

SKRIPSI

**ANALISIS JEMBATAN *BOX GIRDER* DENGAN
INCREMENTAL LAUNCHING METHOD (ILM)
MENGUNAKAN *NORMAL STRENGTH CONCRETE*
DAN *HIGH EARLY STRENGTH (HES) CONCRETE***



JUAN ANDRE SAADI

NPM: 2014410063

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**

**ANALISIS JEMBATAN *BOX GIRDER* DENGAN
INCREMENTAL LAUNCHING METHOD (ILM)
MENGUNAKAN *NORMAL STRENGTH CONCRETE* DAN
HIGH EARLY STRENGTH (HES) *CONCRETE***



JUAN ANDRE SAADI

NPM: 2014410063

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: Juan Andre Saadi

NPM: 2014410063

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul : ANALISIS JEBATAN *BOX GIRDER* DENGAN *INCREMENTAL LAUNCHING METHOD* (ILM) MENGGUNAKAN *NORMAL STRENGTH CONCRETE* DAN *HIGH EARLY STRENGTH* (HES) *CONCRETE* 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



2014410063

ABSTRAK

ANALISIS JEMBATAN BOX GIRDER DENGAN *INCREMENTAL LAUNCHING METHOD (ILM)* MENGUNAKAN *NORMAL STRENGTH CONCRETE* DAN *HIGH EARLY STRENGTH (HES) CONCRETE*

Juan Andre Saadi
NPM : 2014410063

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

Studi kasus ini menganalisis besar reduksi strands yang dapat dilakukan apabila sebuah struktur atas jembatan menggunakan beton *high early strength* (HES) bila dibandingkan dengan struktur atas jembatan dengan beton normal. Kedua struktur atas jembatan tersebut dikonstruksi dengan metode *Incremental Launching* dan mutu beton yang dipakai adalah 40 MPa. Jumlah reduksi strands didapat dengan membandingkan jumlah strands yang dipakai selama masa konstruksi dan saat masa layan dengan memperhatikan batas tegangan serat atas dan serat bawah struktur atas jembatan. Jumlah strands yang dipakai pada kedua model struktur atas jembatan tersebut harus memenuhi syarat tegangan izin beton pada masing-masing model. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan bahwa reduksi strands yang terjadi bila struktur atas jembatan menggunakan beton *high early strength* adalah 8,81% selama masa konstruksi dan 0% saat masa layan. Reduksi strands dapat dilakukan pada model jembatan dengan *high early strength* saat masa konstruksi karena kekuatan beton HES lebih besar dibanding beton normal. Reduksi tidak terjadi pada masa layan, karena pada masa layan kekuatan beton pada kedua jenis beton telah mencapai titik optimum dan secara umum kekuatannya sama.

Kata kunci : *incremental launching method*, reduksi strands, jembatan beton, *box girder*

ABSTRACT

BOX GIRDER BRIDGE ANALYSIS WITH INCREMENTALLY LAUNCHED METHOD (ILM) USING NORMAL STRENGTH CONCRETE AND HIGH EARLY STRENGTH (HES) CONCRETE

Juan Andre Saadi
NPM : 2014410063

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

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTEMENT OF CIVIL
ENGINEERING
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARY 2018**

ABSTRACT

This thesis is analyzing the number of strands reduction in a bridge superstructure if the box girder is made with high early strength (HES) concrete, rather than normal strength concrete. Both model (normal concrete and HES concrete) have an average 40 MPa strength. The reduction is obtained after comparing the use of the number of strands on construction stage and service period, respectively. The design of box girder bridge should not exceeds the pressure and tensile strength limit. Therefore, the number of strands should be designed effectively and economically to reduce the pressure and tensile strength on the box girder bridge. Based on the analysis, the reduction of the number of strands on the superstructure made with high early strength is 8,81% during the construction stage and 0% on the service period. This happen because on the construction stage, high early strength concrete has higher pressure and tensile strength than the normal one, so the reduction during this period could be done. The reduction on service period is 0% because both superstructures have the same strength, both concrete have reached their optimum strength and make no stress and tension different between both superstructures.

