

TUGAS AKHIR
ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA STRUKTUR ATAS
JEMBATAN PCI GIRDER DAN BOX GIRDER
BERDASARKAN STANDAR AHSP DAN SNI
(Studi Kasus : Jembatan Banyumanik I)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Sarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

NADA RAMADHANI NST
20072010208P



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nada Ramadhani Nst

NPM : 2007210208P

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisa perbandingan biaya struktur atas jembatan *Box Girder* dan *PCI Girder* berdasarkan AHSP dan SNI (Studi Kasus: Jembatan Banyumanik I)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, Mei 2023

Dosen Pembimbing



Tondi Amrasyah Putera, S.T.,M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nada Ramadhani Nst

NPM : 2007210208P

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisa perbandingan biaya struktur atas jembatan *Box Girder* dan *PCI Girder* berdasarkan AHSP dan SNI (Studi Kasus: Jembatan Banyumanik I)

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Univeristas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Mei 2023

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing


Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T

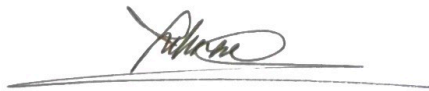
Dosen Pembanding I


Rizki Efrida ST, MT

Dosen Pembanding II


Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Ketua Prodi Teknik Sipil


Assoe. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

LEMBAR PENYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nada Ramadhani Nst
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 9 Januari 1999
NPM : 2007210208P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “Analisis Perbandingan Biaya Struktur Atas Jembatan *Box Girder* dan *PCI Girder* Berdasarkan Standar AHSP dan SNI”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga adanya ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan untuk memverifikasi, dengan melakukan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Univeristas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Mei 2023

yang menyatakan,



Nada Ramadhani Nst

Nada Ramadhani Nst

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA STRUKTUR ATAS JEMBATAN BOX GIRDER DAN PCI GIRDER BERDASARKAN STANDAR AHSP DAN SNI

Nada Ramadhani Nst
2007210208P

Tondi Amirsyah Putera, S.T.,M.T

Pemilihan bentuk girder dan metode pelaksanaan pada struktur jembatan atas sangat mempengaruhi terhadap waktu dan biaya pelaksanaan, sehingga diperlukannya analisis untuk menentukan yang mana lebih efektif dari pekerjaan yang ada, agar berhasilnya suatu proyek konstruksi. Analisis girder dilakukan secara AHSP 2016 dan SNI terhadap PCI girder dengan metode launching dan box girder dengan metode *balanced cantilever*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan biaya pelaksanaan dan waktu terhadap *PCI girder* dan *box girder* berdasarkan AHSP 2016 dan SNI, serta selisih biaya dan waktu yang dihasilkan dari kedua pekerjaan tersebut. Dari hasil analisis biaya yang dilakukan dengan membandingkan kedua pekerjaan girder tersebut diperoleh besarnya biaya dan waktu yang terjadi pada PCI girder baik secara AHSP maupun SNI. Pada AHSP biaya yang dihasilkan sebesar Rp. 32.362.982.56, secara SNI biaya yang dihasilkan sebesar Rp. 31.636.249.467 dengan waktu sekitar 90 hari kerja. Pada box girder biaya yang dihasilkan sebesar Rp. 20.707.030.335. Dengan waktu sekitar 60 hari kerja. Selisih biaya yang dihasilkan dari kedua metode tersebut sebesar Rp. 11.655.952.226 secara AHSP dan Rp. 10.929.219.132 secara SNI.

Kata kunci : PCI girder, box girder, analisis biaya, AHSP, SNI.

ABSCTRACT

COMPARISON ANALYSIS OF COST STRUCTURE OF BOX GIRDER AND PCI GIRDER BRIDGE BASED ON AHSP AND SNI STANDARDS

Nada Ramadhani Nst
2007210208P

Tondi Amirsyah Putera, S.T.,M.T

The selection of the girder form and the implementation method on the overhead bridge structure greatly affects the time and cost of implementation, so analysis is needed to determine which one is more effective than the existing work, for the success of a construction project. The girder analysis was carried out by AHSP 2016 and SNI on the PCI girder using the launching method and the box girder using the balanced cantilever method. The purpose of this study is to compare the implementation costs and time for PCI girder and box girder based on AHSP 2016 and SNI, as well as the difference in cost and time resulting from the two works. From the results of the cost analysis carried out by comparing the two girder jobs, it is found that the costs and time incurred on the PCI girder are both AHSP and SNI. In AHSP the resulting cost is Rp. 32,362,982.56, according to SNI, the resulting cost is Rp. 31,636,249,467 with about 90 working days. In the box girder, the resulting cost is Rp. 20,707,030,335. With about 60 working days. The difference in costs resulting from the two methods is Rp. 11,655,952,226 in AHSP and Rp. 10,929,219,132 according to SNI.

Keywords: *PCI girder, box girder, cost analysis, AHSP, SNI*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar. Adapun Adapun penelitian ini berjudul “Analisa Perbandingan Biaya Struktur Atas Jembatan Box Gider Dan Pci Girder Berdasarkan Standar AHSP Dan SNI (Studi Kasus : Jembatan Banyumanik I)”. Penelitian ini sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana program Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pada kesempatan ini, ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada berbagai pihak yang telah memberi bantuan berupa arahan. Oleh karena itu ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Tondi Amirsyah Putera S.T., M.T selaku Dosen pembimbing , yang telah membimbing penulis hingga bisa menyelesaikan proposal penelitian pada tugas akhir ini.
2. Ibu Rizki Efrida ST.,MT selaku dosen pembimbing I Program Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain,S.T.,M.Sc selaku dosen pembimbing II dan Ketua Program Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Pegawai Staf Biro Administrasi Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Teristimewa untuk orang tua penulis Ayahanda Alm. Ir. Mustamam Nst M.T dan Ibunda Dra. Nazlah yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
8. Kepada teman ekstensi terkhusus untuk jurusan teknik sipil yang telah menemani serta menjadi pendukung pengerjaan Tugas Akhir ini.

Dalam Tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan ketidak sempurnaan. Oleh karena itu, minta maaf jika ada kesalahan dalam penulisan. Serta kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan untuk perbaikan dalam penyelesaian proposal ini.

Medan, Mei 2023

Nada Ramadhani Nst

NPM: 2007210208P

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSCTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.5.1. Manfaat Teoritis	3
1.5.2. Manfaat Praktis	3
1.6. Sistematika Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Jembatan	5
2.2. Struktur Jembatan	5
2.2.1. Struktur Atas Jembatan	6
2.2.2. Struktur Bawah Jembatan	7
2.3. Erection Of Girder	8
2.3.1. MSS (Movable Scaffolding System)	9
2.3.2. ILM (Increamental Launching Method)	10
2.3.3. Balanced Cantilever dengan Form Traveller	11
2.3.4. Cable Stayed	11

2.3.5. Metode Precast Segmental	12
2.3.6. Balanced Cantilever Erection dengan Launching Gantry	12
2.3.7. Balanced Cantilever Erection dengan Lifting Frames	13
2.3.8. Span by Span Erection dengan Launching Gantry	14
2.3.9. Balanced Cantilever Erection dengan Cranes	14
2.3.10. Precast Beam	15
2.4. Beton Prategang	15
2.5. Balok Gelagar Prategang	16
2.5.1. PCI Girder	16
2.5.2. Box Girder	17
2.6. Pemberian Gaya Prategang	18
2.6.1. Pratarik (<i>pre tensioning</i>)	18
2.6.2. Pascatarik (<i>post-tensioning</i>)	19
2.7. Metode Pekerjaan	20
2.7.1. Metode Pelaksanaan PCI Girder	20
2.7.2. Metode Pelaksanaan Box Girder	22
2.8. Rencana Anggaran Biaya	23
2.8.1. Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)	24
2.8.2. Standar Nasional Indonesia (SNI)	25
2.8.3. BOW (Burgerlijke Openbare Werken)	25
2.9. Perencanaan Waktu Proyek	25
2.9.1. Metode Bar Chart atau Bagan Balok	26
2.9.2. Project Evaluation Review Technique (PERT)	27
2.9.3. Critical Path Method (CPM)	27
2.9.4. Metode Diagram Precedence atau PDM	28
2.9.5. Kurva S	28
BAB 3 METODE PENELITIAN	30
3.1. Umum	30
3.2. Data Pekerjaan	31
3.2.1. PCI Girder	31
3.2.2. Box Girder	32
3.3. Metode Pekerjaan	34

3.3.1. PCI Girder	34
3.3.2. Box Girder	34
3.4. Teknik Pengumpulan Data	34
3.5. Analisis Data	35
BAB 4 PEMBAHASAN	36
4.1. Analisa Pekerjaan Erection Girder	36
4.2. Analisis Biaya	36
4.2.1. Perhitungan Volume	36
4.2.1.1. Pekerjaan Box Girder	36
4.2.1.2. Pekerjaan PCI Girder	37
4.2.2. Perhitungan Koefisien	40
4.2.2.1. PCI Girder :	40
4.2.2.2. Box Girder :	45
4.2.3. Analisa Harga Satuan	51
4.2.4. Standard Nasional Indonesia	57
4.2.5. Rencana Anggaran Biaya	60
4.2.5.1. Rencana Anggaran Biaya secara AHSP	60
4.2.5.2. Rencana Anggaran Biaya secara SNI	62
4.2.6. Perbedaan Waktu dan Biaya	63
4.2.6.1. Perbedaan Waktu dan Biaya secara AHSP	64
4.2.6.2. Perbedaan Waktu dan Biaya secara SNI	64
BAB 5 KESIMPULAN	66
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Potongan Struktur Jembatan.	5
Gambar 2. 2	Movable Scaffolding System.	10
Gambar 2. 3	Skema Incremental Launching Method.	10
Gambar 2. 4	Metode Balanced Cantilever dengan Form Traveller	11
Gambar 2. 5	Metode Cable Stayed.	12
Gambar 2. 6	Metode Balanced Cantilever Erection dengan Launching Gantry	13
Gambar 2. 7	Metode Balanced Cantilever Erection dengan Lifting Frames	13
Gambar 2. 8	Metode Span by Span Erection dengan Launching Gantry	14
Gambar 2. 9	Metode balanced cantilever crection dengan cranes	14
Gambar 2. 10	Ilustrasi I Girder.	17
Gambar 2. 11	Ilustrasi Box Girder.	18
Gambar 2. 12	Konsep Pratarik	19
Gambar 2. 13	Konsep Pasca Tarik	20
Gambar 2. 14	Bar Chart	27
Gambar 2. 15	Kurva S	29
Gambar 3. 1	Diagram alir analisis anggaran biaya.	30
Gambar 3. 2	Tampak katas lokasi pekerjaan	31
Gambar 3. 3	Jembatan Banyumanik I original design	32
Gambar 3. 4	Detail PCI H-210	32
Gambar 3. 5	Jembatan Banyumanik I Review Design	33
Gambar 3. 6	Detail box girder	33
Gambar 4. 1	Perbedaan waktu dan biaya secara AHSP.	64
Gambar 4. 2	Perbedaan waktu dan biaya secara SNI.	64

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	Berat besi ulir.	38
Tabel 4. 2	Rekapitulasi perhitungan volume besi plat lantai (deck slab).	39
Tabel 4. 3	Perubahan volume pekerjaan.	39
Tabel 4. 4	Rekapitulasi koefisien tenaga kerja erection pci girder menggunakan metode launcher.	43
Tabel 4. 5	Rekapitulasi koefisien tenaga kerja erection box girder menggunakan metode balanced cantilever dengan alat gantry launcher.	49
Tabel 4. 6	AHS pemasangan PCI girder dengan gantry launcher.	52
Tabel 4. 7	AHS pemasangan box girder lebar 3 m dengan gantry launcher.	53
Tabel 4. 8	AHS pemasangan box girder lebar 2,5 m dengan gantry launcher.	54
Tabel 4. 9	AHS lantai jembatan (deck slab)	56
Tabel 4. 10	SNI Pembuatan beton mutu $f_c' = 31,2$	58
Tabel 4. 11	SNI pembersihan 10 kg dengan besi beton.	59
Tabel 4. 12	Rencana anggaran biaya pada PCI girder secara AHSP	61
Tabel 4. 13	Rencana anggaran biaya pada box girder	61
Tabel 4. 14	Selisih anggaran biaya secara AHSP	62
Tabel 4. 15	Rencana anggaran biaya pada PCI girder secara SNI	62
Tabel 4. 16	Selisih anggaran biaya secara SNI	63

DAFTAR NOTASI

Ct	= Cycle time (menit)
D	= Durasi tukang
Fa	= Faktor efisiensi alat
Ge	= Gantry engineer
Gs	= Gantry supervisor
Go	= Gantry operator
K	= Koefisien
L	= Luas (m ²)
L	= Labours
l	= lebar (m)
n	= Jumlah tukang
P	= Produktivitas tenaga kerja
Op	= Operator crane
p	= Panjang (m)
Q	= Kapasitas produksi
Qt	= Produksi girder per hari
R	= Rigger
S	= Surveyor
Ss	= Safety supervisor
T	= Waktu (menit)
Tk	= Jam kerja efektif per hari (jam)
Ts	= Waktu siklus (menit)
t	= Tebal (m)
V	= Kapasitas
V	= Volume pekerjaan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang berkembang dalam infrastruktur. Khususnya dalam 5 tahun terakhir pemerintah banyak melakukan pembangunan pada daerah-daerah yang belum memiliki ataupun kurang dalam hal infrastrukturnya. Kebutuhan infrastruktur dalam bidang transportasi merupakan kebutuhan utama yang harus dibangun oleh pemerintah. Salah satu infrastruktur yang dibangun oleh pemerintah saat ini adalah jembatan. Jembatan merupakan suatu sarana transportasi yang berfungsi menghubungkan jalan yang terputus karena rintangan seperti sungai, danau, lembah, laut, jalur kereta api yang melintas tidak sebidang (Witriyatna, dkk.2018)

Dalam merencanakan suatu jembatan ada hal penting yang perlu diperhatikan yaitu menentukan jenis jembatan serta memenuhi kriteria yang menjadi dasar desain sebuah jembatan yang akan dibangun. Adapun pokok-pokok perencanaan jembatan harus memenuhi syarat kekuatan dan stabilitas struktur, keamanan dan kenyamanan, kemudahan dan ekonomis. Pokok-pokok perencanaan tersebut dipengaruhi oleh lebar jembatan, panjang bentang jembatan, bahan, kondisi lapangan, waktu dan kemudahan pelaksanaan, teknologi yang tersedia dan biaya (Haning, dkk.2021)

Biaya yang diperlukan tidak sedikit dalam pembangunan sebuah jembatan, sehingga diperlukan suatu analisis biaya dengan membandingkan dua jenis jembatan yaitu PCI Girder dan Box Girder berdasarkan dua standar analisa harga yang berbeda. Analisa yang digunakan berdasarkan AHSP dan SNI. PCI girder adalah suatu balok beton yang memiliki desain ramping serta bentuk penampang menyerupai bentuk huruf I. Sedangkan Box girder adalah suatu komponen yang telah banyak digunakan pada infrastruktur jembatan transportasi di Indonesia.

Pada penelitian ini akan diperlihatkan perbedaan analisis biaya jembatan PCI Girder dan Box Girder berdasarkan dua standar analisa harga yang berbeda, dengan

panjang jembatan yang sama sekitar 170 m. Desain jembatan yang digunakan memiliki desain yang sama. Sehingga akhir analisis mendapatkan suatu perbedaan biaya yang ekonomis dan kekuatan yang sama dalam suatu perencanaan jembatan. Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka penulis tertarik dengan judul tugas akhir Analisis Perbandingan Biaya Struktur Atas Jembatan Box Girder dan PCI Girder Berdasarkan Standar AHSP dan SNI.

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, adapun yang menjadi rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan analisis biaya PCI girder dan box girder dengan desain dan bentang yang sama berdasarkan AHSP?
2. Bagaimana perbandingan analisis biaya PCI girder dan box girder dengan desain dan bentang yang sama berdasarkan SNI?
3. Bagaimana perbandingan biaya yang dihasilkan dari kedua jenis bentuk girder tersebut?

1.3.Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Analisis yang ditinjau hanya pada bagian struktur atas dengan panjang jembatan yang sama sekitar 170 m.
2. Perhitungan biaya berdasarkan AHSP 2016 bagian Bina Marga
3. Metode pelaksanaan launching untuk PCI dan *balanced cantilever* untuk *box girder* dengan alat yang digunakan sama yaitu *gantry launcher* dan *crane*.

1.4.Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis perbandingan biaya pelaksanaan dan waktu terhadap PCI girder dan box girder berdasarkan AHSP 2016.

