

SKRIPSI

**ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN *BOX GIRDER*
DENGAN METODE KONSTRUKSI *BALANCED*
CANTILEVER DAN *SPAN-BY-SPAN***



**DAVID SETIAWAN
NPM : 2016410006**

**PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
KO-PEMBIMBING: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-
PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2020**

SKRIPSI

**ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN *BOX GIRDER*
DENGAN METODE KONSTRUKSI *BALANCED*
CANTILEVER DAN *SPAN-BY-SPAN***



DAVID SETIAWAN
NPM : 2016410006

PEMBIMBING:

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

KO-PEMBIMBING:

Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-
PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2020**

SKRIPSI

**ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN *BOX GIRDER*
DENGAN METODE KONSTRUKSI *BALANCED*
CANTILEVER DAN *SPAN-BY-SPAN***



**DAVID SETIAWAN
NPM : 2016410006**

BANDUNG, 11 Agustus 2020

KO-PEMBIMBING:

PEMBIMBING:

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-
PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2020**

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : David Setiawan

NPM : 2016410006

Program Studi : Struktur

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:
ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN BOX GIRDER DENGAN METODE KONSTRUKSI BALANCED CANTILEVER DAN SPAN-BY-SPAN

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 29 JULI 2020

METERAI
TEMPEL
45833AHF347191457
6000
ENAM RIBU RUPIAH

DAVID SETIAWAN

**ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN *BOX GIRDER* DENGAN
METODE KONSTRUKSI *BALANCED CANTILEVER* DAN
*SPAN-BY-SPAN***

**David Setiawan
NPM: 2016410006**

**Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Ko-Pembimbing: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2020**

ABSTRAK

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur yang memiliki nilai proyek yang tinggi, sehingga perlu dilakukan perancangan yang baik dan benar terutama pada bagian struktur atas yang memiliki berbagai macam metode konstruksi. Namun dalam perancangan jembatan terutama jembatan *box girder*, perlu diperhatikan pada konfigurasi *strands* sehingga didapatkan desain jembatan yang efisien. Pada studi ini akan dikaji mengenai perbedaan jumlah konfigurasi *strands* yang dibutuhkan antara metode konstruksi *Balanced Cantilever* dan metode *Span by Span* dengan menggunakan beton mutu 45 MPa. Proses pemodelan dilakukan menggunakan program Midas Civil dan perhitungan jumlah *strands* menggunakan Microsoft Excel. Perhitungan perbedaan jumlah *strands* dilakukan ketika pada masa layan dengan mempertimbangkan batas - batas tegangan izin beton pada serat atas dan bawah struktur atas jembatan. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan besar perbedaan *strands* metode *Balanced Cantilever* terhadap metode *Span by Span* adalah 13,64%.

Kata kunci : *strands*, *Balanced Cantilever*, *Span by Span*, tegangan izin

BOX GIRDER BRIDGE STRUCTURE ANALYSIS BY BALANCED CANTILEVER METHOD AND SPAN-BY-SPAN METHOD

**David Setiawan
NPM: 2016410006**

**Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Co-Advisor: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING**

(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

**BANDUNG
AUGUST 2020**

ABSTRACT

Bridge has the expensive cost-price value between the other infrastructures. The bridge super structure needs to be analyzed for a good result because there are so many construction methods. However, in designing of the bridge box girder must considers the strands configuration for the efficient result. This case study aims to analyze the amount of strands needs between Balanced Cantilever method and Span By Span method using the concrete quality of 45 MPa. The bridge modelling and analysis are done with Midas Civil program and Microsoft Excel. The calculation of the difference in the number of strands is done in service condition and consider the allowable concrete stress on top fiber and bottom fiber of the bridge. Based on the analysis result, the difference in the number of strands between two methods are 13,64%.

Keywords : strands, Balanced Cantilever, Span by Span, allowable stress, construction method

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, 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 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. Bapak Dr. Johannes Adhijoso selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pemikiran dalam mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi ini.
3. Ibu Wivia Octarena Nugraha, S.T., M.T. selaku ko-pembimbing yang telah banyak memberikan penjelasan, masukan serta arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh dosen KBI Struktur yang sudah memberikan waktu, pikiran, dan masukan kepada penulis dalam menyempurnakan skripsi ini.
5. Seluruh dosen di lingkungan Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan pengetahuan serta pengarahan selama masa studi.
6. Seluruh teman yang ada di komunitas Mission 21 yang selalu memberikan dukungan moral kepada penulis dalam menyusun dan menyelesaikan skripsi ini.

