

PENERAPAN INCREMENTAL LAUNCHING METHOD PADA PEMBANGUNAN JEMBATAN BENTANG PANJANG

Basuki Muchlis

Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia
Dewan Pimpinan Daerah
Daerah Khusus Ibukota Jakarta
basukimuchlis284@gmail.com

Demy Yuni Cahyadi

Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia
Dewan Pimpinan Daerah
Daerah Khusus Ibukota Jakarta
demy.cahyadi@bakrimetal.co.id
demy.yc@gmail.com

Abstract

Incremental Launching Method (ILM) is a construction method that is widely used in bridge construction, especially for long-span bridges. This method allows the construction of the bridge in stages, by attaching and sliding portions of the bridge structure into their final positions. This study describes the procedure for implementing the Incremental Launching Method for bridge construction. Apart from that, several examples of suspension bridges whose construction process used the Incremental Launching Method are also described. The examples of bridges and the Incremental Launching Method described in this study show that the construction of a bridge can be carried out efficiently, safely, and securely. In addition, negative impacts during the bridge construction process can be minimized.

Keywords: Incremental Launching Method; bridge; construction methods; bridge construction

Abstrak

Incremental Launching Method (ILM) adalah suatu metode konstruksi yang banyak digunakan dalam pembangunan jembatan, terutama untuk jembatan yang memiliki bentang panjang. Metode ini memungkinkan pembangunan jembatan secara bertahap, dengan melekatkan dan meluncurkan sebagian struktur jembatan ke posisinya akhir. Pada studi ini diuraikan prosedur penerapan Incremental Launching Method untuk pembangunan jembatan. Selain itu, diuraikan juga beberapa contoh jembatan gantung yang pada proses konstruksinya menggunakan Incremental Launching Method. Contoh-contoh jembatan dan Incremental Launching Method yang diuraikan pada kajian ini menunjukkan bahwa pembangunan suatu jembatan dapat dilakukan secara efisien, aman, dan selamat. Selain itu, dampak negatif selama proses pembangunan jembatan dapat diminimalkan.

Kata-kata kunci: Incremental Launching Method; jembatan; metode konstruksi; pembangunan jembatan

PENDAHULUAN

Jembatan gantung adalah suatu jenis jembatan yang terdiri atas 2 menara tinggi, yang mendukung kabel utama yang melintasi sungai atau lembah (Dunnell, 2019; China Architecture News, 2017). Kabel-kabel ini mendukung jalur utama atau lantai jembatan. Mekanisme jembatan gantung melibatkan prinsip-prinsip mekanika struktur dan keseimbangan kekuatan.

Jembatan gantung erat kaitannya dengan penerapan Incremental Launching Method (ILM), yang merupakan suatu metode inovatif dalam bidang konstruksi jembatan. Metode ini memungkinkan pembangunan jembatan secara bertahap, efisien, dan ekonomis (Muchlis dan Cahyadi, 2022). Metode ini khususnya diterapkan pada jembatan dengan bentang

panjang, yang mana pembangunan secara konvensional mungkin tidak praktis atau mungkin membutuhkan biaya yang sangat tinggi (Bakrie Metal Industries, 2022). ILM menawarkan pendekatan yang unik, dengan melibatkan peluncuran bertahap sejumlah segmen struktural jembatan, dari suatu titik menuju ke posisi akhirnya. Selain itu, penerapan ILM melibatkan tahapan kritis, mulai dari desain awal hingga penyelesaian konstruksi (Wong, 2022). Jembatan yang menggunakan metode ini dapat dibangun tanpa menggunakan bentang sementara yang mahal atau tanpa menimbulkan dampak signifikan pada lalu lintas dan lingkungan di sekitarnya (Maharani dan Alexander, 2022).

Dalam proses ILM, segmen-segmen struktural jembatan dibangun di daratan dan kemudian diluncurkan ke tempat akhir dengan menggunakan landasan peluncuran (Bakrie Metal Industries, 2022). Hal ini memungkinkan untuk pengurangan waktu konstruksi serta memberikan fleksibilitas dalam menyesuaikan proyek dengan tantangan lingkungan dan kondisi konstruksi yang berbeda. Keunggulan utama ILM adalah efisiensi konstruksi dan minimnya dampak lingkungan selama proses pembangunan. Selain itu, metode ini sering digunakan untuk mengatasi kendala topografi dan kondisi geoteknik yang rumit, serta memberikan solusi ekonomis yang signifikan untuk jembatan dengan bentang panjang (Muchlis dan Cahyadi, 2022).

Meskipun ILM menawarkan banyak keuntungan, perlu adanya perencanaan yang cermat, perhitungan struktural yang akurat, dan pengawasan yang ketat selama pelaksanaan konstruksi. Keselamatan, kekuatan struktural, dan pemenuhan standar teknis merupakan faktor utama yang harus diperhatikan guna memastikan keberhasilan penerapan ILM ini (Bakrie Metal Industries, 2022; Maharani dan Alexander, 2022).

