

## BAB II

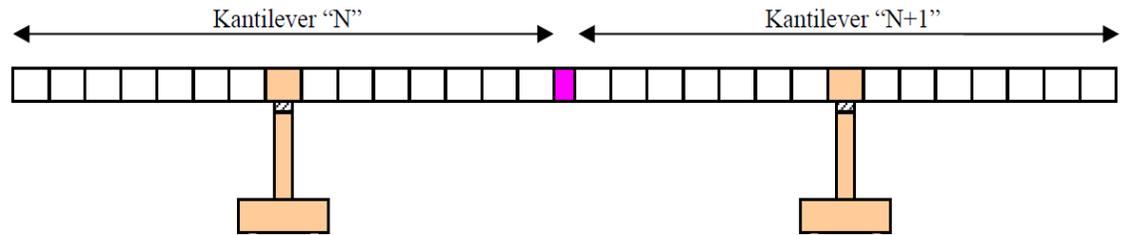
### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Fadhilah, Fitriani, & Astusi (2011), menyatakan bahwa box girder merupakan salah satu segment jembatan layang. Box girder merupakan suatu bentuk perkembangan dari girder. Girder itu sendiri adalah struktur jembatan yang menghubungkan antara struktur bawah yang meliputi pondasi & pier (pilecap) dan sebagai penyangga plat di atasnya. Perbedaan girder dan box girder terletak pada bentuk dan fungsi. Girder umumnya merupakan balok I, tetapi juga bisa berbentuk box, atau bentuk lainnya. Girder merupakan elemen konstruksi jembatan yang sangat penting, karena dilihat dari fungsinya yaitu untuk menahan beban konstruksi dan beban kendaraan yang ada di atasnya yaitu plat lantai dan menghubungkan antara pile-pile jembatan.

Metode konstruksi *balance cantilever* adalah metode pembangunan jembatan jalan layang dimana dengan memanfaatkan efek kantilever keseimbangan maka struktur dapat berdiri sendiri, mendukung berat sendirinya tanpa bantuan sokongan lain (perancah/*falsework*). Metode ini dilakukan dari atas struktur sehingga tidak diperlukan sokongan di bawahnya yang mungkin dapat mengganggu aktivitas di bawah jembatan. Metode *balanced cantilever* dapat dilakukan secara cor setempat (*cast in situ*) atau secara segmen pracetak (*precast segmental*). (Liono, 2009).

Konsep utamanya adalah struktur jembatan dibangun dengan pertama kali membangun struktur-struktur *kantilever* seimbang. *Kantilever* yang pertama dibuat adalah *kantilever* "N", dan seterusnya dibangun *kantilever* "N+1", *kantilever* "N+2", *kantilever* "N+3" dan *kantilever* "N+i". (Liono, 2009).



**Gambar 2.1** Metode Konstruksi *Balanced Cantilever*

Pada system ini balok jembatan dicor (*cast insitu*) atau dipasang (*precast*), segmen demi segmen sebagai kantilever di kedua sisi agar saling mengimbangi (*balance*) atau satu sisi dengan pengimbang balok beton yang sudah dilaksanakan lebih dahulu. Pada sistem ini diperlukan kabel *prestress* khusus untuk pemasangan tiap segmen. Kabel *prestress* ini hanya berfungsi pada saat *erection* saja, sedangkan untuk menahan beban permanen diperlukan kabel *prestress* tersendiri.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Erection Box Girder

*Box girder* adalah struktur atas di mana balok utama terdiri dari balok-balok dalam bentuk kotak berongga. *Box girder* tersebut merupakan beton yang biasanya terdiri dari beton pratekan, baja struktural, atau komposit baja dan beton bertulang. Bentuk dari *box girder* ini biasanya berbentuk empat persegi panjang atau trapesium dalam penampang. *Box girder* biasanya digunakan untuk jalan layang, jalan raya dan juga untuk LRT. Jalan layang non tol Paket Trunojoyo (Tendean – Blok M) tersebut menggunakan *box girder*.

Pengangkatan *box girder* untuk disambungkan ke *pier* (kolom jalan layang) disebut dengan erection *box girder*. Pengangkatan *box girder* untuk disambungkan ke *pier* (kolom jalan layang) memerlukan alat berat untuk mengangkutnya. Sebelumnya alat berat telah

ditentukan pemilihannya supaya alat berat yang digunakan bisa menjadi efektif dalam penggunaannya. Alat berat yang ditentukan dalam pengangkatan *box girder* dan juga material lainnya pada proyek ini yaitu, menggunakan *mobile crane* beroda rantai, *launching gantry*, dan *Lifting Frame*.



**Gambar 2.2** Pekerjaan *Erection Box Girder* dengan menggunakan *Launching Gantry*



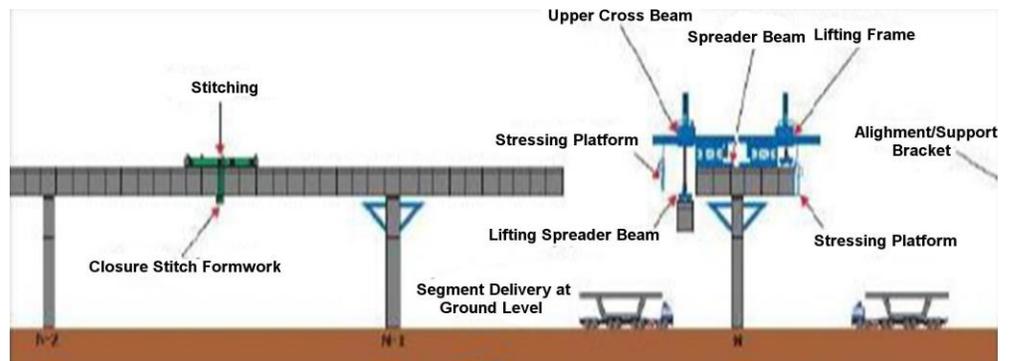
**Gambar 2.3** Pekerjaan *Erection Box Girder* dengan menggunakan *Lifting Frame*



**Gambar 2.4** Pekerjaan *Erection Box Girder* dengan menggunakan *mobile crane*

### 2.2.2 Metode *balance cantilever* dengan *lifting frame*

Pada dasarnya metode ini hampir sama dengan metode *launching gantry*. Perbedaannya cuma pada jenis alat yang digunakan untuk mengangkat segmen jembatannya.



