

**SKRIPSI**

**ANALISIS JEMBATAN *BOX GIRDER* DENGAN  
METODE KONSTRUKSI *FREE BALANCED*  
*CANTILEVER* MENGGUNAKAN BETON  
COR DI TEMPAT DAN PRACETAK**



**MUHAMMAD ICHWAN**

**NPM: 2014410067**

**PEMBIMBING : Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.**

**Ko-PEMBIMBING : Altho Sagara, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JANUARI 2018**



# SKRIPSI

## ANALISIS JEMBATAN *BOX GIRDER* DENGAN METODE KONSTRUKSI *FREE BALANCED* *CANTILEVER* MENGGUNAKAN BETON COR DI TEMPAT DAN PRACETAK



MUHAMMAD ICHWAN

NPM: 2014410067

Ko-PEMBIMBING:

Altho Sagara, S.T., M.T.

PEMBIMBING :

Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JANUARI 2018



## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama Lengkap : Muhammad Ichwan

NPM : 2014410067

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul : *ANALISIS JEMBATAN BOX GIRDER DENGAN METODE KONSTRUKSI FREE BALANCED CANTILEVER* MENGGUNAKAN BETON COR DI TEMPAT DAN PRACETAK adalah karya ilmiah yang bebas plagiat . Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 5 Januari 2018



Muhammad Ichwan  
2014410067



# **ANALISIS JEMBATAN *BOX GIRDER* DENGAN METODE KONSTRUKSI *FREE BALANCED CANTILEVER* MENGGUNAKAN BETON COR DI TEMPAT DAN PRACETAK**

Muhammad Ichwan  
NPM : 2014410067

Pembimbing : Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.  
Ko-Pembimbing : Altho Sagara, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JANUARI 2018**

## **ABSTRAK**

Pembangunan super struktur jembatan dapat dilakukan dengan beberapa metode yang ada. Pemilihan metode konstruksi harus dilakukan dengan tepat dengan mempertimbangkan kondisi konstruksi, masa konstruksi serta biaya konstruksi. Pada metode konstruksi jembatan menggunakan metode *free balanced cantilever box girder* yang digunakan dapat berbentuk *cast in-situ* dan *precast*, yang proses *erection* nya menggunakan alat konstruksi yang berbeda. Studi kasus ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan jumlah strands pada tendon prategang antara metode *free balanced cantilever* yang menggunakan *box girder cast in-situ* dan *precast* dengan mutu beton yang sama yaitu 40 MPa. Proses pemodelan serta analisis dilakukan pada program Midas Civil, dan perhitungan jumlah *strands* menggunakan Microsoft Excel. Perhitungan reduksi *strands* dilakukan dalam dua tahap yaitu jumlah *strands* selama kondisi kantilever sempurna serta jumlah *strands* total sampai masa layan dengan mempertimbangkan batas tegangan izin beton pada serat atas dan serat bawah struktur atas jembatan. Berdasarkan hasil analisis didapat besar reduksi *strands* yang digunakan pada *box girder precast* terhadap *box girder cast in-situ* selama masa konstruksi adalah 8,36% dan reduksi penggunaan *strands* total adalah 5,03%.

Kata kunci : tegangan izin, *cast in-situ*, *precast*, *construction stage*, *strands*

# **BOX GIRDER BRIDGE ANALYSIS BY THE FREE BALANCED CANTILEVER METHOD USING CONCRETE CAST IN-SITU AND PRECAST**

Muhammad Ichwan  
NPM : 2014410067

Advisor : Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.  
Co-Advisor : Altho Sagara, S.T., M.T.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
**BANDUNG**  
**JANUARY 2018**

## ***ABSTRACT***

The construction of bridge structure can be done through various methods. The option of construction method must be done correctly by considering the construction condition, duration and cost. The bridge construction method by the use of free balanced cantilever box girder method can be made in the form of either the cast in-situ or the precast, where the difference being in the erection process, which requires different construction tools. This case study aims to analyze the amount of strands on pre-stress tendon needed between both free balanced cantilever method that utilize the cast in-situ box girder and the same method with precast, with both using the same concrete quality of 40 MPa. The modeling process and analysis are done with the Midas Civil program, and the Microsoft Excel for the amount of strands calculation. The calculation for the strands reduction is executed in two phases, which are the amount of strands in perfect cantilever condition, and the total amount of strands until the service period by considering the allowable concrete stress limit on the upper fiber and the lower fiber on the bridge's upper structure. According to the analysis result, it is found that the amount of reduction strands used on the precast box girder against the cast in-situ box girder during the construction period being 8,36%, and total reduction of strands being 5.03%.