BEBERAPA JEMBATAN MANCANEGERA YANG MENERAPKAN ILM

Jembatan HongKong-Zhuhai-Macau

Jembatan HongKong-Zhuhai-Macau (HZMB) adalah suatu jembatan laut terpanjang dan terowongan yang menghubungkan Hongkong, Macau, dan Zhuhai di Tiongkok daratan (lihat Gambar 1). HZMB mencakup serangkaian jembatan dan terowongan yang melintasi Selat Lingdingyang. Mega proyek infrastruktur terbaru ini merupakan penyeberangan laut terpanjang di dunia, yaitu sepanjang 34,2 mil, yang dibangun selama hampir satu dekade (Arup, 2023).

Jembatan HZMB ini secara signifikan memangkas waktu perjalanan antara ketiga kota tersebut. Perjalanan yang sebelumnya memakan waktu 4 jam antara Zhuhai dan Hongkong kini hanya memerlukan waktu 45 menit.

Salah satu bagian penyeberangan berada di bawah permukaan air, berbentuk terowongan sepanjang 4,2 mil, dengan bagian atasnya dapat dilewati oleh kapal kontainer kargo berukuran besar. Pada upacara pembukaan, Han Zheng, pejabat tinggi Tiongkok yang mengawasi hubungan Beijing dengan Hongkong, menyatakan bahwa jembatan tersebut

menandai pertama kalinya Hongkong, Macau, dan daratan Tiongkok bekerja sama dalam suatu proyek infrastruktur besar.



Gambar 1 Bagian Jembatan Hongkong-Zhuhai-Macau di Hongkong

HZMB membantu Hongkong dan Macau menjadi lebih terintegrasi dengan Tiongkok daratan. Namun bagi sebagian warga Hongkong, yang menerapkan sistem hukum yang berbeda dengan sistem hukum di Tiongkok daratan, jembatan ini merupakan contoh terbaru pengaruh Beijing yang lebih besar terhadap mereka. Seorang anggota parlemen Hongkong, Claudia Mo, telah melakukan beberapa kali wawancara pada tahun 2023 dan memperoleh pendapat bahwa jembatan baru tersebut merupakan tali pusar simbolis yang mengikat Hongkong ke tanah airnya.

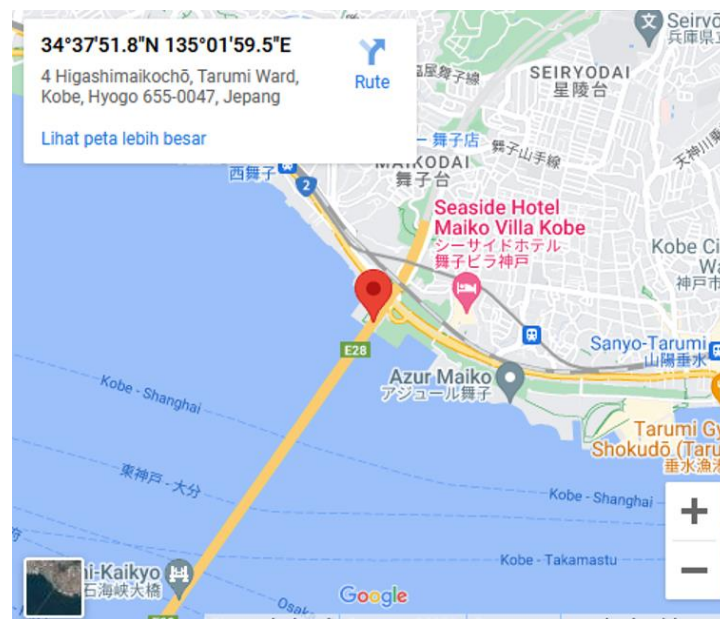
Jembatan Gantung yang Menghubungkan Pulau Akashi dan Pulau Awashi

Di Jepang terdapat Jembatan Gantung yang menghubungkan Pulau Akashi dan Pulau Awashi, yang dikenal dengan nama Jembatan Akashi-Kaikyo. Jembatan Akashi-Kaikyo tidak hanya untuk perjalanan ke Pulau Awashi, tetapi juga ke Shikoku. Jembatan Akashi-Kaikyo digunakan sebagai salah satu dari 3 rute Jembatan Honshu-Shikoku, yang menghubungkan pulau utama (Honshu) dan Shikoku (dikenal sebagai Kobe-Awaji-Naruto Expressway), dan sangat penting untuk perjalanan antara Shikoku dan kota-kota di daratan. Adanya Jembatan Akashi-Kaikyo menyebabkan waktu yang diperlukan untuk melakukan perjalanan antara daratan dan Shikoku berkurang secara drastis, dan meningkatkan jumlah orang yang bepergian dan jumlah transportasi barang (Japan Travel Planner. 2022). Jembatan Akashi-Kaikyo pernah dikenal sebagai jembatan gantung terpanjang di dunia, yang tercatat dalam Guinness World Records, dengan panjang 3911 m dan rentang tengah sepanjang 1991 m.