2. Menganalisis perbandingan biaya pelaksanaan dan waktu PCI girder dan box girder berdasarkan SNI.
3. Mengetahui selisih biaya pelaksanaan dan waktu dari kedua bentuk precast tersebut.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai bahan referensi serta menambah wawasan dalam menganalisis biaya dan waktu dalam sebuah jembatan dalam pekerjaan nantinya dan mengevaluasi perhitungan biaya berdasarkan metode AHSP 2016 dan SNI.

1.5.2. Manfaat Praktis

Secara praktis manfaat dari penelitian ini adalah mengaplikasikan ilmu pengetahuan di bidang Teknik sipil dan lingkungan. Selain itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan atau alternatif bagi para konsultan atau kontaktor dalam pemilihan jenis jembatan yang memiliki fungsi, serta bentang yang sama dengan biaya yang ekonomis.

1.6. Sistematika Penelitian

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada laporan Tugas Akhir ini sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan penjelasan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi dasar teori, rumus, dan segala sesuatu yang digunakan untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini, yang diperoleh dari buku literatur, tulisan ilmiah, website, dan hasil penulisan sebelumnya.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini akan menampilkan bagaimana metodologi penelitian yang digunakan dari awal sampai akhir penelitian dan penjelasan mengenai cara penelitian menghitung anggaran biaya.

BAB 4 ANALISA PERHITUNGAN

Bab ini akan menyajikan penjelasan mengenai perhitungan, analisis pemodelan bentuk gambar, grafik atau tabel serta pembahasannya.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menyajikan penjelasan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari keseluruhan penulisan laporan tugas akhir ini dan saran saran yang dapat diterima penulis agar lebih baik lagi kedepan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

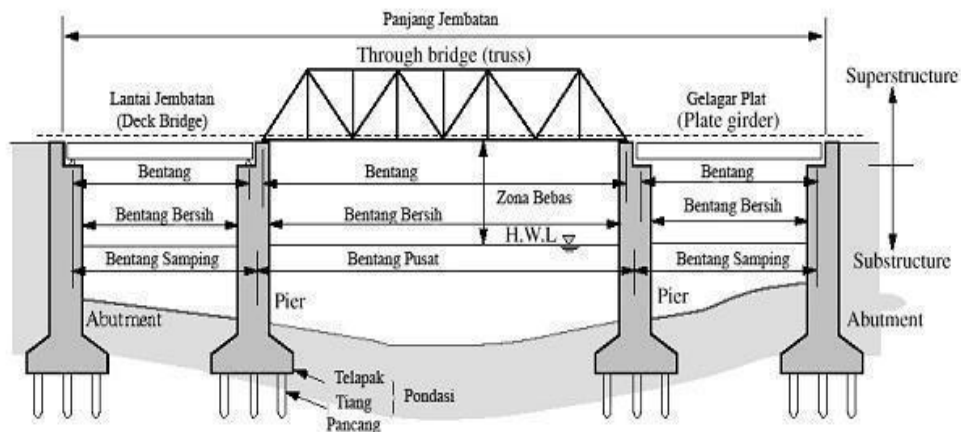
2.1. Jembatan

Jembatan adalah suatu konstruksi yang memiliki fungsi untuk menghubungkan jalan yang terpisah akibat adanya rintangan seperti lembah, sungai dan hal lainnya yang dapat memutuskan jalan transportasi. Menurut Ir. H. J. Struyk (1984) dalam bukunya jembatan merupakan suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau lalu lintas biasa).

Jembatan merupakan suatu bangunan pelengkap prasarana lalu lintas darat dengan konstruksi terdiri dari suatu konstruksi bangunan bawah dan struktur konstruksi bangunan atas yang menghubungkan dua ujung jalan yang terputus akibat adanya suatu rintangan. (Suko, 2016).

2.2. Struktur Jembatan

Struktur jembatan dibedakan menjadi 2 bagian yang terdiri atas, Lihat pada gambar 2.1:



Gambar 2. 1 : Potongan Struktur Jembatan.

2.2.1. Struktur Atas Jembatan

Struktur atas jembatan adalah bagian-bagian jembatan yang memindahkan beban yang diterima lantai jembatan ke perletakan. Lantai jembatan adalah bagian suatu jembatan yang langsung menerima beban lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki. Secara umum bangunan atas jembatan terdiri dari:

1. Gelagar Induk

Komponen gelagar induk memiliki beberapa tipe:

Balok-I Girder dengan bentuk I sering disebut dengan PCI Girder. Girder ini bisa terbuat dari bahan komposit maupun bahan non komposit.

Box Girder : *Box Girder* sangat cocok digunakan untuk jembatan bentang Panjang. Biasanya box girder didesain sebagai struktur yang menerus diatas pilar karena box girder dengan beton prategang dalam desain biasanya akan menguntungkan untuk bentang menerus . *Box girder* biasanya dapat berbentuk trapesium ataupun kotak. Namun, bentuk trapesium lebih sering digunakan karena dapat memberikan efisiensi yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan bentuk kotak.

Balok T : Balok T akan ekonomis untuk bentang 40-60 ft. Namun, pada struktur jembatan miring, pelaksanaan balok T memerlukan rangka kerja yang lebih rumit.

2. Lantai Jembatan

Lantai jembatan berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan yang menahan langsung beban lalu lintas yang melewati jembatan. Komponen ini menahan suatu beban dan ditransferkan secara langsung merata ke seluruh lantai kendaraan.

3. Perletakan atau Landas

Terletak dengan menumpu pada abutmen dan pilar yang berfungsi menyebarkan semua beban langsung jembatan abutmen dan diteruskan ke bagian fondasi.

4. Pelat Injak

Pelat injak berfungsi menghubungkan jalan eksisting dan jembatan sehingga tidak terjadi perbedaan perubahan elevasi rencana atau penurunan elevasi setelah jembatan beroperasi dalam jangka waktu yang lama.

5. Pot bearing

Struktur jembatan dapat dibagi dua kelompok yaitu superstruktur dan substruktur. Superstruktur berfungsi untuk menahan beban sendiri dan beban hidup

dan substruktur berfungsi menahan beban dari superstruktur. Media utama untuk mentransfer beban dari *superstructure* ke *substructure* adalah perletakan atau tumpuan yang salah satunya adalah jenis pot bearing. Keuntungan menggunakan *pot bearing* diantaranya :

- a. Mampu menahan beban yang sangat berat
- b. Berbagai macam tipe tersedia sesuai dengan kebutuhan
- c. Tahanan gesek yang kecil dan pergerakan yang besar
- d. Durabilitas tinggi.

Pot bearing terutama terdiri dari komponen yang terbuat dari plat baja, karet *Teflon*, dan *stainless steel*. Pot bearing terdiri dari 3 tipe (Suko, 2016):

a. *Fixed Bearing*

Tipe *fixed bearing* tidak bisa bergerak dua arah baik arah *longitudinal* jembatan maupun transversal jembatan. Pot bearing hanya bergerak rotasi saja.

b. *Guided Bearing*

Guided bearing mampu bergerak satu arah saja, yaitu arah *transversal* jembatan saja ataupun arah *longitudinal* jembatan, selain tipe ini bisa beregerak rotasi.

c. *Free Bearing*

Free bearing mampu bergerak ke segala arah dan rotasi.

6. *Modular Expantion Joint*

Modular expantion joint merupakan bahan yang dipasang antara dua bidang lantai untuk kendaraan pada perkerasan kaku dan dapat juga merupakan pertemuan antara konstruksi jalan pendekat sebagai media lalu lintas yang akan melkewati jembatan, supaya pengguna lalu lintas merasa aman dan nyaman.

2.2.2. Struktur Bawah Jembatan

Struktur bawah suatu jembatan adalah merupakan suatu pengelompokkan bagian-bagian jembatan yang menyangga jenis-jenis beban yang bekerja pada struktur, atau juga dapat disebut struktur yang langsung berdiri di atas tanah. Struktur bawah suatu jembatan terdiri dari:

1. Pondasi

Pondasi adalah merupakan bagian dari suatu jembatan yang meneruskan beban-beban langsung ke tanah atau batuan / lapisan tanah keras. Pondasi jembatan terdiri dari dua macam yaitu pondasi dangkal atau pondasi langsung (shallow foundation) dan pondasi dalam atau pondasi tak langsung (deep foundation) yang terdiri dari pondasi sumuean (caisson foundation) dan pondasi tiang pancang (pile foundation).

2. Pangkal jembatan / pilar

Pilar / pangkal jmebatgan adalah merupakan bagian-bagian jembatan yang memindahkan beban-beban dari perletakan ke pondasi, dan biasanya difungsikan sebagai bangunan penahan tanah.

3. Abutment

Abutment atau kepala jembatan adalah bagian bangunan pada ujung-ujung jembatan, selain sebagai pendukung bagi bangunan atas juga berfungsi sebagai penahan tanah.

2.3. Erection Of Girder

Erection Girder adalah suatu kegiatan pemasangan balok girder keatas tumpuannya. Metode erection girder yang umum digunakan adalah dengan menggunakan alat *Launcher* dan *Crawler Crane*. . Metode pelaksanaan erection balok gelagar jembatan sangat bervariasi dan sangat ditentukan oleh banyak factor, diantaranya (Suko 2016):

1. Kondisi medan
2. Tipe alat yang dimiliki
3. Kondisi akses menuju lokasi proyek
4. Pertimbangan lalu lintas lama
5. Tipe material dan struktur jembatan yang digunakan
6. Pertimbangan waktu pelaksanaan

Pada Jembatan Beton secara umum metode pelaksanaannya terbagi menjadi dua yaitu *Cast in situ* dan *Precast segmental*. *Cast in situ* sendiri merupakan metode pelaksanaan Jembatan dimana dalam melakukan pengerjaan pengecoran langsung

pada lokasi pembangunan, sedangkan *Precast segmental* yaitu metode pelaksanaan jembatan dimana beton dicetak dari luar pembangunan berupa beton Precast, yang nantinya beton tersebut akan siap di instalasi langsung. Metode *cast in situ* dan precast segmental memiliki metode tersendiri dalam proses pengerjaannya. (Polban)

Metode *Cast In situ* terbagi dari :

1. MSS (*Movable Scaffolding System*)
2. ILM (*Incremental Launching Method*)
3. *Balanced Cantilever* dengan *FormTraveller*
4. *Cable Stayed* dengan *FormTraveller*

Metode *Precast Segmental* terbagi dari :

1. *Balanced Cantilever Erection* dengan *Launching Gantry*
2. *Balanced Cantilever Erection* dengan *Lifting Frames*
3. *Span by Span Erection* dengan *Launching Gantry*
4. *Balanced Cantilever Erection* dengan *Cranes*
5. *Precast Beam*

2.3.1. MSS (Movable Scaffolding System)

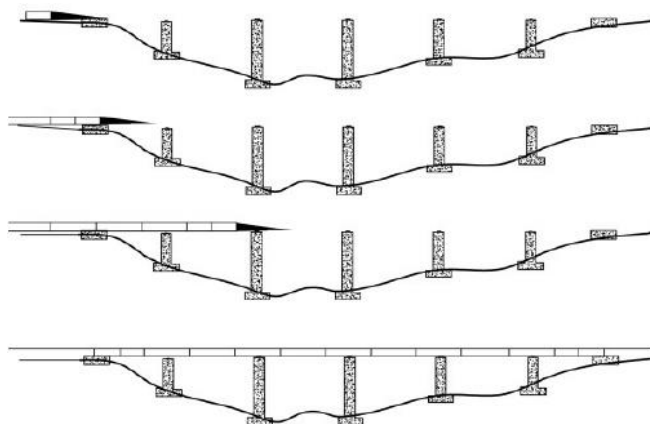
MSS (*Movable Scaffolding System*) adalah suatu metode konstruksi yang digunakan pada pelaksanaan *Cast In situ* dimana pengecoran dilakukan di lokasi setelah bekisting sudah terpasang. Prinsip kerja dari MSS ini dengan cara memindahkan Scaffolding dengan cara di geser ke segmen berikutnya saat beton sudah mengeras.



Gambar 2. 2 : *Movable Scaffolding System.*

2.3.2. ILM (Incremental Launching Method)

ILM merupakan salah satu metode erection pada jembatan bentang panjang yang sudah diimplementasikan sejak tahun 1962 yaitu pada Rio Caroni Bridge di Venezuela. Metode ini ditemukan oleh Prof. Dr. Ing. F. Leonhardt dan rekan kerjanya Willi Baur. Metode jembatan ini bisa dilaksanakan apabila pada sisi bawah lantai jembatan tidak ada gangguan yang artinya area bawah lantai jembatan tidak ada aktifitas yang mengganggu saat mengerjakan metode ini karena pada dasarnya harus tersedianya lahan yang cukup luas pada lokasi belakang abutment untuk produksi segmen lantai jembatan.



Gambar 2. 3: *Skema Incremental Launching Method.*

2.3.3. Balanced Cantilever dengan Form Traveller

Metode konstruksi balanced cantilever merupakan metode konstruksi jembatan yang dimana memanfaatkan efek kantilever seimbangnya sehingga struktur dapat berdiri sendiri, bisa mendukung berat sendirinya tanpa sokongan lain seperti perancah/formwork. Metode ini umumnya dilakukan dari atas struktur sehingga tidak diperlukan sokongan pada area bawah yang nantinya dapat mengganggu aktifitas di bawah jembatan, untuk metode balanced cantilever sendiri dilakukan cor setempat (*cast in situ*) pada box girder nantinya.

Konsep utama balanced cantilever adalah struktur jembatan dibangun dengan pertama kali membangun struktur-struktur kantilever seimbang.



Gambar 2. 4 : Metode *Balanced Cantilever* dengan *Form Traveller*

2.3.4. Cable Stayed

Cable Stayed merupakan jembatan memanfaatkan kabel-kabel berkekuatan tinggi sebagai penggantung yang menghubungkan gelagar dengan menara. Pada umumnya jembatan cable stayed menggunakan gelagar baja, rangka, beton atau beton pratekan sebagai gelagar utama (Zarkasi dan Rosliansjah, 1995). Pemilihan bahan gelagar tergantung pada ketersediaan bahan, metode pelaksanaan dan harga konstruksi.



Gambar 2. 5 : Metode *Cable Stayed*.

2.3.5. Metode Precast Segmental

Metode Precast Segmental adalah teknik jembatan yang tergolong baru dalam beberapa tahun terakhir yang merupakan hasil dari perkembangan konstruksi. Berbeda dari sistem konstruksi monolit, jembatan *segmental* terdiri dari elemen-elemen pracetak yang diprategkan bersama oleh tendon eksternal, metode ini digunakan untuk memasang *box girder* secara *precast*.

2.3.6. Balanced Cantilever Erection dengan Launching Gantry

Metode *Balanced Cantilever* dengan *Launching Gantry* merupakan metode yang dalam penggunaan baloknya dari hasil *precast* dan bukan dari pengecoran *cast in situ*.

Untuk metode ini menggunakan satu buah *gantry* atau lebih yang digunakan sebagai peluncur segmen-segmen *box girder* yang ada pada gambar dibawah ini. Terdapat kelebihan pada metode ini:

- a. Dalam proses pengerjaannya tidak akan mengganggu lalu lintas di area bawah pengerjaan jembatan.
- b. Perancah tidak diperlukan.

c. Untuk pekerjaan pemasangan di lapangan tidak memerlukan pekerja yang banyak.