**Gambar 2.5** Metode Konstruksi dengan Menggunakan Sistem *Lifting Frame*

Adapun tahapan - tahapan pelaksanaan pekerjaan *erection box girder* dengan menggunakan *lifting frame* adalah:

1. Pekerjaan persiapan
2. Pelaksanaan *Erection box girder*

### **2.2.2.1 Pekerjaan Persiapan**

Pelaksanaan pekerjaan menggunakan *lifting frame* dengan metode *balanced cantilever*. Erection dimulai setelah umur beton *Box Girder* & Balok mencapai umur 28 hari. Dengan asumsi dibutuhkan waktu bongkar formwork dan pekerjaan persiapan, pengukuran dsb, yang diperkirakan membutuhkan waktu 7 hari kalender. Ada pun diagram alir metode kerja di liat pada **lampiran 1**.

Sebelum melaksanakan pekerjaan, Kontraktor mengajukan ijin untuk melakukan pekerjaan *erection segmental box girder* kepada Pengguna Jasa disertai dengan metode kerja, kebutuhan alat, kebutuhan tenaga kerja, spesifikasi dan rencana mutu sesuai dengan dokumen kontrak. Kontraktor melakukan *staking out dan marking* lokasi sesuai dengan koordinat dengan gambar kerja. Pengukuran dan penentuan koordinat titik kolom sesuai dengan gambar *shop drawing*. Pekerjaan persiapan antara lain :

- Pengadaan akses jalan masuk ke tempat kerja yang cukup, termasuk vertikal akses ke *viaduct / box girder* untuk mobilisasi / demobilisasi peralatan dan material ke lokasi proyek.

- Pengadaan lahan yang bebas, cukup dan rata, tempat dudukan yang memadai untuk perakitan dan penempatan *crane* dan mesin lainnya.
- Pengadaan fasilitas *mobile crane* berikut operator untuk loading unloading, pemasangan lifting frame, pekerjaan *erection* sesuai kebutuhan selama pekerjaan.
- Kerjasama dan koordinasi dengan pihak berwenang atau pihak ketiga dalam hal perijinan untuk pelaksanaan, pengurusan serta penyelesaian masalah sosial yang mungkin timbul selama pekerjaan *erection box girder* berikut segala biaya yang timbul karenanya.
- Pengadaan dan pemasangan *safety net* dan *barrier* di lokasi pekerjaan *erection box girder*.
- Pengadaan *safety officer* dan petugas keamanan selama pekerjaan *erection box girder*.
- Pengadaan fasilitas ventilasi udara untuk *box girder* selama pekerjaan *erection box girder*.

#### **2.2.2.2 Pelaksanaan *Erection Box Girder***

Pekerjaan *erection box girder* adalah pekerjaan pemasangan atau pengangkatan box girder ke posisi pier. Pekerjaan *erection box girder* dilakukan dengan metode *Balance Cantilever* menggunakan *Lifting Frame*. Alasan penggunaan *Lifting Frame* di bandingkan dengan *Launching gantry* yaitu agar mempermudah bagian dimana terdapat alinyemen horizontal, karena alat ini sulit digunakan di jalan yang bertikung.

1. Tahapan pertama dari pekerjaan ini yaitu meletakkan *Lifting Frame* beserta rel lintasannya diatas *pier head* menggunakan *mobile crane*.



**Gambar 2.6** Pemasangan *Lifting Frame*

2. Setelah *box girder* sampai pada lokasi *launching*, dilakukan persiapan pada *box girder* dan pasang *stress bar* dan *spreader beam*, kemudian *truck trailer* maju



**Gambar 2.7** Pekerjaan Persiapan

3. Setelah *spreader beam* dari *Lifting Frame* diturunkan lalu diangkur menggunakan baut kedalam lubang yang terdapat pada bagian atas *box girder*, fungsi dari kegiatan ini untuk mengunci *box girder* dengan *spreader beam* untuk melakukan proses *launching*.



**Gambar 2.8** Proses *spreader beam* dari *Lifting Frame* diturunkan

4. Operator *Lifting Frame* mulai mengangkat *box girder* ketika ada aba-aba dari pekerja yang mempersiapkan *box girder* dibawah. Kecepatan angkat *Lifting Frame* yaitu sekitar 2m/menit



**Gambar 2.9** Proses pengangkatan *box girder*

5. Setelah *box girder* sudah naik kira-kira setinggi *pier head*, atur elevasi agar *box girder* sejajar dengan *pier head*.



**Gambar 2.10** *Box Girder* Diangkat sampai dengan posisinya

6. Lalu ukur jarak *stitching* pada *pier head* dengan *box alignment*, posisi *stitching* berada antara *pierhead* & segmen pertama.



**Gambar 2.11** Proses *Stitching* dan pemasangan plat form & bekisting



**Gambar 2.12** Sambungan *ducting tendon*

7. Kemudian lakukan pengukuran volume dan melakukan pengecoran *stiching*.



**Gambar 2.13** Setelah cor kemudian Buka bekisting, *Curing, Stressing+ Grouting*

8. Setelah box girder sudah sampai elevasi yang telah diukur, box girder dirapatkan ke *pier head*. Setelah rapat dan elevasi sesuai dengan ukuran, pekerja melakukan temporary stressing menggunakan stress bar yang ditarik jack hidrolik pada lubang-lubang blister yang berada didalam box girder. Fungsi dari *temporary stressing* ini yaitu supaya box girder tetap ditempat sampai *stressing* menggunakan kabel strand dilakukan.



**Gambar 2.14** Proses *temporary stressing*

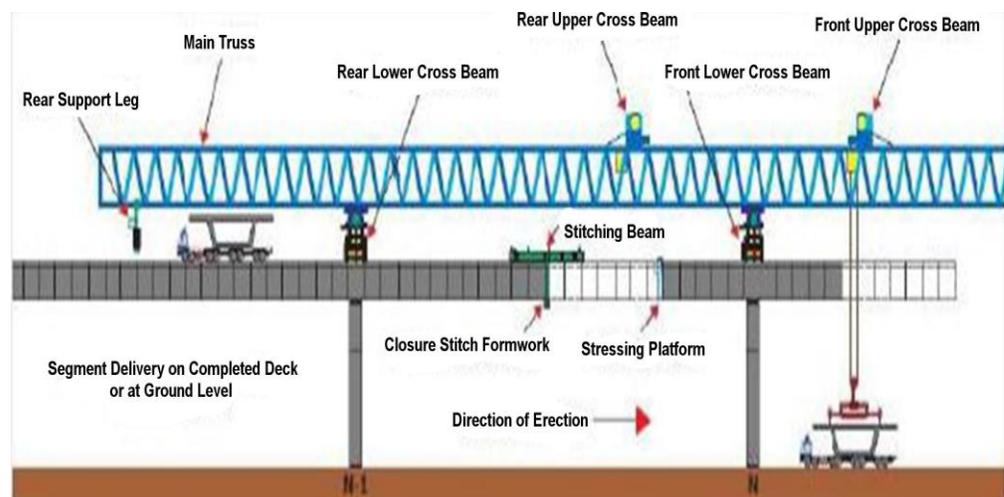
9. Launching box girder dilakukan pada kedua sisi dari *pier head*, metode ini dikenal sebagai metode *balance cantilever*. Karena sisi kiri dan kanan pada *pier head* harus seimbang agar tidak terjadi guling karena momen akibat *box girder* yang telah terpasang. Setelah kedua *box girder* pada kedua sisi *pier* selesai dilakukan *temporary stressing* maka dilakukan stressing permanen menggunakan kabel *strand*.
  
