

**TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN  
LAYANG JOMBOR DENGAN TIPE *PRESTRESS*  
*CONCRETE I GIRDER* BENTANG SEDERHANA**



**Disusun Oleh :**

**MUHAMMAD ROMADONI**

**20090110085**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2013**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN LAYANG  
JOMBOR DENGAN TIPE *PRESTRES CONCRETE I GIRDER* BENTANG  
SEDERHANA**



**Telah disetujui dan disahkan oleh :**

Telah diuji dan disahkan oleh :

Ir. As'at Pujiyanto, M.T.

\_\_\_\_\_  
Dosen Pembimbing I

Tanggal :.....

Guntur Nugroho, S.T, M.Eng.

\_\_\_\_\_  
Dosen Pembimbing II

Tanggal :.....

Bagus Soebandono, S.T, M.Eng.

\_\_\_\_\_  
Dosen Penguji

Tanggal :.....

## **MOTTO**

**“ Niatkanlah Semua Perbuatanmu Hanya Untuk Ibadah“**

**“ Ridho Orang Tua Adalah Suatu Kekuatan Besar Untuk Kita  
Dapat Terus Maju & Berkembang “**

**“ No Pain No Gain “ “Tidak Ada Usaha Tidak Ada Hasil”**

## PERSEMBAHAN

*Karya kecil ini kupersembahkan untuk  
Ayahanda Tercinta dan Ibunda  
Tercinta*

## ABSTRAK

Jembatan layang (*flyover*) adalah suatu jembatan di atas jalan yang ada (*eksisting road*) yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan ruas jalan yang melintang sebidang, melayang menghindari daerah/kawasan yang selalu menghadapi permasalahan kemacetan lalu lintas dan juga berfungsi untuk mengatasi hambatan karena konflik di persimpangan. Pada perencanaan awal jembatan layang ini didesain menggunakan tipe struktur prategang *box girder* trapesium bentang menerus (*continues beam*), yang terdiri dari jembatan layang utama rute Solo-Gamping dan ramp Solo-Magelang dan kemudian akan dilakukan perencanaan ulang jembatan dengan menggunakan tipe *Prestress Concrete I Girder*.

Metode perencanaan ulang ini menggunakan peraturan perencanaan struktur beton untuk jembatan (RSNI T-12 2004), Pembebanan untuk jembatan (RSNI T-02-2005). Analisis struktur jembatan menggunakan bantuan program MS. Excel 2010. Sistem penarikan baja menggunakan metode *Postensioning* dimana penarikan baja dilakukan setelah beton mengeras, dengan tipe dongkrak VSL 19.

Hasil dari perencanaan ulang jembatan layang ini aman terhadap beban bekerja, dengan nilai momen ultimate sebesar 19291,12 kNm lebih kecil dari momen kapasitas sebesar 19410,73 kNm, menggunakan 5 *girder* dengan masing-masing girder terdapat 5 tendon disetiap tendon terdiri dari 17 kawat jenis *Uncoated 7 Wire Super Strands* ASTM A-416 270. Disaat penarikan baja didapat gaya prategang awal 1494,15 MPa, mengalami kehilangan gaya prategang sebesar 27,13 % sehingga tersisa tegangan efektif 1088,91 MPa. Digunakan tegangan efektif 70% gaya prategang awal 1045,91 MPa. Pada keadaan transfer balok mengalami lendutan sebesar 0,040 ke arah atas, setelah kehilangan gaya prategang sebesar 0,017 ke arah atas dan setelah balok menjadi komposit sebesar 0,014 ke arah atas. Digunakan tulangan longitudinal pada bagian atas 10 D 13, Pada bagian badan 14 D 13, dan bagian bawah 12 D 13. Tulangan geser sengkang yang digunakan D 13 dengan variasi jarak di daerah tumpuan sampai tengah bentang : 100 mm, 150 mm, 200 mm, 300 mm. Dan dari hasil perhitungan RAB dengan metode *precast I girder* didapat biaya pelaksanaan sebesar Rp 2.595.681.118,00 lebih kecil dari biaya menggunakan *metode cast insitu box girder* sebesar Rp 3.345.232.357,00, dengan selisih harga biaya sebesar Rp 749.551.239,00 atau sebesar 22,4%.