Gambar 2. 6: Metode *Balanced Cantilever Erection* dengan *Launching Gantry*

2.3.7. **Balanced Cantilever Erection dengan Lifting Frames**

Metode *Balanced Cantilever* dengan *Lifting Frames* ini tidak jauh berbeda dengan yang menggunakan *launching gantry*. Perbedaannya hanya pada jenis alat yang digunakan untuk mengangkat segmen-segmen jembatannya. Pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 7: Metode *Balanced Cantilever Erection* dengan *Lifting Frames*

2.3.8. Span by Span Erection dengan Launching Gantry

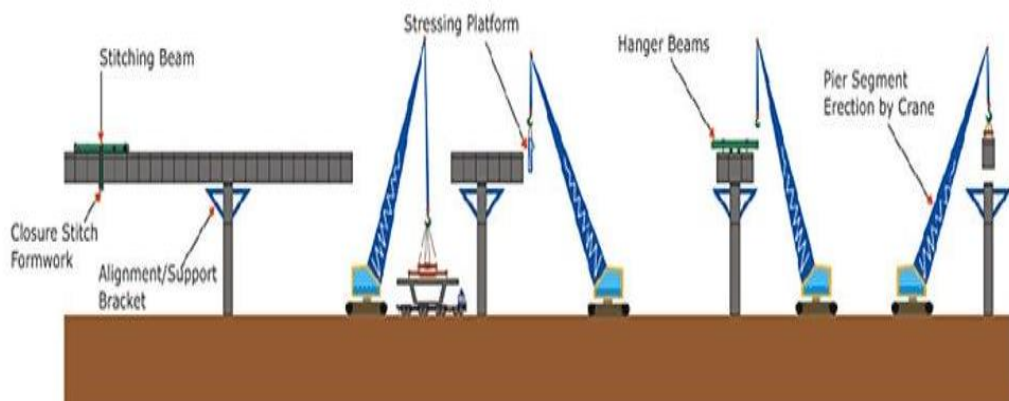
Metode Span by Span Erection dengan Launching Gantry merupakan metode pelaksanaan konstruksi jembatan untuk box girder pracetak/precast, dimana dalam pekerjaannya dikerjakan per segmen hingga dimana satu bentang jembatan sudah tersambung semua dari segmen-segmen tersebut. Proses tersebut dilakukan berulang hingga seluruh bentang jembatan tersambung. Pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 8 : Metode *Span by Span Erection* dengan *Launching Gantry*

2.3.9. Balanced Cantilever Erection dengan Cranes

Metode Balanced Cantilever dengan Cranes ini memiliki kesamaan dengan metode lifting frames, yang membedakan hanya pada penggunaan jenis alat untuk mengangkat segmen-segmen jembatannya. Untuk metode ini crane berfungsi untuk mengangkat tiap segmen. Pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 9 : Metode *balanced cantilever erection* dengan *cranes*

2.3.10. Precast Beam

Precast Beam adalah bagian dari horizontal, dibangun untuk memindahkan beban dari dinding atau pelat di atas dan mentransfernya ke penyangga vertikal di atasnya. Precast Beam dan pelat selama konstruksi membutuhkan bekisting yang rumit untuk menahan berat beton segar. Bekisting ini harus tahan selama 7 sampai dengan 28 hari, sehingga beton dapat menguat dan membawa beban diri dan beban yang dipaksakan jika ada.

2.4. Beton Prategang

Beton prategang merupakan penerapan gaya pratekan pada balok sedemikian rupa sebelum dikerjakan beban luar, guna meniadakan tegangan tarik serat beton yang terjadi saat beban luar bekerja (Nasution, 2009). Gaya prategang (*longitudinal*) yaitu gaya tekan yang memberikan prategang pada penampang di sepanjang bentang suatu elemen struktur sebelum bekerjanya beban mati dan hidup transversal (Nawy, 2001).

Beberapa jenis penampang jembatan beton prategang yakni :

1. Penampang I (I-girder) Gelagar utama terdiri dari plat girder atau rolled-I, penampang I efektif menahan beban tekuk dan geser.
2. Penampang kotak maupun trapesium (*box girder*) Gelagar utama terdiri dari satu atau beberapa balok kotak berongga dari beton, sehingga mampu menahan lendutan, geser dan torsi secara efektif.
3. Penampang U (U-girder) Gelagar utama terdiri dari satu atau beberapa balok berpenampang U dan akan diperkuat baja-baja prategang di dalamnya.

Konstruksi beton prategang ini memiliki beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan konstruksi beton bertulang biasa, antara lain (Insani & Rahmadini, 2012) :

1. Terhindarnya retakan terbuka di daerah Tarik, sehingga beton prategang akan lebih tahan terhadap korosi.
2. Lebih lengkat terhadap air, cocok untuk pipa dan tangka air.

3. Karena terbentuknya lawan lendut akibat gaya prategang sebelum beban rencana bekerja, maka lendutan akhir setelah beban rencana bekerja, akan lebih kecil daripada beton bertulang biasa.
4. Penampang struktur akan lebih kecil atau langsing, sebab seluruh luas penampang digunakan secara efektif.
5. Jumlah berat baja prategang jauh lebih kecil daripada jumlah berat besi penulangan pada konstruksi beton bertulang biasa.
6. Ketahanan geser balok dan ketahanan puntirnya bertambah.
7. Karena pada beton prategang menggunakan material yang bermutu tinggi baik beton dan baja prategang, maka volume material yang digunakan lebih kecil bila dibandingkan dengan beton bertulang biasa untuk beban yang sama. Berdasarkan penelitian dengan meningkatkan mutu beton 2 kali lipat akan menghemat biaya sekitar 30%.
8. Beton prategang akan lebih ringan atau langsing (karena volumenya lebih kecil) sehingga secara estetika akan lebih baik. Untuk bentangan-bentangan yang besar seperti jembatan dimana pengaruh berat sendiri sangat besar, maka penggunaan beton prategang akan sangat menguntungkan, karena lebih ringan dapat menghemat pondasinya.

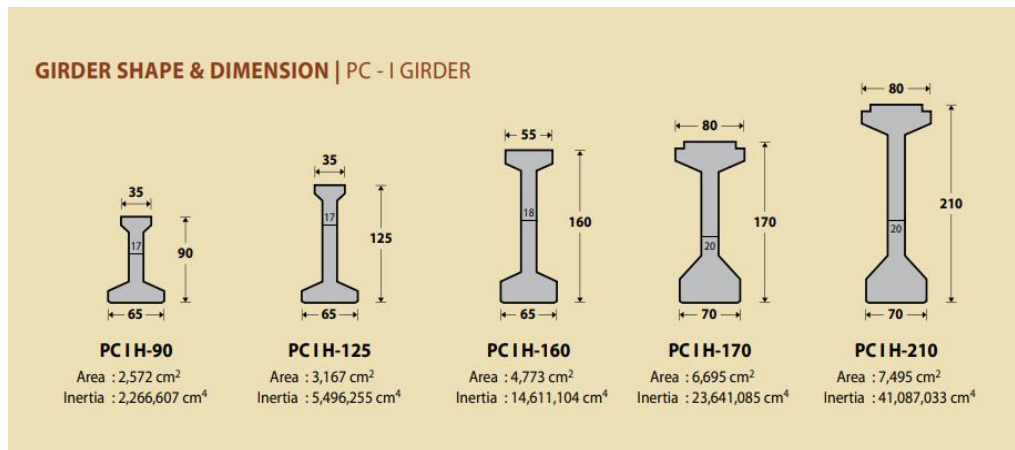
2.5. Balok Gelagar Prategang

Salah satu struktur jembatan yang sering menggunakan jenis beton prategang adalah gelagar jembatan. Sama halnya dengan gelagar jembatan beton bertulang, tipe gelagar prategang ini memiliki dua metode konstruksi dalam pembuatannya, yaitu metode konvensional dan metode pracetak.

2.5.1. PCI Girder

Girder dengan bentuk balok I sering disebut dengan PC-I girder (dari beton pracetak). Girder ini dapat terbuat dari bahan komposit ataupun bahan non komposit. Bentuk penampang ini merupakan bentuk yang paling sering digunakan dalam konstruksi jembatan. PC-I girder memiliki penampang yang kecil, sehingga lemah terhadap torsi. (Pratama, 2019). Di Indonesia, salah satu produsen penyedia

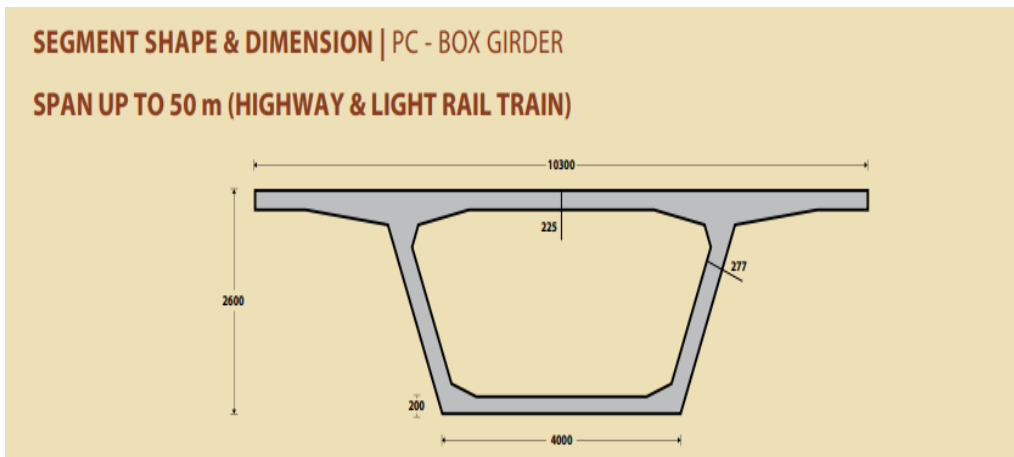
PCI Girder adalah PT. WIKA Beton, yang menyatakan PCI Girder cocok untuk melayani jembatan dengan bentang 10-50 meter, sedangkan rentang efektif dan efisien untuk tiap-tiap jenis profil bervariasi seperti dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 10 : Ilustrasi I Girder.

2.5.2. Box Girder

Tipe gelagar ini digunakan untuk jembatan bentang panjang. Gelagar kotak beton prategang dalam desain biasanya lebih menguntungkan untuk bentang menerus dengan panjang bentang + 300 ft (+ 100 m). Keutamaan gelagar kotak adalah pada tahanan terhadap beban torsi. Selain torsi, tipe box girder juga memiliki kuat tarik dan tekan yang relatif besar. Biasanya box girder didesain sebagai struktur menerus di atas pilar karena box girder dengan beton prategang dalam desain biasanya akan menguntungkan untuk bentang menerus. Box girder sendiri dapat berbentuk trapesium ataupun kotak. Namun bentuk trapesium lebih digemari penggunaannya karena akan memberikan efisiensi yang lebih tinggi dibanding bentuk kotak. Bentuk girder ini dapat melayani jembatan dengan bentang 30-40 m.



Gambar 2. 11 : Ilustrasi Box Girder.

2.6. Pemberian Gaya Prategang

Pada dasarnya ada dua macam metode pemberian gaya prategang pada beton, yaitu pratarik (*pre tension*) dan pascatarik (*post-tension*).

2.6.1. Pratarik (*pre tensioning*)

Pratarik (*Pre-tensioning*), yaitu penarikan baja dilakukan sebelum pengecoran beton. Pada sistem penarikan awal (*pre tensioning*), untuk mempercepat proses penarikan tendon dilepaskan pada saat beton mencapai 60% – 80% kekuatan yang disyaratkan yaitu pada umur 28 hari.

Adapun prinsip tahapan dari praktek ini sebagai berikut:

Tahap 1:

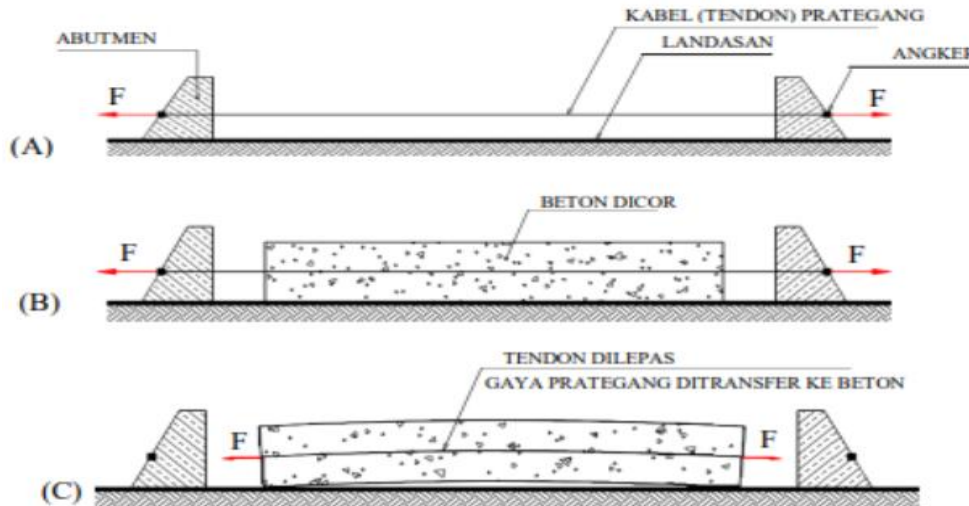
Kabel (tendon) prategang ditarik atau diberi gaya prategang kemudian diangker pada suatu abutment atap.

Tahap 2:

Beton dicor pada bekisting (formwork) dan landasan yang sudah sedemikian sehingga melingkupi tendon yang sudah diberi gaya prategang dan dibiarkan mengering.

Tahap 3:

Setelah beton mengering dan cukup umur untuk menerima gaya prategang, tendon dipotong dan dilepas, sehingga gaya prategang ditransfer ke beton.



Gambar 2. 12 : Konsep Pratarik

2.6.2. Pascatarik (*post-tensioning*)

Pascatarik (Post-tensioning), yaitu kebalikan dari sistem pratarik dimana penarikan baja dilakukan setelah beton mengeras. Bila kekuatan beton yang diperlukan telah tercapai, maka baja ditegangkan di ujung-ujungnya dan dijangkar.

Tahap 1:

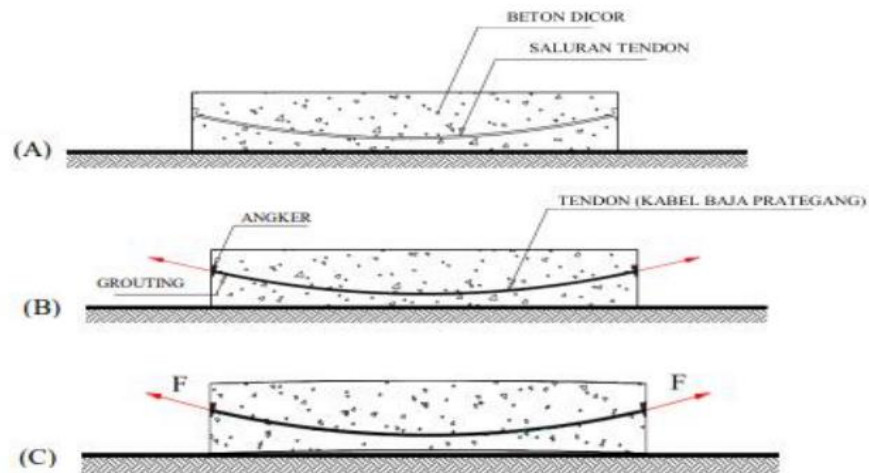
Dengan cetakan (formwork) yang telah disediakan lengkap dengan saluran/selongsong kabel prategang (tendon duct) yang dipasang melengkung sesuai bidang momen balok, kemudian beton dicor.

Tahap 2:

Setelah beton cukup umur dan kuat memikul gaya prategang, tendon atau kabel prategang dimasukkan dalam selongsong, kemudian ditarik untuk mendapatkan gaya prategang. Metode pemberian gaya prategang ini adalah salah satu ujung kabel diangker kemudian ujunglainnya ditarik (ditarik satu sisi). Adapun yang ditarik di kedua sisinya dan diangker secara bersamaan. Setelah diangkur, kemudian saluran di grouting melalui lubang yang telah disediakan.

Tahap 3:

Setelah diangkur, balok beton menjadi tertekan, jadi gaya prategang telah ditransfer ke beton. Karena tendon dipasang melengkung, maka akibat gaya prategang tendon memberikan beban merata ke balok yang arahnya ke atas, akibatnya balok melengkung ke atas



Gambar 2. 13 : Konsep Pasca Tarik

2.7. Metode Pekerjaan

2.7.1. Metode Pelaksanaan PCI Girder

Metode konstruksi dalam pelaksanaan PCI girder yang digunakan adalah dengan menggunakan *launcher gantry* yang dibantu oleh *crane* dalam proses pengangkatan girder.

Sebelum dilaksanakannya pekerjaan *erection girder* hal yang perlu dilaksanakan yaitu:

1. Persiapan *erection girder*

Sebelum dilaksanakannya *erection girder* perlu dilakukannya beberapa pekerjaan untuk memastikan *erection girder* sudah dapat dilakukan atau tidaknya, yaitu:

- Melakukan pemeriksaan terhadap perletakan jembatan sudah mencapai umur beton serta sudah sesuai dengan elevasinya.

- b. Dilaksanakannya pemeriksaan kelurusan dan chamber, serta pemeriksaan bearing pad sudah dipasang sesuai dengan ketentuan yang ada sebelum diletakkannya girder diatas *bearing pad*.

2. *Install launcher gantry*

Setelah dilaksanakan persiapan erection selanjutnya adalah penginstallan *launcher gantry* dapat dilakukan terlebih dahulu dengan menguji coba dengan install *main beam* yang dilakukan dibawah.

Pengangkatan main beam dilakukan dengan menggunakan crane.

3. Pemeriksaan *launcher gantry*

Setelah terlaksananya penginstallan *launcher gantry*, selanjutnya dilakukannya pemeriksaan terhadap *launcher gantry*, sudah sesuai dengan ketentuan yang ada.

4. *Loading test launcher gantry*

Dalam pekerjaan ini dilakukan pengecekan terhadap *launcher gantry* apakah berfungsi atau tidaknya *lock* pada *beam*, ketika berada diatas.