Keywords: allowable stress, cast in-situ, precast, construction stage, strands



## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T., karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Katolik parahyangan. penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari awal masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, akan sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan moral selama penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pemikiran dalam mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi ini.
3. Bapak Altho Sagara, S.T., M.T. selaku dosen ko-pembimbing yang telah banyak memberikan penjelasan, masukan serta arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Djoni Simanta, Ir., M.T. dan Ibu Nenny Samudra, Ir., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan kepada penulis.
5. Seluruh dosen di lingkungan Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan pengetahuan serta pengarahan selama masa studi.

Penulis menyadari ada banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat menambah pengetahuan penulis. Akhir kata, penulis berharap Allah S.W.T. berkenan membalas segala kebaikan pihak-pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Bandung, 5 januari 2018



Muhammad Ichwan

2014410067

# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
PRAKATA .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
BAB 1 .....	1-1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1-1
1.2 Inti Permasalahan .....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian .....	1-2
1.4 Ruang Lingkup Pembahasan .....	1-3
1.5 Metodologi Penelitian .....	1-4
BAB 2 .....	2-1
2.1 Definisi Jembatan .....	2-1
2.2 Box Girder .....	2-3
2.3 Metode Free Balanced Cantilever .....	2-3
2.4 Balanced Cantilever Dengan Box Girder Precast .....	2-4
2.4.1 Identifikasi Segmen Pracetak .....	2-5
2.4.2 Erection Stage .....	2-5
2.4.3 Metode Erection Pada Free Balanced Cantilever metode precast .	2-6
2.5 Balanced Cantilever Dengan Box Girder Cast In-situ .....	2-8
2.5.1 Metode Erection Pada Free Balanced Cantilever metode cast in-situ	2-9
2.6 Tinjauan Desain Struktur .....	2-10
2.7 Rangkak (creep) .....	2-11

2.8	Susut (Shrinkage).....	2-13
2.9	Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan .....	2-14
2.10	Struktur Beton Prategang.....	2-15
2.11	Standar Pembebanan Jembatan.....	2-18
2.9.1	Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan.....	2-18
2.9.2	Tahap Pembebanan.....	2-21
2.9.3	Beban Permanen .....	2-21
2.9.4	Beban Sendiri (MS).....	2-22
2.9.5	Beban mati tambahan/utilitas (MA) .....	2-23
2.9.6	Beban Barrier.....	2-23
2.9.7	Beban Lalu Lintas.....	2-25
2.9.8	Beban Lajur “D” (TD).....	2-25
2.9.9	Beban Truk “T” (TT).....	2-28
2.9.10	Faktor Beban Dinamis (FBD).....	2-29
2.9.11	Pengaruh Prategang (PR) .....	2-30
2.9.12	Beban Gempa .....	2-30
2.12	Struktur Beton untuk jembatan .....	2-36
2.13	Kriteria Penerimaan Kekuatan Beton .....	2-37
<b>BAB 3.....</b>		<b>3-1</b>
3.1	Deskripsi Umum Jembatan .....	3-1
3.2	Spesifikasi Material .....	3-1
3.2.1	Struktur Beton Prategang .....	3-2
3.2.2	Baja Tendon (prategang) .....	3-3
3.3	Pemodelan Struktur Jembatan .....	3-6
3.3.1	Pengaturan Tahap Konstruksi.....	3-7
3.3.2	Pengaturan Layout Tendon.....	3-14
3.4	Pembebanan .....	3-18
3.4.1	Berat Sendiri .....	3-19
3.4.2	Berat Alat Konstruksi .....	3-19
3.4.3	Beban mati Tambahan (Super Dead Load) .....	3-19
3.4.4	Beban Hidup .....	3-21
3.4.5	Beban Gempa .....	3-23
<b>BAB 4.....</b>		<b>4-1</b>

4.1	Analisis Masa Konstruksi.....	4-1
4.1.1	Diagram Momen Akibat Berat Sendiri (Dead Load).....	4-1
4.1.2	Diagram Momen Akibat Gaya Prategang .....	4-7
4.1.3	Diagram Momen Akibat Summation .....	4-19
4.1.4	Diagram Tegangan Akibat masa Konstruksi .....	4-31
4.2	Analisis masa layan .....	4-54
4.2.1	Diagram Momen Pada Masa Layan .....	4-54
4.2.2	Tegangan akibat masa layan .....	4-55
4.3	Analisis jumlah Strands Pada Tendon .....	4-58
BAB 5 .....		5-1
KESIMPULAN DAN SARAN.....		5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran .....	5-1
DAFTAR PUSTAKA .....		xx

