
	2.5	0.52	0.41	1.400	0.472
	2.5	0.3	0.21	2.100	0.286

Ordinat garis pengaruh geser GP V-102

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap	Hasil
		Batas atas	Batas bawah	Batas bawah	Ordinat Y
1	2.5	-0.12	0	0.7	-0.034
	2.5	-0.25	-0.12	1.3	-0.188
	2.5	0.75	0.63	1.300	0.692
	2.5	0.63	0.52	0.700	0.551
	2.5	0.41	0.3	1.400	0.362
	2.5	0.21	0.13	2.100	0.197

Ordinat garis pengaruh geser GP V-103

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap	Hasil
		Batas atas	Batas bawah	Batas bawah	Ordinat Y
1	2.5	-0.25	-0.12	0.700	-0.156
	2.5	-0.37	-0.25	1.300	-0.312
	2.5	0.63	0.52	1.300	0.577
	2.5	0.52	0.41	0.700	0.441
	2.5	0.3	0.21	1.400	0.260
	2.5	0.13	0.06	2.100	0.119

## ORDINAT GARIS PENGARUH GAYA GESER AKIBAT BEBAN TERPUSAT TRUCK/TANDEM

Ordinat garis pengaruh geser GP V-104

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap	Hasil
		Batas atas	Batas bawah	Batas bawah	Ordinat Y
1	2.5	-0.25	-0.12	1.400	-0.193
	2.5	-0.48	-0.37	0.700	-0.401
	2.5	-0.59	-0.48	1.300	-0.537
	2.5	0.41	0.3	1.300	0.357
	2.5	0.3	0.21	0.700	0.235

Ordinat garis pengaruh geser GP V-105

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap	Hasil
		Batas atas	Batas bawah	Batas bawah	Ordinat Y
1	2.5	-0.25	-0.12	1.400	-0.193
	2.5	-0.48	-0.37	0.700	-0.401
	2.5	-0.59	-0.48	1.300	-0.537
	2.5	0.41	0.3	1.300	0.357
	2.5	0.3	0.21	0.700	0.235

Ordinat garis pengaruh geser GP V-106

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap	Hasil
		Batas atas	Batas bawah	Batas bawah	Ordinat Y
1	2.5	-0.12	0	2.100	-0.101
	2.5	-0.37	-0.25	1.400	-0.317
	2.5	-0.59	-0.48	0.700	-0.511
	2.5	-0.7	-0.59	1.300	-0.647
	2.5	0.3	0.21	1.300	0.257
	2.5	0.21	0.13	0.700	0.152

Ordinat garis pengaruh geser GP V-107

Bentang	Jarak interval (m)	Nilai		Jarak X terhadap	Hasil
		Batas atas	Batas bawah	Batas bawah	Ordinat Y
1	2.5	-0.25	-0.12	2.100	-0.229
	2.5	-0.48	-0.37	1.400	-0.432
	2.5	-0.7	-0.59	0.700	-0.621
	2.5	-0.79	-0.7	1.300	-0.747
	2.5	0.21	0.13	1.300	0.172
	2.5	0.13	0.06	0.700	0.080



**PERHITUNGAN GELAGAR (PPPJJR 1987)  
DENGAN PROGRAM MICROFEAP  
Untuk berat sendiri gelagar  $W_G = 2 \text{ T/m}^2$**

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <DATA> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   STRUCTURE DATA   *
*                               *
*****

```

```

**COORDINATE DATA (M)**      **BOUNDARY DATA**
NODE   1-COOR   2-COOR   1-B   2-B   3-B
-----
   1     0.00     0.00    L    L    F
   2    25.00     0.00    F    L    F
   3    50.00     0.00    F    L    F

```

```

**ELEMENT DATA**
ELEM   1-NODE   2-NODE   HINGE MATERIAL
-----
   1     1       2           1
   2     2       3           1

```

```

**MATERIAL DATA**
MATE  E-MODULUS AXIAL-AREA  INERTIA
      (KN/M^2)      (M^2)      (M^4)
-----
   1  2.973D+07  7.450D-01  3.939D-01

```

```

=====
MICROFEAP - P1          DATE: 08-29-2001          <DATA> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   STRUCTURE DATA   *
*                               *
*****

```

```

LOAD CASE #3 : BEBAN HIDUP (KOMBINASI 1)
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
      (KN)         (KN)         (M)
-----
  1   0.000D+00  -1.356D+02  1.250D+01
  2   0.000D+00  -1.356D+02  1.250D+01

```

```

LOAD CASE #3 : BEBAN HIDUP (KOMBINASI 1)
**UNIFORM LOAD DATA**
ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
      (KN/M)     (KN/M)
-----
ALL  0.000D+00  -1.962D+01

```

```

LOAD CASE #4 : BEBAN HIDUP KOMBINASI 2
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
      (KN)         (KN)         (M)
-----
  1   0.000D+00  -1.356D+02  1.250D+01

```

```

LOAD CASE #4 : BEBAN HIDUP KOMBINASI 2
**UNIFORM LOAD DATA**
ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
      (KN/M)     (KN/M)
-----
  1   0.000D+00  -1.962D+01

```

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <DATA> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   STRUCTURE DATA   *
*                               *
*****

```

```

LOAD CASE #5 : BEBAN HIDUP (KOMBINASI 3)
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
          (KN)      (KN)      (M)
-----
   2   0.000D+00  -1.356D+02  1.250D+01

```

```

LOAD CASE #5 : BEBAN HIDUP (KOMBINASI 3)
**UNIFORM LOAD DATA**
ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
          (KN/M)   (KN/M)
-----
   2   0.000D+00  -1.962D+01

```

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJR 1987)      FILENAME: TA-2A
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986        ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION                 *
*                               *
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 1/0/0/0/0