5. *Erection girder*

Setelah dilaksanakannya persiapan dan pemasangan *launcher gantry* tahap selanjutnya adalah pengangkatan girder ke atas bearing pad yang sebelumnya sudah dipastikan bahwa bearing sudah sesuai dengan spesifikasi dan siap untuk diletakkan beam diatasnya. Setelah itu dilaksanakan pekerjaan stressing pada girder. Dalam pelaksanaan *erection PCI girder* ini dibantu alat *crane* untuk mengangkat ke launcher.

6. Pekerjaan diafragma

Setelah dilaksanakan pemasangan girder, selanjutnya adalah pekerjaan pada diafragma. Dalam pekerjaan diafragma ini, diafragma yang digunakan secara precast.

7. Pekerjaan deck slab

Setelah dilaksanakannya pemasangan diafragma selanjutnya adalah pekerjaan deck slab. Dalam hal ini pekerjaan deck slab dibantu menggunakan shoring. Setelah dipastikan aman, maka pekerjaan selanjutnya yaitu pembesian serta pengecoran pada deck slab.

2.7.2. Metode Pelaksanaan Box Girder

Metode konstruksi dalam pelaksanaan *box girder* yang digunakan adalah metode *balanced cantilever*. Metode *balanced cantilever* adalah metode yang digunakan dalam pembangunan jembatan yang mana memanfaatkan efek kantilever seimbang sehingga struktur dapat berdiri sendiri, mendukung beratnya sendiri tanpa bantuan sokongan/penahanya lainnya (perancah/*falsework*).

Metode ini merupakan bagian dari pekerjaan struktur atas, sehingga tidak diperlukannya perancah dibawahnya yang memungkinkan dapat mengganggu aktifitas yang ada dibawah jembatan tersebut. Metode *balanced cantilever* dapat dilakukan secara cor setempat (*cast in situ*) atau secara segmen pracetak (*precast segmental*). Namun pada penelitian ini dilakukan metode *balanced cantilever* secara segmen pracetak (*precast segmental*).

Pada bab ini, pembahasan yang dilakukan hanya dilakukan pada bagian struktur atas pada jembatan saja. Sebelum dilaksanakannya pekerjaan *erection girder* hal yang perlu dilaksanakan yaitu:

1. *Install launcher gantry*

Penginstallan launcher gantry dapat dilakukan terlebih dahulu dengan menguji coba dengan install main beam yang dilakukan dibawah.

Pengangkatan main beam dilakukan dengan menggunakan crane.

2. Pemeriksaan *launcher gantry*

Setelah terlaksananya penginstallan *launcher gantry*, selanjutnya dilakukannya pemeriksaan terhadap *launcher gantry*, sudah sesuai dengan ketentuan yang ada.

3. *Loading test launcher gantry*

Dalam pekerjaan ini dilakukan pengecekan terhadap *launcher gantry* apakah berfungsi atau tidaknya *lock* pada *beam*, ketika berada diatas.

4. *Erection box girder*

Setelah dilaksanakannya beberapa tahap pelaksanaan sebelum dilakukannya *erection girder*, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah *erection girder*.

Erection girder diletakkan sesuai dengan pekerjaan yang direncanakan. Setiap pemasangan segmental akan ditahan oleh *temporary support* untuk menjaga keseimbangan.

5. Penggabungan struktur-struktur kantilever

Setelah dilaksanakannya erection girder, maka struktur girder tersebut harus disatukan dengan girder sebelumnya menggunakan continue tendon positif yang berada dibawah segmen precetak daerah lapangan, juga dengan continue negative di daerah lapangan jika ada tegangan tarik beton berlebih. Sebelum dilakukan penarikan continue tendon negatif dan positif, closure pour antara struktur kantilever harus sudah dicor dan harus sudah mencapai kuat tekan rencana.

2.8. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan perkiraan atau perhitungan biaya yang diperlukan untuk tiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi, sehingga diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut.

Ada dua hal yang berpengaruh terhadap penyusunan anggaran biaya suatu bangunan yaitu faktor teknis dan non teknis. Faktor teknis antara lain berupa ketentuan-ketentuan dan persyaratan yang harus dipenuhi dalam pelaksanaan pembangunan serta gambar-gambar konstruksi bangunan. Sedangkan faktor non teknis meliputi harga bahan-bahan bangunan dan upah tenaga kerja atau tukang. Sebelum menghitung suatu bangunan harus diketahui daftar-daftar untuk perhitungan. Adapun daftar-daftar tersebut sebagai berikut:

1. Daftar harga satuan bahan

Daftar harga satuan bahan berisi daftar bahan-bahan bangunan yang akan digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan dengan satuan masing-masing. Satuan dari bahan-bahan tergantung dari macam/jenis dari 2 3 bahan-bahan bangunan yang bersangkutan, yaitu : biji, kg, m , m, lembar dan sebagainya.

2. Daftar harga satuan upah tenaga kerja

Daftar harga satuan upah berisi upah perhari dari tenaga kerja, misalnya : pekerja, tukang, mandor, kepala tukang.

3. Daftar Volumedan Harga Satuan Pekerjaan

Daftar volume dan harga satuan pekerjaan berisi tentang jenis/macam pekerjaan. Sedangkan volume pekerjaan ialah perhitungan dari gambar rencana

yang berupa jumlah dalam isi, luas (m²) dan panjang (m) atau jumlah dalam satuan yang lain.

4. Daftar Rekapitulasi

Daftar rekapitulasi dari semua kegiatan pekerjaan, berisi daftar bagian-bagian dari masing-masing pekerjaan yang diperoleh dari daftar 1-3 diatas. Penjumlahan harga-harga pekerjaan rekapitulasi merupakan harga bangunan riil yang disebut harga nominal.

Adapun 3 metode perhitungan dalam menganalisa biaya yaitu:

2.8.1. Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) merupakan pedoman yang digunakan pada sistem koefisien sebagai awal dari perencanaan perhitungan anggaran biaya seperti upah pekerjaan, analisa material, analisa harga satuan pekerjaan dan peralatan sudah diatur oleh pemerintah yang sesuai dengan SNI maupun AHSP sebagai ketetapan koefisien sehingga indeks biaya sangat berpengaruh terhadap besarnya harga satuan pekerjaan. ketetapan yang sudah diatur merupakan hasil dari analisa produktivitas yang dihasilkan oleh tenaga kerja di Indonesia yang dilihat dari pengalamannya bekerja. Yang ditetapkan dalam penetapan produktivitas tenaga kerja diatur pada SNI 7394:2008, sehingga dibutuhkan peraturan terbaru pada saat ini yang masih digunakan yaitu AHSP 2016. Cara menghitung koefisien tenaga produksi harian sebagai berikut:

$$P = \frac{V}{\text{Koefisien}} \quad (2.1)$$

$$D = \frac{V}{P.n} \quad (2.2)$$

Dimana:

P = Produktivitas tenaga kerja

D = Durasi tukang

V = Volume pekerjaan

K = Koefisien

n = Jumlah tukang

2.8.2. Standar Nasional Indonesia (SNI)

Prinsip perhitungan pada harga satuan pekerjaan dengan menggunakan metode SNI sedikit lebih mundur dikarenakan pada Standar Nasional Indonesia diterbitkan pada tahun SNI 1998, SNI 2002, SNI 2008. Edisi ini digunakan sebelum adanya revisi yang terbaru seperti ASHP 2016. Dimana produktivitas tenaga kerja SNI 7394:2008 masih cukup sederhana hampir keseluruhan pekerjaan menggunakan cara yang manual dengan tenaga manusia kemudian pada kegiatan jam kerja masih 5 jam dalam sehari.

2.8.3. BOW (Burgerlijke Openbare Werken)

BOW (*Burgerlijke Openbare Werken*) merupakan koefisien analisa harga satuan zaman dulu yang dipake pada masa Hindia Belanda untuk menghitung anggaran biaya namun pada saat ini sistem metode BOW (*burgerlijke Openbare Werken*) sudah jarang dipakai karena sudah jadul dan sederhana sehingga hanya mencakup dua prinsip koefisien yaitu upah dan bahan, sedangkan untuk harga peralatan belum tercantum, maka perlahan-lahan beralih meninggalkan metode ini. Meski demikian metode BOW masih dipergunakan untuk bahan pembelajaran serta menambah pengetahuan, sering digunakan sebagai media perbandingan. Jika metode BOW digunakan hanya berlaku pada pekerjaan yang menggunakan tenaga manusia dengan peralatan yang sederhana yang bersifat konvensional seperti, pekerjaan mencangkul, gergaji, dan tidak dapat dipakai sama sekali apabila peralatan yang digunakan sudah menggunakan tenaga mesin

2.9. Perencanaan Waktu Proyek

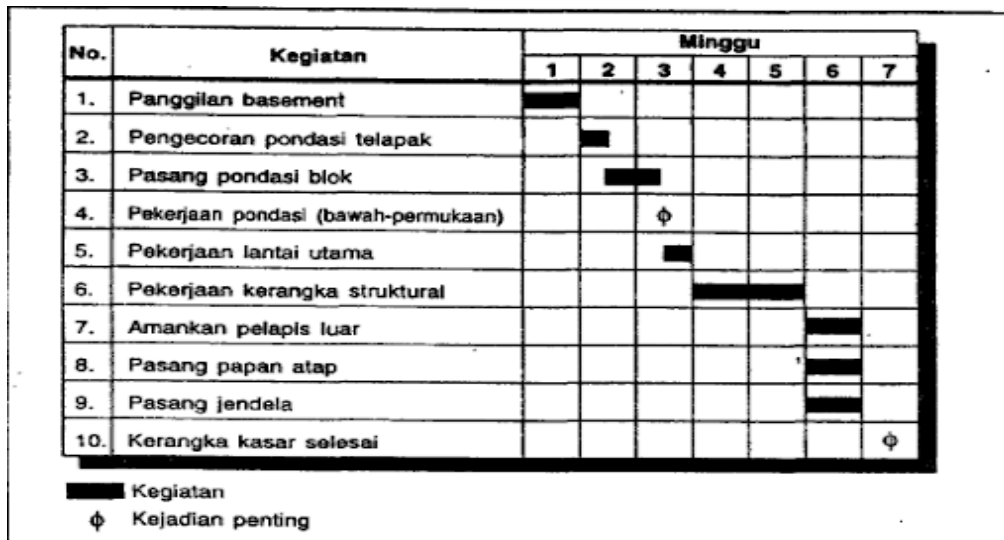
Perencanaan adalah suatu proses awal yang sangat diperlukan dalam manajemen suatu proyek yang menentukan dasar tujuan dan sasaran serta menyiapkan segala sumber daya dalam suatu proyek. Perencanaan berfungsi untuk meletakkan dasar sasaran proyek yaitu penjadwalan, anggaran dan mutu. Penjadwalan merupakan suatu perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan dalam menyelesaikan suatu proyek dengan urutan serta waktu tertentu.

Penjadwalan proyek adalah suatu bentuk perencanaan proyek yang dibuat dengan tujuan agar proyek selesai tepat waktu. Agar proyek dapat diselesaikan tepat waktu dengan sumber daya yang efisien dan menghasilkan bangunan sesuai yang diharapkan, maka diperlukan penyusunan jadwal. Adapun metode yang dapat digunakan untuk menyusun perencanaan jadwal suatu proyek yaitu *Bar Chart*, *Network Diagram (PERT, CPM, PDM)* dan *Line of Balance (LOB)*.

2.9.1. Metode Bar Chart atau Bagan Balok

Bar Chart pertama kali diperkenalkan oleh Henry L. Gantt pada tahun 1917. *Bar Chart* sering disebut juga dengan nama *Gantt Chart*. Metode ini merupakan metode yang umum digunakan sebagian besar penjadwalan dan pengendalian konstruksi terutama dalam menyusun jadwal suatu proyek baik pada kontraktor kecil maupun kontraktor besar dari sektor swasta sampai dengan BUMN.

Pada metode *Bar Chart* aktivitas digambarkan dengan arah horizontal yang menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu atau bulan sebagai durasi waktunya dan arah vertikal menyatakan pekerjaan yang telah direncanakan dari lingkup proyek serta diukur waktu pelaksanaannya yang digambarkan sebagai batang. Penggambaran batang pada setiap baris aktivitas menunjukkan waktu mulai dan selesainya aktivitas. Berikut merupakan tabel proses pengerjaan *time schedule* dengan metode *Bar Chart*.



Gambar 2. 14 : Bar Chart

2.9.2. Project Evaluation Review Technique (PERT)

Project Evaluation Review Technique (PERT) pertama dikembangkan sejak tahun 1958 oleh Booz, Allen dan Hamilton dalam proyek pengembangan *Polaris Missile System* (Ervianto,2004). PERT dapat digunakan sebagai suatu alat manajemen proyek yang digunakan untuk merangkai penjadwalan dan mengatur bagian-bagian pekerjaan yang ada dalam suatu proyek serta memperkirakan durasi waktu suatu proyek (Soeharto, 1999). Menurut Soeharto (1999) dalam *Project Evaluation Review Technique* (PERT) menggunakan tiga waktu estimasi untuk setiap aktivitas diantaranya yaitu waktu optimis (*a*), waktu paling mungkin (*m*) dan waktu pesimis (*b*).

2.9.3. Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method (CPM) merupakan metode untuk perencanaan dan pengendalian suatu proyek yang dikembangkan pada tahun 1957 oleh J.E. Kelly dari Remington Rand dan M.R. Walker dari perusahaan Du Pont (Soeharto,1999). Dalam pekerjaan proyek terdapat hubungan ketergantungan antara aktivitas satu dan lainnya dengan cara digambarkan dalam diagram network, hal ini disebut jaringan kerja (*network planning*).

2.9.4. Metode Diagram Precedence atau PDM

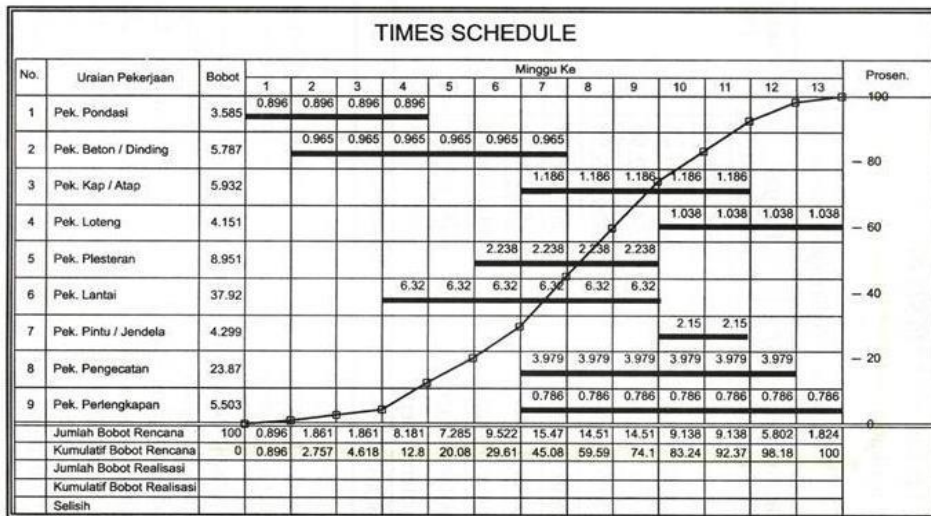
Metode Diagram Precedence atau PDM sebuah jaringan kerja yang termasuk dalam klarifikasi teknik penjadwalan Network Planning atau AON (activity on node). Metode diagram precedence atau PDM berbeda dengan diagram panah yang cenderung pada kegiatan, karena dalam metode diagram precedence atau PDM cenderung kegiatan pada sebuah node - node. Metode diagram precedence atau PDM memiliki ciri - ciri sebagai berikut :

1. Dalam Metode diagram precedence atau PDM garis menunjukkan sebagai hubungan yang saling bersangkutan.
2. Dalam Metode diagram precedence atau PDM kegiatan – kegiatan digambarkan dengan node, kotak (block) dan persegi panjang.

2.9.5. Kurva S

Kurva S ialah sebuah pengendalian dan Perencanaan biaya dan di gunakan untuk pembantuan arus kas (cash flow). Kurva S merupakan hasil yang di dapat dari Barchat, yang di gambarkan dengan grafik sumbu vertical untuk nilai dari kumulatif biaya atau penyelesaian proyek dan sumbu horizontal untuk waktu. Kurva S ditujukan supaya dapat melihat dari urutan kegiatan – kegiatan yang dikerjakan untuk pengamatan dalam pelaksanaan sebuah proyek. Dalam kurva s dapat juga melihat dari kemampuan proyek, waktu yang di butukan dan bobot dari sebuah pekerjaan yang persentase secara kumulatif dari semua kegiatan proyek. Berdasarkan pengertian diatas, bisa diambil sebuah kesimpulan bahwa kurva s digunakan sebagai berikut :

1. Kurva s digunakan untuk mengetahui kebutuhan dan pengeluaran dari biaya pelaksanaan sebuah proyek.
2. Kurva s digunakan untuk menganalisis kemajuan dari keseluruhan proyek.
3. Kurva s digunakan untuk kontrol dari masalah atau penyimpangan pada proyek dan dapat di ketahui dengan melihat dari kurva s actual yang di bandingkan dengan kurva s rencana.