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$A_c$	= Luas penampang <i>box girder</i>
$e$	= Eksentrisitas
$E_c$	= Modulus elastisitas beton
$f_c'$	= Kuat tekan beton pada umur 28 hari
$f_{ci}'$	= Kuat tekan beton pada umur tertentu
$f_{pu}$	= Kuat tarik <i>strands</i>
$f_{py}$	= Kuat leleh <i>strands</i>
$I$	= Inersia penampang
$Y_{bot}$	= Jarak titik berat terhadap serat bawah
$Y_{top}$	= Jarak titik berat terhadap serat atas
$Z_{bot}$	= Tahanan momen serat bawah
$Z_{top}$	= Tahanan momen serat atas
$\sigma_{bot}$	= Tegangan serat bawah
$\sigma_{top}$	= Tegangan serat atas
$\rho$	= Massa jenis
BGT	= Beban Garis Terpusat
BTR	= Beban Terbagi Rata
CS	= Tahap konstruksi ( <i>construction stage</i> )
LL	= Beban hidup
SIDL	= beban mati tambahan
FBD	= Faktor Beban Dinamis
PGA	= Percepatan puncak batuan dasar
$S_s$	= Respons spectra percepatan 0,2 detik dibatuan dasar

$S_I$	= Respons spectra percepatan 1,0 detik di batuan dasar
$F_{PGA}$	= Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada batuan dasar
$F_a$	= Faktor amplifikasi periode pendek
$F_v$	= faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik
R	= Faktor modifikasi respons
N	= Newton
mm	= Milimeter
RSNI	= Rancangan Standar Nasional Indonesia
SNI	= Standar Nasional Indonesia
ACI	= American Concrete Institute
ASTM	= American Standard Testing and Material
AASHTO	= American Association of State Highway and Transportation Officials

## DAFTAR GAMBAR

Gambar1. 1 Potongan memanjang jembatan prategang box girder .....	1-3
Gambar1. 2 Penampang box girder.....	1-4
Gambar2. 1 Tahap konstruksi free balanced cantilever .....	2-3
Gambar2. 2 Erection with Launching Gantry .....	2-6
Gambar2. 3 Erection with Lifting Frame .....	2-7
Gambar2. 4 Erection with cranes .....	2-8
Gambar2. 5 Erection with formwork traveller.....	2-10
Gambar2. 6 Proses terjadinya creep saat pembebanan dilakukan.....	2-12
Gambar2. 7 Proses terjadinya susut (shrinkage) .....	2-13
Gambar2. 8 Ilustrasi tegangan yang terjadi pada beton prategang .....	2-15
Gambar2. 9 Ilustrasi beton pre tension .....	2-16
Gambar2. 10 Ilustrasi beton post tension.....	2-16
Gambar2. 11 Prategang kosentris dan eksentris .....	2-17
Gambar2. 12 Ilustrasi kehilangan tegangan .....	2-17
Gambar2. 13 Desain barrier .....	2-25
Gambar2. 14 Beban lajur “D” .....	2-26
Gambar2. 15 Alternatif penempatan beban “D” dalam arah memanjang.....	2-27
Gambar2. 16 Pembebanan truk “T” (500kN) .....	2-28
Gambar2. 17 Faktor beban dinamis untuk beban T untuk pembebanan lajur “D” 2-30	
Gambar2. 18 Peta percepatan puncak batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	2-32
Gambar2. 19 Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	2-32
Gambar2. 20 Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	2-33
Gambar2. 21 Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah .....	2-35
Gambar3. 1 Pemodelan jembatan pada Midas Civil.....	3-1
Gambar3. 2 Model struktur jembatan dalam node.....	3-6
Gambar3. 3 Model struktur jembatan dalam bentuk element .....	3-6

Gambar3. 4 Potongan memanjang jembatan .....	3-7
Gambar3. 5 Penampang box girder .....	3-8
Gambar3. 6 Construction Stages 1 .....	3-8
Gambar3. 7 Construction Stages 2 .....	3-9
Gambar3. 8 Construction Stages 3 .....	3-9
Gambar3. 9 Construction Stages 4 .....	3-9
Gambar3. 10 Construction Stages 5 .....	3-10
Gambar3. 11 Construction Stages 6 .....	3-10
Gambar3. 12 Construction Stages 7 .....	3-10
Gambar3. 13 Construction Stages 8 .....	3-11
Gambar3. 14 Construction Stages 9 .....	3-11
Gambar3. 15 Construction Stages 10 .....	3-11
Gambar3. 16 Construction Stages 11 .....	3-12
Gambar3. 17 Construction Stages 12 .....	3-12
Gambar3. 18 Construction Stages 13 .....	3-12
Gambar3. 19 Construction Stages 14 .....	3-13
Gambar3. 20 Construction Stages 15 .....	3-13
Gambar3. 21 Construction Stages 16 .....	3-13
Gambar3. 22 Penempatan tendon pada end span .....	3-14
Gambar3. 23 Penempatan tendon pada center span .....	3-15
Gambar3. 24 Layout tendon tampak atas .....	3-15
Gambar3. 25 Layout tendon tampak 3D .....	3-15
Gambar3. 26 Layout tendon tampak samping.....	3-15
Gambar3. 27 Layout tendon prategang CS1 .....	3-16
Gambar3. 28 Layout tendon prategang CS2 .....	3-16
Gambar3. 29 Layout tendon prategang CS3 .....	3-16
Gambar3. 30 Layout tendon prategang CS4 .....	3-16
Gambar3. 31 Layout tendon prategang CS5 .....	3-17
Gambar3. 32 Layout tendon prategang CS6 .....	3-17
Gambar3. 33 Layout tendon prategang CS7 .....	3-17
Gambar3. 34 Layout tendon prategang CS8 .....	3-17
Gambar3. 35 Layout tendon prategang CS9 .....	3-17