ELEM	MA	HINGE	SECTION (M)	AXIAL F. (KN)	SHEAR (KN)	MOMENT (KN-M)
1	1		0.00	0.0000D+00	1.8394D+02	0.0000D+00
			2.50	0.0000D+00	1.3489D+02	3.9853D+02
			5.00	0.0000D+00	8.5838D+01	6.7444D+02
			7.50	0.0000D+00	3.6787D+01	8.2772D+02
			10.00	0.0000D+00	-1.2263D+01	8.5838D+02
			12.50	0.0000D+00	-6.1313D+01	7.6641D+02
			15.00	0.0000D+00	-1.1036D+02	5.5181D+02
			17.50	0.0000D+00	-1.5941D+02	2.1459D+02
			20.00	0.0000D+00	-2.0846D+02	-2.4525D+02
			22.50	0.0000D+00	-2.5751D+02	-8.2772D+02
	25.00	0.0000D+00	-3.0656D+02	-1.5328D+03		
2	1		0.00	0.0000D+00	3.0656D+02	-1.5328D+03
			2.50	0.0000D+00	2.5751D+02	-8.2772D+02
			5.00	0.0000D+00	2.0846D+02	-2.4525D+02
			7.50	0.0000D+00	1.5941D+02	2.1459D+02
			10.00	0.0000D+00	1.1036D+02	5.5181D+02
			12.50	0.0000D+00	6.1313D+01	7.6641D+02
			15.00	0.0000D+00	1.2262D+01	8.5838D+02
			17.50	0.0000D+00	-3.6788D+01	8.2772D+02
			20.00	0.0000D+00	-8.5838D+01	6.7444D+02
			22.50	0.0000D+00	-1.3489D+02	3.9853D+02
	25.00	0.0000D+00	-1.8394D+02	0.0000D+00		

```

=====
MICROFEAP - P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
* COMBINATION                   *
*                               *
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 0/1/0/0/0

ELEM	MA	HINGE SECTION (M)	AXIAL F. (KN)	SHEAR (KN)	MOMENT (KN-M)
1	1	0.00	0.0000D+00	3.6259D+02	-1.2207D-04
		2.50	0.0000D+00	2.6712D+02	7.8714D+02
		5.00	0.0000D+00	1.7166D+02	1.3356D+03
		7.50	0.0000D+00	7.6196D+01	1.6454D+03
		10.00	0.0000D+00	-1.9267D+01	1.7166D+03
		12.50	0.0000D+00	-1.2945D+02	1.5491D+03
		15.00	0.0000D+00	-2.2491D+02	1.1062D+03
		17.50	0.0000D+00	-3.2037D+02	4.2455D+02
		20.00	0.0000D+00	-4.1584D+02	-4.9571D+02
		22.50	0.0000D+00	-5.1130D+02	-1.6546D+03
		25.00	0.0000D+00	-6.0676D+02	-3.0522D+03
2	1	0.00	0.0000D+00	6.0676D+02	-3.0522D+03
		2.50	0.0000D+00	5.1130D+02	-1.6546D+03
		5.00	0.0000D+00	4.1584D+02	-4.9571D+02
		7.50	0.0000D+00	3.2037D+02	4.2455D+02
		10.00	0.0000D+00	2.2491D+02	1.1062D+03
		12.50	0.0000D+00	1.1473D+02	1.5491D+03
		15.00	0.0000D+00	1.9267D+01	1.7166D+03
		17.50	0.0000D+00	-7.6196D+01	1.6454D+03
		20.00	0.0000D+00	-1.7166D+02	1.3356D+03
		22.50	0.0000D+00	-2.6712D+02	7.8714D+02
		25.00	0.0000D+00	-3.6259D+02	-1.2207D-04

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
PROJECT  : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986          ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                                     *
*   COMBINATION   *
*                                     *
*****

```

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>
LOAD FACTOR : 0/0/1/0/0

```

ELEM	MA	HINGE	SECTION	AXIAL F.	SHEAR	MOMENT
			(M)	(KN)	(KN)	(KN-M)
1	1		0.00	0.0000D+00	2.2630D+02	0.0000D+00
			2.50	0.0000D+00	1.7725D+02	5.0444D+02
			5.00	0.0000D+00	1.2820D+02	8.8625D+02
			7.50	0.0000D+00	7.9150D+01	1.1454D+03
			10.00	0.0000D+00	3.0100D+01	1.2820D+03
			12.50	0.0000D+00	-1.5451D+02	1.2959D+03
			15.00	0.0000D+00	-2.0356D+02	8.4835D+02
			17.50	0.0000D+00	-2.5261D+02	2.7814D+02
			20.00	0.0000D+00	-3.0166D+02	-4.1470D+02
			22.50	0.0000D+00	-3.5071D+02	-1.2302D+03
			25.00	0.0000D+00	-3.9976D+02	-2.1682D+03
2	1		0.00	0.0000D+00	3.9976D+02	-2.1682D+03
			2.50	0.0000D+00	3.5071D+02	-1.2302D+03
			5.00	0.0000D+00	3.0166D+02	-4.1470D+02
			7.50	0.0000D+00	2.5261D+02	2.7814D+02
			10.00	0.0000D+00	2.0356D+02	8.4835D+02
			12.50	0.0000D+00	1.8950D+01	1.2959D+03
			15.00	0.0000D+00	-3.0100D+01	1.2820D+03
			17.50	0.0000D+00	-7.9150D+01	1.1454D+03
			20.00	0.0000D+00	-1.2820D+02	8.8625D+02
			22.50	0.0000D+00	-1.7725D+02	5.0444D+02
			25.00	0.0000D+00	-2.2630D+02	0.0000D+00

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION                 *
*                               *
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>  
LOAD FACTOR : 0/0/0/1/0

ELEM	MA	HINGE SECTION (M)	AXIAL F. (KN)	SHEAR (KN)	MOMENT (KN-M)
1	1	0.00	0.0000D+00	2.6966D+02	1.2207D-04
		2.50	0.0000D+00	2.2061D+02	6.1285D+02
		5.00	0.0000D+00	1.7156D+02	1.1031D+03
		7.50	0.0000D+00	1.2251D+02	1.4707D+03
		10.00	0.0000D+00	7.3465D+01	1.7156D+03
		12.50	0.0000D+00	-1.1114D+02	1.8380D+03
		15.00	0.0000D+00	-1.6019D+02	1.4988D+03
		17.50	0.0000D+00	-2.0924D+02	1.0370D+03
		20.00	0.0000D+00	-2.5829D+02	4.5260D+02
		22.50	0.0000D+00	-3.0734D+02	-2.5445D+02
25.00	0.0000D+00	-3.5639D+02	-1.0841D+03		
2	1	0.00	0.0000D+00	4.3365D+01	-1.0841D+03
		2.50	0.0000D+00	4.3365D+01	-9.7571D+02
		5.00	0.0000D+00	4.3365D+01	-8.6730D+02
		7.50	0.0000D+00	4.3365D+01	-7.5889D+02
		10.00	0.0000D+00	4.3365D+01	-6.5047D+02
		12.50	0.0000D+00	4.3365D+01	-5.4206D+02
		15.00	0.0000D+00	4.3365D+01	-4.3365D+02
		17.50	0.0000D+00	4.3365D+01	-3.2524D+02
		20.00	0.0000D+00	4.3365D+01	-2.1682D+02
		22.50	0.0000D+00	4.3365D+01	-1.0841D+02
25.00	0.0000D+00	4.3365D+01	0.0000D+00		