Keywords : incremental launching method, strands reduction, concrete bridge, box girder bridge

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISIS JEMBATAN *BOX GIRDER* DENGAN *INCREMENTAL LAUNCHING METHOD* (ILM) MENGGUNAKAN *NORMAL STRENGTH CONCRETE* DAN *HIGH EARLY STRENGTH* (HES) *CONCRETE*” dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Teknik Sipil di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, banyak halangan yang ditemui oleh penulis, namun berkat bimbingan, saran, kritik, dan dorongan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu :

1. Ibu Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan dan masukan yang sangat membantu dalam penyusunan skripsi ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini pada waktunya.
2. Bapak Altho Sagara, S.T., M.T. selaku dosen ko-pembimbing yang telah banyak memberikan pengarahan, koreksi, masukan dan arah yang sangat membantu dalam proses penyusunan skripsi ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini pada waktunya.
3. Bapak Dr.Djoni Simanta dan Ibu Nenny Samudra, Ir., M.T. selaku dosen penguji yang memberikan banyak saran dan masukan terhadap skripsi ini.

4. Orang tua dan adik penulis, Fransisca Felice yang senantiasa memberikan dukungan secara moral dan material selama masa perkuliahan dan skripsi, serta doa-doanya yang dipanjatkan.
5. Ichwan Harahap dan Michael Steven yang selalu memberi motivasi dan saran kepada penulis selama mengerjakan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan membuat penulis untuk menjadi lebih baik. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 2018



Juan Andre Saadi

2014410063

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-3
1.3 Tujuan Penelitian	1-3
1.4 Pembatasan Masalah	1-3
1.5 Metode Penelitian	1-4
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1 <i>Incremental Launching Method</i>	2-1
2.2 Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan	2-2
2.3 Beton Normal dan Beton <i>High Early Strength</i>	2-4
2.4 Struktur Beton Untuk Jembatan	2-4
2.4.1 Kriteria Penerimaan Kekuatan Beton	2-5
2.5 Susut Pada Beton	2-6
2.6 Rangkak Pada Beton	2-8
2.7 Bahan Kimia Aditif Untuk Beton	2-11
2.8 Standar Pembebanan Jembatan	2-11
2.8.1 Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan	2-11
2.8.2 Beban Permanen	2-15
2.8.3 Beban Sendiri (MS)	2-16
2.8.4 Beban mati tambahan/utilitas (MA)	2-16
2.8.5 Beban Lalu Lintas	2-17
2.8.6 Beban Lajur “D” (TD)	2-17
2.8.7 Beban Truk “T” (TT)	2-20

2.8.8	Faktor Beban Dinamis (FBD)	2-21
2.8.9	Pengaruh Prategang (PR)	2-22
2.8.10	Gesekan Pada Perletakan (BF)	2-23
2.8.11	Beban Barrier.....	2-23
2.8.12	Transfer Pembebanan	2-25
2.9	Kabel Prategang.....	2-26
BAB 3 STUDI KASUS		3-1
3.1	Studi Kasus	3-1
3.2	Deskripsi Umum Jembatan	3-1
3.3	Pengaturan Dimensi <i>Box Girder</i>	3-1
3.4	Spesifikasi Material	3-4
3.4.1	Beton Normal	3-4
3.4.2	<i>High Early Strength Concrete</i>	3-6
3.4.3	<i>Strands</i> Prategang.....	3-9
3.5	Pembebanan	3-10
3.5.1	Berat Sendiri.....	3-10
3.5.2	Beban Mati Tambahan	3-11
3.5.3	Beban Hidup.....	3-12
3.6	Permodelan Struktur Jembatan	3-14
3.6.1	<i>Construction Stage</i>	3-14
3.6.2	<i>Layout</i> Tendon Prategang.....	3-18
3.6.3	Batas Tegangan	3-20
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		4-1
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 Tendon Primary	4-4
4.1.3	Diagram Momen Akibat Gaya Prategang Tendon Secondary	4-10
4.1.4	Diagram Momen Akibat Gaya Summation	4-13
4.1.5	Diagram Tegangan Serat Atas Akibat Summation	4-16
4.1.6	Diagram Tegangan Serat Bawah Akibat Summation.....	4-22
4.1.7	Tegangan Pada Masa Konstruksi	4-28
4.2	Analisis Masa Layan.....	4-29