Gambar3. 36 Layout tendon prategang CS10 .....	3-17
Gambar3. 37 Layout tendon prategang CS11 .....	3-18
Gambar3. 38 Layout tendon prategang CS12 .....	3-18
Gambar3. 39 Layout tendon prategang CS13 .....	3-18
Gambar3. 40 Layout tendon prategang CS14 .....	3-18
Gambar3. 41 Layout tendon prategang CS15 .....	3-18
Gambar3. 42 Layout tendon prategang CS16 .....	3-18
Gambar3. 43 Pembebanan struktur jembatan akibat beban aspal .....	3-20
Gambar3. 44 Pembebanan struktur jembatan akibat barrier .....	3-20
Gambar3. 45 Beban terbagi rata (BTR) diantara dua pilar .....	3-21
Gambar3. 46 Beban terbagi rata (BTR) diantara pilar dan ujung jembatan .....	3-22
Gambar3. 47 Beban garis terpusat (BGT) diantara pilar dan ujung jembatan ...	3-23
Gambar3. 48 Beban garis terpusat (BGT) diantara dua pilar .....	3-23
Gambar3. 49 Grafik Respon Spektra Rencana Daerah Jakarta .....	3-25
Gambar4. 1 Diagram momen akibat dead load CS 1 .....	4-2
Gambar4. 2 Diagram momen akibat dead load CS 2 .....	4-2
Gambar4. 3 Diagram momen akibat dead load CS 3 .....	4-2
Gambar4. 4 Diagram momen akibat dead load CS 4 .....	4-3
Gambar4. 5 Diagram momen akibat dead load CS 5 .....	4-3
Gambar4. 6 Diagram momen akibat dead load CS 6 .....	4-3
Gambar4. 7 Diagram momen akibat dead load CS 7 .....	4-4
Gambar4. 8 Diagram momen akibat dead load CS 8 .....	4-4
Gambar4. 9 Diagram momen akibat dead load CS 9 .....	4-4
Gambar4. 10 Diagram momen akibat dead load CS 10 .....	4-5
Gambar4. 11 Diagram momen akibat dead load CS 11 .....	4-5
Gambar4. 12 Diagram momen akibat dead load CS 12 .....	4-5
Gambar4. 13 Diagram momen akibat dead load CS 13 .....	4-6
Gambar4. 14 Diagram momen akibat dead load CS 14 .....	4-6
Gambar4. 15 Diagram momen akibat dead load CS 15 .....	4-6
Gambar4. 16 Diagram momen akibat dead load CS 16 .....	4-7
Gambar4. 17 Layout tendon metode cast in-situ dan precast .....	4-8
Gambar4. 18 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 1.	4-8

Gambar4. 19 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 2.4-9  
Gambar4. 20 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 3.4-9  
Gambar4. 21 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 4.4-9  
Gambar4. 22 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 5...4-10  
Gambar4. 23 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 6...4-10  
Gambar4. 24 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 7...4-10  
Gambar4. 25 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 8...4-11  
Gambar4. 26 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 9...4-11  
Gambar4. 27 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 10.4-11  
Gambar4. 28 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 11.4-12  
Gambar4. 29 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 12.4-12  
Gambar4. 30 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 13.4-12  
Gambar4. 31 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 14.4-13  
Gambar4. 32 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 15.4-13  
Gambar4. 33 Diagram momen akibat gaya prategang metode cast in-situ CS 16.4-13  
Gambar4. 34 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 1 .....4-14  
Gambar4. 35 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 2 .....4-14  
Gambar4. 36 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 3 .....4-14  
Gambar4. 37 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 4 .....4-15  
Gambar4. 38 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 5 .....4-15