```

=====
MICROFEAP - P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
* COMBINATION                   *
*                               *
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 0/0/0/0/1

ELEM	MA	HINGE SECTION (M)	AXIAL F. (KN)	SHEAR (KN)	MOMENT (KN-M)
1	1	0.00	0.0000D+00	-4.3365D+01	0.0000D+00
		2.50	0.0000D+00	-4.3365D+01	-1.0841D+02
		5.00	0.0000D+00	-4.3365D+01	-2.1682D+02
		7.50	0.0000D+00	-4.3365D+01	-3.2524D+02
		10.00	0.0000D+00	-4.3365D+01	-4.3365D+02
		12.50	0.0000D+00	-4.3365D+01	-5.4206D+02
		15.00	0.0000D+00	-4.3365D+01	-6.5047D+02
		17.50	0.0000D+00	-4.3365D+01	-7.5889D+02
		20.00	0.0000D+00	-4.3365D+01	-8.6730D+02
		22.50	0.0000D+00	-4.3365D+01	-9.7571D+02
		25.00	0.0000D+00	-4.3365D+01	-1.0841D+03
2	1	0.00	0.0000D+00	3.5639D+02	-1.0841D+03
		2.50	0.0000D+00	3.0734D+02	-2.5445D+02
		5.00	0.0000D+00	2.5829D+02	4.5260D+02
		7.50	0.0000D+00	2.0924D+02	1.0370D+03
		10.00	0.0000D+00	1.6019D+02	1.4988D+03
		12.50	0.0000D+00	-2.4415D+01	1.8380D+03
		15.00	0.0000D+00	-7.3465D+01	1.7156D+03
		17.50	0.0000D+00	-1.2251D+02	1.4707D+03
		20.00	0.0000D+00	-1.7156D+02	1.1031D+03
		22.50	0.0000D+00	-2.2061D+02	6.1285D+02
		25.00	0.0000D+00	-2.6966D+02	1.2207D-04

**PERHITUNGAN GELAGAR (PPPJJR 1987)  
DENGAN PROGRAM MICROFEAP  
Untuk berat sendiri gelagar  $W_G = 1,8625 \text{ T/m}^2$**

```

=====
MICROFEAP--F1          DATE: 08-29-2001          <DATA> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A-B
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                                     *
*   STRUCTURE DATA   *
*                                     *
*****

```

```

**COORDINATE DATA (M)**          **BOUNDARY DATA**
NODE    1-COOR    2-COOR    1-B    2-B    3-B
-----
1         0.00         0.00     L     L     F
2        25.00         0.00     F     L     F
3        50.00         0.00     F     L     F

```

```

**ELEMENT DATA**
ELEM    1-NODE    2-NODE    HINGE    MATERIAL
-----
1         1         2             1
2         2         3             1

```

```

**MATERIAL DATA**
MATE    E-MODULUS AXIAL-AREA    INERTIA
        (KN/M^2)        (M^2)        (M^4)
-----
1  2.973D+07  7.450D-01  3.939D-01

```

```

=====
MICROFEAP - P1          DATE: 08-29-2001          <DATA> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A-B
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986        ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   STRUCTURE DATA   *
*                               *
*****

```

```

LOAD CASE #1 : BEBAN GELAGAR JEMBATAN
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
          (KN)      (KN)      (M)
-----

```

```

LOAD CASE #1 : BEBAN GELAGAR JEMBATAN
**UNIFORM LOAD DATA**
ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
          (KN/M)   (KN/M)
-----
ALL  0.000D+00  -1.827D+01

```

```

LOAD CASE #2 : BEBAN MATI JEMBATAN (WDL)
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
          (KN)      (KN)      (M)
-----
1  0.000D+00  -1.472D+01  1.250D+01
2  0.000D+00  -1.472D+01  1.250D+01

```

```

LOAD CASE #2 : BEBAN MATI JEMBATAN (WDL)
**UNIFORM LOAD DATA**
ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
          (KN/M)   (KN/M)
-----
ALL  0.000D+00  -3.684D+01

```

```

=====
MICROFEAP-PI          DATE: 08-29-2001          <DATA> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A-B
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   STRUCTURE DATA   *
*                               *
*****

```

```

LOAD CASE #3 : BEBAN HIDUP (KOMBINASI 1)
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
          (KN)      (KN)      (M)
-----
   1   0.000D+00  -1.356D+02  1.250D+01
   2   0.000D+00  -1.356D+02  1.250D+01

```

```

LOAD CASE #3 : BEBAN HIDUP (KOMBINASI 1)
**UNIFORM LOAD DATA**
ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
          (KN/M)   (KN/M)
-----
  ALL   0.000D+00  -1.962D+01

```

```

LOAD CASE #4 : BEBAN HIDUP KOMBINASI 2
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
          (KN)      (KN)      (M)
-----
   1   0.000D+00  -1.356D+02  1.250D+01

```

```

LOAD CASE #4 : BEBAN HIDUP KOMBINASI 2
**UNIFORM LOAD DATA**
ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
          (KN/M)   (KN/M)
-----
   1   0.000D+00  -1.962D+01

```

```
=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <DATA> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A-B
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====
```

```
*****
*                               *
*   STRUCTURE DATA   *
*                               *
*****
```

```
LOAD CASE #5 : BEBAN HIDUP (KOMBINASI 3)
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
          (KN)      (KN)      (M)
-----
   2   0.000D+00  -1.356D+02  1.250D+01
```

```
LOAD CASE #5 : BEBAN HIDUP (KOMBINASI 3)
**UNIFORM LOAD DATA**
ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
          (KN/M)   (KN/M)
-----
   2   0.000D+00  -1.962D+01
```

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A-B
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                                     *
*   COMBINATION   *
*                                     *
*****

```

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>
LOAD FACTOR : 0/0/0/0/1