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 kepada Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan pihak – pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Bandung, 11 Agustus 2020



David Setiawan

2016410006



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian	1-2
1.4 Ruang Lingkup	1-3
1.5 Metodologi Penelitian	1-5
1.6 Diagram Alir Penelitian	1-6
1.7 Sistematika Penulisan	1-7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 Definisi Jembatan	2-1
2.2 Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan	2-2
2.3 Definisi <i>Box Girder</i>	2-3
2.4 Metode <i>Span-By-Span</i> dengan <i>Precast Box Girder</i>	2-4
2.5 Ereksi <i>Box Girder</i> pada Metode <i>Span By Span</i>	2-4
2.5.1 <i>Span-By-Span Method</i> dengan <i>Launching Gantry</i>	2-4
2.6 Metode <i>Balanced Cantilever</i> dengan <i>Precast Box Girder</i>	2-5
2.7 Ereksi <i>Box Girder</i> pada Metode <i>Balanced Cantilever</i>	2-6
2.7.1 <i>Balanced Cantilever Method</i> dengan <i>Launching Gantry</i>	2-6
2.7.2 <i>Balanced Cantilever Method</i> dengan <i>Lifting Frame</i>	2-7
2.7.3 <i>Balanced Cantilever Method</i> dengan <i>Crane</i>	2-8
2.8 <i>Construction Stages</i>	2-9
2.8.1 <i>Construction Stage Metode Span By Span</i>	2-9

2.8.2	<i>Construction Stage Metode Balanced Cantilever</i>	2-10
2.9	Susut	2-13
2.10	Rangkak	2-13
2.11	Standar Pembebanan Jembatan	2-13
2.11.1	Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan	2-13
2.11.2	Beban Permanen	2-17
2.11.3	Beban Sendiri (MS)	2-18
2.11.4	Beban Mati Tambahan/Utilitas (MA)	2-19
2.11.5	Beban Lalu Lintas	2-19
2.11.6	Beban Lajur “D” (TD)	2-20
2.11.7	Beban Truk “T” (TT)	2-22
2.11.8	Faktor Beban Dinamis (FBD)	2-23
2.11.9	Pengaruh Prategang (PR)	2-24
2.11.10	Transfer Beban	2-25
BAB 3	STUDI KASUS	3-1
3.1	Data Jembatan	3-1
3.2	Spesifikasi Material	3-1
3.2.1	Struktur Beton Prategang	3-2
3.3	Dimensi Elemen <i>Box Girder</i>	3-4
3.4	Kabel Prategang	3-6
3.5	Pemodelan Jembatan dengan Metode <i>Span-By-Span</i>	3-8
3.6	Pemodelan Jembatan dengan Metode <i>Balanced Cantilever</i>	3-9
3.7	Layout Tendon Jembatan dengan Metode <i>Span By Span</i>	3-12
3.8	Layout Tendon Jembatan dengan Metode <i>Balanced Cantilever</i>	3-12
3.9	Beban-Beban yang digunakan untuk Analisis Jembatan	3-16
3.9.1	Beban Mati Tambahan	3-16
3.9.2	Beban Hidup	3-16
3.9.3	Beban Angin	3-17
3.9.4	Beban Temperatur	3-18
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 Summation.....	4-7
4.1.3	Tegangan Serat Atas akibat Gaya Summation.....	4-13
4.1.4	Tegangan Serat Bawah akibat Gaya Summation.....	4-20
4.1.5	Tegangan pada Masa Konstruksi	4-26
4.2	Analisis Masa Layan.....	4-27
4.2.1	Diagram Momen akibat Kombinasi Layan 1	4-27
4.2.2	Diagram Momen akibat Kombinasi Layan 2.....	4-28
4.2.3	Diagram Momen akibat Kombinasi Layan 3.....	4-29
4.2.4	Diagram Momen akibat Kombinasi Layan 4.....	4-30
4.2.5	Tegangan Serat Atas akibat Kombinasi Layan 1	4-31
4.2.6	Tegangan Serat Atas akibat Kombinasi Layan 2.....	4-32
4.2.7	Tegangan Serat Atas akibat Kombinasi Layan 3	4-33
4.2.8	Tegangan Serat Atas akibat Kombinasi Layan 4.....	4-34
4.2.9	Tegangan Serat Bawah akibat Kombinasi Layan 1	4-35
4.2.10	Tegangan Serat Bawah akibat Kombinasi Layan 2	4-36
4.2.11	Tegangan Serat Bawah akibat Kombinasi Layan 3	4-37
4.2.12	Tegangan Serat Bawah akibat Kombinasi Layan 4	4-38
4.2.13	Tegangan pada Masa Layan.....	4-39
4.3	Perhitungan Perbedaan Jumlah Strands.....	4-40
4.4	Optimasi Jumlah Strand.....	4-41
4.4.1	Konfigurasi Strands.....	4-41
4.4.2	Kapasitas Penampang Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-43
4.4.3	Kapasitas Penampang Metode <i>Span by Span</i>	4-50
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-1
	DAFTAR PUSTAKA	xxiv