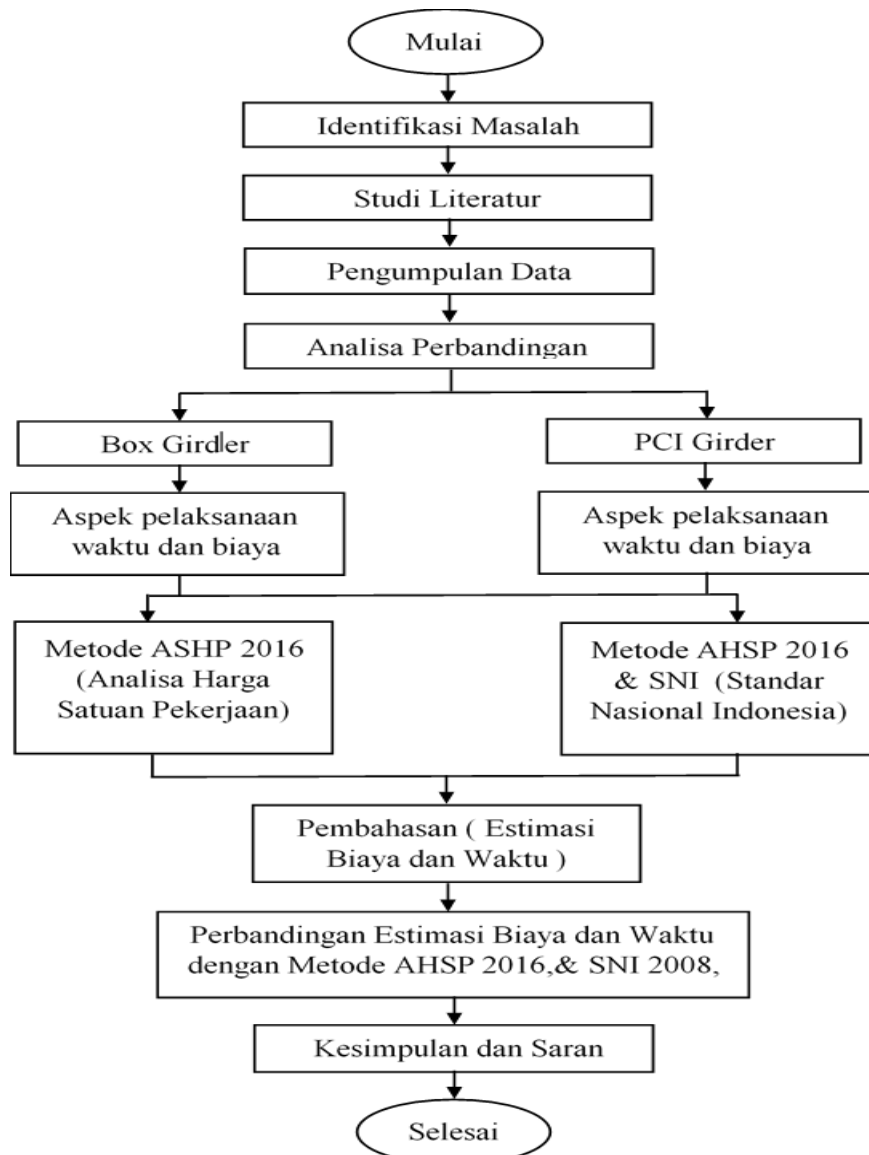
Gambar 2. 15 : Kurva S

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Umum

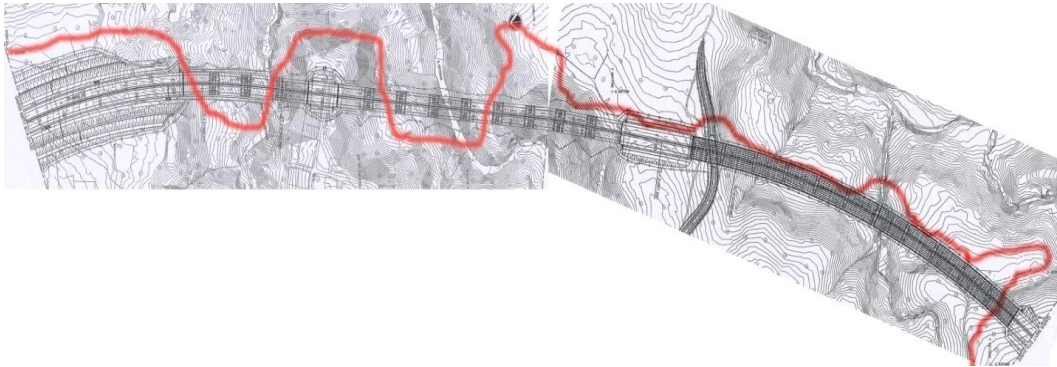
Pembahasan yang dilakukan pada bab ini adalah mengenai bagaimana metode penelitian ini dilakukan. Metode dalam penelitian ini dituangkan dalam suatu bagan alir seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 : Diagram alir analisis anggaran biaya.

3.2.Data Pekerjaan

Lokasi Jembatan Banyumanik I ketika dilihat dari tampak atas, seperti pada gambar 3.2.



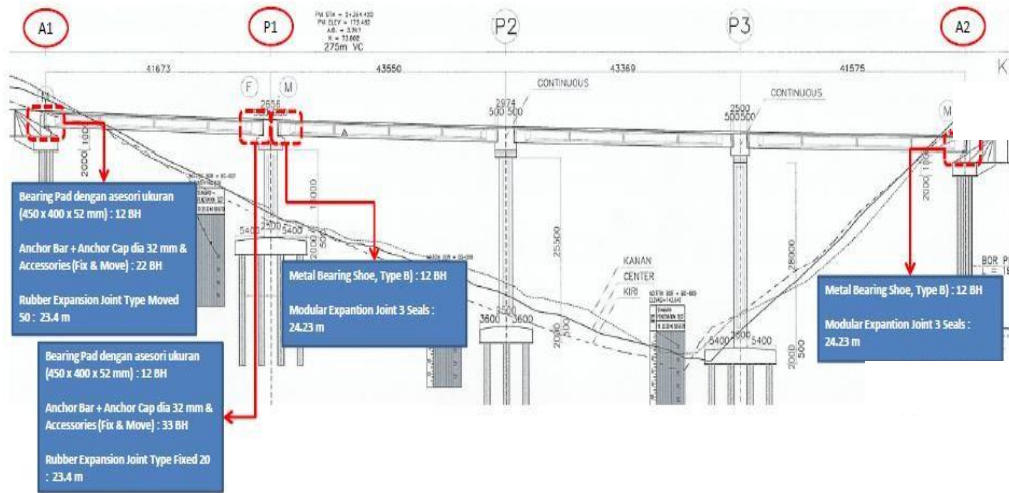
Gambar 3.2 : Tampak atas lokasi pekerjaan

3.2.1. PCI Girder

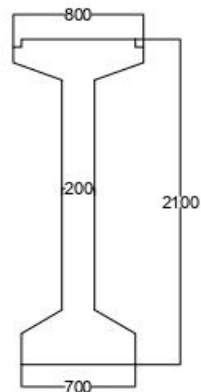
1. Panjang bentang jembatan : 170,176 m
2. Lebar Jembatan : 25,2 m
3. umlah bentang : 4 bentang
4. Jumlah pilar : 3 pilar
5. Jumlah abutmen : 2 abutmen
6. Elevasi tertinggi : + 176.414
7. Elevasi terendah : + 141.536

Jembatan Banyumanik I memiliki panjang bentang yaitu 170,69 m. Jembatan Banyumanik I terdiri dari 4 bentang dengan rata-rata panjang sebesar 40 meter. Jembatan terdiri dari 3 pilar dan 2 abutmen, ketinggian pilar tertinggi sebesar 28 meter pada pilar P3. Pilar jembatan berada diatas fondasi bore pile dengan diameter 1,2 meter dan kedalaman sebesar 19 meter. Jumlah bearing sebanyak 48 buah. Jembatan berada pada area dengan kontur perbukitan dengan selisih tinggi titik terendah dan tertinggi mencapai 28 meter. Adapun gambar jembatan Banyumanik I pada gambar 3.3.

JB BANYUMANIK 1 - ORIGINAL DESAIN



Gambar 3.3 :Jembatan Banyumanik I PCI Girder



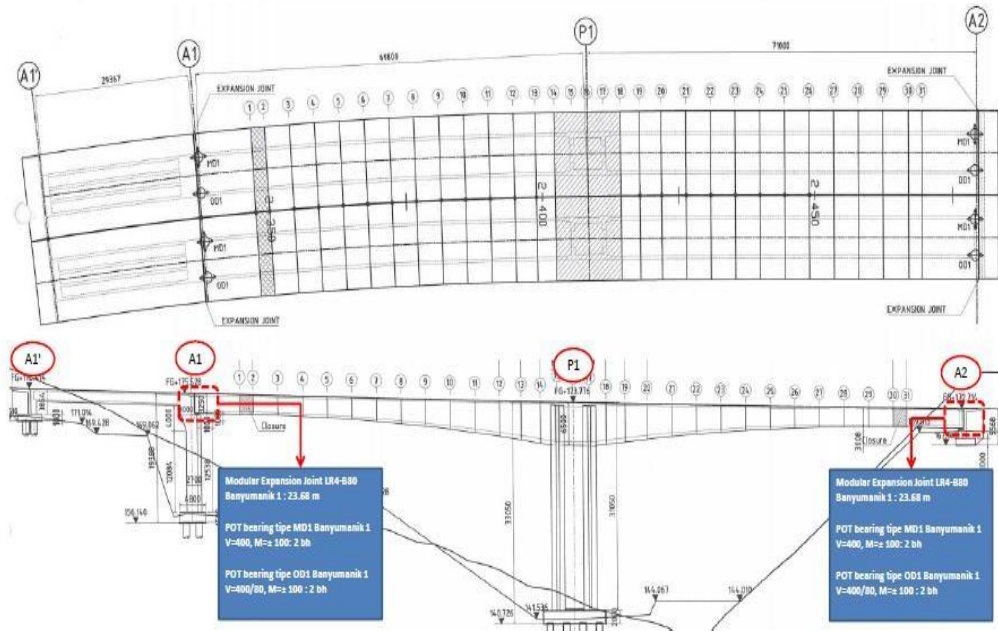
Gambar 3. 4 : Detail PCI H-210

3.2.2. Box Girder

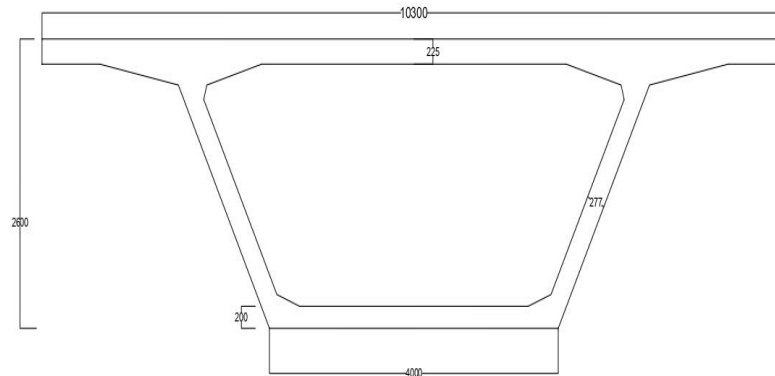
1. Panjang bentang jembatan : 170,176 m
2. Lebar Jembatan : 25,2 m
3. umlah bentang : 3 bentang
4. Jumlah pilar : 3 pilar
5. Jumlah abutmen : 2 abutmen
6. Elevasi tertinggi : + 176.414

7. Elevasi terendah : + 141.536

Pada desain *Box girder* ini, pilar jembatan berubah menjadi 2 titik dengan pilar tertinggi sebesar 31 m. Konfigurasi borpile menyesuaikan pilar. Jumlah bearing sebanyak 8 buah.



Gambar 3.5 : Jembatan Banyumanik I *Box Girder*



Gambar 3.6 : *Detail box girder*

3.3. Metode Pekerjaan

3.3.1. PCI Girder

Dalam hal pekerjaan jembatan Banyumanik I, metode pekerjaan yang dilakukan dengan desain PCI girder yaitu dengan menggunakan *gantry launcher* dan crane untuk pengangkatan ke atas *gantry launcher*. Pekerjaan yang dibahas pada penelitian ini adalah hanya pekerjaan erection girder saja, untuk pelaksanaan sebelumnya dianggap lump sum. PCI yang digunakan PCI H-21 dengan panjang rata-rata 43 m.

3.3.2. Box Girder

Dalam hal pekerjaan jembatan Banyumanik I, metode pekerjaan yang dilakukan dengan desain *box girder* yaitu dengan menggunakan *gantry launcher* dan crane untuk pengangkatan ke atas *gantry launcher*. Pekerjaan yang dibahas pada penelitian ini adalah hanya pekerjaan erection girder saja, untuk pelaksanaan sebelumnya dianggap lump sum. *Box girder* yang digunakan tipe Span Up To 50 m (*Highway & light rail train*) dengan lebar 3 m sebanyak 55 buah, dan dengan lebar 2,5 m sebanyak 2 buah.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan suatu proses pengadaan data untuk keperluan penelitian. Pengumpulan data merupakan langkah yang amat penting dalam metode ilmiah. Pada umumnya, data yang dikumpulkan akan digunakan, kecuali untuk keperluan eksploratif, juga untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan (Moehar, 2002).

Dalam pelaksanaan penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder. Adapun data-data yang dibutuhkan adalah:

1. Gambar Jembatan

Gambar kerja yang ada hanya gambar melintang dari jembatan, untuk gambar detail jembatannya diambil dari data Wika precast beton, sedangkan beberapa data lainnya diambil secara umum.

2. Metode pelaksanaan
3. Rencana schedule pekerjaan
4. Analisa Rencana anggaran biaya (RAB) secara AHSP dan SNI

3.5. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dengan mengevaluasi perubahan yang terjadi pada struktur atas jembatan. Evaluasi yang akan dilakukan meliputi biaya waktu pelaksanaan, serta dianalisa berdasarkan AHSP 2016 dan SNI. Perlatan yang digunakan dalam erection girder dalam hal ini sama yaitu gantry launcher dan crane sebagai alat bantu untuk menaikkan girder ke atas gantry launcher.

Analisa biaya dilakukan berdasarkan data Rencana Anggaran Biaya yang diperoleh meliputi data Rencana Anggaran Biaya PCI Girder dan Box Girder. Analisa biaya konstruksi dilakukan dengan mengevaluasi perubahan terhadap volume pekerjaan dan pekerja.

BAB 4

PEMBAHASAN

4.1. Analisa Pekerjaan Erection Girder

Pada bab ini akan membahas tentang perbedaan *erection PCI girder* dan *Box girder*. *PCI girder* dilaksanakan menggunakan metode *launching*, yaitu metode yang dilaksanakan secara satu persatu dengan bantuan alat berupa *gantry launcher* dan *crane* sebagai alat bantu pengangkatan girder ke atas *gantry launcher*. Sedangkan untuk *Box girder* metode yang digunakan yaitu metoda *balanced cantilever*, yaitu metode yang cara pelaksanaannya memasang satu persatu *box girder* ke atas abutmen dan untuk penarikannya kabel dilakukan secara bersama ketika girder sudah terpasang semua dengan bantuan alat berupa *gantry launcher* dan *crane* sebagai alat bantu pengangkatannya. *PCI girder* dan *Box girder* yang digunakan merupakan hasil pabrikan (*precast*). Untuk Analisa yang dilakukan mulai dari pekerjaan *erection girder*, pekerjaan sebelum *erection* tidak diperhitungkan.

4.2. Analisis Biaya

4.2.1. Perhitungan Volume

4.2.1.1. Pekerjaan Box Girder

Untuk perhitungan volume pekerjaan *box girder*, *box girder* yang digunakan merupakan *box girder* pracetak (*precast*) yang telah dipesan. Adapun ukuran yang digunakan untuk pekerjaan *box girder* adalah:

- a. Tipe span up to 50 m (*highway & light rail train*)

Panjang : 10,3 m

Lebar : 3 m

Jumlah : 55 buah

- b. Tipe span to 50 m (*highway & light rail train*)

Panjang : 10,3 m

Lebar : 2,5 m
Jumlah : 2 buah

4.2.1.2. Pekerjaan PCI Girder

Untuk perhitungan volume pekerjaan *PCI girder*, *PCI girder* yang digunakan merupakan *PCI girder* pracetak (*precast*) yang telah dipesan. Adapun ukuran yang digunakan untuk pekerjaan *PCI girder* adalah:

1. PCI H-210

PCI yang digunakan dengan rata-rata panjang bentang 43 m, sebanyak 48 buah

2. Diafragma

Diafragma yang digunakan merupakan diafragma pracetak. Diafragma terbagi menjadi 2 bagian yaitu diafragma tengah dan diafragma tepi. Diafragma tengah berjumlah 8, diafragma tepi berjumlah 12.