4.2.1	Diagram Momen Akibat Masa Layan.....	4-30
4.2.2	Diagram Tegangan Serat Atas Akibat Masa Layan.....	4-30
4.2.3	Diagram Tegangan Serat Bawah Akibat Masa Layan	4-31
4.2.4	Tegangan Pada Masa Layan	4-32
4.3	Perhitungan Reduksi Strands.....	4-32
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran.....	5-1
DAFTAR PUSTAKA		A1
LAMPIRAN.....		A1

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
σ_{bot}	= tegangan serat bawah
σ_{top}	= tegangan serat atas
ρ	= 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
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

HES = *High Early Strength Concrete*

NC = *Normal Concrete*

ILM = *Incremental Launching Method*

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Desain Jembatan ILM.....	1-4
Gambar 1. 2 Desain Penampang <i>Box Girder</i>	1-4
Gambar 2. 1 Konstruksi Jembatan ILM	2-2
Gambar 2. 2 Konstruksi Jembatan KS Tubun, Jakarta dengan metode ILM	2-2
Gambar 2. 3 Grafik penentuan faktor susut.....	2-7
Gambar 2. 4 Grafik penentuan faktor rangkai.....	2-9
Gambar 2. 5 Beban lajur D.....	2-18
Gambar 2. 6 Susunan Komponen BGT dan BTR	2-19
Gambar 2. 7 Dimensi dan Beban Truk.....	2-20
Gambar 2. 8 Grafik Nilai FBD	2-22
Gambar 2. 9 Ilustrasi tegangan yang terjadi pada beton prategang.....	2-27
Gambar 2. 10 Ilustrasi beton <i>pre tension</i>	2-27
Gambar 2. 11 Ilustrasi beton <i>post tension</i>	2-28
Gambar 2. 12 Prategang konsentris dan eksentris.....	2-28
Gambar 2. 13 Ilustrasi kehilangan tegangan	2-29
Gambar 3. 1 Permodelan jembatan pada Midas Civil.....	3-1
Gambar 3. 2 Desain penampang box girder	3-3
Gambar 3. 3 Pembebanan beton aspal.....	3-11
Gambar 3. 4 Desain penampang barrier	3-11
Gambar 3. 5 Pembebanan barrier	3-12
Gambar 3. 6 Pembebanan BTR 2	3-12
Gambar 3. 7 Pembebanan BTR 1	3-13
Gambar 3. 8 Pembebanan BGT 2.....	3-13
Gambar 3. 9 Pembebanan BGT 1.....	3-14
Gambar 3. 10 Area Pabrikasi Pada permodelan.....	3-15
Gambar 3. 11 Permodelan Construction Stage 1 (CS1).....	3-15
Gambar 3. 12 Permodelan Construction Stage 2 (CS2).....	3-16
Gambar 3. 13 Permodelan Construction Stage 3 (CS3).....	3-16
Gambar 3. 14 Permodelan Construction Stage 4 (CS4).....	3-16