10. Setelah *stressing* selesai, *spreader beam* pada bagian atas *box girder* dilepas, lalu dilakukan penyetelan kembali pada *Lifting Frame* untuk mengangkat *box girder* selanjutnya.

### **2.2.3 Metode balance cantilever dengan launching gantry**

Metode ini digunakan untuk balok yang adalah hasil *precast* dan bukan hasil pengecoran in situ . Pada metoda ini digunakan satu buah gantry atau lebih yang digunakan sebagai peluncur segmen segmen *box girder* yang ada.

Kelebihan metode ini:

- a). tidak mengganggu lalu lintas yang ada di bawah pengerjaan jalan layang non tol Kapten Tendean – Blok M – Cileduk
- b). tidak memerlukan perancah
- c) tidak memerlukan banyak tenaga kerja untuk pemasangan



**Gambar 2.15** Metode Konstruksi dengan Menggunakan Sistem *Launching Gantry*

Adapun tahapan - tahapan pelaksanaan *Erection Box Girder* menggunakan *Launching Gantry* adalah:

1. Pekerjaan persiapan
2. Pemasangan gantry
3. Pelaksanaan *Erection box girder*
4. Stressing
5. *Closure & Wet joint*
6. Finishing

### 2.2.3.1 Pekerjaan Persiapan

Sebelum memulai pekerjaan *Erection*, semua bagian yang terlibat harus terlebih dahulu memahami bahwa semua kegiatan yang berhubungan dengan pekerjaan erection harus didasarkan pada :

- a. Spesifikasi : Proses pelaksanaan *erection box girder* dengan menggunakan *launching gantry*.
- b. *Shop drawing*/gambar perencanaan yang berstatus "*for construction*" : Untuk memudahkan pelaksanaan di lapangan, maka harus dibuat gambar yang detail dan lengkap, gambar tersebut disebut gambar pelaksanaan atau *shop drawing*.

Setelah spesifikasi dan *shop drawing* di setujui, selanjutnya adalah persiapan alat dan bahan. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah:

- *Theodolite digital*
- *Trailer truck*
- *Gantry crane*
- *Temporary bar*
- *Hidrolik jack*
- Kayu penyangga
- Sikadur 1 MP Rehidiner 24 kg
- Sikadur 1 MP Racing 8 kg



**Gambar 2.16** *Theodolite digital*



**Gambar 2.17** *Trailer truck*



**Gambar 2.18** *Gantry crane*



**Gambar 2.19** *Hidrolik Jack*



**Gambar 2.20** *Kayu penyangga*



**Gambar 2.21** Sikadur 1 MP  
Rehidiner 24 kg



**Gambar 2.22** Sikadur 1 MP  
Racing 8 kg

### 2.2.3.2 Pelaksanaan pemasangan gantry

#### a. Pemasangan PAB, LCB, Dan ULRS

Pemasangan PAB (*Pier Auxiliary Beam*) dilakukan di atas box girder pada PS (*Pier Segment*) yang telah ditentukan. Kemudian dilanjutkan dengan pemasangan LCB (*Lower Cross beam*) tepat di atas PAB dan dilanjutkan dengan pemasangan ULRS (*Universal Lower Roller Support*).

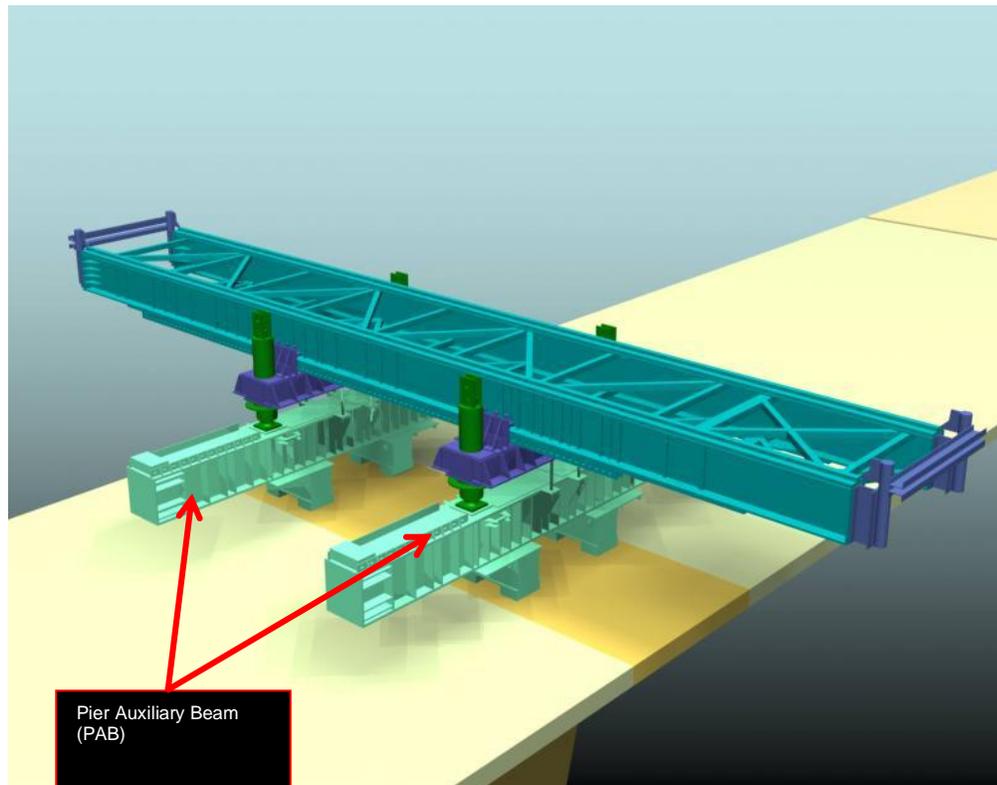
#### b. Pemasangan Main Truss

Perakitan *main truss* (MT) dilakukan sebelum pengangkatan ke atas ULRS. Perakitan MT dilakukan dari bagian tengah dilanjutkan ke bagian ujung.