Sebelum adanya Jembatan Akashi-Kaikyo, sarana transportasi yang digunakan oleh pelaku perjalanan adalah perahu dan kapal. Namun, pembangunan jembatan dimulai karena terjadi kecelakaan yang mengakibatkan tenggelamnya Feri. Pelaksanaan konstruksi Jembatan Akashi-Kaikyo berlangsung antara tahun 1986 hingga tahun 1998.



Gambar 2 Jembatan Gantung Akashi-Kaikyo



Gambar 3 Lokasi Jembatan Gantung Akashi-Kaikyo

Jembatan Gantung Canakkale 1915 di Turki

Jembatan Canakkale 1915 menghubungkan antara Benua Eropa dan Benua Asia, dengan melintasi Selat Dardaneles. Jembatan Canakkale 1915 saat ini merupakan jembatan gantung yang terpanjang di dunia, mengalahkan Jembatan Akashi-Kaikyo. Jembatan ini terletak di Provinsi Canakkale, mulai dikerjakan pada tahun 2017 dan diresmikan penggunaannya pada 18 Maret 2022 (CNN Indonesia, 2022).

Jembatan Canakkale 1915 mempunyai panjang total 4608 meter, dengan bentang tengah sepanjang 2023 meter. Hal ini membuat Jembatan Canakkale 1915 memecahkan rekor dan menjadi jembatan gantung terpanjang di dunia. Panjang bentang tengah jembatan ini adalah 2023 m, melampaui panjang bentang tengah Jembatan Akashi Kaikyo. Tak hanya itu, jembatan ini juga memiliki 2 menara dengan tinggi mencapai 318 meter, yang merupakan menara jembatan tertinggi ke-6 di dunia. Angka 1915 yang tersemat dalam nama jembatan

dimaksudkan untuk menghormati kemenangan penting angkatan laut Utsmaniyah atas Inggris dan Prancis pada Perang Dunia I, tahun 1915.



Gambar 4 Jembatan Canakkale 1915

Jembatan Gantung Lvzhijiang di Yunnan, China

Jembatan Gantung Lvzhijiang di Yuxi, Provinsi Yunnan, Tiongkok, merupakan jembatan gantung dengan satu menara dan bentang tunggal pertama di dunia (Wong, 2022). Jembatan ini membentang sepanjang 798 meter, di atas suatu lembah sungai.

Panjang Jembatan Lvzhijiang mungkin tidak terdengar terlalu ekstrem jika dibandingkan dengan beberapa jembatan terpanjang di dunia. Namun kompleksitas proyek ini membuatnya diakui sebagai sebuah keajaiban teknik.

Jembatan ini berada di atas Lvzhijiang, yang secara harfiah diterjemahkan sebagai Sungai Jus Hijau, dan menonjol dari terowongan yang muncul dari permukaan gunung yang curam di setiap sisi lembah. Gambar 5 menunjukkan bentuk dan situasi Jembatan Lvzhijiang.



Gambar 5 Bentuk dan Situasi Jembatan Lvzhijiang

Jembatan Lvzhijiang memecahkan beberapa rekor dunia di bidang konstruksi jembatan. Dibangun di lembah pegunungan berbentuk V, dengan kemiringan 54° , jembatan ini merupakan jembatan gantung dengan 1 menara dan mempunyai bentang tunggal yang pertama di dunia. Jembatan Lvzhijiang hanya ditopang oleh 1 menara dengan kedua ujungnya ditopang oleh kabel, dan tidak ada kolom penyangga tambahan (CNN, 2022). Tampak atas Jembatan Lvzhijiang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Tampak Atas Lantai Jembatan Gantung Lvzhijiang

Jembatan Duge Beipanjiang di Qijing, Tiongkok

Jembatan Beipanjiang terletak di antara Xuanwei, di Provinsi Yunnan, dan Liupanshui, di Provinsi Guizhou. Konstruksi Jembatan Duge Beipanjiang di Qijing, Tiongkok, selesai pada Desember 2016. Jembatan Duge Beipanjiang merupakan jembatan yang tertinggi di dunia, karena dek jembatan ini berada pada ketinggian 1854 ft di atas Sungai Beipan, yang melintasi Beipanjiang Grand Valley (China Architecture News, 2017).