Gambar 3. 15 Permodelan Construction Stage 5 (CS5).....	3-16
Gambar 3. 16 Permodelan Construction Stage 6 (CS6).....	3-17
Gambar 3. 17 Permodelan Construction Stage 7 (CS7).....	3-17
Gambar 3. 18 Permodelan Construction Stage 8 (CS8).....	3-17
Gambar 3. 19 Permodelan Construction Stage 9 (CS9).....	3-17
Gambar 3. 20 Desain posisi tendon primary prategang	3-18
Gambar 3. 21 Desain posisi tendon secondary prategang.....	3-19
Gambar 3. 22 Layout Prategang Pada Midas Civil Tampak 3D.....	3-19
Gambar 3. 23 Layout Prategang Pada Midas Civil Tampak Atas	3-19
Gambar 3. 24 Layout Prategang Pada Midas Civil Tampak Samping	3-20
Gambar 4. 1 Diagram Momen CS1	4-1
Gambar 4. 2 Diagram Momen CS2	4-2
Gambar 4. 3 Diagram Momen CS3	4-2
Gambar 4. 4 Diagram Momen CS4	4-2
Gambar 4. 5 Diagram Momen CS5	4-2
Gambar 4. 6 Diagram Momen CS6	4-3
Gambar 4. 7 Diagram Momen CS7	4-3
Gambar 4. 8 Diagram Momen CS8	4-3
Gambar 4. 9 Diagram Momen CS9	4-4
Gambar 4. 10 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS1 HES.....	4-4
Gambar 4. 11 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS2 HES.....	4-4
Gambar 4. 12 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS3 HES.....	4-5
Gambar 4. 13 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS4 HES.....	4-5
Gambar 4. 14 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS5 HES.....	4-5
Gambar 4. 15 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS6 HES.....	4-6
Gambar 4. 16 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS7 HES.....	4-6
Gambar 4. 17 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS8 HES.....	4-6
Gambar 4. 18 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS9 HES.....	4-7
Gambar 4. 19 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS1 <i>Normal Concrete</i>	4-7
Gambar 4. 20 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS2 <i>Normal Concrete</i>	4-7
Gambar 4. 21 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS3 <i>Normal Concrete</i>	4-8

Gambar 4. 22 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS4 <i>Normal Concrete</i>	4-8
Gambar 4. 23 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS5 <i>Normal Concrete</i>	4-8
Gambar 4. 24 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS6 <i>Normal Concrete</i>	4-9
Gambar 4. 25 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS7 <i>Normal Concrete</i>	4-9
Gambar 4. 26 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS8 <i>Normal Concrete</i>	4-9
Gambar 4. 27 Diagram Momen <i>Tendon Primary</i> CS9 <i>Normal Concrete</i>	4-10
Gambar 4. 28 Diagram Momen <i>Tendon Secondary</i> CS1	4-10
Gambar 4. 29 Diagram Momen <i>Tendon Secondary</i> CS2	4-10
Gambar 4. 30 Diagram Momen <i>Tendon Secondary</i> CS3	4-11
Gambar 4. 31 Diagram Momen <i>Tendon Secondary</i> CS4.....	4-11
Gambar 4. 32 Diagram Momen <i>Tendon Secondary</i> CS5	4-11
Gambar 4. 33 Diagram Momen <i>Tendon Secondary</i> CS6.....	4-12
Gambar 4. 34 Diagram Momen <i>Tendon Secondary</i> CS7	4-12
Gambar 4. 35 Diagram Momen <i>Tendon Secondary</i> CS8.....	4-12
Gambar 4. 36 Diagram Momen <i>Tendon Secondary</i> CS9	4-13
Gambar 4. 37 Diagram Momen Summation CS1	4-13
Gambar 4. 38 Diagram Momen Summation CS2	4-13
Gambar 4. 39 Diagram Momen Summation CS3	4-14
Gambar 4. 40 Diagram Momen Summation CS4	4-14
Gambar 4. 41 Diagram Momen Summation CS5	4-14
Gambar 4. 42 Diagram Momen Summation CS6	4-15
Gambar 4. 43 Diagram Momen Summation CS7	4-15
Gambar 4. 44 Diagram Momen Summation CS8	4-15
Gambar 4. 45 Diagram Momen Summation CS9	4-16
Gambar 4. 46 Diagram Tegangan Summation CS1 HES.....	4-16
Gambar 4. 47 Diagram Tegangan Summation CS2 HES.....	4-16
Gambar 4. 48 Diagram Tegangan Summation CS3 HES.....	4-17
Gambar 4. 49 Diagram Tegangan Summation CS4 HES.....	4-17
Gambar 4. 50 Diagram Tegangan Summation CS5 HES.....	4-17
Gambar 4. 51 Diagram Tegangan Summation CS6 HES.....	4-18
Gambar 4. 52 Diagram Tegangan Summation CS7 HES.....	4-18
Gambar 4. 53 Diagram Tegangan Summation CS8 HES.....	4-18