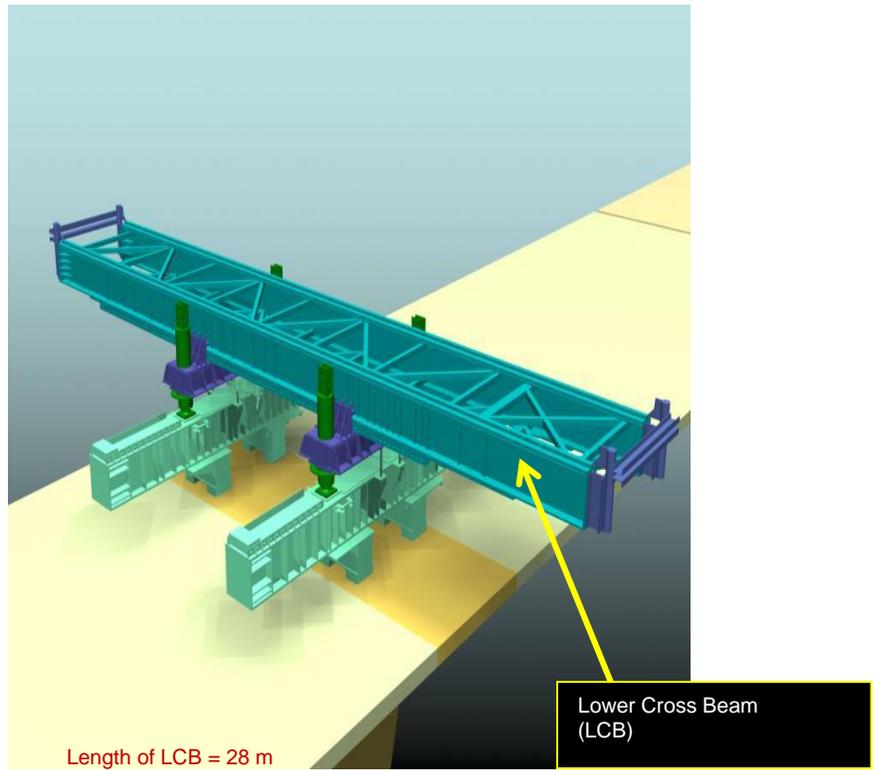
#### c. Pemasangan RSL, FSL, RUCB, dan FUCB

Pemasangan alat ini dilakukan dengan bantuan mobile crane. dengan posisi RSL dan FSL di bagian bawah MT sedangkan FUCB dan RUCB di bagian atas MT. Fungsi dari masing-masing alat tersebut adalah sebagai berikut:

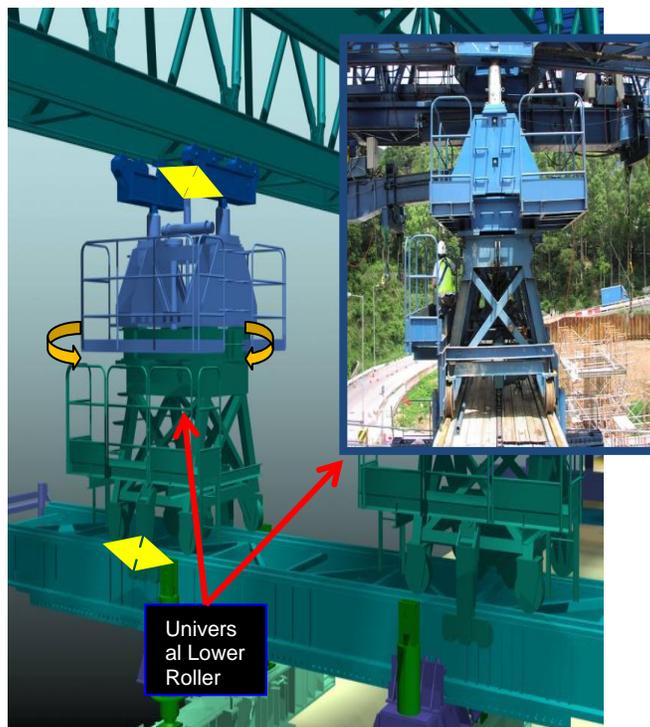
1. RSL (*Rear Support Leg*) = sebagai penahan saat pemasangan box girder pada PS untuk bagian belakang.
2. FSL (*Front Support Leg*) = sebagai penahan saat pemasangan box girder pada PS untuk bagian depan.
3. RUCB (*Rear Upper Cross Beam*) = berfungsi untuk mengangkat box girder yang akan ditempatkan pada PS untuk bagian belakang.
4. FUCB (*Front Upper Cross Beam*) = berfungsi untuk mengangkat box girder yang akan ditempatkan pada PS untuk bagian depan



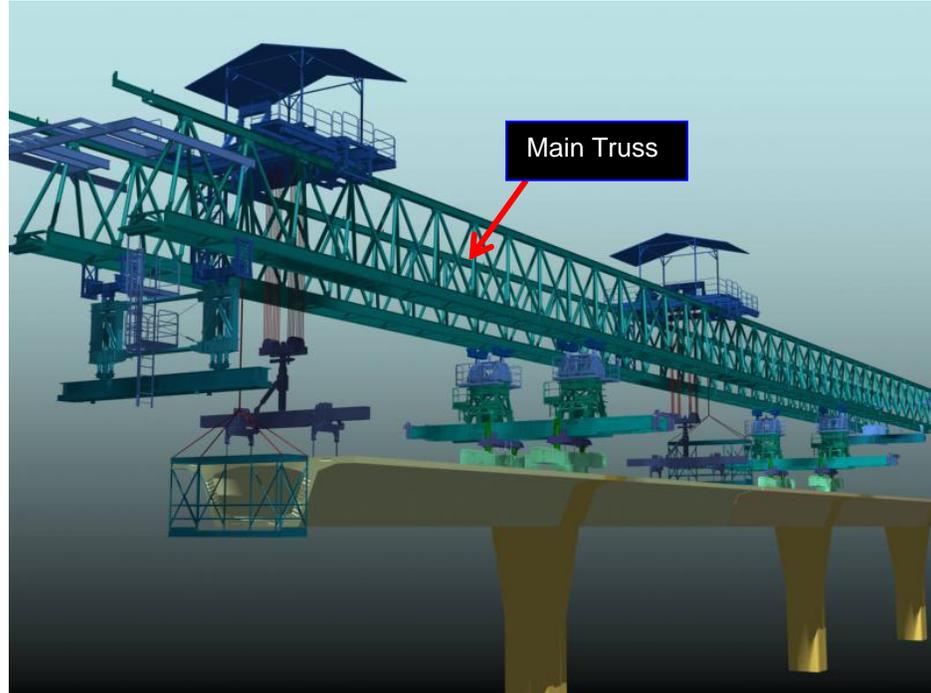
**Gambar 2.23** Pemasangan *PAB* (*Pier Auxiliary Beam*)