3. Pelat lantai (*deck slab*)

Dalam hal ini pekerjaan pelat lantai (*deck slab*) yang dilakukan secara cast in situ, yang memerlukan bahan-bahan yang pada umumnya digunakan dalam perhitungan untuk plat lantai (*deck slab*) sebutan biasa yang digunakan dalam pembangunan lantai jembatan. Adapun perhitungan kebutuhan volume kebutuhan besi deck slab yaitu:

Pembesian deck slab

Kebutuhan besi pada deck slab, dengan $t = 0,25$ m

Panjang jembatan = 170,176 m

Lebar jembatan = 25,2 m

$L : P \times l = 4288,44 \text{ m}^2$

Dalam perhitungan volume pembesian deck slab perlu diketahui terlebih dahulu berapa berat dari berat besi ulir. Untuk pembesian deck slab, digunakan besi jenis ulir. Jenis besi ulir yang digunakan pada deck slab dengan D13-10. Seperti yang tertera dalam table 4.1

Tabel 4. 1: Berat besi ulir.

No	Diameter (mm)	Panjang (m)	Berat (kg)	Berat per m ³ (kg)
1	D10	12	7,4	0,62
2	D13	12	12,48	1,04
3	D16	12	18,96	1,58
4	D19	12	26,76	2,23

Dari tabel 4.1. dengan D13 dan panjang 12 m, mempunyai berat per m³ 1,04 kg. Dari tabel diatas dapat dihitung berapa volume untuk kebutuhan besi pada *deck slab*. Adapun perhitungan kebutuhan besi D13-10 seperti dibawah ini:

Arah x

- a. Total panjang baja yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{panjang pelat arah } x}{\text{jarak tualangan}} \times \text{panjang pelat arah } y \times 2 \\
 &= \frac{170,2}{0,1} 25,2 \times 2 \\
 &= 85780,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- b. Total kebutuhan baja dalam tulangan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{total kebutuhan panjang baja}}{\text{panjang baja per batang}} \\
 &= \frac{85780,8}{12} \\
 &= 7148,4 \text{ btg}
 \end{aligned}$$

Arah y

- a. Total panjang baja yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{panjang pelat arah } y}{\text{jarak tualangan}} \times \text{panjang pelat arah } x \times 2 \\
 &= \frac{25,2}{0,1} 170,2 \times 2 \\
 &= 85780,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- b. Total kebutuhan baja dalam tulangan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{total kebutuhan panjang baja}}{\text{panjang baja per batang}} \\
 &= \frac{85780,8}{12} \\
 &= 7148,4 \text{ btg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pelat lantai (*deck slab*) yang dilakukan diambil secara umum dengan dua lapisan. Dari hasil perhitungan yang dilakukan secara manual seperti perhitungan diatas, adapun hasil tersebut dituangkan dalam bentuk tabel yang terlihat seperti pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 : Rekapitulasi perhitungan volume besi plat lantai (*deck slab*).

Besi Tulangan	Arah	Panjang (m)	Jarak (m)	Jumlah (m)	Batang (bh)	Berat per kg	Volume (kg)
D13-10	x	170,2	0,1	85780,8	7148,4	1,04	89212
D13-10	y	25,2	0,1	85780,8	7148,4	1,04	89212
						Total	178424

Dari tabel 4.2 dapat diketahui bahwa untuk pembesian pelat lantai (*deck slab*) dengan D13-10, dengan panjang 170,2 m dan lebar 25,2 m, memerlukan berat besi sebesar 178.424 dengan dua lapisan pembesian.

Volume beton deck slab

Panjang (p) : 170,176 m

lebar (l) : 25,2 m

tebal (t) : 0,25 m

panjang x lebar x tinggi = $170,176 \times 25,2 \times 0,25 = 1072,11 \text{ m}^3$

Setelah terhitungnya volume pembesian dan volume beton deck slab, adapun hasil dari perubahan volume yang terjadi dari PCI girder dan box girder termuat dalam tabel 4.3.

Tabel 4. 3 : Perubahan volume pekerjaan.

Uraian	Satuan	Keterangan
PCI girder		
- Girder	Unit	48
- Besi deck slab	Kg	17.8424
Beton deck slab	M3	1072,11
Box girder	Unit	57

Dari tabel 4.3 dapat diketahui bahwa kebutuhan untuk PCI girder memerlukan girder sebanyak 48 buah dengan panjang rata-rata 43 m, dan kebutuhan besi sebesar 17.8424, sedangkan kebutuhan volume beton pad deck slab yaitu 1.072,71. Pada box girder kebutuhan box girder yaitu 57 buah.

4.2.2. Perhitungan Koefisien

4.2.2.1.PCI Girder :

Analisis koefisien erection PCI girder

1. Alat Launcher Gantry (perhitungan per unit)

1) Perhitungan Alat

- a. Jenis launcher : Launcher Gantry
- b. Jumlah alat : 1 unit
- c. Kapasitas alat : 1 unit
- d. Waktu Siklus :

- Waktu pengaturan launcher (Persiapan):

Persiapan (t_1)	= 5 menit
Pengaturan launcher ke posisi girder (t_2)	= 30 menit
Pelurusan center launcher dengan girder (t_3)	= 10 menit
Fixed time (t_4)	= <u>5 menit</u> +
Cycle time (C1)	= 50 menit

- Waktu erection girder :

Persiapan (t_5)	= 10 menit
Pemasangan girder dengan trolley (t_6)	= $\frac{Tinggi\ angkat}{Kec.Angkat}$
	= $\frac{6}{0,8}$
	= 7,5 menit

Launching gantry bergerak transversal

menuju bearing pad (t_7)	= $\frac{Jarak\ tempuh}{Kec.\ gantry}$
	= $\frac{20}{0,75}$
	= 26,7 menit

Pengaturan alat agar bearing pad yang sudah dipasang sesuai dengan titik bearring pad (t_8) = 10 menit

Bila posisi sudah berada diatas bearring pad yang direncanakan.

Maka roda pada pengait launcher siap menurunkan girder tepat diatas

$$\begin{aligned} \text{bearing pad } (t_9) &= \frac{\text{Jarak penurunan}}{\text{Kec. penurunan}} \\ &= \frac{5.5}{4} \\ &= 1.37 \text{ menit} \end{aligned}$$

Pengecekan ulang ketepatan posisi agar girder tepat berada di bearing pad = 5 menit

$$\text{Fixed time } (t_{10}) = 8 \text{ menit} +$$

$$\text{Cycle time } (C2) = 68,57 \text{ menit}$$

- Waktu alat launcher kembali ke posisi semula :

$$\text{Persiapan } (t_{11}) = 10 \text{ menit}$$

Pengangkatan trolley dalam keadaan

$$\begin{aligned} \text{kosong } (t_{12}) &= \frac{\text{Tinggi angkat}}{\text{Kec. Angkat}} \\ &= \frac{5.5}{11} \\ &= 0,5 \text{ menit} \end{aligned}$$

Launching Gantry bergerak transversal

$$\begin{aligned} \text{kembali ke posisi semula } (t_{13}) &= \frac{\text{Jarak tempuh}}{\text{Kec. gantry}} \\ &= \frac{20}{0,95} \\ &= 21,05 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Fixed time } (t_{14}) = 10 \text{ menit} +$$

$$\text{Cycle time } (C3) = 41,55 \text{ menit}$$

- Siklus waktu total

Waktu total pengangkatan girder terhitung dari waktu pengangkatan ditambah waktu perpindahan posisi alat berat.

Maka total perhitungan siklus waktu pengangkatan per girder yaitu:

$$\text{Cycle Time total} = C1 + C2 + C3$$

$$= 50 \text{ menit} + 68,57 \text{ menit} + 41,55 \text{ menit}$$

$$= 160,12 \text{ menit}$$

e. Faktor efisiensi alat

$$\text{Faktor efisiensi alat (Fa)} : 0,83$$

f. Kapasitas produksi :

$$Q_1 = \frac{V \times Fa \times 60}{C_t} = \frac{1 \times 0,83 \times 60}{160,12}$$

$$Q_1 = 0,31 \text{ unit/jam}$$

g. Koefisien alat/buah :

$$Q_1 = \frac{1}{Q_1} = 3,2 \text{ jam/buah}$$

2) Tenaga Kerja

a. Produksi girder per hari (Qt):

$$Q_t = T_k \times Q_1 = 7 \times 0,31 = 2 \text{ buah}$$

b. Kebutuhan tenaga kerja

- Gantry engineer : 1 org

$$GE = \frac{T_k \times Ge}{Q_t} = \frac{7 \times 1}{2} = 3,5$$

- Gantry supervisor : 1 org

$$GS = T_k \times G_s Q_t = 7 \times 15 GS = \frac{T_k \times G_s}{Q_t} = \frac{7 \times 1}{2} = 3,5$$

- Gantry operators : 2 org

$$GO = T_k \times G_o Q_t = 7 \times 25 GO = \frac{T_k \times G_o}{Q_t} = \frac{7 \times 2}{2} = 7$$

- Surveyor (by MC): 1 org

$$S = T_k \times S Q_t = 7 \times 15 S = \frac{T_k \times S}{Q_t} = \frac{7 \times 1}{2} = 3,5$$

- Rigger : 1 org

$$R = \frac{T_k \times r}{Q_t} = \frac{7 \times 1}{2} = 3,5$$

- Labours : 8 org

$$L = \frac{T_k \times l}{Q_t} = \frac{7 \times 12}{2} = 28$$

- Safety supervisor : 2 org

$$SS = \frac{T_k \times Ss}{Q_t} = \frac{7 \times 2}{2} = 7$$

2. Alat Crane (di lokasi)

1) Perhitungan alat

- a. Jenis launcher : Crane
- b. Jumlah alat : 1 unit
- c. Kapasitas : 1 unit
- d. Faktor efisiensi alat :
Faktor efisiensi alat (Fa) = 0,83
- e. Waktu siklus :
- Waktu muat bongkar (t1) = 10 menit
- Waktu setting girder (t2) = 40 menit
- Dan lain-lain (t3) = 10 menit
Cycle Time total : 60 menit
- f. Kapasitas produksi :
$$Q_1 = \frac{V \times Fa \times 60}{C_t} = \frac{1 \times 0,83 \times 60}{60}$$

$$Q_1 = 0,83 \text{ unit/jam}$$
- g. Koefisien alat/buah :
$$Q_1 = \frac{1}{Q_1} = 1,2 \text{ jam/buah}$$

2) Kebutuhan tenaga kerja

- Operator crane : 1 org
$$Op = \frac{Tk \times Op}{Qt} = \frac{7 \times 1}{2} = 3,5$$

Setelah terhitungnya koefisien tenaga kerja *erection pci girder* menggunakan metode *launcher* berdasarkan AHSP 2016 bidang bina marga , maka hasil hitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4. yang merupakan rekapitulasi perhitungan diatas.

Tabel 4. 4 :Rekapitulasi koefisien tenaga kerja *erection pci girder* menggunakan metode *launcher*.

No	URAIAN	KODE	KOEF.	SATUAN
1.	ASUMSI Jam kerja efektif per hari	Tk	7	jam
2.	BAHAN PCI Girder Pracetak 43 m			

Tabel 4. 4 : Lanjutan

No	URAIAN	KODE	KOEF.	SATUAN
3.	ALAT			
1a.	Gantry Launcher			
	Kapasitas	V1	1	batang
	Faktor efisiensi alat (Fa)	Fa	0,83	
	Waktu siklus (Ts1)			
	Waktu pengaturan launcher	T1	50,00	menit
	launching bergerak transversal	T2	68,07	menit
	launching bergerak transversal ke asal	T3	41,55	menit
		Ts1	159,62	menit
	Kapasitas Produksi $\frac{V \times Fa \times 60}{C_t}$	Q1	0,31	buah
	Koefisien alat $\frac{1}{Q_1}$		3,21	jam
1b.	Crane (di lokasi)			
	Kapasitas	V1		
	Faktor efisiensi alat (Fa)	Fa	0,83	
	Waktu siklus (Ts2)			
	waktu muat bongkar	T1	10,00	menit
	waktu setting girder	T2	40,00	menit
	dan lain-lain	T3	10,00	menit
		Ts2	60,00	menit
	Kapasitas Produksi $\frac{V \times Fa \times 60}{C_t}$	Q2	0,83	
	Koefisien alat $\frac{1}{Q_1}$	(E29)	1,20	
4.	TENAGA			
	Produksi girder per hari (Qt) = Tk x Q1	Qt	2,00	
	Kebutuhan tenaga kerja :			
	Gantry engineer	Ge	1,00	orang
	Gantry supervisor	Gs	1,00	orang
	Gantry operators	Go	2,00	orang
	Surveyor	S	1,00	orang

Tabel 4.4. Lanjutan

No	URAIAN	KODE	KOEF.	SATUAN
	Rigger	R	1,00	orang
	Labours	L	8,00	orang
	Safety supervisor	Ss	2,00	orang
	Operator crane	Op	1,00	orang
	Koefisien tenaga :			
	Gantry engineer = (Tk x Ge) : Qt		3,500	jam
	Gantry supervisor = (Tk x Gs) : Qt		3,500	jam
	Gantry operators = (Tk x Go) : Qt		7,000	jam
	Surveyor (by MC) = (Tk x S) : Qt		3,500	jam
	Rigger = (Tk x R) : Qt		3,500	jam
	Labours = (Tk x L) : Qt		28,000	jam
	Safety supervisor = (Tk x Ss) : Qt		7,000	jam
	Operator crane = (Tk x Op) : Qt		3,500	jam

Dapat dilihat dari hasil tabel 4.4 koefisien tenaga kerja serta alat yang dihasilkan cukup besar, hal tersebut terjadi dikarenakan koefisien alat dipengaruhi oleh waktu siklus dalam pemasangan erection girder. Sedangkan untuk koefisien tenaga kerja dipengaruhi oleh jam kerja per hari dan kapasitas produksi alat per harinya. Koefisien tenaga kerja terbesar terjadi pada pekerja.

4.2.2.2.Box Girder :

Analisis koefisien erection Box girder

1. Alat Launcher Gantry (perhitungan per unit)

1) Perhitungan Alat

- a. Jenis launcher : Launcher Gantry
- b. Jumlah alat : 1 unit
- c. Kapasitas alat : 1 unit
- d. Waktu Siklus :

- Waktu pengaturan launcher (Persiapan):

Persiapan (t_1) = 5 menit

Pengaturan launcher ke posisi girder (t_2) = 10 menit

Pelurusan center launcher dengan girder (t_3) = 5 menit

Fixed time (t_4) = 3 menit
Cycle time (C1) = 23 menit

- Waktu erection girder :

Persiapan (t_5) = 5 menit

Pemasangan girder dengan trolley (t_6) = $\frac{Tinggi\ angkat}{Kec.Angkat}$
= $\frac{5}{0,8}$
= 6,25 menit

Launching gantry bergerak transversal

menuju pier table (t_7) = $\frac{Jarak\ tempuh}{Kec.\ gantry}$
= $\frac{10}{0,75}$
= 13,3 menit

Pengaturan alat agar bearing pad yang sudah dipasang sesuai dengan titik bearing pad (t_8) = 5 menit

Bila posisi sudah berada diatas pier table yang direncanakan.

Maka roda pada pengait launcher siap menurunkan girder tepat diatas

bearing pad (t_9) = $\frac{Jarak\ penurunan}{Kec.\ penurunan}$
= $\frac{5,5}{4}$
= 1.375 menit

Pengecekan ulang ketepatan posisi agar girder tepat berada di pier table

= 5 menit

Fixed time (t_{10}) = 7 menit

Cycle time (C2) = 42,925 menit

- Waktu alat launcher kembali ke posisi semula :

Persiapan (t_{11}) = 2 menit

Pengangkatan trolley dalam keadaan

kosong (t_{12}) = $\frac{Tinggi\ angkat}{Kec.Angkat}$
= $\frac{5,5}{11}$
= 0,5 menit

Launching Gantry bergerak transversal

$$\begin{aligned} \text{kembali ke posisi semula (t}_{13}) &= \frac{\text{Jarak tempuh}}{\text{Kec. gantry}} \\ &= \frac{10}{0,95} \\ &= 10,52 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Fixed time (t}_{14}) = 2 \text{ menit}$$

$$\text{Cycle time (C3)} = 15,02 \text{ menit}$$

- Siklus waktu total

Waktu total pengangkatan girder terhitung dari waktu pengangkatan ditambah waktu perpindahan posisi alat berat.