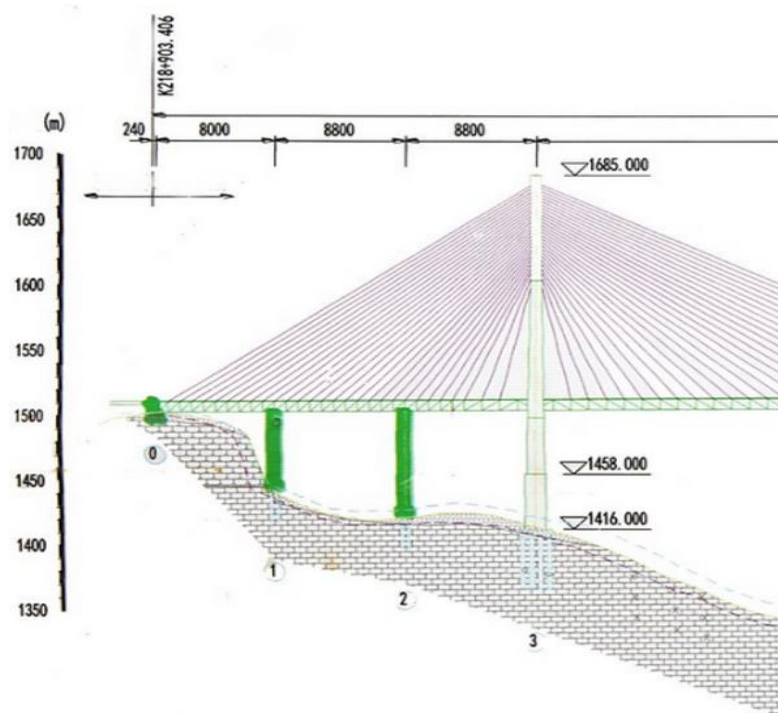


Gambar 7 Panorama Jembatan Duge Beipanjiang, Qijing, China

Jembatan Duge Beipanjiang, atau juga disebut Jembatan Beipanjiang atau Jembatan Duge, adalah jembatan kabel beton yang melintasi Sungai Beipan, menghubungkan Xuanwei di Provinsi Yunnan dan Liupanshui di Provinsi Guizhou. Berfungsinya jembatan ini mengurangi waktu perjalanan antara kedua kota tersebut, dari 4 jam menjadi sekitar 1 jam. Situasi lokasi Jembatan Duge Beipanjiang dapat dilihat pada Gambar 8, sedangkan beberapa dimensi jembatan ini ditunjukkan pada Gambar 9. Menara timur jembatan ini tingginya 883 ft, yang merupakan salah satu jembatan tertinggi di dunia (China Architecture News, 2017), dengan lantai jembatan berada 1854 ft di atas permukaan air sungai rata-rata.



Gambar 8 Tower Penopang Penyanggah Jembatan



Gambar 9 Beberapa Dimensi Bagian-Bagian Jembatan Duge (dalam cm)

Jembatan Pulau Balang

Jembatan Pulau Balang, di Provinsi Kalimantan Timur, menghubungkan Kota Balikpapan dengan Kabupaten Penajam Paser Utara. Nantinya, jembatan ini akan menjadi jalur utama angkutan logistik menuju ke Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara (lihat Gambar 10). Adanya jembatan ini menyebabkan waktu tempuh dari Balikpapan ke Penajam Paser Utara dapat dipersingkat, dari 4 jam menjadi hanya 1 jam (Maharani dan Alexander, 2022).

Jembatan Pulau Balang memiliki panjang 804 m di bagian utama jembatan. Sedangkan jembatan pendekatnya memiliki panjang 167 m, dengan jalan akses sepanjang 1807 m.

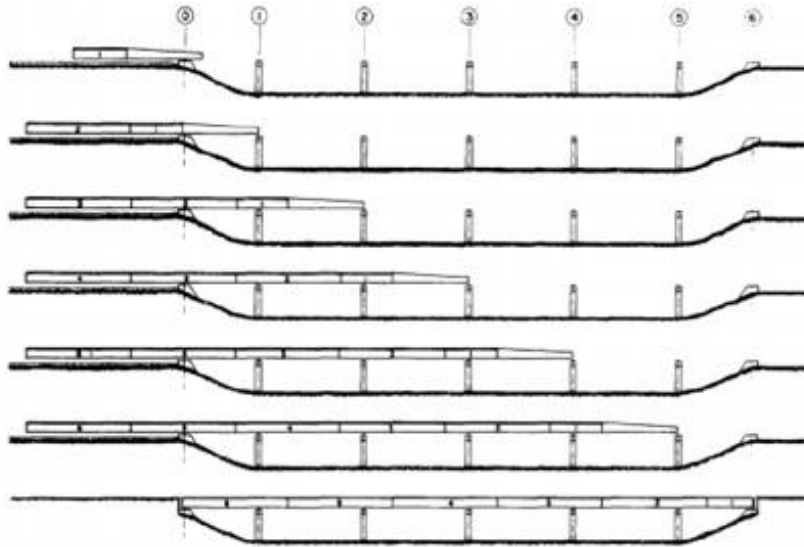


Gambar 10 Jembatan Pulau Balang

Jembatan Pulau Balang memiliki tipe *cable stayed* dan merupakan hasil kerja sama antara Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dengan Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur, Pemerintah Kabupaten Penajam, dan Pemerintah Kabupaten Penajam Paser Utara. Jembatan ini mulai dibangun sejak tahun 2015, dengan biaya konstruksi yang telah dihabiskan mencapai sekitar Rp1,4 triliun.