Gambar 4. 54 Diagram Tegangan Summation CS9 HES	4-19
Gambar 4. 55 Diagram Tegangan Summation CS1 <i>Normal Concrete</i>	4-19
Gambar 4. 56 Diagram Tegangan Summation CS2 <i>Normal Concrete</i>	4-19
Gambar 4. 57 Diagram Tegangan Summation CS3 <i>Normal Concrete</i>	4-20
Gambar 4. 58 Diagram Tegangan Summation CS4 <i>Normal Concrete</i>	4-20
Gambar 4. 59 Diagram Tegangan Summation CS5 <i>Normal Concrete</i>	4-20
Gambar 4. 60 Diagram Tegangan Summation CS6 <i>Normal Concrete</i>	4-21
Gambar 4. 61 Diagram Tegangan Summation CS7 <i>Normal Concrete</i>	4-21
Gambar 4. 62 Diagram Tegangan Summation CS8 <i>Normal Concrete</i>	4-21
Gambar 4. 63 Diagram Tegangan Summation CS9 <i>Normal Concrete</i>	4-22
Gambar 4. 64 Diagram Tegangan Summation CS1 HES	4-22
Gambar 4. 65 Diagram Tegangan Summation CS2 HES	4-22
Gambar 4. 66 Diagram Tegangan Summation CS 3 HES	4-23
Gambar 4. 67 Diagram Tegangan Summation CS 4 HES	4-23
Gambar 4. 68 Diagram Tegangan Summation CS 5 HES	4-23
Gambar 4. 69 Diagram Tegangan Summation CS 6 HES	4-24
Gambar 4. 70 Diagram Tegangan Summation CS 7 HES	4-24
Gambar 4. 71 Diagram Tegangan Summation CS 8 HES	4-24
Gambar 4. 72 Diagram Tegangan Summation CS 9 HES	4-25
Gambar 4. 73 Diagram Tegangan Summation CS 1 <i>Normal Concrete</i>	4-25
Gambar 4. 74 Diagram Tegangan Summation CS 2 <i>Normal Concrete</i>	4-25
Gambar 4. 75 Diagram Tegangan Summation CS 3 <i>Normal Concrete</i>	4-26
Gambar 4. 76 Diagram Tegangan Summation CS 4 <i>Normal Concrete</i>	4-26
Gambar 4. 77 Diagram Tegangan Summation CS 5 <i>Normal Concrete</i>	4-26
Gambar 4. 78 Diagram Tegangan Summation CS 6 <i>Normal Concrete</i>	4-27
Gambar 4. 79 Diagram Tegangan Summation CS 7 <i>Normal Concrete</i>	4-27
Gambar 4. 80 Diagram Tegangan Summation CS 8 <i>Normal Concrete</i>	4-27
Gambar 4. 81 Diagram Tegangan Summation CS 9 <i>Normal Concrete</i>	4-28
Gambar 4. 82 Diagram Momen akibat masa layan.....	4-30
Gambar 4. 83 Diagram Tegangan Serat Atas Masa Layan HES	4-30
Gambar 4. 84 Diagram Tegangan Serat Atas Masa Layan <i>Normal Concrete</i> ...	4-31
Gambar 4. 85 Diagram Tegangan Serat Bawah Masa Layan HES.....	4-31