DAFTAR NOTASI

γ_{MS}	:	Faktor beban berat sendiri
γ_{MA}	:	Faktor beban beban tambahan
γ_{TD}	:	Faktor beban “D”
γ_{TT}	:	Faktor beban “T”
γ_{BF}	:	Faktor gaya friksi
γ_{PR}	:	Faktor gaya prategang
MA	:	Beban mati perkerasan dan utilitas
MS	:	Beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan
TA	:	Gaya horizontal akibat tekanan tanah
PL	:	Gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan yang disebabkan oleh proses pelaksanaan, termasuk semua gaya yang terjadi akibat perubahan statika yang terjadi pada konstruksi segmental
PR	:	Prategang
SH	:	Gaya akibat susut/rangkak
TB	:	Gaya akibat rem
TR	:	Gaya sentrifugal
TC	:	Gaya akibat tumbukan kendaraan
TV	:	Gaya akibat tumbukan kapal
EQ	:	Gaya gempa
BF	:	Gaya friksi
TD	:	Beban lajur “D”
TT	:	Beban lajur “T”
TP	:	Beban pejalan kaki
SE	:	Beban akibat penurunan
ET	:	Gaya akibat temperatur gradien
EU_n	:	Gaya akibat temperatur seragam
EF	:	Gaya apung
EW_s	:	Beban angin pada struktur
EW_L	:	Beban angin pada kendaraan
EU	:	Beban arus dan hanyutan

FBD	:	Faktor Beban Dinamis
q	:	Intensitas beban terbagi rata (BTR)
L	:	Panjang total jembatan
D	:	Tinggi balok jembatan
L_c	:	Panjang sayap kantilever balok girder
t_{tip}	:	Tebal pelat kantilever ujung
t_c	:	Tebal pelat kantilever pangkal
p	:	Intensitas beban garis tepusat (BGT)
f_{ci}'	:	Tegangan izin tekan beton pada masa transfer
f_c'	:	Mutu beton
E_c	:	Modulus elastisitas beton
α	:	Koefisien pemuaian
β	:	Konstanta beton
f_{pu}	:	Tegangan ultimit putus baja prategang
f_{py}	:	Tegangan leleh baja prategang
ϕM_n	:	Momen nominal terfaktor
M_u	:	Momen ultimate
E_s	:	Modulus elastisitas baja
f_{ps}	:	Tegangan leleh baja prategang setelah dikoreksi
c_{ps}	:	Tebal selimut beton untuk baja prategang
d_b	:	Diameter tulangan
A_{ct}	:	Luas sebagian penampang antara muka tarik lentur dan titik pusat gravitasi penampang bruto
A_{cf}	:	Luas penampang bruto terbesar dari lajur pelat-balok di dua portal ekivalen orthogonal yang berpotongan pada kolom di pelat dua arah
A_{st}	:	Luas tulangan tarik
A_{sc}	:	Luas tulangan tekan
a	:	Tinggi blok tekan pada beton
d_t	:	Jarak tepi atas penampang beton ke tulangan tarik
d_{ps}	:	Diameter efektif baja prategang
A_{pst_lap}	:	Luas total baja prategang tarik pada daerah lapangan
A_{psc_lap}	:	Luas total baja prategang tekan pada daerah lapangan

A_{pst_tump} : Luas total baja prategang tarik pada daerah tumpuan
 A_{psc_tump} : Luas total baja prategang tekan pada daerah tumpuan
 B : Lebar tepi bawah penampang box girder



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Potongan Memanjang Jembatan <i>Box Girder</i>	1-3
Gambar 1.2 Penampang <i>Box Girder</i> Tipe 3000-2.....	1-4
Gambar 1.3 Diagram Alir.....	1-6
Gambar 2.1 <i>Span-By-Span Erection with Launching Gantry</i>	2-5
Gambar 2.2 Metode Konstruksi <i>Balanced Cantilever</i>	2-6
Gambar 2.3 <i>Balanced Cantilever Erection with Launching Gantry</i>	2-7
Gambar 2.4 <i>Balanced Cantilever Erection with Lifting Frame</i>	2-8
Gambar 2.5 <i>Balanced Cantilever Erection with Crane</i>	2-8
Gambar 2.6 <i>Construction Stage 1</i>	2-9
Gambar 2.7 <i>Construction Stage 2 dan 3</i>	2-10
Gambar 2.8 <i>Construction Stage 1</i>	2-10
Gambar 2.9 <i>Construction Stage 2</i>	2-11
Gambar 2.10 <i>Construction Stage 3</i>	2-11
Gambar 2.11 <i>Construction Stage 4</i>	2-11
Gambar 2.12 <i>Construction Stage 5</i>	2-12
Gambar 2.13 <i>Construction Stage 6</i>	2-12
Gambar 2.14 <i>Construction Stage 7</i>	2-12
Gambar 2.15 <i>Construction Stage 8 dan 9</i>	2-12
Gambar 2.16 Beban lajur “D”	2-20
Gambar 2.17 Alternatif Penempatan Beban “D” dalam Arah Memanjang..	2-21
Gambar 2.18 Pembebanan Truk “T” (500kN).....	2-22
Gambar 2.19 Faktor Beban Dinamis untuk Beban T pada Pembebanan Lajur “D”	2-24
Gambar 3.1 Pemodelan Jembatan Memanjang	3-1
Gambar 3.2 <i>Preliminary</i> untuk <i>Kantilever Box Girder</i>	3-5
Gambar 3.3 <i>Preliminary Design</i> untuk <i>Box Girder</i>	3-5
Gambar 3.4 <i>Box Girder</i> yang Digunakan.....	3-5
Gambar 3.5 <i>Structure Group 1</i> (Tampak atas Span 1).....	3-8
Gambar 3.6 <i>Structure Group 2</i> (Tampak atas Span 2).....	3-8