```

ELEM	MA	HINGE	SECTION (M)	AXIAL F. (KN)	SHEAR (KN)	MOMENT (KN-M)
1	1		0.00	0.0000D+00	-4.3365D+01	0.0000D+00
			2.50	0.0000D+00	-4.3365D+01	-1.0841D+02
			5.00	0.0000D+00	-4.3365D+01	-2.1682D+02
			7.50	0.0000D+00	-4.3365D+01	-3.2524D+02
			10.00	0.0000D+00	-4.3365D+01	-4.3365D+02
			12.50	0.0000D+00	-4.3365D+01	-5.4206D+02
			15.00	0.0000D+00	-4.3365D+01	-6.5047D+02
			17.50	0.0000D+00	-4.3365D+01	-7.5889D+02
			20.00	0.0000D+00	-4.3365D+01	-8.6730D+02
			22.50	0.0000D+00	-4.3365D+01	-9.7571D+02
			25.00	0.0000D+00	-4.3365D+01	-1.0841D+03
2	1		0.00	0.0000D+00	3.5639D+02	-1.0841D+03
			2.50	0.0000D+00	3.0734D+02	-2.5445D+02
			5.00	0.0000D+00	2.5829D+02	4.5260D+02
			7.50	0.0000D+00	2.0924D+02	1.0370D+03
			10.00	0.0000D+00	1.6019D+02	1.4988D+03
			12.50	0.0000D+00	-2.4415D+01	1.8380D+03
			15.00	0.0000D+00	-7.3465D+01	1.7156D+03
			17.50	0.0000D+00	-1.2251D+02	1.4707D+03
			20.00	0.0000D+00	-1.7156D+02	1.1031D+03
			22.50	0.0000D+00	-2.2061D+02	6.1285D+02
			25.00	0.0000D+00	-2.6966D+02	1.2207D-04

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A-B
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                                     *
*   COMBINATION   *
*                                     *
*****

```

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>
LOAD FACTOR : 1/0/0/0/0

```

ELEM	MA	HINGE	SECTION	AXIAL F.	SHEAR	MOMENT
			(M)	(KN)	(KN)	(KN-M)
1	1		0.00	0.0000D+00	1.7129D+02	0.0000D+00
			2.50	0.0000D+00	1.2561D+02	3.7113D+02
			5.00	0.0000D+00	7.9936D+01	6.2807D+02
			7.50	0.0000D+00	3.4258D+01	7.7081D+02
			10.00	0.0000D+00	-1.1419D+01	7.9936D+02
			12.50	0.0000D+00	-5.7097D+01	7.1372D+02
			15.00	0.0000D+00	-1.0278D+02	5.1388D+02
			17.50	0.0000D+00	-1.4845D+02	1.9984D+02
			20.00	0.0000D+00	-1.9413D+02	-2.2839D+02
			22.50	0.0000D+00	-2.3981D+02	-7.7081D+02
			25.00	0.0000D+00	-2.8549D+02	-1.4274D+03
2	1		0.00	0.0000D+00	2.8549D+02	-1.4274D+03
			2.50	0.0000D+00	2.3981D+02	-7.7081D+02
			5.00	0.0000D+00	1.9413D+02	-2.2839D+02
			7.50	0.0000D+00	1.4845D+02	1.9984D+02
			10.00	0.0000D+00	1.0278D+02	5.1388D+02
			12.50	0.0000D+00	5.7097D+01	7.1372D+02
			15.00	0.0000D+00	1.1419D+01	7.9936D+02
			17.50	0.0000D+00	-3.4258D+01	7.7081D+02
			20.00	0.0000D+00	-7.9936D+01	6.2807D+02
			22.50	0.0000D+00	-1.2561D+02	3.7113D+02
			25.00	0.0000D+00	-1.7129D+02	0.0000D+00



```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A-B
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION   *
*                               *
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 0/1/0/0/0

ELEM	MA	HINGE SECTION (M)	AXIAL F. (KN)	SHEAR (KN)	MOMENT (KN-M)
1	1	0.00	0.0000D+00	3.4994D+02	1.2207D-04
		2.50	0.0000D+00	2.5785D+02	7.5974D+02
		5.00	0.0000D+00	1.6576D+02	1.2892D+03
		7.50	0.0000D+00	7.3667D+01	1.5885D+03
		10.00	0.0000D+00	-1.8424D+01	1.6576D+03
		12.50	0.0000D+00	-1.2523D+02	1.4964D+03
		15.00	0.0000D+00	-2.1732D+02	1.0682D+03
		17.50	0.0000D+00	-3.0941D+02	4.0980D+02
		20.00	0.0000D+00	-4.0150D+02	-4.7885D+02
		22.50	0.0000D+00	-4.9360D+02	-1.5977D+03
25.00	0.0000D+00	-5.8569D+02	-2.9468D+03		
2	1	0.00	0.0000D+00	5.8569D+02	-2.9468D+03
		2.50	0.0000D+00	4.9360D+02	-1.5977D+03
		5.00	0.0000D+00	4.0150D+02	-4.7885D+02
		7.50	0.0000D+00	3.0941D+02	4.0980D+02
		10.00	0.0000D+00	2.1732D+02	1.0682D+03
		12.50	0.0000D+00	1.1052D+02	1.4964D+03
		15.00	0.0000D+00	1.8424D+01	1.6576D+03
		17.50	0.0000D+00	-7.3667D+01	1.5885D+03
		20.00	0.0000D+00	-1.6576D+02	1.2892D+03
		22.50	0.0000D+00	-2.5785D+02	7.5974D+02
25.00	0.0000D+00	-3.4994D+02	1.2207D-04		

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A-B
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*
* COMBINATION *
*
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 0/0/1/0/0

ELEM	MA	HINGE	SECTION	AXIAL F.	SHEAR	MOMENT
			(M)	(KN)	(KN)	(KN-M)
1	1		0.00	0.0000D+00	2.2630D+02	0.0000D+00
			2.50	0.0000D+00	1.7725D+02	5.0444D+02
			5.00	0.0000D+00	1.2820D+02	8.8625D+02
			7.50	0.0000D+00	7.9150D+01	1.1454D+03
			10.00	0.0000D+00	3.0100D+01	1.2820D+03
			12.50	0.0000D+00	-1.5451D+02	1.2959D+03
			15.00	0.0000D+00	-2.0356D+02	8.4835D+02
			17.50	0.0000D+00	-2.5261D+02	2.7814D+02
			20.00	0.0000D+00	-3.0166D+02	-4.1470D+02
			22.50	0.0000D+00	-3.5071D+02	-1.2302D+03
			25.00	0.0000D+00	-3.9976D+02	-2.1682D+03
2	1		0.00	0.0000D+00	3.9976D+02	-2.1682D+03
			2.50	0.0000D+00	3.5071D+02	-1.2302D+03
			5.00	0.0000D+00	3.0166D+02	-4.1470D+02
			7.50	0.0000D+00	2.5261D+02	2.7814D+02
			10.00	0.0000D+00	2.0356D+02	8.4835D+02
			12.50	0.0000D+00	1.8950D+01	1.2959D+03
			15.00	0.0000D+00	-3.0100D+01	1.2820D+03
			17.50	0.0000D+00	-7.9150D+01	1.1454D+03
			20.00	0.0000D+00	-1.2820D+02	8.8625D+02
			22.50	0.0000D+00	-1.7725D+02	5.0444D+02
			25.00	0.0000D+00	-2.2630D+02	0.0000D+00