Maka total perhitungan siklus waktu pengangkatan per girder yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Cycle Time total} &= C1 + C2 + C3 \\ &= 23 \text{ menit} + 42,92 \text{ menit} + 15,02 \text{ menit} \\ &= 80,94 \text{ menit} \end{aligned}$$

e. Faktor efisiensi alat

$$\text{Faktor efisiensi alat (Fa)} : 0,83$$

f. Kapasitas produksi :

$$Q_1 = \frac{V \times Fa \times 60}{C_t} = \frac{1 \times 0,83 \times 60}{98,94}$$

$$Q_1 = 0,62 \text{ unit/jam}$$

g. Koefisien alat/buah :

$$Q_1 = \frac{1}{Q_1} = 1,63 \text{ jam/buah}$$

2) Tenaga Kerja

a. Produksi girder per hari (Qt):

$$Q_t = T_k \times Q_1 = 7 \times 0,61 = 4 \text{ buah}$$

b. Kebutuhan tenaga kerja

- Gantry engineer : 1 org

$$GE = \frac{T_k \times Ge}{Q_t} = \frac{7 \times 1}{4} = 1,75$$

- Gantry supervisor : 1 org

$$GS = T_k \times G_s Q_t = 7 \times 15 GS = \frac{T_k \times G_s}{Q_t} = \frac{7 \times 1}{4} = 1,75$$

- Gantry operators : 2 org

$$GO = Tk \times GoQt = 7 \times 25 \quad GO = \frac{Tk \times Go}{Qt} = \frac{7 \times 2}{4} = 3,5$$

- Surveyor (by MC): 1 org

$$S = Tk \times SQt = 7 \times 15 \quad S = \frac{Tk \times S}{Qt} = \frac{7 \times 1}{4} = 1,75$$

- Rigger : 1 org

$$R = \frac{Tk \times r}{Qt} = \frac{7 \times 1}{4} = 1,75$$

- Labours : 6 org

$$L = \frac{Tk \times l}{Qt} = \frac{7 \times 6}{4} = 11,5$$

- Safety supervisor : 2 org

$$SS = \frac{Tk \times SS}{Qt} = \frac{7 \times 2}{4} = 3,5$$

2. Alat Crane (di lokasi)

1) Perhitungan alat

- a. Jenis launcher : Crane

- b. Jumlah alat : 1 unit

- c. Kapasitas : 1 unit

- d. Faktor efisiensi alat :

$$\text{Faktor efisiensi alat (Fa)} = 0,83$$

- e. Waktu siklus :

- Waktu muat bongkar (t1) = 10 menit

- Waktu setting girder (t2) = 40 menit

- Dan lain-lain (t3) = 10 menit

$$\text{Cycle Time total : 60 menit}$$

- f. Kapasitas produksi :

$$Q_1 = \frac{V \times Fa \times 60}{C_t} = \frac{1 \times 0,83 \times 60}{60}$$

$$Q_1 = 0,83 \text{ unit/jam}$$

- g. Koefisien alat/buah :

$$Q_1 = \frac{1}{Q_1} = 1,2 \text{ jam/buah}$$

2) Kebutuhan tenaga kerja

- Operator crane : 1 org

$$Op = \frac{Tk \times Op}{Qt} = \frac{7 \times 1}{4} = 1,75$$

Setelah terhitungnya koefisien tenaga kerja *erection box girder* menggunakan metode *balanced cantilever* berdasarkan AHSP 2016 bidang bina marga , maka hasil hitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5. yang merupakan rekapitulasi perhitungan diatas.

Tabel 4. 5 : Rekapitulasi koefisien tenaga kerja *erection box girder* menggunakan metode *balanced cantilever* dengan alat *gantry launcher*.

No	URAIAN	KODE	KOEF.	SATUAN
1.	ASUMSI Jam kerja efektif per hari	Tk	7	jam
2.	BAHAN Box Girder panjang 10,3m ; lebar 3 m Box Girder panjang 10,3m ; lebar 2,5 m			buah buah
3.	ALAT			
1a.	Gantry Launcher			
	Kapasitas	V1	1	batang
	Faktor efisiensi alat (Fa)	Fa	0,83	
	Waktu siklus (Ts1)			
	Waktu pengaturan launcher	T1	23,00	menit
	launching bergerak transversal	T2	42,92	menit
	launching bergerak transversal ke asal	T3	15,02	menit
		Ts1	80,94	menit
	Kapasitas Produksi $\frac{V \times Fa \times 60}{C_t}$	Q1	0,62	buah
	Koefisien alat $\frac{1}{Q_1}$		1,63	jam
1b.	Crane (di lokasi) Kapasitas	V1		

Tabel 4. 5 : Lanjutan

No	URAIAN	KODE	KOEF.	SATUAN
4.	Faktor efisiensi alat (Fa)	Fa	0,83	
	Waktu siklus (Ts2)			
	waktu muat bongkar	T1	10,00	menit
	waktu setting girder	T2	40,00	menit
	dan lain-lain	T3	10,00	menit
		Ts2	60,00	menit
	Kapasitas Produksi $\frac{V \times Fa \times 60}{C_t}$	Q2	0,83	
	Koefisien alat $\frac{1}{Q_1}$	(E29)	1,20	
	TENAGA			
	Produksi girder per hari (Qt) = Tk x Q1	Qt	4,00	
	Kebutuhan tenaga kerja :			
	Gantry engineer	Ge	1,00	orang
	Gantry supervisor	Gs	1,00	orang
	Gantry operators	Go	2,00	orang
	Surveyor (by MC)	S	1,00	orang
Rigger	R	1,00	orang	
Labours	L	8,00	orang	
Safety supervisor	Ss	2,00	orang	
Operator crane	Op	1,00	orang	
Koefisien tenaga :				
Gantry engineer = (Tk x Ge) : Qt		1,750	jam	
Gantry supervisor = (Tk x Gs) : Qt		1,750	jam	
Gantry operators = (Tk x Go) : Qt		3,500	jam	
Surveyor (by MC) = (Tk x S) : Qt		1,750	jam	
Rigger = (Tk x R) : Qt		1,750	jam	
Labours = (Tk x L) : Qt		14,000	jam	
Safety supervisor = (Tk x Ss) : Qt		3,500	jam	
Operator crane = (Tk x Op) : Qt		1,750	jam	

Dapat dilihat dari hasil tabel 4.5 koefisien tenaga kerja serta alat yang dihasilkan cukup besar, hal tersebut terjadi dikarenakan koefisien alat dipengaruhi oleh waktu siklus dalam pemasangan erection girder. Sedangkan untuk koefisien tenaga kerja dipengaruhi oleh jam kerja per hari dan kapasitas produksi alat per harinya. Koefisien tenaga kerja terbesar terjadi pada pekerja.

4.2.3. Analisa Harga Satuan

Berdasarkan AHSP 2016 mengenai bidang Bina Marga yang sebelumnya untuk perhitungan koefisien sudah dihitung yang tertera dalam tabel 4.4 maka hal yang perlu dihitung selanjutnya adalah AHSP yang mana yang didalamnya terdapat harga satuan pekerjaan tersebut. Adapun hasil AHSP dalam pekerjaan pemasangan *PCI girder dengan gantry launcher* terdapat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6: AHS pemasangan PCI girder dengan *gantry launcher*.

Pemasangan PCI Girder dengan Gantry Launcher					
NO	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Gantry engineer	jam	3,5	26.429	92.500
2	Gantry supervisor	jam	3,5	22.857	80.000
3	Gantry operators	jam	7	20.000	140.000
4	Surveyor	jam	3,5	22.143	77.500
5	Rigger	jam	3,5	21.429	75.000
6	Labours	jam	21	14.286	300.000
7	Safety supervisor	jam	7	22.857	160.000
8	Operator crane	jam	3,5	20.000	70.000
	JUMLAH TENAGA KERJA				995.000
B	BAHAN				
1	PCI Girder Pracetak 43 m	bh	1	516.000.000	516.000.000
	JUMLAH HARGA BAHAN				516.000.000
C	PERALATAN				
1	Gantry Launcher	jam	3,21	484.682	1.553.513
2	Crane (di Lokasi)	jam	1,20	703.937	848.117
	JUMLAH HARGA PERALATAN				2.401.630
D	JUMLAH HARAGA TENAGA, BAHAN, & PERLATAN (A+B+C)				519.396.630
E	OVERHEAD & PROFIT 10 % X D				51.939.663
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)				571.336.293

Dari tabel 4.6. diketahui bahwa analisa harga yang didapatkan berdasarkan AHSP 2016, mengenai erection PCI girder dengan rata-rata bentang 43 m per girdernya menghasilkan biaya sebesar Rp. 571.336.293.

Berdasarkan AHSP 2016 mengenai bidang Bina Marga yang sebelumnya untuk perhitungan koefisien sudah dihitung yang tertera dalam tabel 4.5 maka hal yang perlu dihitung selanjutnya adalah AHSP yang mana yang didalamnya terdapat harga satuan pekerjaan tersebut. Adapun hasil AHSP dalam pekerjaan pemasangan *box girder dalam metode balanced cantilever dengan gantry launcher* terdapat pada tabel 4.7 dengan lebar 3 m dan pada tabel 4.8 dengan lebar 2,5 m.

Tabel 4. 7 : AHS pemasangan *box girder* lebar 3 m dengan *gantry launcher*.

Pemasangan Box Girder dengan Gantry Launcher					
NO	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Gantry engineer	jam	1,75	26.429	46.250
2	Gantry supervisor	jam	1,75	22.857	40.000
3	Surveyor	jam	3,5	20.000	70.000
4	Safety supervisor	jam	1,75	22.143	38.750
5	Rigger	jam	1,75	21.429	37.500
6	Labours	jam	14	14.286	200.000
7	Safety supervisor	jam	3,5	22.857	80.000
8	Operator crane	jam	1,75	20.000	35.000
	JUMLAH TENAGA KERJA				547.500
B	BAHAN				
1	Box Girder Pracetak 3 m	bh	1	330.000.000	330.000.000

Tabel 4.7 : Lanjutan

NO	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
	JUMLAH HARGA BAHAN				330.000.000
C	PERALATAN				
1	Gantry Launcher	jam	1,63	484.682	787.754
2	Crane (di Lokasi)	jam	1,20	703.937	848.117
	JUMLAH HARGA PERALATAN				1.635.871
D	JUMLAH HARAGA TENAGA, BAHAN, & PERLATAN (A+B+C)				332.183.371
E	OVERHEAD & PROFIT 10 % X D				33.218.337
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)				365.401.708

Tabel 4. 8 : AHS pemasangan *box girder* lebar 2,5 m dengan *gantry launcher*.

Pemasangan Box Girder dengan Gantry Launcher					
NO	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Gantry engineer	jam	1,75	26.429	46.250
2	Gantry supervisor	jam	1,75	22.857	40.000
3	Surveyor	jam	3,5	20.000	70.000
4	Safety supervisor	jam	1,75	22.143	38.750
5	Rigger	jam	1,75	21.429	37.500
6	Labours	jam	14	14.286	200.000

Tabel 4.8. Lanjutan

NO	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
7	Safety supervisor	jam	3,5	22.857	80.000
8	Operator crane	jam	1,75	20.000	35.000
	JUMLAH TENAGA KERJA				547.500
B	BAHAN				
1	Box Girder Pracetak 2,5 m	bh	1	275.000.000	275.000.000
	JUMLAH HARGA BAHAN				275.000.000
C	PERALATAN				
1	Gantry Launcher	jam	1,75	484.682	848.194
2	Crane (di Lokasi)	jam	1,20	703.937	848.117
	JUMLAH HARGA PERALATAN				1.696.310
D	JUMLAH HARAGA TENAGA, BAHAN, & PERLATAN (A+B+C)				277.243.810
E	OVERHEAD & PROFIT 10 % X D				27.724.381
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)				304.968.191

Dari tabel 4.7 dan 4.8 diketahui bahwa analisa harga yang didapatkan berdasarkan AHSP 2016, mengenai erection box girder dengan panjang girder yang sama yaitu 10,3 m dan lebar 3 m menghasilkan biaya sebesar Rp. 365.401.708, sedangkan untuk bentang dengan lebar 2,5 m menghasilkan biaya sebesar Rp 304.968.191.

Plat lantai (deck slab) untuk koefisien yang terjadi tidak ada perhitungan secara manual, dikarena dalam AHSP 2016, koefisien mengenai lantai jembatan dengan f_c 30 MPa, sudah tertera dalam sebuah tabel, sehingga hasil Analisa yang dilakukan berdasarkan AHSP 2016 dengan memasukkan harga satuan dalam pekerjaan tersebut. Adapun hasil AHSP lantai jembatan terdapat pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 : AHS lantai jembatan (*deck slab*)

Beton Mutu Sedang $f_c'=30$ Mpa Lantai Jembatan					
NO	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Pekerja	jam	0,7028	14.286	10.040
2	Tukang	jam	1,7570	17.143	30.120
3	Mandor	jam	0,0502	15.714	789
	JUMLAH TENAGA KERJA				40.949
B	BAHAN				
1	Semen	Kg	383,675	1.175	450.818
2	Pasir Beton	M3	0,572	281	160
3	Agregat Kasar	M3	0,782	183	143
4	Kayu Perancah	M3	0,400	2.750.000	1.100.000
5	Paku	Kg	3,200	37.700	120.640
6	Air	Liter	182,246	500	91.123
7	Bahan tambah, superplastisizer	Kg	0,767	40.000	30.680
	JUMLAH HARGA BAHAN				
C	PERALATAN				
1	Con. Pan. Mixer	jam	0,0502	597.091	29.974
2	Truck Mixer	jam	0,2382	704.934	167.915
3	Concrete Pump	jam	0,0937	502.654	47.099
4	Concrete Vibrator	jam	0,0502	74.542	3.742
5	Water Tanker	jam	0,0382	426.224	16.282

Tabel 4.9 : Lanjutan

NO	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
6	Alat Bantu	Lc	1,0000	100.000	100.000
	JUMLAH HARGA PERALATAN				365.012
D	JUMLAH HARAGA TENAGA, BAHAN, & PERLATAN (A+B+C)				2.199.525
E	OVERHEAD & PROFIT 10 % X D				219.952
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)				2.419.477

Dari tabel 4.9 diketahui bahwa analisa harga yang didapatkan berdasarkan AHSP 2016, mengenai lantai jembatan (*deck slab*) menghasilkan biaya sebesar Rp. 2.419.477 per meternya.

4.2.4. Standard Nasional Indonesia

Penelitian ini dilakukan dengan dua metode yaitu secara AHSP dan secara SNI, untuk perhitungan yang diambil secara SNI yaitu mengenai analisa SNI mutu beton dan besi ulir. Pada AHSP 2016 mengenai bidang Bina Marga untuk pembesian tidak ada, sehingga diambil untuk pembesian dari Analisa SNI. Namun Analisa SNI beton ulir ini sama dengan AHSP 2016 pada pembagian pekerjaan umum. Hasil analisa mengenai mutu beton dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 : SNI Pembuatan beton mutu $f'c=31,2$

Analisa : SNI Item : Membuat Beton Mutu $f'c = 31.2$ MPa (K-350), Slump (12 ± 2) cm, w/c = 0.48 Satuan : m³						
No.	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
1	Pekerja	L.01	OH	2,100	Rp. 100.000,00	Rp. 210.000,00
2	Tukang	L.02	OH	0,350	Rp. 120.000,00	Rp. 42.000,00
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,035	Rp. 130.000,00	Rp. 4.550,00
4	Mandor	L.04	OH	0,105	Rp. 110.000,00	Rp. 11.550,00
					Jumlah Tenaga Kerja (A)	Rp. 268.100,00
B	BAHAN					
	Semen @ 40 Kg		Kg	448,000	Rp. 1.175,00	Rp. 526.400,00
	Pasir Beton (1400 kg/m ³)		Kg	667,000	Rp. 280,57	Rp. 187.141,14
	Batu pecah 2-3 cm		Kg	1.000,000	Rp. 182,54	Rp. 182.542,86
	Air		Liter	215,000	Rp. 500,00	Rp. 107.500,00
					Jumlah Harga Bahan (B)	Rp. 1.003.584,00
C	PERALATAN					
	Concrete Pump		Sewa/ Hr	8,000	Rp. 5.296,37	Rp. 42.370,96
	Concrete Vibrator		Unit	0,500	Rp. 60.605,23	Rp. 30.302,62
					Jumlah Harga Alat (C)	Rp. 72.673,57
D	Jumlah (A + B + C)					Rp. 1.344.357,57
E	Overhead & Profit			10% x D		Rp. 134.435,76

Tabel 4.10: Lanjutan

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp. 1.478.793,33

Dari tabel 4.10 diketahui bahwa Analisa mutu beton dengan $f_c'31,2$ Mpa secara SNI menghasilkan biaya sebesar Rp. 1478.793, 33. Hal ini memiliki perbedaan dari sebelumnya pada bagian AHSP 2016, mengenai lantai jembatan, karena hal ini dipengaruhi oleh koefisien serta bahan yang digunakan berbeda. Untuk pembeesian terdapat pada tabel 4.11

Tabel 4. 11 : SNI pembeesian 10 kg dengan besi beton.