Gambar 3.7	<i>Structure Group 3</i> (Tampak atas keseluruhan Span)	3-8
Gambar 3.8	<i>Structure Group 1</i> (Tampak atas Pier Segment BC).....	3-9
Gambar 3.9	<i>Structure Group 2</i> (Tampak atas Segment kedua BC).....	3-9
Gambar 3.10	<i>Structure Group 3</i> (Tampak atas Segment ketiga BC)	3-9
Gambar 3.11	<i>Structure Group 4</i> (Tampak atas Segment keempat BC).....	3-10
Gambar 3.12	<i>Structure Group 5</i> (Tampak atas Segment kelima BC)	3-10
Gambar 3.13	<i>Structure Group 6</i> (Tampak atas Segment keenam BC).....	3-10
Gambar 3.14	<i>Structure Group 7</i> (Tampak atas Segment ketujuh BC)	3-11
Gambar 3.15	<i>Structure Group 8</i> (Tampak atas BC dan FSM kiri).....	3-11
Gambar 3.16	<i>Structure Group 9</i> (Tampak atas BC, FSM kiri, dan FSM kanan)	3-11
Gambar 3.17	Layout Tendon Jembatan <i>Span By Span</i> Construction Stage 1	3-12
Gambar 3.18	Layout Tendon Jembatan <i>Span By Span</i> Construction Stage 2 .	3-12
Gambar 3.19	Layout Tendon Jembatan <i>Balanced Cantilever</i> Construction Stage 1	3-12
Gambar 3.20	Layout Tendon Jembatan <i>Balanced Cantilever</i> Construction Stage 2	3-13
Gambar 3.21	Layout Tendon Jembatan <i>Balanced Cantilever</i> Construction Stage 3	3-13
Gambar 3.22	Layout Tendon Jembatan <i>Balanced Cantilever</i> Construction Stage 4	3-13
Gambar 3.23	Layout Tendon Jembatan <i>Balanced Cantilever</i> Construction Stage 5	3-14
Gambar 3.24	Layout Tendon Jembatan <i>Balanced Cantilever</i> Construction Stage 6	3-14
Gambar 3.25	Layout Tendon Jembatan <i>Balanced Cantilever</i> Construction Stage 7	3-14
Gambar 3.26	Layout Tendon Jembatan <i>Balanced Cantilever</i> Construction Stage 8 dan 9	3-15

Gambar 3.27 Perbesaran Gambar Layout Tendon Jembatan <i>Balanced Cantilever</i> Construction Stage 8 dan 9 bagian FSM Kiri	3-15
Gambar 3.28 Perbesaran Gambar Layout Tendon Jembatan <i>Balanced Cantilever</i> Construction Stage 8 dan 9 bagian FSM Kanan	3-15
Gambar 4.1 Diagram Momen CS1 akibat Berat Sendiri Metode <i>Span by Span</i>	4-1
Gambar 4.2 Diagram Momen CS2 akibat Berat Sendiri Metode <i>Span by Span</i>	4-2
Gambar 4.3 Diagram Momen CS3 akibat Berat Sendiri Metode <i>Span by Span</i>	4-2
Gambar 4.4 Diagram Momen CS1 akibat Berat Sendiri Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-3
Gambar 4.5 Diagram Momen CS2 akibat Berat Sendiri Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-3
Gambar 4.6 Diagram Momen CS3 akibat Berat Sendiri Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-4
Gambar 4.7 Diagram Momen CS4 akibat Berat Sendiri Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-4
Gambar 4.8 Diagram Momen CS5 akibat Berat Sendiri Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-5
Gambar 4.9 Diagram Momen CS6 akibat Berat Sendiri Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-5
Gambar 4.10 Diagram Momen CS7 akibat Berat Sendiri Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-6
Gambar 4.11 Diagram Momen CS8 akibat Berat Sendiri Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-6
Gambar 4.12 Diagram Momen CS9 akibat Berat Sendiri Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-7
Gambar 4.13 Diagram Momen CS1 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Span by Span</i>	4-8
Gambar 4.14 Diagram Momen CS2 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Span by Span</i>	4-8