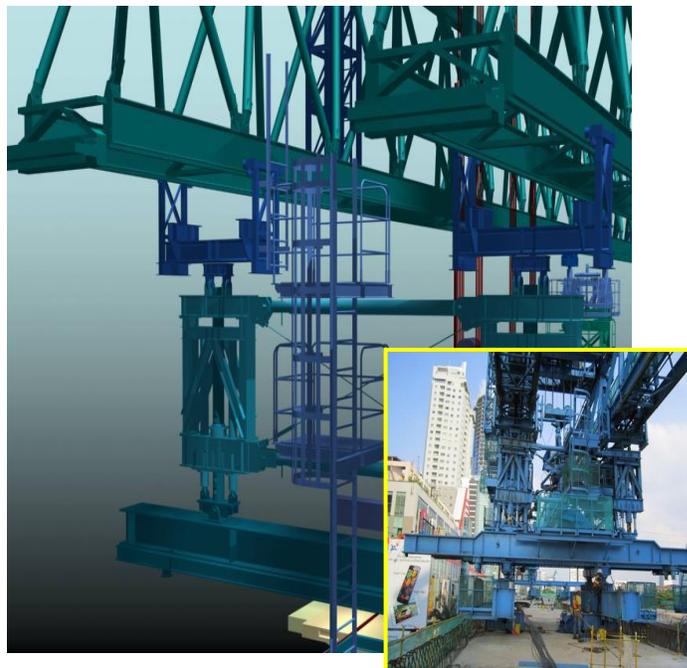
**Gambar 2.24** Pemasangan LCB (*Lower Cross beam*)



**Gambar 2.25** Pemasangan ULRS (*Universal Lower Roller Support*)



**Gambar 2.26** Pemasangan *main truss* (MT)



**Gambar 2.27** Pemasangan *Front / Rear Support Leg* (FSL/RSL)

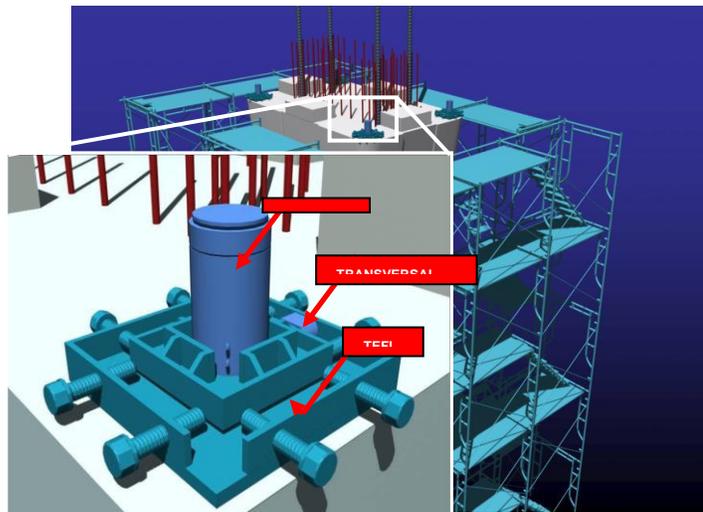
### 2.2.3.3 Pelaksanaan pekerjaan *Erection Box Girder*

#### 1. Pelaksanaan *erection box girder pier segment* dengan *mobile crane* adalah sebagai berikut :

##### a. *Grouting Pedestal*

Setelah kemiringan sesuai dengan rencana maka dilanjutkan peng *groutingan pedestal* dengan terlebih dahulu dibuat bekisting agar groutingan tidak sampai ke sledge sistem.

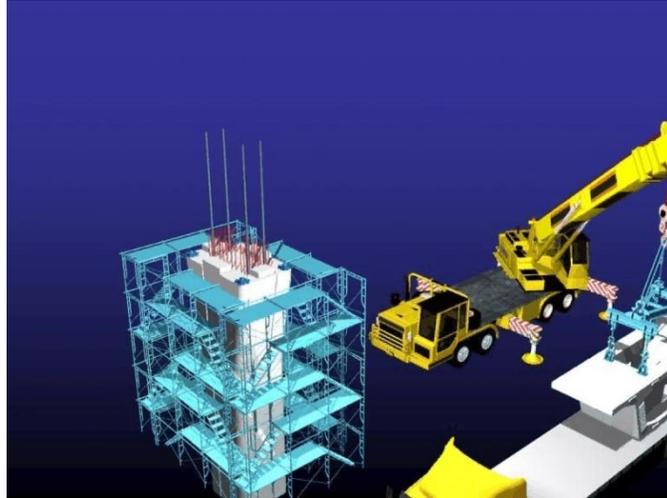
##### b. Install *Hydraulic Jack TCH* pada keempat sudut pier sebanyak 4 buah.



**Gambar 2.28** Install *Hydraulic Jack TCH*

##### c. Trailer yang mengangkut Box Girder ditempatkan dekat lokasi dengan posisi sejajar terhadap arah jembatan layang.

- d. Dilakukan pengangkatan Box Girder dengan mobile crane yang telah terpasang spreader beam.