PRINSIP METODE INCREMENTAL LAUNCHING

Incremental Launching Method (ILM) digunakan tanpa menggunakan perancah dan digunakan untuk jembatan dengan bentang (*span*) lebih dari 30 m (Marchetti, 1983). Setiap segmen dirakit (*assembly*) satu per satu sambil maju perlahan, hingga menjadi satu kesatuan *steel tub girder*. Seluruh segmen ini kemudian maju secara perlahan sejauh panjang total segmen. Ketika seluruh segmen mencapai posisi masing-masing *pier*, jembatan diturunkan menggunakan alat bantu *jack down* di atas *pier head* kemudian digeser menuju posisi *bearing* (Marchetti, 1983). Secara umum, ilustrasi ILM ini dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Ilustrasi Incremental Launching Secara Umum (Marchetti, 1983)

Keuntungan penggunaan metode ILM ini, di antaranya, adalah mengeliminir, meminimalkan, atau menghilangkan kebutuhan perancah sementara (*scaffolding*) yang harus dikonstruksi di bagian bawah jembatan. Selain itu, konstruksi dilaksanakan di lokasi yang sama, sehingga pengawasan lebih mudah dan kualitas penyambungan segmen bisa terjaga. Berdasarkan survei yang dilakukan oleh LaViolette et al. (2007), keuntungan ILM yang paling signifikan adalah: (1) gangguan yang dihasilkan pada area pemasangan minim dibandingkan dengan metode pemasangan konvensional, (2) perlengkapan yang digunakan lebih sedikit dibandingkan dengan pemasangan konvensional, dan (3) keselamatan kru pemasangan lebih aman dibandingkan pemasangan konvensional akibat jembatan dirakit di tempat terpisah (*ground level assembly*).

ILM merupakan suatu metode pelaksanaan konstruksi yang sangat efisien untuk digunakan dalam pembangunan jembatan. Metode ini memungkinkan pembangunan jembatan secara bertahap, dengan melekatkan dan meluncurkan sebagian struktur jembatan ke posisi akhirnya.

Langkah-langkah umum penerapan ILM pada proyek jembatan adalah:

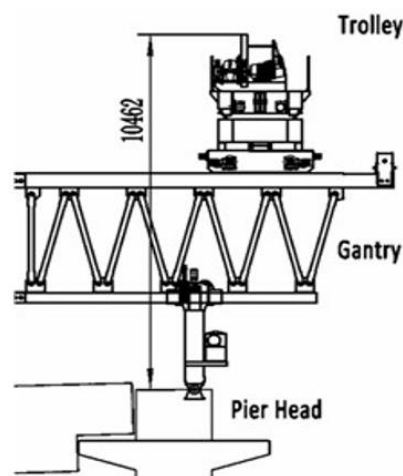
- 1) Perencanaan dan perancangan; identifikasi karakteristik khusus jembatan yang memungkinkan penerapan metode ini, dan struktur jembatan dirancang dengan memperhitungkan kekuatan dan stabilitasnya selama proses peluncuran bertahap.
- 2) Pembuatan segmen struktur; struktur jembatan dibuat dalam segmen-segmen yang dapat diangkut dan diluncurkan, yang mana segmen-segmen ini harus dirancang agar dapat bersatu secara kohesif ketika ditempatkan di posisi akhir.
- 3) Persiapan landasan peluncuran; landasan peluncuran dipersiapkan dengan memadai dan aman untuk meluncurkan segmen-segmen jembatan.
- 4) Peluncuran pertama; segmen pertama jembatan diluncurkan dari landasan peluncuran ke posisi awalnya, dan segmen tersebut dipastikan dapat diatur dengan presisi yang diperlukan.