Gambar 4.15 Diagram Momen CS3 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Span by Span</i>	4-9
Gambar 4.16 Diagram Momen CS1 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-9
Gambar 4.17 Diagram Momen CS2 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-10
Gambar 4.18 Diagram Momen CS3 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-10
Gambar 4.19 Diagram Momen CS4 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-11
Gambar 4.20 Diagram Momen CS5 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-11
Gambar 4.21 Diagram Momen CS6 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-12
Gambar 4.22 Diagram Momen CS7 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-12
Gambar 4.23 Diagram Momen CS8 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-13
Gambar 4.24 Diagram Momen CS9 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-13
Gambar 4.25 Tegangan Serat Atas CS1 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Span by Span</i>	4-14
Gambar 4.26 Tegangan Serat Atas CS2 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Span by Span</i>	4-14
Gambar 4.27 Tegangan Serat Atas CS3 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Span by Span</i>	4-15
Gambar 4.28 Tegangan Serat Atas CS1 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-15
Gambar 4.29 Tegangan Serat Atas CS2 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-16
Gambar 4.30 Tegangan Serat Atas CS3 akibat Gaya <i>Summation</i> Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-16

Gambar 4.31 Tegangan Serat Atas CS4 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-17
Gambar 4.32 Tegangan Serat Atas CS5 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-17
Gambar 4.33 Tegangan Serat Atas CS6 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-18
Gambar 4.34 Tegangan Serat Atas CS7 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-18
Gambar 4.35 Tegangan Serat Atas CS8 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-19
Gambar 4.36 Tegangan Serat Atas CS9 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-19
Gambar 4.37 Tegangan Serat Bawah CS1 akibat Gaya Summation Metode <i>Span by Span</i>	4-20
Gambar 4.38 Tegangan Serat Bawah CS2 akibat Gaya Summation Metode <i>Span by Span</i>	4-20
Gambar 4.39 Tegangan Serat Bawah CS3 akibat Gaya Summation Metode <i>Span by Span</i>	4-21
Gambar 4.40 Tegangan Serat Bawah CS1 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-21
Gambar 4.41 Tegangan Serat Bawah CS2 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-22
Gambar 4.42 Tegangan Serat Bawah CS3 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-22
Gambar 4.43 Tegangan Serat Bawah CS4 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-23
Gambar 4.44 Tegangan Serat Bawah CS5 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-23
Gambar 4.45 Tegangan Serat Bawah CS6 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-24
Gambar 4.46 Tegangan Serat Bawah CS7 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-24

Gambar 4.47 Tegangan Serat Bawah CS8 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-25
Gambar 4.48 Tegangan Serat Bawah CS9 akibat Gaya Summation Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-25
Gambar 4.49 Diagram Momen akibat Kombinasi Layan 1 Metode <i>Span by</i> <i>Span</i>	4-27
Gambar 4.50 Diagram Momen akibat Kombinasi Layan 1 Metode <i>Balanced</i> <i>Cantilever</i>	4-27
Gambar 4.51 Diagram Momen akibat Kombinasi Layan 2 Metode <i>Span by</i> <i>Span</i>	4-28
Gambar 4.52 Diagram Momen akibat Kombinasi Layan 2 Metode <i>Balanced</i> <i>Cantilever</i>	4-28
Gambar 4.53 Diagram Momen akibat Kombinasi Layan 3 Metode <i>Span by</i> <i>Span</i>	4-29
Gambar 4.54 Diagram Momen akibat Kombinasi Layan 3 Metode <i>Balanced</i> <i>Cantilever</i>	4-29
Gambar 4.55 Diagram Momen akibat Kombinasi Layan 4 Metode <i>Span by</i> <i>Span</i>	4-30
Gambar 4.56 Diagram Momen akibat Kombinasi Layan 4 Metode <i>Balanced</i> <i>Cantilever</i>	4-30
Gambar 4.57 Tegangan Serat Atas akibat Kombinasi Layan 1 Metode <i>Span by</i> <i>Span</i>	4-31
Gambar 4.58 Tegangan Serat Atas akibat Kombinasi Layan 1 Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-31
Gambar 4.59 Tegangan Serat Atas akibat Kombinasi Layan 2 Metode <i>Span by</i> <i>Span</i>	4-32
Gambar 4.60 Tegangan Serat Atas akibat Kombinasi Layan 2 Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-32
Gambar 4.61 Tegangan Serat Atas akibat Kombinasi Layan 3 Metode <i>Span by</i> <i>Span</i>	4-33
Gambar 4.62 Tegangan Serat Atas akibat Kombinasi Layan 3 Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-33

Gambar 4.63 Tegangan Serat Atas akibat Kombinasi Layan 4 Metode <i>Span by Span</i>	4-34
Gambar 4.64 Tegangan Serat Atas akibat Kombinasi Layan 4 Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-34
Gambar 4.65 Tegangan Serat Bawah akibat Kombinasi Layan 1 Metode <i>Span by Span</i>	4-35
Gambar 4.66 Tegangan Serat Bawah akibat Kombinasi Layan 1 Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-35
Gambar 4.67 Tegangan Serat Bawah akibat Kombinasi Layan 2 Metode <i>Span by Span</i>	4-36
Gambar 4.68 Tegangan Serat Bawah akibat Kombinasi Layan 2 Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-36
Gambar 4.69 Tegangan Serat Bawah akibat Kombinasi Layan 3 Metode <i>Span by Span</i>	4-37
Gambar 4.70 Tegangan Serat Bawah akibat Kombinasi Layan 3 Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-37
Gambar 4.71 Tegangan Serat Bawah akibat Kombinasi Layan 4 Metode <i>Span by Span</i>	4-38
Gambar 4.72 Tegangan Serat Bawah akibat Kombinasi Layan 4 Metode <i>Balanced Cantilever</i>	4-38