Gambar4. 39 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 6.....	4-15
Gambar4. 40 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 7.....	4-16
Gambar4. 41 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 8.....	4-16
Gambar4. 42 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 9.....	4-16
Gambar4. 43 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 10...	4-17
Gambar4. 44 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 11...	4-17
Gambar4. 45 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 12...	4-17
Gambar4. 46 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 13...	4-18
Gambar4. 47 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 14...	4-18
Gambar4. 48 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 15...	4-18
Gambar4. 49 Diagram momen akibat gaya prategang metode precast CS 16...	4-19
Gambar4. 50 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 1 .....	4-20
Gambar4. 51 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 2.....	4-20
Gambar4. 52 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 3.....	4-20
Gambar4. 53 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 4.....	4-21
Gambar4. 54 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 5.....	4-21
Gambar4. 55 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 6.....	4-21
Gambar4. 56 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 7.....	4-22
Gambar4. 57 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 8.....	4-22
Gambar4. 58 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 9.....	4-22
Gambar4. 59 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 10.....	4-23
Gambar4. 60 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 11 .....	4-23
Gambar4. 61 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 12.....	4-23
Gambar4. 62 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 13.....	4-24
Gambar4. 63 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 14.....	4-24
Gambar4. 64 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 15.....	4-24
Gambar4. 65 Diagram momen akibat summation cast in-situ CS 16.....	4-25
Gambar4. 66 Diagram momen akibat summation precast CS 1 .....	4-25
Gambar4. 67 Diagram momen akibat summation precast CS 2 .....	4-25
Gambar4. 68 Diagram momen akibat summation precast CS 3 .....	4-26
Gambar4. 69 Diagram momen akibat summation precast CS 4 .....	4-26
Gambar4. 70 Diagram momen akibat summation precast CS 5 .....	4-26

Gambar4. 71 Diagram momen akibat summation precast CS 6 .....	4-27
Gambar4. 72 Diagram momen akibat summation precast CS 7 .....	4-27
Gambar4. 73 Diagram momen akibat summation precast CS 8 .....	4-27
Gambar4. 74 Diagram momen akibat summation precast CS 9 .....	4-28
Gambar4. 75 Diagram momen akibat summation precast CS 10 .....	4-28
Gambar4. 76 Diagram momen akibat summation precast CS 11 .....	4-28
Gambar4. 77 Diagram momen akibat summation precast CS 12 .....	4-29
Gambar4. 78 Diagram momen akibat summation precast CS 13 .....	4-29
Gambar4. 79 Diagram momen akibat summation precast CS 14 .....	4-29
Gambar4. 80 Diagram momen akibat summation precast CS 15 .....	4-30
Gambar4. 81 Diagram momen akibat summation precast CS 16 .....	4-30
Gambar4. 82 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 1.....	4-31
Gambar4. 83 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 1.....	4-32
Gambar4. 84 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 2.....	4-32
Gambar4. 85 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 2.....	4-32
Gambar4. 86 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 3.....	4-33
Gambar4. 87 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 3.....	4-33
Gambar4. 88 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 4.....	4-33
Gambar4. 89 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 4.....	4-34
Gambar4. 90 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 5.....	4-34
Gambar4. 91 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 5.....	4-34
Gambar4. 92 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 6.....	4-35
Gambar4. 93 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 6.....	4-35
Gambar4. 94 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 7.....	4-35
Gambar4. 95 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 7.....	4-36
Gambar4. 96 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 8.....	4-36
Gambar4. 97 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 8.....	4-36
Gambar4. 98 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 9.....	4-37
Gambar4. 99 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 9.....	4-37
Gambar4. 100 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 10.....	4-37
Gambar4. 101 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 10.....	4-38
Gambar4. 102 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 11.....	4-38