**Gambar 2.29** Install *Box Girder* diangkat menggunakan *mobile crane*

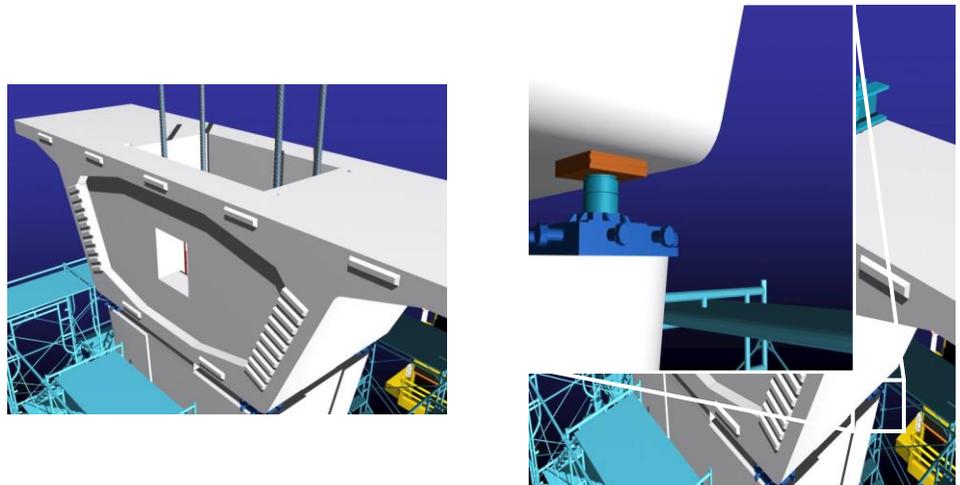
- e. Peletakan *Box Girder Pier Segmen*.

Gunakan juga tali untuk memandu pier segmen selama pengangkatan agar arah dari box girder dapat dikendalikan dan diletakkan sesuai yang diharapkan.



**Gambar 2.30** Peletakan *Box Girder Pier Segment*

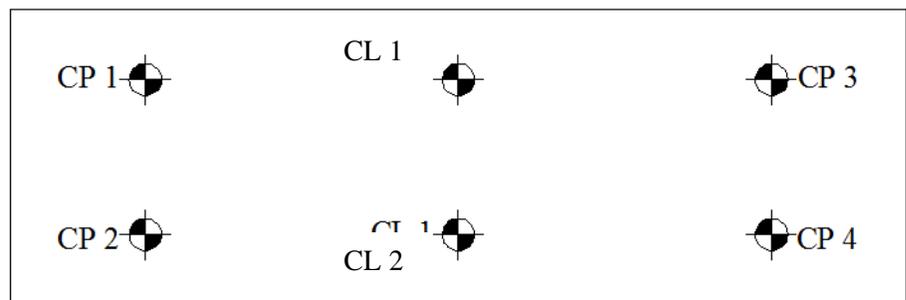
- f. *Pier Segmen* diletakkan pada *sledges system* (4 buah *Hidraulic Jack TCH*)



**Gambar 2.31** *Pier Segment* diletakkan pada *sledges system*

- g. Melakukan *setting* koordinat yang diinginkan dengan *Scroll Jack*.

Dilakukan penembakan *theodolite digital* dengan 4 titik center point dan 2 titik center line ke *Box Girder* yang akan di *erection*.

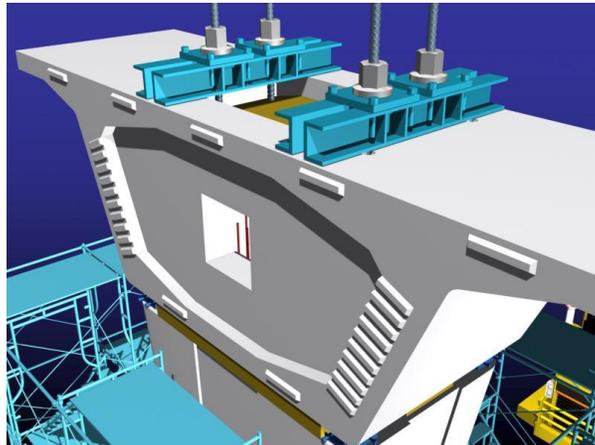


**Gambar 2.32** Skema penembakan menggunakan *Theodolite Digital*

Gambar diatas adalah sketsa perletakan posisi CP (*Center Point*) dan CL (*Center Line*) pada sisi atas *Box Girder*.

Kegunaan dari *setting* adalah untuk mengecek ketepatan antara gambar perencanaan dengan kondisi aktual yang batas toleransinya maksimal 30 mm pergeseran baik sumbu x,y (arah samping) dan sumbu z (elevasi Box Girder)

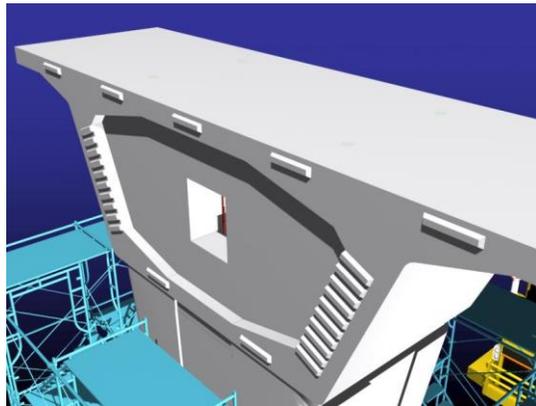
- h. Apabila posisi koordinat sudah sesuai
- i. *Install stress bar* dan tarik menggunakan *hidrolik jack*
- j. Memasang *formwork bekisting* bagian bawah.



**Gambar 2.33** Install Stress Bar pada *Pier Segment*

- k. Melakukan penulangan bagian dalam sampai atas *pier segment* yang membentuk jaring sampai 9 lapis.
- l. Melakukan pengecoran
- m. Pada bagian bawah yang telah diberi *formwork*

- n. Pada bagian atas yang telah diberikan tulangan
- o. Pelepasan *Sledge System* dari celah dibawah *pier segment*.
- p. Setelah dilakukan pelepasan *sledge system* maka dilakukan pengecoran pada *inner box girder* dan pengecoran area *sledge system*.



**Gambar 2.34** *Box Girder Pier Segment* terpasang

**2. Pelaksanaan *Erection Box Girder* dengan *Gantry Crane* adalah sebagai berikut:**

- a. Dilakukan setting elevasi dan koordinat dengan Theodolite Digital. Setelah setting elevasi dan koordinat selesai dilakukan, lalu penembakan theodolite digital dengan 4 titik center point dan 2 titik center line ke *Box Girder* yang akan di erection. Kegunaan dari setting adalah untuk mengecek ketepatan antara gambar perencanaan dengan kondisi aktual yang batas toleransinya maksimal 30 mm pergeseran baik sumbu x,y (arah samping) dan sumbu z (elevasi *Box Girder*)



**Gambar 2.35** Setting elevasi dan koordinat dengan Theodolite Digital

- b. Box Girder didatangkan dengan trailer truck dari PT. Jaya Beton Indonesia ke lokasi pemasangan erection Box Girder. Trailer truck yang mengangkut Box Girder ditempatkan dekat lokasi dengan posisi tegak lurus terhadap arah jembatan layang



**Gambar 2.36** Trailer yang mengangkut Box Girder ditempatkan dekat lokasi

- c. Dilakukan pengangkatan / erection dengan kabel yang dihubungkan pada mesin di *Upper Cross Beam* (UCB) dengan kapasitas alat maksimal 70 Ton.