Analisa : SNI						
Item : Pembeesian 10 Kg Dengan Besi Beton						
Satuan : Kg						
No.	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,070	Rp. 100.000,00	Rp. 7.000,00
	Tukang	L.02	OH	0,070	Rp. 120.000,00	Rp. 8.400,00
	Kepala Tukang	L.03	OH	0,007	Rp. 130.000,00	Rp. 910,00
	Mandor	L.04	OH	0,004	Rp. 110.000,00	Rp. 440,00
					Jumlah Tenaga Kerja (A)	Rp. 16.750,00
B	BAHAN					
	Besi Beton Ulir		Kg	10,500	Rp. 10.500,00	Rp. 110.250,00
	Kawat Beton		Kg	0,150	Rp. 34.000,00	Rp. 5.100,00

Tabel 4.11 : Lanjutan

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
					Jumlah Harga Bahan (B)	Rp. 115.350,00
C	PERALATAN					
					Jumlah Harga Alat (C)	Rp -
D	Jumlah (A + B + C)					Rp. 132.100,00
E	Overhead & Profit			10% x D		Rp. 13.210,00
F	Harga Satuan Pekerjaan (D + E)					Rp. 145.310,00
G	Harga Satuan Pekerjaan Besi Untuk 1 Kg			F / 10		Rp. 14.531,00

4.2.5. Rencana Anggaran Biaya

4.2.5.1. Rencana Anggaran Biaya secara AHSP

Setelah dilakukannya analisa harga berdasarkan AHSP 2016, maka perhitungan anggaran biaya dapat dilakukan dengan memasukkan volume yang sebelumnya sudah dihitung terlebih dahulu sebelum dilakukannya perhitungan koefisien. Adapun hasil perhitungan anggaran biaya berdasarkan AHSP 2016 terdapat pada tabel 4.12 untuk PCI girder dan tabel 4.13 untuk box girder.

Tabel 4. 12 : Rencana anggaran biaya pada PCI girder secara AHSP

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
I	Pekerjaan Struktur Atas Jembatan bentang 43 m				
1	PCI girder + Stressing terpasang	bh	48	571.336.293	27.424.142.050
2	Plat Lantai (deck slab) + framework	m3	1072,1088	2.419.477	2.593.943.012
3	Besi tulangan U-10	kg	178424,06	12.951,71	2.310.897.499
4	Diafragma tengah	bh	8	1.700.000	13.600.000
NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
5	Diafragma tepi	bh	12	1.700.000	20.400.000
				Jumlah	32.362.982.561

Tabel 4. 13 : Rencana anggaran biaya pada box girder

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
I	Pekerjaan Struktur Atas Jembatan Box Girder				
1	Box girder lebar 3 m	bh	55	365.401.708	20.097.093.952
2	Box girder lebar 2,5 m	bh	2	304.968.191	609.936.383
				Jumlah	20.707.030.335

Dari hasil kedua anggaran biaya tersebut dapat dilihat perbedaan yang terjadi untuk pekerjaan struktur atas jembatan PCI girder dan box girder dengan panjang jembatan yang sama sebesar 170,176 m dan lebar 25,2 m berdasarkan AHSP 2016 memiliki perbedaan selisih yang cukup besar. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada tabel 4. 14. dengan selisih biaya sekitar 11 miliar.

Tabel 4. 14 : Selisih anggaran biaya secara AHSP

NO	URAIAN	HARGA	Selisih
1	PCI girder	32.362.982.561	
2	Box girder	20.707.030.335	
			11.655.952.226

4.2.5.2.Rencana Anggaran Biaya secara SNI

Rencana anggaran biaya secara sni ini dilakukan pada PCI girder saja, dikarenakan hanya pada PCI girder yang memiliki pembesian dan pembedenon, sedangkan untuk box girder full secara pracetak (*precast*) yang berasal dari pabrik. Adapun rencana anggaran biaya PCI girder secara SNI dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4. 15 : Rencana anggaran biaya pada *PCI girder* secara SNI

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
I	Pekerjaan Struktur Atas Jembatan bentang 43 m				
1	PCI girder + Stressing terpasang	bh	48	571.336.293	27.424.142.050
2	Plat Lantai (deck slab)	m3	1072,1088	1.478.793	1.585.427.343

Tabel 4.15 : Lanjutan

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
3	Besi tulangan U-10	kg	178424,06	14.531,00	2.592.680.074
4	Diafragma tengah	bh	8	1.700.000	13.600.000
5	Diafragma tepi	bh	12	1.700.000	20.400.000
				Jumlah	31.636.249.467

Dari hasil kedua anggaran biaya tersebut dapat dilihat perbedaan yang terjadi untuk pekerjaan struktur atas jembatan PCI girder dan box girder dengan panjang jembatan yang sama sebesar 170,176 m dan lebar 25,2 m berdasarkan SNI memiliki perbedaan selisih yang cukup besar. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada tabel 4. 16. dengan selisih biaya sekitar 10 miliar.

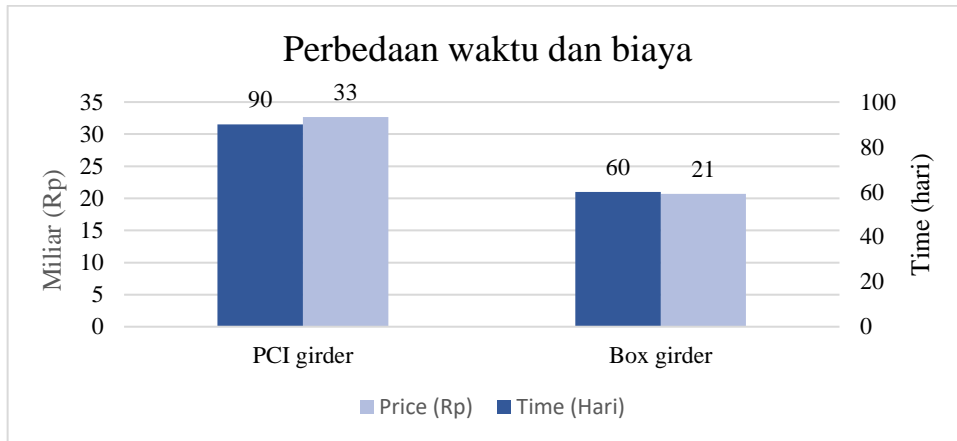
Tabel 4. 16: Selisih anggaran biaya secara SNI

NO	URAIAN	HARGA	Selisih
1	PCI girder	31.636.249.467	
2	Box girder	20.707.030.335	
			10.929.219.132

4.2.6. Perbedaan Waktu dan Biaya

Setelah didapatkan hasil perbedaan biaya antara PCI girder dan box girder baik secara AHSP dan SNI, adapun hal tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

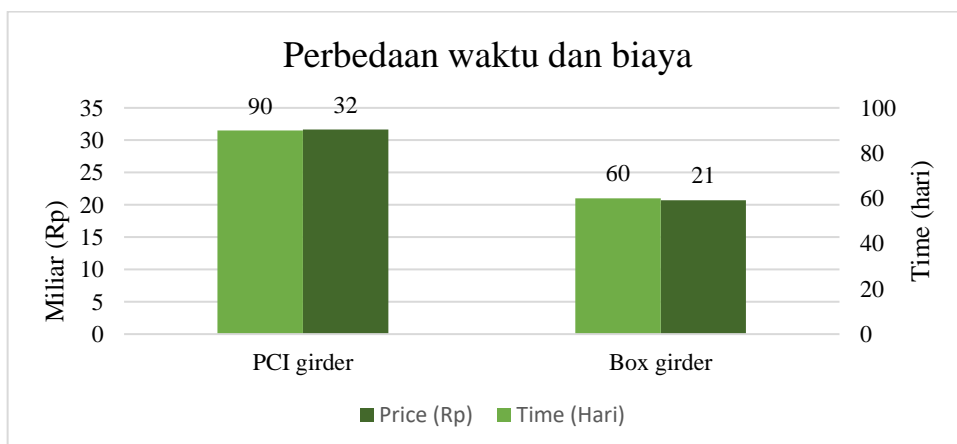
4.2.6.1. Perbedaan Waktu dan Biaya secara AHSP



Gambar 4. 1: Perbedaan waktu dan biaya secara AHSP.

Dari gambar 4.1. dapat diketahui bahwa untuk PCI girder secara AHSP memerlukan biaya yang cukup tinggi yaitu sekitar 33 miliar dengan memerlukan waktu yang lebih lama, hal tersebut dipengaruhi oleh kapasitas produksi per harinya, yang hanya mampu mengereksi dua girder per harinya, belum adanya pekerjaan slab. Sedangkan untuk box girder memerlukan biaya yang lebih sedikit dari PCI girder perbedaan sangat terlihat jauh, dengan selisih biaya hampir 11 miliar, dan waktu yang diperlukan untuk ereksi box girder lebih sedikit karena kapasitas produksi per harinya untuk box girder dapat menghasilkan 4 girder.

4.2.6.2. Perbedaan Waktu dan Biaya secara SNI



Gambar 4. 2: Perbedaan waktu dan biaya secara SNI.

Dari gambar 4.2. dapat diketahui bahwa untuk PCI girder secara SNI memerlukan biaya yang cukup tinggi sebesar 32 miliar dengan memerlukan waktu yang lebih lama, hal tersebut dipengaruhi oleh kapasitas produksi per harinya, yang hanya mampu mengereksi dua girder per harinya, belum adanya pekerjaan slab. Hal ini terjadi perbedaan biaya sekitar 1 miliar dengan analisa secara AHSP. Sedangkan untuk box girder memerlukan biaya yang lebih sedikit dari PCI girder perbedaan sangat terlihat jauh, dengan selisih biaya hampir 11 miliar, dan waktu yang diperlukan untuk ereksi box girder lebih sedikit karena kapasitas produksi per harinya untuk box girder dapat menghasilkan 4 girder.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan AHSP 2016 hasil yang didapatkan bahwa adanya terjadi perbedaan waktu dan biaya pelaksanaan. Perubahan tersebut terlihat untuk PCI girder memerlukan waktu selama kurang lebih 90 hari kerja dengan biaya Rp. 32.362.982.56. Pada box girder memerlukan waktu selama kurang lebih 60 hari kerja dengan biaya Rp. 20.707.030.335.
2. Berdasarkan SNI hasil yang didapatkan bahwa adanya terjadi perbedaan waktu dan biaya pelaksanaan. Perubahan tersebut terlihat untuk PCI girder memerlukan waktu selama kurang lebih 90 hari kerja dengan biaya Rp. 31.636.249.467. Pada box girder memerlukan waktu selama kurang lebih 60 hari kerja dengan biaya Rp. 20.707.030.335. Pada box girder memiliki harga yang tetap dikarenakan untuk box girder bahan yang digunakan pracetak (*precast*) dari pabrik, dan tidak ada pekerjaan tambahan yang dikerjakan secara *cas in situ*.
3. Hasil selisih biaya yang didapatkan dari kedua bentuk girder yang berbeda berdasarkan AHS yaitu sebesar Rp. 11.655.952.226 dan berdasarkan SNI yaitu sebesar Rp. 10.929.219.132. Untuk selisih waktu sekitar 30 hari kerja, hal tersebut terjadi karena dipengaruhi oleh hasil perhitungan cycle time waktu per hari. Untuk erection saja PCI menghasilkan 2 girder per hari, sedangkan untuk box girder menghasilkan 4 girder per hari.

5.2. Saran

1. Melaksanakan pengembangan penelitian dengan merancang dari awal perbedaan yang terjadi dengan kedua desain mulai dari struktur bawah, dan struktur atas.

2. Melaksanakan pengembangan penelitian dengan berbagai variasi bentuk girder jembatan serta dapat dilakukannya baik secara precast ataupun secara cast in situ.
3. Perlu dilakukannya pendataan lebih detail gambar kerja dalam menganalisis rencana anggaran biaya agar perhitungan volume, metode pelaksanaan, serta perencanaan waktu yang dihasilkan benar-benar akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Analisa Harga Satuan Pekerjaan (2016) Bidang Bina Marga.
- Daniel, Moehar. (2002). Metode Penelitian Sosial Ekonomi. Jakarta. Bumi Aksara
- Eko, I. Analisa Time Cost Trade Off Pada Pembangunan Struktur Atas Jembatan Kali Surabaya Di Mojokerto. <https://adoc.pub/analisa-time-cost-trade-off-pada-pembangunan-struktur-atas-j.html>. Diakses pada tgl 1 september 2022.
- Evrianto, W. (2004) Manajemen Proyek Konstruksi. Yogyakarta. Andi.
- Fortuna, B. I., Sucita, K., Rizal, R. S., (2021) Analisis Waktu dan Biaya Perbandingan Erection Box Girder Menggunakan Metode Crane dan Launcher. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, Vol.16 (2), hal 100-112
- Haning, Y. H., dkk, (2020) Studi Alternatif Struktur Atas Jembatan Dengan Balok Girder Prategang I. *Student Journal GELAGAR* Vol.2 No.2, Hal 8-28.
- Insani, D. R & R. H (2012) Analisis Perbandingan Biaya Konstruksi Antara Box Girder dan PCI Girder Pada Proyek Pembangunan Jalan Layang Non Tol Antasari Blok M. Laporan Tugas Akhir. Bandung. Konstruksi Sipil. Politeknik Bandung.
- Kent, J & Feli.(2020) Jenis-Jenis Metode Operasional Yang Digunakan Untuk Pemasangan Girder Pada Jembatan Di Indonesia. Laporan Kerja Praktik. Surabaya. Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Liono, S. (2009) Metode Konstruksi Precast Segmental Balanced Cantilever (Studi Kasus Jalan Layang Pasupati – Bandung). *Jurnal Teknik Sipil*, Vol.5 (2). Hal 122-143.
- Nasution, Amrinsyah (2009) *Analisis dan Disain Struktur Beton Bertulang*. Bandung : Penerbit ITB.
- Nawy, Edward G. (2001) *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar Jilid 1 dan 2 terjemahan Bambang Suryoatmono*. Jakarta: Erlangga.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Bagian 3 Analisa Harga Satuan Pekerjaan AHSP Bidang Bina Mrga (2016).
- Pratama. 2019. Pelaksanaan Metode Erection Girder Menggunakan Crawler Crane pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pasuruan-Probolinggo. Jember. Repository Universitas Jember

Prihatama, S., H,K Metode Pelaksanaan Deck Slab dan Perhitungan Tulangan Deck Slab Proyek Pembangunan Underrpass Senen Extension. *Jurnal Teknik Sipil*. Univeristas Guna Darma

Rahmawati, R. (2017) Biaya Dan Waktu Pekerjaan Erection Girder Dengan Metode Launcher Pada Bentang Tengah Proyek Pembangunan Jembatan Mastrip Surabaya. Laporan Tugas Akhir. Surabaya. Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh November.

Standard Nasional Indonesia (2008) Bidang Pekerjaan Umum.

Struyk, H.J ., Van der Veen, K.H.C.W., (1984), *Jembatan-Konstruksi*. Terjemahan Soemargono. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Suko, A.W. (2016) Analisa Pemilihan Tipe Girder Dalam Upaya Pengurangan Biaya Pelaksanaan Konstruksi Dan Pemeliharaan Jembatan. Thesis. Yogyakarta. Pascasarjana Faklutas Teknik, Universitas Gajah Mada.

Witriyatna, C., dkk. (2018) Analisis Perhitungan Modul Jembatan Gelagar I dan Gelagar Box Baja Sebagai Fungsi Jembatan Jalan Raya. *Jurnal Ilmiah Pengkajian Industri* Vol 12, No 2.

Zarkasi dan Roliansjah. 1995. Perkembangan Akhir Jembatan Cable Stayed.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Nada Ramadhani Nst
Panggilan : Nada
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 9 Januari 1999
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Jl.Dakota Raya No.2 Desa Marindal 2. Kec.
Patumbak, Deli Serdang
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Alm. Ir. Mustamam Nst MT
Ibu : Dra. Nazlah
No.HP : 081265323006
E-Mail : nasution.nada@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2007210208P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD HARAPAN 3	2010
2	SMP	SMPN 28 Medan	2013
3	SMA	SMAN 2 Medan	2016
4	D3	UNIMED	2019
5	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2020 sampai selesai.		