```

=====
MICROFEAP - P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR (PPPJJR 1987)      FILENAME: TA-2A-B
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986         ENGINEER: IWAN-RINDA
=====

```

```

*****
*                                     *
*   COMBINATION   *
*                                     *
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 0/0/0/1/0

ELEM	MA	HINGE SECTION (M)	AXIAL F. (KN)	SHEAR (KN)	MOMENT (KN-M)		
1	1	0.00	0.0000D+00	2.6966D+02	1.2207D-04		
		2.50	0.0000D+00	2.2061D+02	6.1285D+02		
		5.00	0.0000D+00	1.7156D+02	1.1031D+03		
		7.50	0.0000D+00	1.2251D+02	1.4707D+03		
		10.00	0.0000D+00	7.3465D+01	1.7156D+03		
		12.50	0.0000D+00	-1.1114D+02	1.8380D+03		
		15.00	0.0000D+00	-1.6019D+02	1.4988D+03		
		17.50	0.0000D+00	-2.0924D+02	1.0370D+03		
		20.00	0.0000D+00	-2.5829D+02	4.5260D+02		
		22.50	0.0000D+00	-3.0734D+02	-2.5445D+02		
		25.00	0.0000D+00	-3.5639D+02	-1.0841D+03		
		2	1	0.00	0.0000D+00	4.3365D+01	-1.0841D+03
				2.50	0.0000D+00	4.3365D+01	-9.7571D+02
5.00	0.0000D+00			4.3365D+01	-8.6730D+02		
7.50	0.0000D+00			4.3365D+01	-7.5889D+02		
10.00	0.0000D+00			4.3365D+01	-6.5047D+02		
12.50	0.0000D+00			4.3365D+01	-5.4206D+02		
15.00	0.0000D+00			4.3365D+01	-4.3365D+02		
17.50	0.0000D+00			4.3365D+01	-3.2524D+02		
20.00	0.0000D+00			4.3365D+01	-2.1682D+02		
22.50	0.0000D+00			4.3365D+01	-1.0841D+02		
25.00	0.0000D+00	4.3365D+01	0.0000D+00				

**PERHITUNGAN GELAGAR  
(AASHTO LRFD 1994)  
DENGAN PROGRAM MICROFEAP**

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <DATA> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR INTERIOR AASTHO LRFD      FILENAME: TA-4-IN
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986              ENGINEER: IWAN - RINDA
=====

```

```

*****
*                                     *
*   STRUCTURE DATA   *
*                                     *
*****

```

```

**COORDINATE DATA (M)**          **BOUNDARY DATA**
NODE    1-COOR    2-COOR    1-B    2-B    3-B
-----
1        0.00      0.00      L     L     F
2       25.00      0.00      F     L     F
3       50.00      0.00      F     L     F

```

```

**ELEMENT DATA**
ELEM    1-NODE    2-NODE    HINGE    MATERIAL
-----
1        1         2             1
2        2         3             1

```

```

**MATERIAL DATA**
MATE    E-MODULUS AXIAL-AREA    INERTIA
        (KN/M^2)      (M^2)      (M^4)
-----
1  3.486D+06  3.200D-01  5.069D-02

```

```

**MATERIAL DATA**
MATE    E-MODULUS AXIAL-AREA    INERTIA
        (KN/M^2)      (M^2)      (M^4)
-----
1  3.486D+06  3.200D-01  5.069D-02

```

```

=====
MICROFEAP - P 1          DATE: 08-29-2001          <DATA> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR INTERIOR AASTHO LRFD    FILENAME: TA-4-IN
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986             ENGINEER: IWAN - RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   STRUCTURE DATA   *
*                               *
*****

```

```

LOAD CASE #1 : BEBAT SENDIRI GELAGAR W = 17.54 KN/M'
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
      (KN)        (KN)        (M)
-----

```

```

LOAD CASE #1 : BEBAT SENDIRI GELAGAR W = 17.54 KN/M'
**UNIFORM LOAD DATA**
ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
      (KN/M)     (KN/M)
-----
ALL  0.000D+00  -1.754D+01

```

```

LOAD CASE #2 : BEBAN MATI AKIBAT DC 1
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
      (KN)        (KN)        (M)
-----

```

```

LOAD CASE #2 : BEBAN MATI AKIBAT DC 1
**UNIFORM LOAD DATA**
ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
      (KN/M)     (KN/M)
-----
ALL  0.000D+00  -3.019D+01

```

```

=====
MICROFEAP - P1          DATE: 08-29-2001          <DATA> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR INTERIOR AASTHO LRFD      FILENAME: TA-4-IN
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986          ENGINEER: IWAN - RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   STRUCTURE DATA   *
*                               *
*****

```

LOAD CASE #3 : BEBAN MATI TERPUSAT AKIBAT DIAFRAGMA

\*\*CONCENTRATED LOAD DATA\*\*

```

ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
          (KN)      (KN)      (M)
-----

```

```

1  0.000D+00  -2.710D+01  8.333D+00
1  0.000D+00  -2.710D+01  1.667D+01
2  0.000D+00  -2.710D+01  8.333D+00
2  0.000D+00  -2.710D+01  1.667D+01

```

LOAD CASE #3 : BEBAN MATI TERPUSAT AKIBAT DIAFRAGMA

\*\*UNIFORM LOAD DATA\*\*