Gambar4. 103 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 11 .....	4-38
Gambar4. 104 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 12 .....	4-39
Gambar4. 105 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 12 .....	4-39
Gambar4. 106 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 13 .....	4-39
Gambar4. 107 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 13 .....	4-40
Gambar4. 108 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 14 .....	4-40
Gambar4. 109 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 14 .....	4-40
Gambar4. 110 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 15 .....	4-41
Gambar4. 111 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 15 .....	4-41
Gambar4. 112 Diagram tegangan serat atas cast in-situ CS 16 .....	4-41
Gambar4. 113 Diagram tegangan serat bawah cast in-situ CS 16 .....	4-42
Gambar4. 114 Diagram tegangan serat atas precast CS 1 .....	4-42
Gambar4. 115 Diagram tegangan serat bawah precast CS 1 .....	4-42
Gambar4. 116 Diagram tegangan serat atas precast CS 2 .....	4-43
Gambar4. 117 Diagram tegangan serat bawah precast CS 2 .....	4-43
Gambar4. 118 Diagram tegangan serat atas precast CS 3 .....	4-43
Gambar4. 119 Diagram tegangan serat bawah precast CS 3 .....	4-44
Gambar4. 120 Diagram tegangan serat atas precast CS 4 .....	4-44
Gambar4. 121 Diagram tegangan serat bawah precast CS 4 .....	4-44
Gambar4. 122 Diagram tegangan serat atas precast CS 5 .....	4-45
Gambar4. 123 Diagram tegangan serat bawah precast CS 5 .....	4-45
Gambar4. 124 Diagram tegangan serat atas precast CS 6 .....	4-45
Gambar4. 125 Diagram tegangan serat bawah precast CS 6 .....	4-46
Gambar4. 126 Diagram tegangan serat atas precast CS 7 .....	4-46
Gambar4. 127 Diagram tegangan serat bawah precast CS 7 .....	4-46
Gambar4. 128 Diagram tegangan serat atas precast CS 8 .....	4-47
Gambar4. 129 Diagram tegangan serat bawah precast CS 8 .....	4-47
Gambar4. 130 Diagram tegangan serat atas precast CS 9 .....	4-47
Gambar4. 131 Diagram tegangan serat bawah precast CS 9 .....	4-48
Gambar4. 132 Diagram tegangan serat atas precast CS 10 .....	4-48
Gambar4. 133 Diagram tegangan serat bawah precast CS 10 .....	4-48
Gambar4. 134 Diagram tegangan serat atas precast CS 11 .....	4-49

Gambar4. 135	Diagram tegangan serat bawah precast CS 11.....	4-49
Gambar4. 136	Diagram tegangan serat atas precast CS 12.....	4-49
Gambar4. 137	Diagram tegangan serat bawah precast CS 12.....	4-50
Gambar4. 138	Diagram tegangan serat atas precast CS 13.....	4-50
Gambar4. 139	Diagram tegangan serat bawah precast CS 13.....	4-50
Gambar4. 140	Diagram tegangan serat atas precast CS 14.....	4-51
Gambar4. 141	Diagram tegangan serat bawah precast CS 14.....	4-51
Gambar4. 142	Diagram tegangan serat atas precast CS 15.....	4-51
Gambar4. 143	Diagram tegangan serat bawah precast CS 15.....	4-52
Gambar4. 144	Diagram tegangan serat atas precast CS 16.....	4-52
Gambar4. 145	Diagram tegangan serat bawah precast CS 16.....	4-52
Gambar4. 146	Diagram momen pada masa layan cast in-situ .....	4-54
Gambar4. 147	Diagram momen pada masa layan precast.....	4-54
Gambar4. 148	Diagram tegangan serat atas cast in-situ.....	4-55
Gambar4. 149	Diagram tegangan serat bawah cast in-situ .....	4-56
Gambar4. 150	Diagram tegangan serat atas precast.....	4-56
Gambar4. 151	Diagram tegangan serat bawah precast.....	4-57

## DAFTAR TABEL

Tabel2. 1 Pedoman untuk penentuan bentang ekonomis .....	2-14
Tabel2. 2 Kombinasi beban dan faktor beban.....	2-20
Tabel2. 3 Berat isi untuk beban mati .....	2-22
Tabel2. 4 Faktor beban untuk berat sendiri.....	2-23
Tabel2. 5 Faktor beban untuk beban mati tambahan .....	2-23
Tabel2. 6 Faktor beban untuk beban lajur “D” .....	2-26
Tabel2. 7 Faktor beban untuk beban “T” .....	2-28
Tabel2. 8 Faktor beban akibat pengaruh prategang .....	2-30
Tabel2. 9 Penjelasan Peta Gempa .....	2-31
Tabel2. 10 Kelas Situs.....	2-33
Tabel2. 11 Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik ( $F_{PGA}/F_a$ ).....	2-34
Tabel2. 12 Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ ) .....	2-34
Tabel2. 13 Faktor modifikasi respons (R) untuk bangunan bawah .....	2-35
Tabel2. 14 Faktor modifikasi respons (R) untuk hubungan antar elemen struktur 2-36	
Tabel3. 1 Nilai konstanta beton .....	3-2
Tabel3. 2 Karakteristik material yang dipengaruhi waktu .....	3-3
Tabel3. 3 Spesifikasi material beton prategang ( $f_c'=40$ MPa) .....	3-3
Tabel3. 4 Breaking stress requirements .....	3-4
Tabel3. 5 Yield strength requirements .....	3-4
Tabel3. 6 Dimensi Strand.....	3-5
Tabel3. 7 Dimensi Strand & Duct.....	3-5
Tabel3. 8 Spesifikasi kabel baja prategang .....	3-5
Tabel3. 9 Tabel Respon Spektra Daerah Jakarta .....	3-24
Tabel4. 1 Syarat Tegangan Izin Masa Transfer .....	4-31
Tabel4. 2 Tabulasi tengangan serat atas dan bawah .....	4-53
Tabel4. 3 Tegangan izin masa layan .....	4-55
Tabel4. 4 Tabulasi Tegangan Serat Atas dan Bawah Masa Layan .....	4-57
Tabel4. 5 Reduksi strands .....	4-59