**Kata Kunci :** *Flyover, PCI Girder, postensioning*

## KATA PENGANTAR



أَشْكُرُكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Puji Syukur atas rahmat dan karunia dari Allah SWT, yang telah memberikan kesabaran dan kemudahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN LAYANG JOMBOR DENGAN TIPE *PRESTRESS CONCRETE I GIRDER* BENTANG SEDERHANA”** sebagai syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar sarjana S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam menyusun dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, penyusun sangat membutuhkan kerjasama, bantuan, bimbingan, pengarahan, petunjuk dan saran-saran dari berbagai pihak, terima kasih penyusun ucapkan kepada :

1. Bapak Jaza’ul Ikhsan, S.T., MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ibu Ir. Anita Widianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Ir. As’at Pujiyanto, M.T., selaku Dosen pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan serta petunjuk dan koreksi bagi tugas akhir ini.
4. Bapak Guntur Nugroho, S.T, M.Eng., selaku Dosen pembimbing II yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan serta petunjuk dan koreksi yang sangat berharga bagi tugas akhir ini.
5. Bapak Bagus Soebandono, S.T, M.Eng., selaku Dosen penguji yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan serta petunjuk dan koreksi yang sangat berharga bagi tugas akhir ini
6. Bapak dan ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

7. Seluruh Staff Tata Usaha Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
8. Bapak, Ibu, kakakku, teman-temanku tercinta yang selalu mendoakan dan mendukungku. Terimakasih atas perhatian, kasih sayang, doa, dukungan serta motivasi yang diberikan selama ini.
9. Kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penyusun ungkapkan satu persatu, terimakasih atas bantuan, dukungan dan doanya.

Penyusun berharap semoga amal baik yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT. Disadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, sehingga masih perlu akan adanya perbaikan dan saran dari pembaca. Penyusun juga berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat bagi kita semua, amin Ya Robal ‘ Alamin.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, September 2013

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR MONITORING .....	iii
MOTTO .....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
C. Maksud dan Tujuan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
D. Batasan Masalah dan Ruang Lingkup .....	2
E. Manfaat penelitian .....	3
F. Keaslian penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>	<b>7</b>
A. Tinjauan Umum.....	7
B. Pembebanan Rencana .....	7
1. Beban Permanen pada <i>Precast</i> .....	7
2. Beban Lalu Lintas .....	9
3. Gaya Rem (TB) .....	10
4. Beban Angin (EW).....	11
5. Beban Gempa (EQ).....	13
6. Perhitungan Momen di Tengah Bentang.....	15



7. Pembebanan pada Slab .....	15
C. Analisis PCI Girder .....	17
1. Konsep Dasar Beton Prategang .....	18
2. Sistem Prategang .....	18
3. Tata Letak Tendon.....	19
4. Besar Gaya Prategang .....	20
5. Kehilangan Gaya Prategang .....	21
6. Kekuatan Batas Lentur ( <i>Ultimate Strength</i> ).....	26
7. Lendutan ( <i>deflection</i> ) dan lawan lendut ( <i>chamber</i> ) .....	28
8. Lintasan Tendon .....	28
9. Perhitungan Penghubung Geser ( <i>Shear Conector</i> ) .....	29
10. <i>End Block</i> .....	29
11. Tinjauan <i>Ultimate</i> Balok Prategang .....	30
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
A. Tinjauan Umum.....	32
B. Deskripsi Tahapan .....	32
C. <i>Flowchart</i> Pelaksanaan Tugas Akhir.....	33
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
A. Tinjauan Umum.....	34
B. Data Teknis Jembatan.....	34
C. Perhitungan Struktur Atas .....	34
1. Perhitungan Tiang Sandaran ( <i>Railing</i> ).....	34
2. Perhitungan Plat Lantai ( <i>Slab</i> ) Jembatan .....	37
3. Penulangan lantai jembatan (slab) .....	41
4. Kontrol Lendutan Slab .....	44
5. Kontrol Tegangan Geser Pons .....	46
6. Perhitungan Slab Trotoar .....	46
7. Penulangan Lantai Trotoar.....	48
8. Perhitungan Plat Injak Jembatan.....	50
9. Perhitungan Balok Prategang.....	56
10. Perhitungan Pembebanan Balok Prategang .....	60