- 5) Peluncuran berulang; segmen-segmen berikutnya diluncurkan secara bertahap, serta dimonitor dan dikontrol pergeseran setiap segmen untuk memastikan posisinya akurat.
- 6) Penggabungan dan penguatan; setelah semua segmen diluncurkan dan ditempatkan, dilakukan penggabungan dan penguatan struktur, dengan semua sambungan dipastikan bersatu dengan baik dan memenuhi standar keamanan.
- 7) Uji dan inspeksi; dilakukan uji struktural dan inspeksi keseluruhan untuk memastikan keamanan dan kualitas jembatan, dan memastikan jembatan memenuhi semua persyaratan teknis dan standar keselamatan.
- 8) Penyelesaian dan pemeliharaan; pekerjaan penyelesaian, seperti pengecatan dan penutupan permukaan jalan, diselesaikan dengan tetap dilakukan pemeliharaan berkala untuk memastikan keberlanjutan kinerja dan keamanan jembatan.

Penerapan ILM membutuhkan perencanaan yang cermat, pengawasan yang ketat selama proses peluncuran, dan pemahaman mendalam tentang dinamika struktural. Dalam konteks jembatan di mancanegara, yang penting adalah memastikan bahwa metode ini mematuhi standar dan peraturan setempat serta memperhitungkan kondisi lingkungan dan kondisi geoteknik setempat.

Metode pemasangan jembatan yang paling umum dan mudah dilaksanakan adalah menggunakan *mobile crane*, yang dapat digunakan secara fleksibel untuk mengangkat rangkaian *steel tub girder* dengan menyesuaikan kapasitas angkut yang dibutuhkan. Akan tetapi, *mobile crane* hanya dapat digunakan di lokasi instalasi yang luas dan bebas halangan, dan tidak dapat beroperasi di atas *crossing* pipa karena terdapat risiko kerusakan pipa di dalam tanah akibat beban yang berlebih dan getaran akibat pergerakan *mobile crane* di atasnya. Selain itu, kapasitas *mobile crane* yang diperlukan untuk pemasangan girder baja cukup besar, yaitu 150 ton hingga 200 ton.

Berdasarkan data spesifikasi *gantry launcher* yang banyak digunakan oleh kontraktor pelaksana, tinggi total *gantry launcher* yang diukur dari *pier head* adalah 10 m, sehingga hanya menyisakan jarak bebas vertikal sekitar 2 m, yang mana jarak bebas vertikal di *pier* 37 adalah 12 m sebelum pemasangan *gantry truss launcher* (lihat Gambar 12).



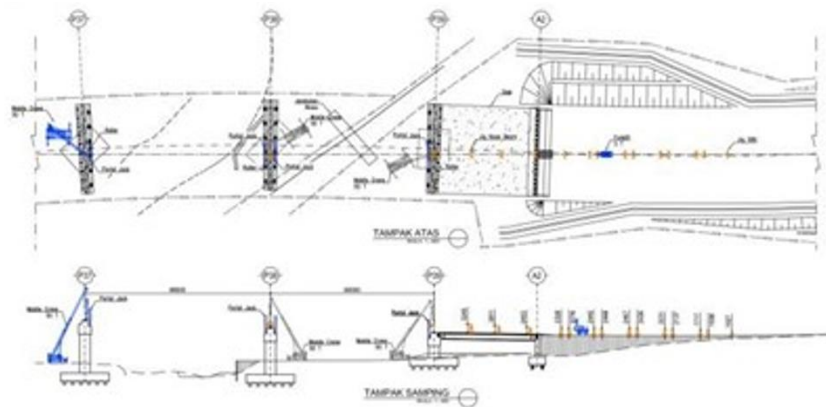
Gambar 12 General Arrangement Drawing Launcher Gantry

Tahapan Pelaksanaan ILM Jembatan

Tahap Persiapan

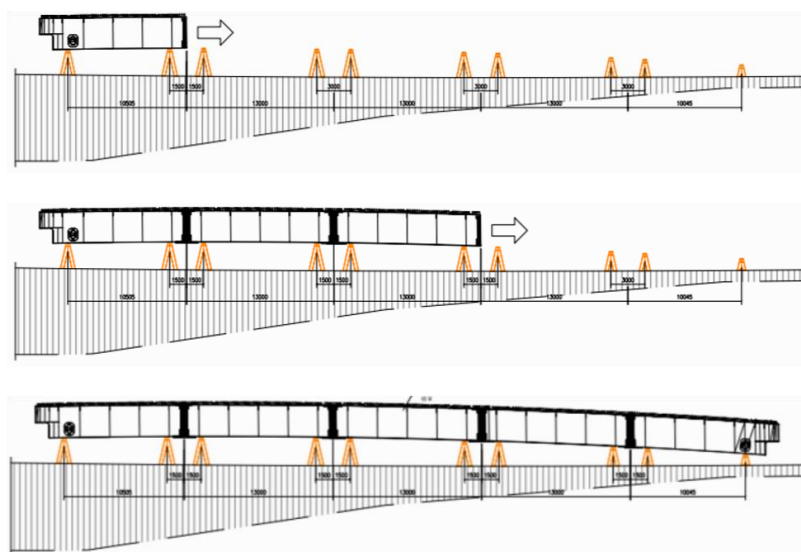
Tahap persiapan terdiri atas pekerjaan perakitan *steel tub girde*, termasuk perakitan dan pemasangan alat-alat dan struktur pendukung instalasi yang dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Perakitan dan pemasangan jig; fungsi jig sangat vital pada proses perakitan (*assembly*), karena digunakan untuk *nosebeam positioning*, *link set*, dan *tail beam* serta positioning struktur *steel tub girder*.
- 2) Perakitan dan pemasangan alat bantu instalasi *steel tub girder*; alat bantu instalasi ini meliputi *portal jackdown*, *roller*, *sliding beam*, *portal jack-down*, dan meja, yang ilustrasi pemasangannya dapat dilihat pada Gambar 13.