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN 1 .....	L1-1
------------------	------



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Pembangunan infrastruktur saat ini menjadi fokus utama bagi pemerintah, hal ini dapat dilihat dari alokasi dana yang diberikan pemerintah dalam Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) setiap tahunnya yang selalu meningkat, pada tahun 2017 pemerintah menganggarkan sebesar Rp 387,7 triliun, 18,6 persen dari total belanja APBN atau naik 22,3 persen dari APBN 2016. Adanya peningkatan alokasi dana setiap tahunnya untuk pembangunan infrastruktur telah mencerminkan konsistensi pemerintah dalam pembangunan infrastruktur di seluruh wilayah Indonesia. Salah satunya adalah infrastruktur transportasi, yang bertujuan untuk meningkatkan mobilitas masyarakat serta mereduksi tingkat kemacetan di suatu daerah.

Pekerjaan konstruksi pada daerah padat penduduk dapat berdampak pada meningkatnya kemacetan di sekitar daerah pembangunan, seperti halnya pembangunan jalan layang non toll yang lokasi pembangunannya berada di atas jalan yang sudah ada (*existing*), sehingga diperlukan metode konstruksi jembatan yang tidak memakai lahan yang besar di sekitarnya.

Metode konstruksi jembatan lebih terfokus pada konstruksi struktur bagian atas jembatan (*superstructure*) karena struktur bagian atas jembatan ini yang memiliki bentang yang lebar. Struktur atas jembatan merupakan bagian yang akan menahan beban lalu lintas atau kegiatan lainnya di atas jembatan setelah masa layan. Sedangkan struktur bawah jembatan (*substructure*) berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang bekerja pada struktur atas ke pondasi.

Salah satu metode konstruksi jembatan yang akhir-akhir ini banyak digunakan adalah metode *Free Balanced Cantilever* atau metode kantilever seimbang yang proses konstruksi struktur atasnya dilakukan dari bagian atas struktur tanpa mengganggu bagian bawah struktur, sehingga dapat meminimalisir gangguan pada lalu lintas dibawahnya. Metode *Free Balanced Cantilever* menggunakan *box girder* yang merupakan balok-balok penopang utama yang berbentuk kotak berongga

*Box girder* yang biasa dipakai adalah *box girder* frabrikasi (*precast*) dan juga pengecoran di tempat (*cast in-situ*). Ada tiga jenis metode konstruksi *Free balanced cantilever* untuk konstruksi *box girder precast* yaitu, *Balanced Cantilever* dengan *Launching Gantry*, *Balanced Cantilever Erection* dengan *Lifting Frame*, dan juga *Balanced Cantilever* dengan *Cranes*. Sedangkan jenis metode konstruksi *Free Balanced Cantilever* untuk pengecoran di tempat digunakan metode *Balanced Cantilever* dengan *Form Traveller*.

Dengan banyaknya metode konstruksi jembatan, proses pemilihan konstruksi harus didasarkan pada metode yang paling cocok dengan kondisi lapangan dan yang paling ekonomis. Konstruksi jembatan dengan beton pracetak dan beton yang proses pengecorannya ditempat akan berpengaruh pada lamanya proses konstruksi, selain itu juga akan berpengaruh pada jumlah *strands* yang akan digunakan pada tendon jembatan.

## **1.2 Inti Permasalahan**

Analisis Jembatan *box girder* dengan metode *Free balanced Cantilever* memiliki perbedaan berupa waktu konstruksi, beban konstruksi serta umur beton pada saat *stressing* dilakukan antara *free balanced cantilever* dengan *box girder cast in-situ* dan *precast*. Perbedaan tersebut akan mempengaruhi jumlah penggunaan *strands* pada tendon jembatan. Penggunaan *strands* pada tendon jembatan akan mempengaruhi besarnya tegangan serat atas maupun serat bawah yang tetap harus memenuhi batas tegangan izin beton. Maka pada skripsi ini akan dilakukan analisis tegangan pada serat atas dan serat bawah untuk beton *precast* dan *cast in-situ*.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pemodelan dan analisis struktur jembatan dengan metode konstruksi *Free balanced cantilever*.
2. Melakukan perbandingan tegangan serat atas maupun bawah yang terjadi antara beton *precast* dengan *cast in-situ*.