11. Perhitungan Momen Dan Gaya Geser Pada Balok .....	69
12. Perhitungan Gaya Prategang Eksentrisitas Dan Jumlah Tendon .....	73
13. Kehilangan Gaya Prategang ( <i>Loss Of Prestress</i> ) .....	83
14. Tegangan Yang Terjadi Akibat Gaya Prategang <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
15. Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan .....	104
16. Tinjauan <i>Ultimate</i> Balok Prestress Setelah <i>Grouting</i> .....	105
17. Lendutan Pada Balok Prategang .....	109
18. Perhitungan <i>End Block</i> .....	114
19. Perhitungan <i>Bursting Force</i> .....	116
20. Tinjauan Terhadap Geser Balok Prategang .....	117
21. Perhitungan Penghubung Geser ( <i>Shear Conector</i> ) .....	120
22. Pembesian Balok Prategang .....	123
D. Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	124
1. Harga Satuan Dasar Tenaga Dan Bahan .....	124
2. Harga Satuan Dasar Peralatan .....	125
3. Analisis Harga Satuan .....	126
4. Perhitungan Volume Pekerjaan .....	129
5. Estimasi Harga Pekerjaan .....	133
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	136
A. Kesimpulan.....	136
B. Saran .....	137
DAFTAR PUSTAKA .....	139

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Koefisien Seret ( $C_w$ ) .....	12
<b>Tabel 3.2</b> Kecepatan Angin Rencana ( $V_w$ ) .....	12
<b>Tabel 3.3</b> Koefisien Geser Dasar Untuk Tekanan Tanah Lateral.....	14
<b>Tabel 3.4</b> Faktor Tipe Bangunan.....	14
<b>Tabel 3.5</b> Koefisien Seret ( $C_w$ ) .....	17
<b>Tabel 3.6</b> Kecepatan Angin Rencana ( $V_w$ ) .....	17
<b>Tabel 3.7</b> Tipe Tendon .....	23
<b>Tabel 5.1</b> Rekap Momen Pada <i>Slab</i> Lantai Jembatan .....	41
<b>Tabel 5.2</b> Rekap Momen Ultimate Pada <i>Slab</i> Lantai Jembatan .....	41
<b>Tabel 5.3</b> <i>Properties</i> Slab Trotoar.....	47
<b>Tabel 5.4</b> Momen Beban Pendestrian .....	47
<b>Tabel 5.5</b> <i>Properties</i> Penampang Balok.....	58
<b>Tabel 5.6</b> Rekap Berat Sendiri Struktur Atas ( $Q_{MS}$ ).....	61
<b>Tabel 5.7</b> Rekap Beban Mati Tambahan Struktur Atas ( $Q_{MA}$ ).....	62
<b>Tabel 5.8</b> Rekap Pembebanan Balok Prategang.....	68
<b>Tabel 5.9</b> Persamaan Momen dan Gaya Geser Pada Balok Prategang .....	69
<b>Tabel 5.10</b> Kombinasi Pembebanan Tulangan Geser Balok Prategang .....	69
<b>Tabel 5.11</b> Momen Pada Balok Prategang .....	70
<b>Tabel 5.12</b> Gaya Geser .....	71
<b>Tabel 5.13</b> Data <i>Strand Cable</i> .....	75
<b>Tabel 5.14</b> Jumlah Strand pada Balok Prategang.....	76
<b>Tabel 5.15</b> Penentuan Jarak Alas Balok pada Tengah Bentang .....	77
<b>Tabel 5.16</b> Penentuan Jarak Alas Balok pada Tumpuan .....	78
<b>Tabel 5.17</b> Momen Statis Tendon Terhadap Pusat Tendon Terbawah .....	79
<b>Tabel 5.18</b> Lintasan Tendon.....	80
<b>Tabel 5.19</b> Sudut Angkur .....	81
<b>Tabel 5.20</b> Tata Letak Tendon .....	82
<b>Tabel 5.21</b> Kehilangan Gaya Prategang .....	88