Keterangan :

Beban yang diangkut total oleh gantry adalah 60 Ton, terdiri dari:

- a. Spreader beam : 10 ton
- b. Box Girder : 50 ton

Pengangkatan Box Girder harus menggunakan konsep Balanced Cantilever agar keadaan Pier dan Pier Head tetap seimbang (tidak terjadi puntir) . Yang dalam contoh di atas dilakukan pengangkatan oleh gantry pada P22 segmen 2 sebelah utara bagian Depan dan Belakang secara bersama-sama.



**Gambar 2.37** Pengangkatan Box Girder menggunakan konsep Balance Cantilever

- d. Setelah Box Girder mendekati segmen sebelumnya, dilakukan penganjalan dengan kayu agar posisi stabil dan tidak menabrak ke Box Girder segmen sebelumnya.



**Gambar 2.38** pengganjalan dengan kayu agar posisi stabil dan tidak menabrak ke Box Girder segmen sebelumnya

- e. Proses simming (bila diperlukan), Simming adalah proses pengganjalan dengan menggunakan fiber berwarna biru tebal 1 cm dengan lebar 5 cm dan panjang 10 cm.
1. Koordinat  $x,y,z$  dipencanaan gambar dibandingkan dengan koordinat  $x,y,z$  actual dilapangan.
  2. Bila dalam proses setting kondisi lapangan tidak sama dengan perencanaan gambar sampai batas 5 cm pergeseran koordinat (batas toleransi yang masih bisa menggunakan simming) maka diberikan simming untuk mengganjal agar koordinat actual semakin mendekati koordinat perencanaan pada gambar.

3. Jika jembatan melenceng kekiri dan keatas dari koordinat, maka untuk box girder selanjutnya diberi ganjalan di sebelah kiri bagian atas agar jembatan kembali kekanan bawah sampai ke koordinat yang diinginkan.



**Gambar 2.39** Proses Simming

- f. Menginstal *Stress Bar* pada *blister stress bar* pada bagian *inner box girder* bawah tengah dan sudut kanan dan kiri.
- g. Dilakukan perekatan antara segmen satu ke segmen yang lainnya dengan proses *epoxy*. *Epoxy* adalah proses penyatuan / pengeleman Box Girder. Bahan yang digunakan adalah Racing dan Rehidiner dengan perbandingan 1 : 3.  
Yang dalam hal ini untuk 1 pengeleman segmen satu ke segmen yang lainnya total bahan yang dibutuhkan 32 kg, yaitu :
  - a. Racing : 8 kg
  - b. Rehidiner : 24 kg

Dilakukan pemberian bahan *epoxy* pada seluruh penampang *cross section* secara merata.

- h. Box Girder di tempelkan ke segmen sebelumnya dengan menggunakan gantry. Kemudian dilakukan penarikan *Stress Bar (Temporary Stressing)* dengan *hidrolik jack*. Penarikan stress bar sampai 400 bar = 40 MPa. Lalu dilanjutkan *stressing permanent persegment* dan *stressing permanent* total dengan menggunakan *strand* sebagai tendon. Kemudian tahap selanjutnya melakukan *Erection Box Girder* dengan *Metode Balanced Cantilever*.

#### **2.2.3.4 Stressing Box Girder**

Pada proyek Pembangunan Jalan Layang Non Tol ini menggunakan metode dan perhitungan dari VSL. VSL merupakan singkatan dari *Voorspan System Loesinger* yang diciptakan oleh Loesinger pada tahun 1917 di Swiss dan dipatenkan pada 1954.

Penarikan jembatan box girder menggunakan metode *post tension* yaitu penarikan / *stressing* tendon yang dilakukan setelah pengecoran dan sesudah umur beton mencapai kuat tekan sekitar 80%  $f_c'$  atau sekitar 1 – 2 hari. Untuk penarikan tendon dilakukan secara bersamaan pada kedua sisi segmen box ( *metode balanced* ) dengan tujuan untuk menghindari *unbalanced moment* yang dapat mengakibatkan kerusakan struktur utama.

Langkah – langkah pekerjaan penarikan / *stressing* pada box *girder* adalah sebagai berikut :

## 1. Pemasangan Tendon

Pemasangan tendon dilakukan dengan cara di dorong kedalam lubang strand pada VSL dengan menggunakan tenaga manusia.



**Gambar 2.40** *Strand* dimasukkan kedalam Selongsong

## 2. Pemasangan Angkur dan Baji

Setelah pemasangan tendon hingga jumlah tendon yang direncanakan tercapai, kemudian memasukkan tendon / strand ke dalam angkur block hingga mendekati casting.



**Gambar 2.41** *Block Angkur*



**Gambar 2.42** *Angkur Block* Telah Terpasang



**Gambar 2.43** Pemasangan *Angkur dan Baji Drat*

### 3. Chair

Memasang chair dibelakang ankur block agar posisi baji / wedges bebas pada saat penarikan.



**Gambar 2.44** Chair Telah Terpasang

### 4. Setting Jack

Setelah pemasangan chair, kemudian pemasangan *Hidraulyc Jack*



**Gambar 2.45** Pemasangan *Hidraulyc Jack*

## 5. Cron Wedge

Setelah pemasangan *Hidraulic Jack* lalu pemasangan cron wedge



**Gambar 2.46** Cron Wedges

## 6. *Penarikan / Stressing*

Setelah semua siap, maka dilakukan proses penarikan / stressing Permanen.



**Gambar 2.47** Proses Penarikan *Tendon*

## 7. Cutting and patching

*Cutting merupakan pekerjaan memotong sisa strand setelah penarikan dan kemudian untuk menjaga agar udara dan air tidak memasuki selongsong dan tendon / strand melalui angkur di tutup dengan menggunakan adukan semen yang biasa di sebut patching.*



**Gambar 2.48** *Patching*

## **8. Grouting**

*Grouting* adalah proses memasukkan adukan semen ke dalam tendon. Dimana bertujuan untuk mengisi rongga pada tendon agar tidak terisi udara yang menyebabkan strand berkarat.