#### 1.4 Ruang Lingkup Pembahasan

Ruang lingkup masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Analisis hanya dilakukan pada bagian *superstructure* jembatan.
2. Tipe struktur atas jembatan yang dipakai adalah *box girder* prategang.
3. Analisis dilakukan dengan memperhatikan *construction stage*.
4. Objek yang digunakan adalah jembatan jalan raya dengan spesifikasi sebagai berikut :

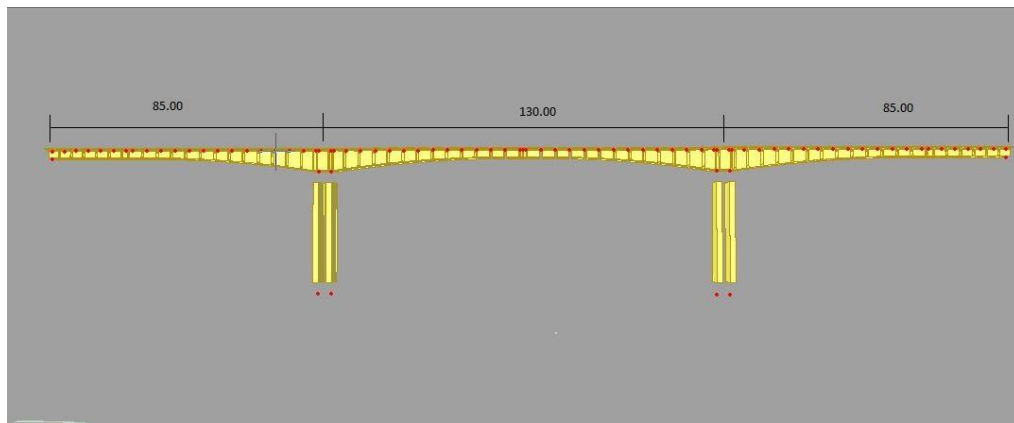
Panjang Jembatan : 300 meter

Lebar Jembatan : 12.7 meter (2 lajur 2 arah)

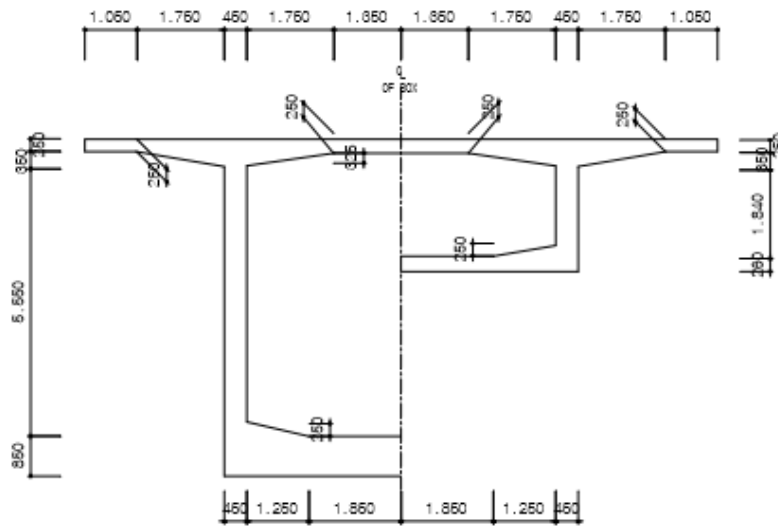
Panjang Segmen : 4.75 meter

Jumlah Segmen : 12 segmen / span

5. Mutu beton yang digunakan adalah beton normal dengan mutu beton 40 MPa.
6. Box girder yang digunakan adalah *box girder* pracetak (*precast*) dan *box girder* yang proses pengecorannya di tempat (*cast in-situ*).
7. Jenis tendon yang digunakan pada beton prategang adalah tendon dengan *strands* berukuran 0,6 *inch* (15,30mm) dengan kekuatan tarik 1860 MPa.



**Gambar1. 1** Potongan memanjang jembatan prategang *box girder*



**Gambar1. 2** Penampang *box girder*

8. Pembebanan jembatan mengikuti SNI-1725-2016, Standar Ketahanan Gempa Untuk Jembatan mengikuti RSNI-2833-201X, dan perencanaan struktur beton untuk jembatan mengikuti RSNI-T-012-200X
9. Lokasi Jembatan di Jakarta dengan kondisi tanah sedang
10. Software yang digunakan adalah Midas Civil.

## 1.5 Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

### 1. Studi literatur

Melakukan kajian terhadap beberapa literatur yang dapat mendukung penelitian ini. Sumber-sumber penelitian diperoleh dari buku, jurnal, artikel dan tulisan di internet yang tercantum pada daftar pustaka.

### 2. Studi Analisis

Dalam melakukan pemodelan dan analisis jembatan, guna mengumpulkan data yang dibutuhkan program yang digunakan pada skripsi ini adalah Midas Civil.