```

ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
          (KN/M)    (KN/M)
-----

```

LOAD CASE #4 : BEBAN MATI AKIBAT PERKERASAN ASPAL DW

\*\*CONCENTRATED LOAD DATA\*\*

```

ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
          (KN)      (KN)      (M)
-----

```

LOAD CASE #4 : BEBAN MATI AKIBAT PERKERASAN ASPAL DW

\*\*UNIFORM LOAD DATA\*\*

```

ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
          (KN/M)    (KN/M)
-----

```

```

ALL  0.000D+00  -4.966D+00

```

```

=====
MICROFEAP - P 1      DATE: 08-29-2001      <COMB> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR INTERIOR AASTHO LRFD      FILENAME: TA-4-IN
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986      ENGINEER: IWAN - RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION   *
*                               *
*****

```

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>
LOAD FACTOR : 1/0/0/0

```

ELEM	MA	HINGE SECTION (M)	AXIAL F. (KN)	SHEAR (KN)	MOMENT (KN-M)
1	1	0.00	0.0000D+00	1.6444D+02	-6.1035D-05
		2.50	0.0000D+00	1.2059D+02	3.5628D+02
		5.00	0.0000D+00	7.6737D+01	6.0294D+02
		7.50	0.0000D+00	3.2887D+01	7.3997D+02
		10.00	0.0000D+00	-1.0963D+01	7.6738D+02
		12.50	0.0000D+00	-5.4813D+01	6.8516D+02
		15.00	0.0000D+00	-9.8663D+01	4.9331D+02
		17.50	0.0000D+00	-1.4251D+02	1.9184D+02
		20.00	0.0000D+00	-1.8636D+02	-2.1925D+02
		22.50	0.0000D+00	-2.3021D+02	-7.3997D+02
25.00	0.0000D+00	-2.7406D+02	-1.3703D+03		
2	1	0.00	0.0000D+00	2.7406D+02	-1.3703D+03
		2.50	0.0000D+00	2.3021D+02	-7.3997D+02
		5.00	0.0000D+00	1.8636D+02	-2.1925D+02
		7.50	0.0000D+00	1.4251D+02	1.9184D+02
		10.00	0.0000D+00	9.8662D+01	4.9331D+02
		12.50	0.0000D+00	5.4813D+01	6.8516D+02
		15.00	0.0000D+00	1.0962D+01	7.6737D+02
		17.50	0.0000D+00	-3.2887D+01	7.3997D+02
		20.00	0.0000D+00	-7.6738D+01	6.0294D+02
		22.50	0.0000D+00	-1.2059D+02	3.5628D+02
25.00	0.0000D+00	-1.6444D+02	-6.1035D-05		



```

=====
MICROFEAP - P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR INTERIOR AASTHO LRFD      FILENAME: TA-4-IN
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986                ENGINEER: IWAN - RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION                 *
*                               *
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 0/1/0/0

ELEM	MA	HINGE SECTION (M)	AXIAL F. (KN)	SHEAR (KN)	MOMENT (KN-M)
1	1	0.00	0.0000D+00	2.8308D+02	0.0000D+00
		2.50	0.0000D+00	2.0759D+02	6.1333D+02
		5.00	0.0000D+00	1.3210D+02	1.0379D+03
		7.50	0.0000D+00	5.6615D+01	1.2738D+03
		10.00	0.0000D+00	-1.8872D+01	1.3210D+03
		12.50	0.0000D+00	-9.4359D+01	1.1795D+03
		15.00	0.0000D+00	-1.6985D+02	8.4923D+02
		17.50	0.0000D+00	-2.4533D+02	3.3026D+02
		20.00	0.0000D+00	-3.2082D+02	-3.7744D+02
		22.50	0.0000D+00	-3.9631D+02	-1.2738D+03
		25.00	0.0000D+00	-4.7180D+02	-2.3590D+03
2	1	0.00	0.0000D+00	4.7180D+02	-2.3590D+03
		2.50	0.0000D+00	3.9631D+02	-1.2738D+03
		5.00	0.0000D+00	3.2082D+02	-3.7744D+02
		7.50	0.0000D+00	2.4533D+02	3.3026D+02
		10.00	0.0000D+00	1.6985D+02	8.4923D+02
		12.50	0.0000D+00	9.4359D+01	1.1795D+03
		15.00	0.0000D+00	1.8872D+01	1.3210D+03
		17.50	0.0000D+00	-5.6615D+01	1.2738D+03
		20.00	0.0000D+00	-1.3210D+02	1.0379D+03
		22.50	0.0000D+00	-2.0759D+02	6.1333D+02
		25.00	0.0000D+00	-2.8308D+02	0.0000D+00

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
PROJECT : PERENCANAAN GELAGAR INTERIOR AASTHO LRFD          FILENAME: TA-4-IN
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986          ENGINEER: IWAN - RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION   *
*                               *
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 0/0/1/0

ELEM	MA	HINGE	SECTION (M)	AXIAL F. (KN)	SHEAR (KN)	MOMENT (KN-M)		
1	1		0.00	0.0000D+00	1.8064D+01	0.0000D+00		
			2.50	0.0000D+00	1.8064D+01	4.5160D+01		
			5.00	0.0000D+00	1.8064D+01	9.0321D+01		
			7.50	0.0000D+00	1.8064D+01	1.3548D+02		
			10.00	0.0000D+00	-9.0320D+00	1.3548D+02		
			12.50	0.0000D+00	-9.0320D+00	1.1290D+02		
			15.00	0.0000D+00	-9.0320D+00	9.0320D+01		
			17.50	0.0000D+00	-3.6128D+01	4.5161D+01		
			20.00	0.0000D+00	-3.6128D+01	-4.5160D+01		
			22.50	0.0000D+00	-3.6128D+01	-1.3548D+02		
			25.00	0.0000D+00	-3.6128D+01	-2.2580D+02		
		2	1		0.00	0.0000D+00	3.6128D+01	-2.2580D+02
					2.50	0.0000D+00	3.6128D+01	-1.3548D+02
	5.00			0.0000D+00	3.6128D+01	-4.5160D+01		
	7.50			0.0000D+00	3.6128D+01	4.5161D+01		
	10.00			0.0000D+00	9.0321D+00	9.0320D+01		
	12.50			0.0000D+00	9.0321D+00	1.1290D+02		
	15.00			0.0000D+00	9.0321D+00	1.3548D+02		
	17.50			0.0000D+00	-1.8064D+01	1.3548D+02		
	20.00			0.0000D+00	-1.8064D+01	9.0321D+01		
	22.50			0.0000D+00	-1.8064D+01	4.5160D+01		
	25.00			0.0000D+00	-1.8064D+01	0.0000D+00		

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 08-29-2001          <COMB> P.1
ROJECT : PERENCANAAN GELAGAR INTERIOR AASTHO LRFD      FILENAME: TA-4-IN
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986              ENGINEER: IWAN - RINDA
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION   *
*                               *
*****

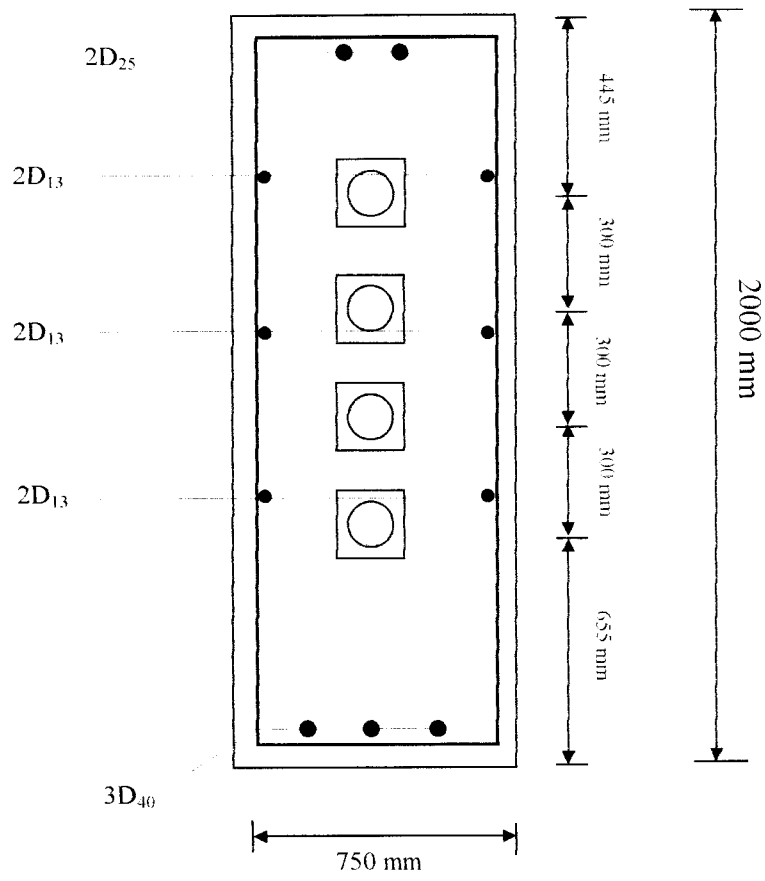
```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