**Gambar 2.49** *Grouting menggunakan Grouting pump*

### **2.2.3.5 Closure & Wetjoint**

*Closure* merupakan pekerjaan segmen box girder terakhir dilakukan dengan cast in situ dengan mutu yang sama dengan box precast. Pekerjaan closure dilakukan setelah temporary stress bar top dan bottom. Panjang closure kurang lebih 60cm.



**Gambar 2.50** Pekerjaan *Closure*

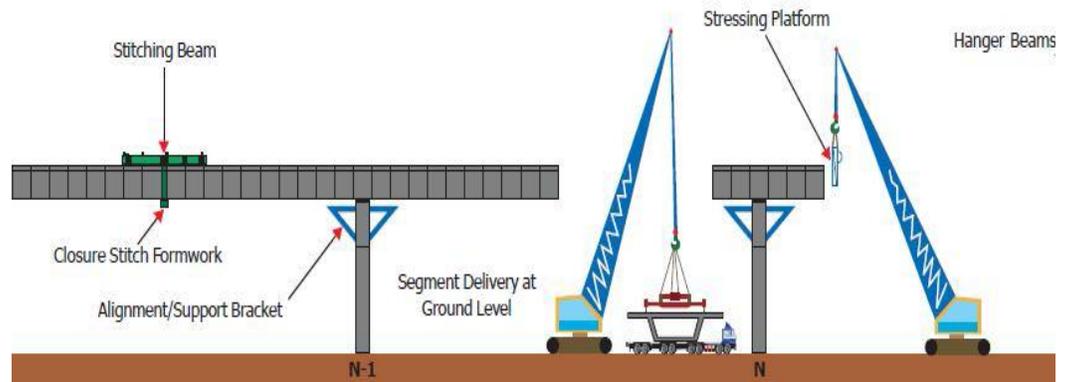
*Wetjoint* adalah sambungan beton segar yang dicetak berbentuk box girder pada saat pemasangan segmen *box girder precast* ke *pierhead*. Penggunaan *wetjoint* untuk menentukan elevasi koordinat yang sesuai dalam perencanaan.



**Gambar 2.51** *Wetjoint* Yang Sudah Terpasang *Formwork*

#### 2.2.4 Metode balance cantilever dengan *mobile crane*

Pada dasarnya metode ini hampir sama dengan metode lifting frame dan *launching gantry*. Perbedaannya cuma pada jenis alat yang digunakan untuk mengangkat segmen segmen jembatannya.



**Gambar 2.52** Metode konstruksi dengan menggunakan sistem crane

**Langkah-langkah pengerjaan *mobile crane* yaitu:**

- **Pemasangan *Mobile Crane* dengan *Segment***

Proses pertama pengerjaan *mobile crane* beroda rantai yaitu pemasangan *segment* atau pengikatan *segment* ke alat berat *mobile crane*. Sebelum *mobile crane* digunakan untuk *erection*, jalan yang akan digunakan oleh *mobile crane* ditutup terlebih dahulu, karena *mobile crane* membutuhkan area atau lahan gerak yang cukup luas hingga memakan 2 jalur, sehingga jalan yang menuju ke arah *mobile crane* dialihkan, sehingga *mobile crane* dapat bekerja dengan lancar. Sebelum dilakukan pengangkatan, *box girder* terlebih dahulu dipasang alat pengait untuk dikaitkan ke *hook mobile crane*, bentuk pengaitnya hamper sama dengan pengait alat berat *gantry*. Setelah pengait sudah terpasang dengan kuat pada *box girder*, barulah dikaitkan pada *hook mobile crane* dan kemudian

menuju ke proses pemindahan atau proses pengangkatan *segment*.

### 2.2.5 Dimensi Box Girder

- a. Panjang untuk segmen 0 adalah 7 m (2 x 3,5 m).
- b. Panjang untuk segmen ke 1 sampai 3 masing-masing adalah 4 m.
- c. Panjang untuk segmen ke 4 sampai 8 adalah 4,5 m.
- d. Panjang segmen ke 9 atau *closure* 4 m (2 x 2 m).
- e. Berat umum segmen *box girder* untuk tiap segmennya kurang lebih 60 ton
- f. Lebar masing-masing *box-girder* lempeng atas 14,7 m, sedangkan lebar *box body* 7,5 m
- g. Struktur *joint* diantara kedua *box* paralel pada sumbu tengah lebarnya 0.6 meter.
- h. *Box-girder* terdiri dari *box body* dan sayap dengan *web* vertikal.
- i. Secara melintang lempeng bawah dari *box* didesain datar sedangkan lempeng atas mempunyai kemiringan 2%.
- j. Tinggi masing masing *box* bervariasi tergantung ketinggian desain dari bentang berkisar antara 2,4 s.d 4,4 m.
- k. Ketebalan *web* antara 40~60 cm. Sayap *cantilever* di kanan kiri *box* digunakan untuk menopang arus kendaraan roda dua.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



### 2.3 Kerangka Pemikiran

Erection *box girder* adalah pengangkatan *box girder* untuk disambungkan ke pier (kolom jalan layang). Pengangkatan *box girder* untuk disambungkan ke *pier* (kolom jalan layang) diperlukannya alat berat untuk mengangkutnya. Sebelumnya alat berat telah ditentukan pemilihannya supaya alat berat yang digunakan bisa menjadi efektif dan dalam penggunaannya. Alat berat yang ditentukan dalam pengangkatan *box girder* dan juga material lainnya pada proyek ini yaitu, menggunakan *mobile crane* beroda rantai, *launching gantry*, dan *Lifting Frame*.

Pada penelitian ini menjelaskan tentang perbandingan biaya dan waktu pada *erection box girder system lifting frame* dan *launching gantry*. Pada penelitian tersebut akan didapatkan data waktu dan biaya, kemudian data tersebut diteliti sehingga akan didapatkan data waktu, dan biaya untuk per *segment box girdernya*. Data yang sudah didapatkan dan diteliti, kemudian data pada alat berat *launching gantry* dan *lifting frame* untuk per *segment box girdernya* dibandingkan. Sehingga akan diketahui keefektifan, dan keunggulan dari *launching gantry* dan *lifting frame*. Efektif yaitu suatu pencapaian tujuan secara tepat atau memilih tujuan-tujuan yang tepat dari serangkaian alternatif atau pilihan cara dan menentukan pilihan dari beberapa pilihan lainnya.