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Spesifikasi Penampang <i>Box Girder</i> Tipe 3000-2	1-4
Tabel 2.1 Pedoman untuk Penentuan Bentang Ekonomis	2-3
Tabel 2.2 Kombinasi Beban dan Faktor Beban	2-16
Tabel 2.3 Berat Isi untuk Beban Mati	2-17
Tabel 2.4 Faktor Beban untuk Berat Sendiri	2-18
Tabel 2.5 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan	2-19
Tabel 2.6 Faktor Beban untuk Beban Lajur “D”	2-20
Tabel 2.7 Faktor Beban untuk Beban “T”	2-22
Tabel 2.8 Faktor Beban akibat Pengaruh Prategang	2-24
Tabel 3.1 Nilai Konstanta Beton	3-2
Tabel 3.2 Karakteristik Material yang dipengaruhi Waktu	3-3
Tabel 3.3 <i>Breaking Stress Requirements Strain</i>	3-6
Tabel 3.4 <i>Yield Strength Requirements Strain</i>	3-6
Tabel 3.5 Strand Properties	3-7
Tabel 3.6 Ukuran <i>Strand</i> dan Tendon	3-7
Tabel 4.1 Tegangan pada Masa Konstruksi Metode <i>Span by Span</i>	4-26
Tabel 4.2 Tegangan pada Masa Konstruksi Metode <i>Balanced Cantilever</i> ..	4-26
Tabel 4.3 Tegangan pada Masa Layan	4-39
Tabel 4.4 Reduksi Strands pada Masa Layan di masing-masing Metode	4-40

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Jembatan adalah suatu sarana untuk menghubungkan dua lokasi yang dipisahkan dari suatu medium, misalnya oleh sungai atau lembah. Perkembangan zaman membuat jembatan banyak digunakan dan selalu dikaitkan dengan pertumbuhan ekonomi dari suatu tempat. Dengan adanya jembatan, semua kegiatan transportasi baik dalam pengiriman barang maupun sebagai sarana transportasi manusia untuk menuju ke suatu tempat yang dipisahkan oleh suatu medium menjadi sangat mudah untuk dilakukan. Perkembangan pembangunan infrastruktur di Indonesia yang semakin maju memungkinkan untuk pemerintah Indonesia membangun lebih banyak jembatan di berbagai kota, provinsi, dan di beberapa pulau di Indonesia.

Perkembangan pembangunan infrastruktur jembatan terutama untuk jembatan bentang panjang yang cukup pesat di Indonesia akan memunculkan beberapa tantangan seperti kondisi lapangan, desain jembatan yang sesuai dengan keadaan lapangan, dan metode konstruksi dalam pengerjaan jembatan. Metode-metode konstruksi pengerjaan jembatan bentang panjang pada bagian struktur atas jembatan (*superstructure*) yang ada dalam dunia konstruksi yaitu Metode *Balanced Cantilever*, Metode *Span-By-Span*, dan Metode *Incremental Launching*. Metode yang sering digunakan di Indonesia adalah Metode *Balanced Cantilever* dan Metode *Span-By-Span*. Dipilihnya kedua metode ini karena yang paling memungkinkan untuk dilaksanakan pada pembangunan jembatan di Indonesia adalah dengan melihat kondisi lapangan di sekitar proyek. Kedua metode ini menggunakan *box girder* yang merupakan segmen balok-balok penopang utama yang berongga.

Untuk Metode *Balanced Cantilever* biasanya digunakan *box girder* fabrikasi (*precast*) yang pemasangannya dilakukan dengan alat bantu *Launching Gantry*, *Lifting Frame*, dan *Crane*. Sedangkan untuk Metode *Balanced Cantilever* dengan pengecoran di tempat digunakan alat *Form Traveller*. Lalu untuk Metode *Span By-Span* biasa

digunakan *box girder* fabrikasi (*precast*) yang pemasangannya dilakukan dengan alat bantu *Launching Gantry*.

Metode konstruksi dalam pengerjaan jembatan bentang Panjang yang bervariasi harus diperhatikan dan dikaji dengan matang sesuai dengan kondisi lapangan sehingga diperoleh biaya, waktu, dan tenaga yang optimal. Pemilihan metode konstruksi yang digunakan juga akan berpengaruh pada jumlah kabel prategang (*strands*) yang akan digunakan pada tendon jembatan.