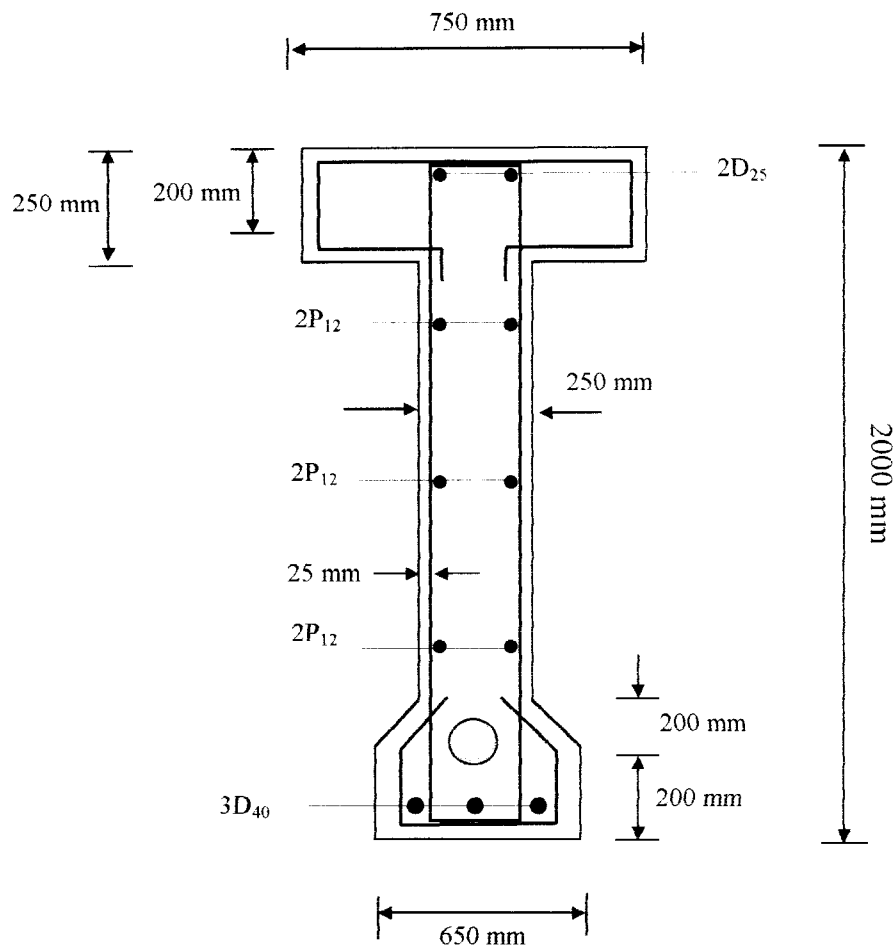
LOAD FACTOR : 0/0/0/1

ELEM	MA	HINGE SECTION (M)	AXIAL F. (KN)	SHEAR (KN)	MOMENT (KN-M)
1	1	0.00	0.0000D+00	4.6559D+01	0.0000D+00
		2.50	0.0000D+00	3.4143D+01	1.0088D+02
		5.00	0.0000D+00	2.1728D+01	1.7072D+02
		7.50	0.0000D+00	9.3118D+00	2.0952D+02
		10.00	0.0000D+00	-3.1039D+00	2.1728D+02
		12.50	0.0000D+00	-1.5520D+01	1.9400D+02
		15.00	0.0000D+00	-2.7935D+01	1.3968D+02
		17.50	0.0000D+00	-4.0351D+01	5.4319D+01
		20.00	0.0000D+00	-5.2767D+01	-6.2079D+01
		22.50	0.0000D+00	-6.5183D+01	-2.0952D+02
25.00	0.0000D+00	-7.7598D+01	-3.8799D+02		
2	1	0.00	0.0000D+00	7.7598D+01	-3.8799D+02
		2.50	0.0000D+00	6.5183D+01	-2.0952D+02
		5.00	0.0000D+00	5.2767D+01	-6.2079D+01
		7.50	0.0000D+00	4.0351D+01	5.4319D+01
		10.00	0.0000D+00	2.7935D+01	1.3968D+02
		12.50	0.0000D+00	1.5520D+01	1.9400D+02
		15.00	0.0000D+00	3.1039D+00	2.1728D+02
		17.50	0.0000D+00	-9.3118D+00	2.0952D+02
		20.00	0.0000D+00	-2.1728D+01	1.7072D+02
		22.50	0.0000D+00	-3.4143D+01	1.0088D+02
25.00	0.0000D+00	-4.6559D+01	0.0000D+00		

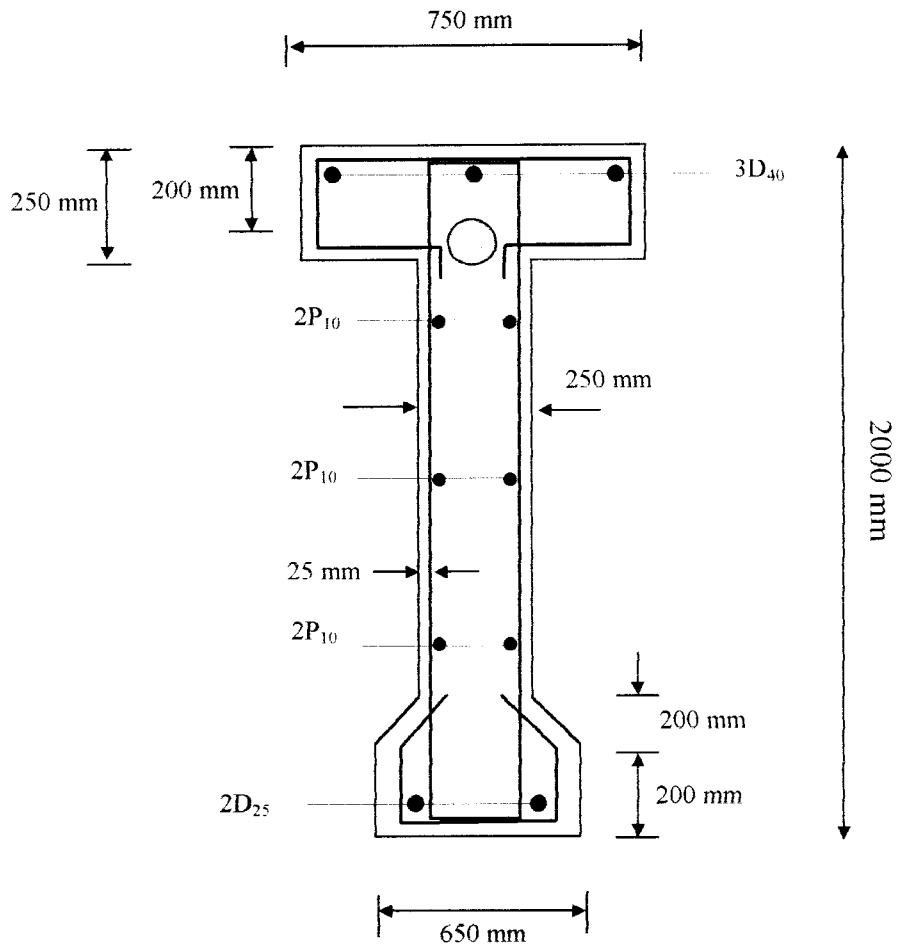
**GAMBAR - GAMBAR**



**Gambar 5** Penulangan Blok Ujung 104 Dan 206



**GAMBAR 6.** Penulangan Gelagar Di Lokasi 104 dan 206



**GAMBAR 7.** Penulangan Gelagar Di Lokasi 110

## KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID. STUDI
1	YANG ERINDA M.	95 310 189	STRUKTUR