<b>Tabel 5.22</b> Superposisi Tegangan Susut dan Rangkak.....	98
<b>Tabel 5.23</b> Kombinasi Pembebanan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.24</b> Kontrol Tegangan Kombinasi 1 .....	104
<b>Tabel 5.25</b> Kontrol Tegangan Kombinasi 2 .....	105
<b>Tabel 5.26</b> Kontrol Tegangan Kombinasi 3 .....	105
<b>Tabel 5.27</b> Perhitungan Momen <i>Ultimate</i> Akibat Beban yang Bekerja.....	108
<b>Tabel 5.28</b> Rangkuman Perhitungan Lendutan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.29</b> Pembesian Angkur .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.30</b> Momen Statis Luasan Bagian Atas ( $S_x$ ).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.31</b> Momen Statis Luasan Bagian Atas ( $S_x$ ) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.32</b> Tulangan Geser .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.33</b> Kombinasi Beban .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.34</b> Jarak Sengkang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.35</b> Jarak <i>Shear Conector</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.36</b> Jarak <i>Shear Conector</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.37</b> Harga Satuan Tenaga Dan Upah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.38</b> Harga Satuan Tenaga Dasar Peralatan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.37</b> Analisis Harga Satuan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.38</b> Pekerjaan Beton K-350 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.39</b> Pekerjaan Beton Diafragma K-350 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.40</b> Estimasi Harga Satuan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.38</b> Perbandingan Biaya Pekerjaan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3.1</b> Analisis Beban Mati pada Balok .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.2</b> Analisis Beban Lajur “D” pada Balok.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.3</b> Analisis Beban akibat Gaya Rem (TB) pada Balok .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.4</b> Analisis Beban Angin (EW) pada Balok .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.5</b> Analisis Beban Gempa (EQ) pada Balok .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.6</b> Sistem Pra-tarik ( A.Kadir Aboe, 2006 ) .....	19
<b>Gambar 3.7</b> Sistem Paska-tarik ( Akadir Aboe, 2006 ) .....	19
<b>Gambar 3.8</b> Analisis Bidang Momen ( Akadir Aboe, 2006 ) .....	20
<b>Gambar 3.9</b> Perpendekan Elastis Beton ( Akadir Aboe, 2006 ) .....	23
<b>Gambar 3.10</b> Analisis <i>Shear Conector</i> ( Ilham, 2010 ) .....	29
<b>Gambar 4.1</b> <i>Flowchart</i> Penulisan Tugas Akhir .....	33
<b>Gambar 5.1</b> Tampak Melintang <i>Slab Flyover</i> .....	37
<b>Gambar 5.2</b> Beban Berat Sendiri .....	38
<b>Gambar 5.3</b> Beban Berat Mati Tambahan .....	38
<b>Gambar 5.4</b> Beban Berat Hidup Truk .....	39
<b>Gambar 5.5</b> Beban Angin .....	40
<b>Gambar 5.6</b> <i>Slab</i> Trotoar .....	46
<b>Gambar 5.7</b> Beban Hidup Pendestrian .....	47
<b>Gambar 5.8</b> Plat Injak Arah Melintang Jembatan .....	50
<b>Gambar 5.9</b> Plat Injak Arah Memanjang Jembatan.....	53
<b>Gambar 5.10</b> Plat Injak Arah Melintang Jembatan .....	50
<b>Gambar 5.11</b> Balok Prategang+Plat .....	59
<b>Gambar 5.12</b> Berat Sendiri (MS) pada Balok .....	60
<b>Gambar 5.13</b> Pembebanan Lajur “D” pada Balok.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 5.14</b> Pembebanan Rem (TB ) pada Balok .....	64