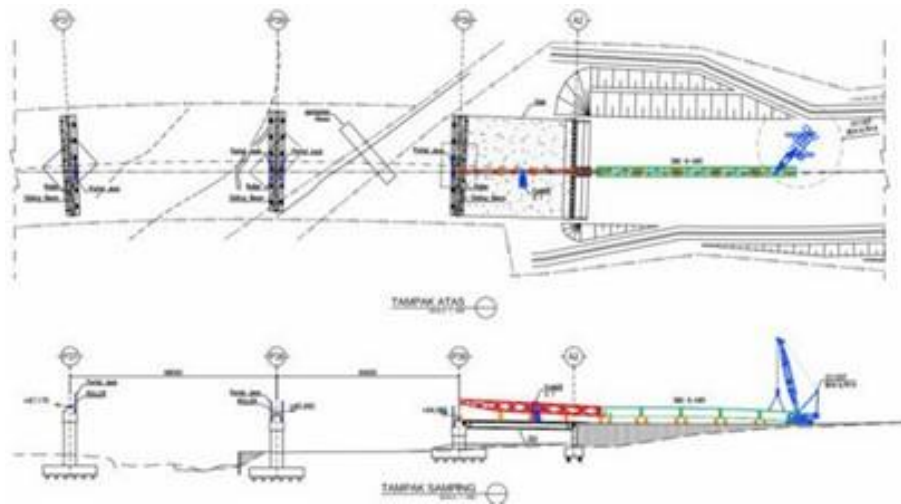


Gambar 13 Ilustrasi Pemasangan Jig dan Alat Bantu

- 3) Perakitan dan pemasangan jembatan utama *steel tub girder* 65 m; *steel tub girder* diletakkan di atas jig yang sudah diatur sesuai dengan *camber* jembatan, dan *steel tub girder* 65 m dipasang beserta pemasangan *nose beam* (lihat Gambar 14).



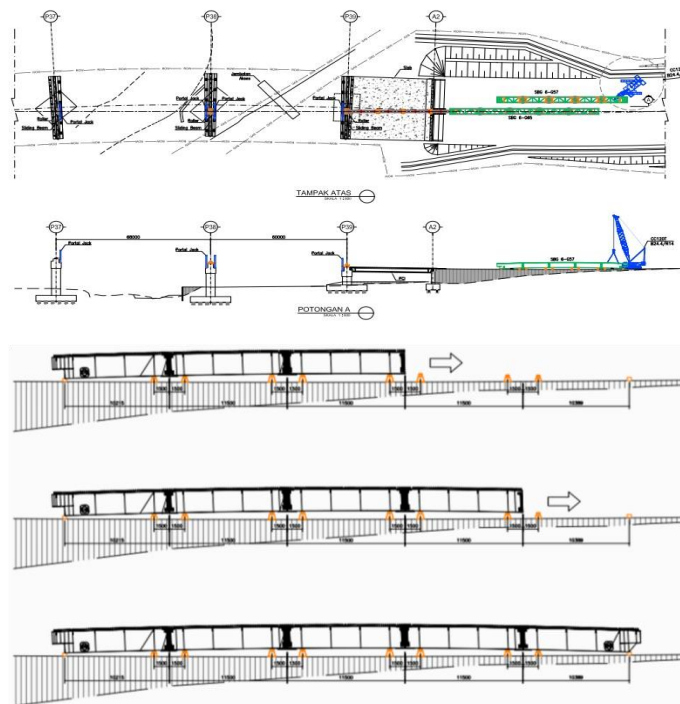
Gambar 14 Ilustrasi Pemasangan Steel Tub Girder 65 m