1.2 Inti Permasalahan

Analisis Jembatan *box girder* dengan Metode *Balanced Cantilever* dan Metode *Span-By-Span* memiliki perbedaan berupa waktu konstruksi, respon struktur jembatan, serta *stressing* kabel prategang pada masing-masing metode di setiap segmen yang akan dirangkai menjadi satu kesatuan jembatan. Dari perbedaan – perbedaan tersebut akan berpengaruh pada jumlah kabel prategang yang akan digunakan sehingga batas tegangan izin beton terpenuhi dengan memperhatikan tegangan serat atas dan bawah dari *box girder*. Maka pada skripsi ini akan dilakukan analisis perbandingan perilaku kabel prategang dengan Metode *Balanced Cantilever* dan Metode *Span-By-Span*.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pemodelan dan analisis struktur jembatan dengan Metode *Balanced Cantilever* dan Metode *Span-By-Span*.
2. Melakukan studi perbandingan respon struktur jembatan prategang pada Metode *Balanced Cantilever* dan Metode *Span-By-Span*.
3. Membandingkan jumlah kabel prategang yang digunakan pada Metode *Balanced Cantilever* dan Metode *Span-By-Span*.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

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

Panjang Total Jembatan : 63 meter

Jumlah Bentang Jembatan : 2 bentang

Lebar Jembatan : 13,5 meter (2 lajur 2 arah)

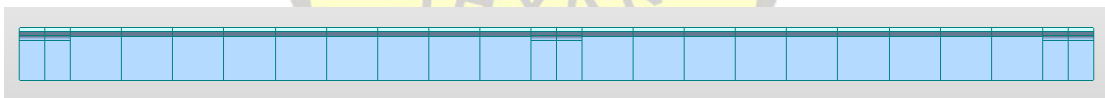
Panjang Segmen : 3 meter

Jumlah Segmen

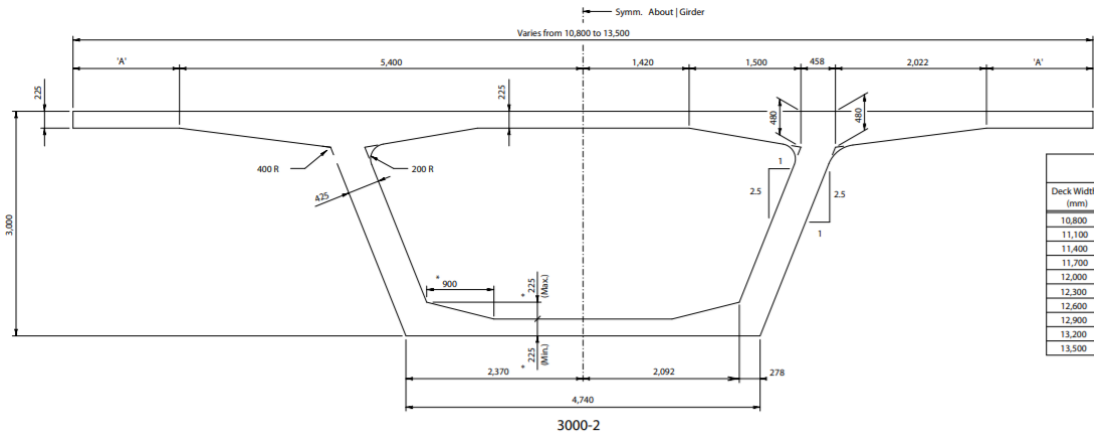
a. Bentang A : 10 segmen

b. Bentang B : 10 segmen

5. Mutu beton yang digunakan adalah beton normal dengan mutu 45 MPa.
6. Box girder yang digunakan adalah *box girder* pracetak (*precast*).
7. Jenis tendon yang digunakan para beton prategang adalah tendon dengan *strands* berukuran 0.6 *inch* (15,3 mm) dengan kekuatan tarik 1860 MPa.



Gambar 1.1 Potongan Memanjang Jembatan *Box Girder*



Gambar 1.2 Penampang *Box Girder* Tipe 3000-2

Tabel 1.1 Spesifikasi Penampang *Box Girder* Tipe 3000-2

3000-2					
Deck Width (mm)	'A' (mm)	Area (mm ²)	Wt/3,000 mm (Kn)	Ix (m ⁴)	Yt (mm)
10,800	0	6,980,000	511	8.540	1,105
11,100	150	7,047,000	516	8.606	1,095
11,400	300	7,115,000	521	8.671	1,086
11,700	450	7,182,000	526	8.735	1,077
12,000	600	7,250,000	531	8.797	1,068
12,300	750	7,317,000	536	8.858	1,059
12,600	900	7,385,000	541	8.919	1,051
12,900	1,050	7,452,000	545	8.978	1,042
13,200	1,200	7,520,000	550	9.036	1,034
13,500	1,350	7,587,000	555	9.093	1,026

8. Peraturan-peraturan yang digunakan :

- a. SNI 1725–2016. Pembebanan untuk Jembatan
- b. SNI 2833–2016. Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa
- c. AASHTO LRFD Bridge Design Specifications