Gambar 4. 86 Diagram Tegangan Serat Bawah Masa Layan <i>Normal Concrete</i>	4-32
Gambar 4. 87 Construction Stage 1 tendon <i>high early strength</i>	4-34
Gambar 4. 88 Construction Stage 2 tendon <i>high early strength</i>	4-34
Gambar 4. 89 Construction Stage 3 tendon <i>high early strength</i>	4-34
Gambar 4. 90 Construction Stage 4 tendon <i>high early strength</i>	4-35
Gambar 4. 91 Construction Stage 5 tendon <i>high early strength</i>	4-35
Gambar 4. 92 Construction Stage 6 tendon <i>high early strength</i>	4-35
Gambar 4. 93 Construction Stage 7 tendon <i>high early strength</i>	4-36
Gambar 4. 94 Construction Stage 8 tendon <i>high early strength</i>	4-36
Gambar 4. 95 Construction Stage 9 tendon <i>high early strength</i>	4-37
Gambar 4. 96 Construction Stage 1 tendon beton normal.....	4-37
Gambar 4. 97 Construction Stage 2 tendon beton normal.....	4-38
Gambar 4. 98 Construction Stage 3 tendon beton normal.....	4-38
Gambar 4. 99 Construction Stage 4 tendon beton normal.....	4-38
Gambar 4. 100 Construction Stage 5 tendon beton normal.....	4-39
Gambar 4. 101 Construction Stage 6 tendon beton normal.....	4-39
Gambar 4. 102 Construction Stage 7 tendon beton normal.....	4-40
Gambar 4. 103 Construction Stage 8 tendon beton normal.....	4-40
Gambar 4. 104 Construction Stage 9 tendon beton normal.....	4-41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Bentang ekonomis berdasarkan tipe bangunan atas.....	2-3
Tabel 2. 2 Kuat tekan beton PBI 1971 NI-2	2-4
Tabel 2. 3 Koefisien standar susut beton sebagai tambahan regangan jangka panjang	2-7
Tabel 2. 4 Koefisien standar rangkai beton sebagai tambahan regangan jangka panjang	2-10
Tabel 2. 5 Jenis Beton pada ASTM C494.....	2-11
Tabel 2. 6 Kombinasi beban dan faktor beban.....	2-14
Tabel 2. 7 Berat isi untuk beban mati	2-15
Tabel 2. 8 Faktor beban untuk beban sendiri	2-16
Tabel 2. 9 Faktor beban untuk beban mati tambahan	2-17
Tabel 2. 10 Faktor beban untuk beban lajur “D”	2-18
Tabel 2. 11 Faktor beban untuk beban “T”	2-20
Tabel 2. 12 Faktor beban akibat pengaruh prategang	2-22
Tabel 2. 13 Faktor beban akibat gesekan pada perletakan.....	2-23
Tabel 2. 14 Breaking Stress Requirements	2-26
Tabel 2. 15 Yield Strength Requirements	2-26
Tabel 3. 1 Karakteristik kuat tekan dan tarik beton normal.....	3-5
Tabel 3. 2 Karakteristik kuat tekan dan tarik beton ASTM C494	3-6
Tabel 3. 3 Karakteristik kuat tekan dan tarik beton <i>high early strength</i>	3-8
Tabel 3. 4 Spesifikasi strand ASTM A 416-06.....	3-9
Tabel 3. 5 Daftar diameter <i>duct</i> untuk setiap jumlah <i>strands</i>	3-10
Tabel 4. 1 Tegangan masa konstruksi.....	28
Tabel 4. 2 Tegangan masa layan.....	32
Tabel 4. 3 Reduksi Strands	33

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan salah satu prasarana transportasi yang penting dalam sistem transportasi darat. Konstruksi jembatan dapat menjadi solusi yang efektif apabila jalur darat terhalang oleh lembah, sungai, dan lain sebagainya. Jembatan mampu mempersingkat jarak tempuh sehingga sangat baik untuk menekan biaya dan waktu transportasi. Maka, konstruksi jembatan harus didesain dengan sedemikian rupa sehingga aman dan nyaman untuk dilewati.