<b>Gambar 5.15</b> Pembebanan Angin (EW) pada Balok.....	66
<b>Gambar 5.16</b> Pembebanan Gempa (EQ) pada Balok.....	68
<b>Gambar 5.17</b> Diagram Momen Balok Prategang .....	72
<b>Gambar 5.18</b> Diagram Gaya Geser Balok Prategang .....	73
<b>Gambar 5.19</b> Posisi Tendon di Tengah Bentang.....	77
<b>Gambar 5.20</b> Posisi Tendon di Tumpuan.....	78
<b>Gambar 5.21</b> Lintasan Inti Tendon.....	80
<b>Gambar 5.22</b> Posisi Tendon .....	83
<b>Gambar 5.23</b> Tegangan Saat Transfer.....	89
<b>Gambar 5.24</b> Tegangan Saat Service.....	90
<b>Gambar 5.25</b> Tegangan Balok Komposit.....	92
<b>Gambar 5.26</b> Tegangan Akibat Berat Sendiri .....	94
<b>Gambar 5.27</b> Tegangan Akibat Susut .....	95
<b>Gambar 5.28</b> Tegangan Akibat Rangkak .....	97
<b>Gambar 5.29</b> Tegangan Akibat Prategang.....	98
<b>Gambar 5.30</b> Tegangan Akibat Beban Lajur .....	100
<b>Gambar 5.31</b> Tegangan Akibat Gaya Rem .....	101
<b>Gambar 5.32</b> Tegangan Akibat Beban Angin .....	102
<b>Gambar 5.33</b> Tegangan Akibat Beban Gempa .....	103
<b>Gambar 5.34</b> Kapasitas Penampang Balok .....	106
<b>Gambar 5.35</b> Pembesian Angkur .....	114
<b>Gambar 5.36</b> Momen Statis .....	115
<b>Gambar 5.37</b> Bursting Force .....	116
<b>Gambar 5.38</b> Tulangan Geser Balok .....	117
<b>Gambar 5.39</b> <i>Shear Conector</i> .....	120
<b>Gambar 5.40</b> Penampang Balok .....	123
<b>Gambar 5.41</b> Tulangan Plat Lantai .....	131
<b>Gambar 5.42</b> Tulangan Trotoar .....	132

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1** Alinemen Horisontal Jembatan Layang Jombor
- Lampiran 2** Potongan Memanjang Jembatan Layang Jombor
- Lampiran 4** Potongan Melintang pada Tumpuan
- Lampiran 5** Potongan Melintang pada Lapangan
- Lampiran 6** Potongan Melintang Tulangan jembatan pada Lapangan
- Lampiran 7** Detail Girder
- Lampiran 8** Penulangan Girder
- Lampiran 8** Penulangan Plat Lantai dan Trotoar
- Lampiran 9** Penulangan Plat Injak
- Lampiran 10** Penulangan Angkur dan Detail Angkur
- Lampiran 11** Tampak Atas Lay Out Tendon
- Lampiran 12** Lay Out Tendon

## DAFTAR NOTASI

$b$	= Lebar penampang desak
$d$	= Jarak serat desak terluar ke titik berat tulangan baja tarik
$A_s$	= Resultan luasan tulangan baja tarik
$d'$	= Jarak serat desak terluar ke titik berat tulangan baja desak
$d_s$	= Jarak serat tarik terluar ke titik tulangan baja tarik
$A_s'$	= Resultan luasan tulangan baja desak
$\epsilon_{cu}$	= Regangan desak beton pada kondisi batas/ ultimate
$f'c$	= Kuat desak silinder beton dalam MPa
$\epsilon_s$	= Regangan tarik/ desak tulangan baja
$\epsilon_y$	= Regangan tarik/ desak tulangan baja pada saat leleh
$f_s'$	= Tegangan desak baja tulangan
$f_s$	= Tegangan tarik baja tulangan
$f_y$	= Tegangan leleh baja tulangan
$c$	= Jarak serat desak terluar ke sumbu netral penampang
$a$	= Tinggi blok desak ekuivalen, $a = \beta_1 \cdot c$
$\beta_1$	= konstanta blok tegangan persegi, yang tergantung dari mutu beton
$C_c$	= Kopel resultan gaya desak beton
$C_s$	= Kopel resultan gaya desak tulangan baja
$T_s$	= Kopel resultan gaya tarik tulangan baja
$z$	= Lengan momen titik berat kopel tarik ke titik berat kopel desak
$M_n$	= Momen lentur nominal penampang
$M_u$	= momen lentur ultimate (kombinasi beban terfaktor)
$\Phi$	= Faktor reduksi kekuatan
$E_s$	= modulus elastic baja = 200000 MPa
$E_c$	= modulus elastic beton