9. Lokasi jembatan di Bandung dengan kondisi tanah lunak.

10. Software yang digunakan adalah Midas Civil.

1.6 Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

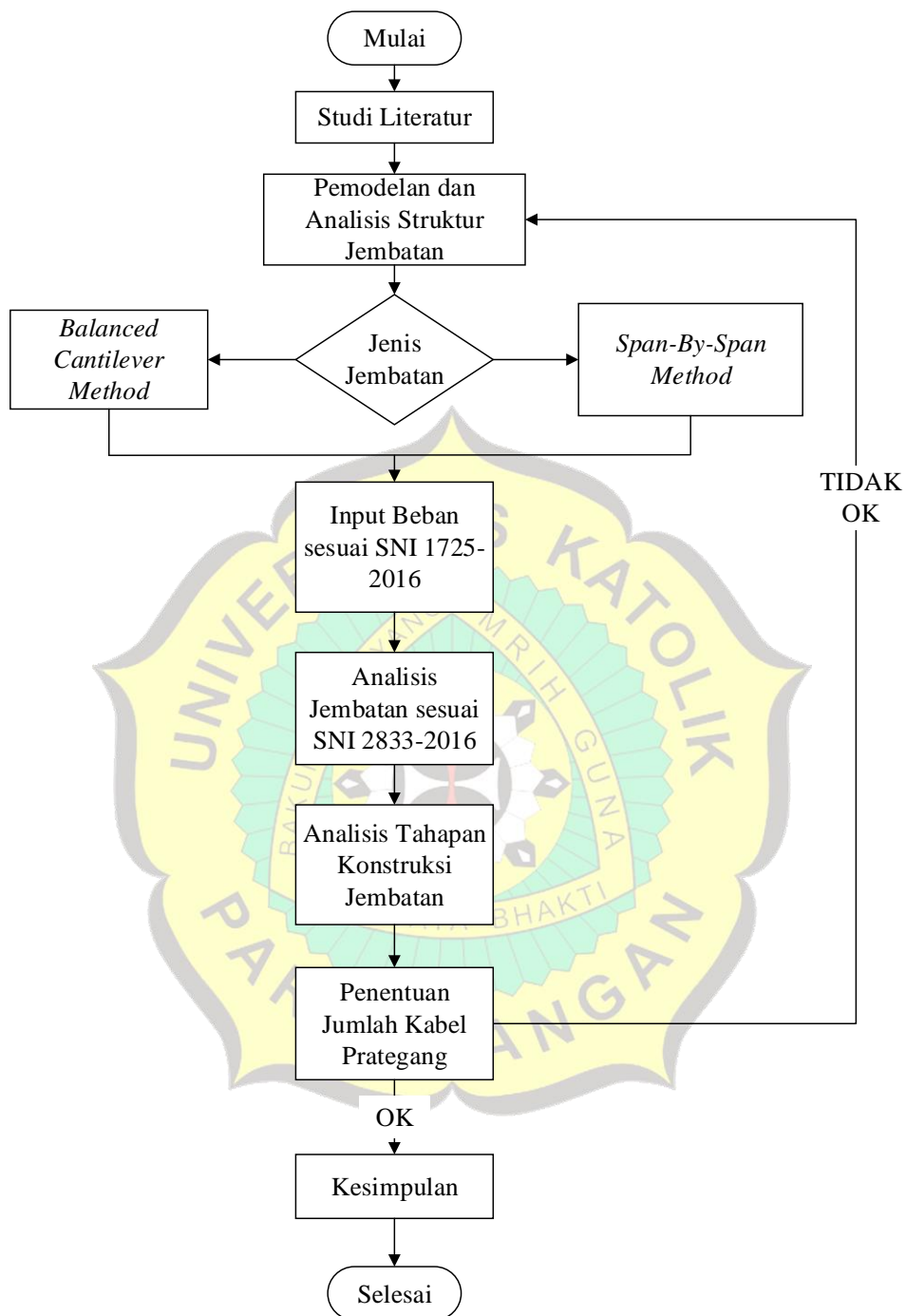
Melakukan kajian terhadap beberapa literatur untuk mendukung penelitian. Sumber – sumber penelitian yang diperoleh dari buku, jurnal, artikel, dan tulisan di internet tercantum pada daftar pustaka.

2. Studi Analisis

Dalam pemodelan dan analisis jembatan, serta untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan program Midas Civil dalam pembuatan skripsi ini.



1.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1.3 Diagram Alir

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini adalah :

BAB 1 Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang permasalahan, inti permasalahan, tujuan penelitian, ruang lingkup, metodologi penelitian, diagram alir penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang landasan teori yang akan digunakan dalam penyusunan skripsi ini.

BAB 3 Desain dan Pemodelan Struktur

Bab ini berisi tentang desain dan pemodelan struktur jembatan *box girder* dengan metode *Balanced Cantilever* dan metode *Span-By-Span* menggunakan bantuan program Midas Civil versi 19.1.1

BAB 4 Analisis dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang hasil analisis struktur menggunakan bantuan program Midas Civil versi 19.1.1

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan-kesimpulan hasil analisis dan saran-saran berdasarkan hasil yang diperoleh.