Jembatan di Indonesia merupakan prasarana paling penting bagi transportasi karena kondisi lanskap negara kita yang acap kali menjadi halangan bagi jalur transportasi darat. Oleh karena itu, pemerintah melalui lembaga SNI telah mengatur standar konstruksi jembatan yang sesuai dengan kondisi alam Indonesia. Konstruksi jembatan di Indonesia diatur dalam SNI 1725 tahun 2016 mengenai Pembebanan Untuk Jembatan, SNI 2833 tahun 2008 mengenai Standar Ketahanan Gempa Untuk Jembatan, serta RSNI-T-12-2004 mengenai Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan. Standar ini dapat digunakan oleh berbagai pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi jembatan sebagai acuan yang dapat dipertanggungjawabkan. Selain standar jembatan, bahan konstruksi utama pada jembatan beton, yaitu semen, juga telah diatur dalam SNI 2049: 2004 mengenai semen portland sebagai acuan standar kualitasnya.

Saat ini, teknologi konstruksi dan sistem jembatan semakin berkembang. Hal ini dapat mempermudah pihak kontraktor dan konsultan untuk mendesain dan membangun jembatan sesuai dengan keadaan di lapangan dan kemampuan finansial pihak owner. Salah satu metode pelaksanaan konstruksi jembatan adalah *incremental launching method* (ILM). Metode ini sangat efektif untuk membangun jembatan dengan panjang yang mencapai 150 m, dengan panjang tiap bentang antara 30 m hingga 60 m (VSL International Ltd. 1977). Jembatan dengan struktur atas *box girder* ini dapat dibangun dengan metode tersebut. Pembangunan jembatan dengan metode ini dilakukan di darat sehingga proses konstruksi lebih mudah dikerjakan, lebih aman bagi pekerja, dan lebih aman dari cuaca buruk, serta hanya membutuhkan ruang yang sedikit selama proses konstruksi. Selain itu, konstruksi

metode ini tidak membutuhkan *scaffolding* sehingga dapat mengurangi biaya konstruksi. Metode ILM ini sangat efektif bagi proyek konstruksi jembatan yang dilakukan pada lembah yang sangat dalam, tebing yang tinggi, serta jembatan yang memiliki desain pilar yang tinggi. Keadaan alam tersebut tentu sangat menyulitkan apabila metode konstruksi yang dipakai adalah *Free Cantilever Method* dan *Moving Scaffolding System* karena kedua metode ini harus menyiapkan bahan dan alat konstruksi dari dasar pilar. Di Indonesia, metode ILM dipakai pada konstruksi Jembatan Layang Sudirman dan Jembatan KS Tubun yang dibangun oleh PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. Metode ini juga dipakai selama konstruksi salah satu jembatan tertinggi di dunia, yaitu jembatan Millau (*Le Viaduct de Millau*) di Prancis yang diresmikan pada 14 Desember 2004.

Metode konstruksi jembatan ILM ini dapat menggunakan beton normal ataupun menggunakan *High Early Strength Cement* (HES). Kedua jenis beton ini mempengaruhi desain kabel prategang pada *box girder* jembatan karena berkaitan dengan kekuatan tekan awal beton dan *construction stage* jembatan. Oleh karena itu, konstruksi jembatan perlu dianalisis dan dimodelkan dengan menggunakan kedua jenis beton tersebut untuk menentukan jumlah strands yang dibutuhkan oleh kedua jenis beton tersebut.

1.2 Inti Permasalahan

Pada metode *incremental launching method* (ILM) ini, struktur atas jembatan akan mengalami momen positif dan negatif. Konstruksi jembatan ini dapat menggunakan *box girder cast in situ* dengan jenis beton *high early strength* maupun beton normal. Kedua jenis beton ini memiliki sifat-sifat yang akan mempengaruhi kekuatan struktur selama metode ILM dilaksanakan. Maka, kedua jenis beton ini perlu di analisis untuk menentukan jumlah strands yang dibutuhkan kedua jenis beton tersebut untuk menahan gaya momen yang terjadi.