2	ACHMAD IWAN K.	94 310 030	STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR :

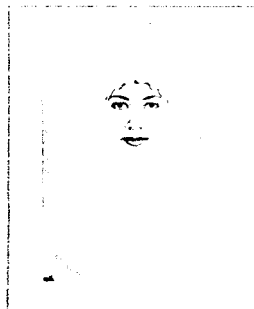
*PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN BERDASARKAN METODE LRFD.*

PERIODE 1 : SEPTEMBER – FEBRUARI  
TAHUN : 2000 / 2001

No.	Kegiatan	Dulau Ke :					
		Sept.	Okt.	Nov.	Des.	Jan.	Feb.
1.	Pendaftaran						
2.	Pencarian Dosen Pembimbing						
3.	Pembuatan Proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konsultasi Penyusunan TA.						
6.	Sidang Sidang						
7.	Pendaftaran.						

DOSEN PEMBIMBING I  
DOSEN PEMBIMBING II

DR. H. A. KADIR ABOE, MS  
DR. FATHURROHMAN N. MU



Yogyakarta, 11 Nov. 2000  
Ket. Dekan,

*(Signature)*  
DR. H. TADJUDDIN EM ARIS, MS

Catatan :

Seminar : 3 April 2001  
Sidang : 27 Agustus 2001  
Pendaftaran : 5 Sept. 2001



## CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO.	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
1	30/01/2001	<p>- masalah Simple / conditions berum → <u>Conditions berum</u></p> <p>Uraikan proposal sebelum sebelum tgl. 20 Feb terhadap penit. HSSHTO. kolaborasi</p> <p>AASHTR &amp; PMJ LRPD ASD.</p> <p>Suban Preliminary Design</p> <p>Rencanakan pengujian (blok usung) dan galian</p>	<p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p>
	18/08/01	<p>Sidang</p> <p>Uraikan blok usung lajur kebutuhan prateger</p>	<p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p>