1.3 Tujuan Penelitian

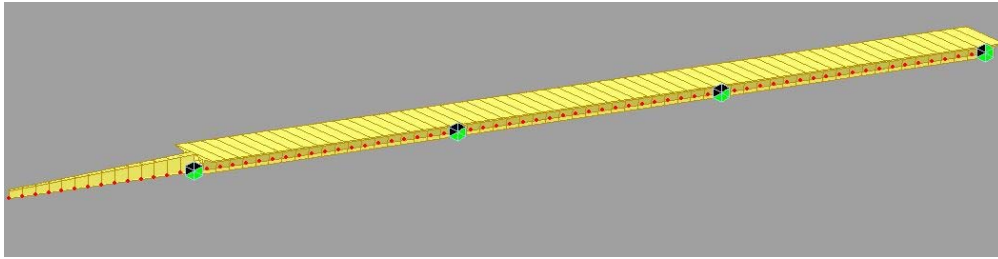
Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan permodelan dan analisis jembatan *box girder* dengan menggunakan metode konstruksi *Incremental Launching Method* (ILM).
2. Melakukan analisis tegangan setiap segmen jembatan pada setiap langkah konstruksi *Incremental Launching Method* (ILM).
3. Melakukan analisis terhadap *box girder* dengan beton *high early strength* dan beton normal, serta menganalisis jumlah strands yang dibutuhkan oleh kedua jenis beton tersebut.

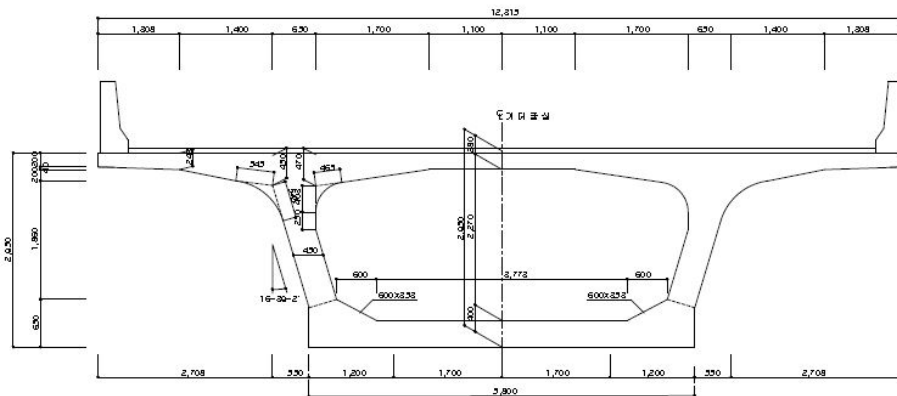
1.4 Pembatasan Masalah

Pada skripsi ini, ruang lingkup permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Jembatan yang dianalisis adalah jembatan dengan *box girder* prategang dengan metode konstruksi *Incremental Launching Method* yang berlokasi di Banjarmasin, Kalimantan.
2. Analisis dilakukan pada saat tahap konstruksi dan masa layan.
3. Analisis dilakukan hanya pada bagian struktur atas jembatan.
4. Jembatan memiliki 3 segmen dengan panjang total 150 meter dengan panjang bentang per 50 meter dan lebar 12,315 meter (dua lajur dan dua arah).



Gambar 1. 1 Desain Jembatan ILM



Gambar 1. 2 Desain Penampang *Box Girder*

5. Jembatan diasumsikan menggunakan perletakan sendi dan rol.
6. Strand prategang yang dipakai berdiameter 12,7 mm (0,50 inch) dengan kekuatan tarik 1860 MPa.
7. Mutu beton yang dipakai untuk bagian struktur atas jembatan adalah 40 MPa.
8. Pembebanan jembatan menggunakan Standar SNI 1725 tahun 2016.
9. Jembatan menggunakan RSNI-T-12-2004 sebagai dasar perencanaan struktur beton untuk jembatan.

1.5 Metode Penelitian

Skripsi ini menggunakan dua metode penelitian, yaitu:

1. Studi literatur

Studi literatur merupakan studi yang dilakukan untuk mencari kajian, dasar teori, serta rumus-rumus yang diperlukan dalam analisa pada skripsi. Sumber literatur dapat berasal dari jurnal, buku, maupun artikel.

2. Studi Analisis

Studi analisa merupakan studi yang menggunakan permodelan sebagai salah satu sarana untuk mencari data dan informasi. Studi analisa pada skripsi ini menggunakan program Midas Civil.