Gambar 15 Ilustrasi Pemasangan Steel Tub Girder 65 m dan Nose Beam

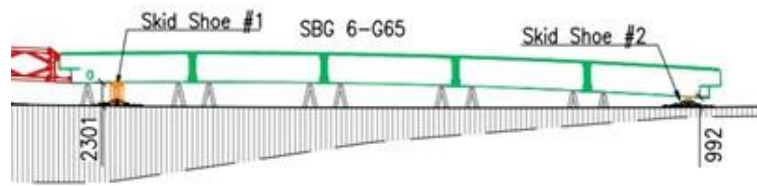
Tahap Perakitan

Perakitan dan pemasangan jembatan utama *steel tub girder* 57 m dilakukan dengan cara *steel tub girder* 57 m diletakkan di samping *steel tub girder* 65 m. Ilustrasi pemasangan *steel tub girder* 57 m dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Ilustrasi Pemasangan *Steel Tub Girder* 57 m

Selanjutnya adalah pemasangan *skidshoe*. Empat unit *skid shoe* (kapasitas 250 ton) dipasang di bawah *steel tub girder* (2 unit di bagian depan *steel tub girder* dan 2 unit di bagian belakang *steel tub girder*), beserta meja *skid shoe* pada bagian depan *steel tub girder* (lihat Gambar 17).

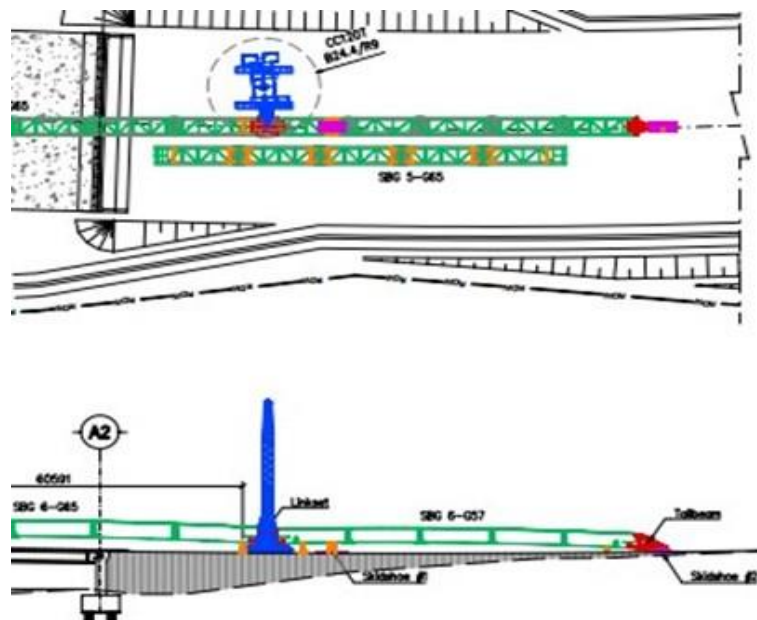


Gambar 17 Ilustrasi Posisi Skid Shoe dan Meja Skid Shoe pada Steel Tub Girder 65 m

Tahap Launching

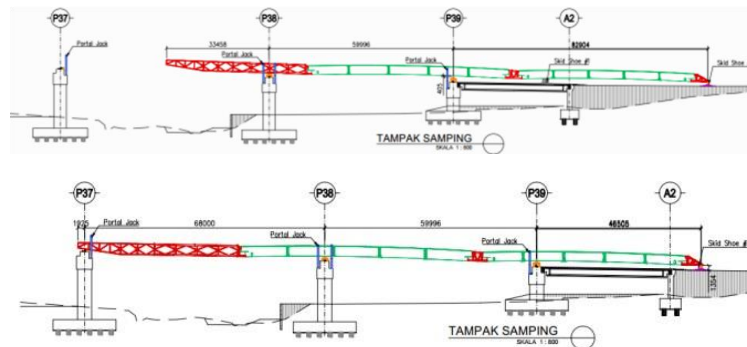
Tahap *launching* pada penerapan ILM di pembangunan jembatan terdiri atas beberapa kegiatan berikut:

- 1) *Steel tub girder* 65 m beserta *nose beam* didorong sejauh panjang *steel tub girder* 57 m (bagian depan *steel tub girder* 57 m menyentuh *roller* pada *pier* 39).
- 2) Bagian belakang *steel tub girder* 65 m diangkat dengan menggunakan *crane* dengan menyisipkan *jig* pada bagian bawah *steel tub girder*.
- 3) *Sliding beam* disisipkan di bawah *steel tub girder* 57 untuk menggeser *steel tub girder*, *jig* dilepas sehingga *steel tub girder* duduk di atas *sliding beam*.
- 4) *Jig* disisipkan kembali pada bagian depan dan bagian belakang *steel tub girder* 57 m menggunakan *forklift* dan *crane* untuk persiapan pemasangan *link set* dan *steel tub girder* 57 m ke *steel tub girder* 65 m.
- 5) *Linkset* dipasang di antara *steel tub girder* menggunakan *crane*, dan *jig* dilepas dari bawah dan diganti dengan pemasangan *skid shoe*, dan *tail beam* dipasang pada bagian belakang *steel tub girder* 57 m (lihat Gambar 18).



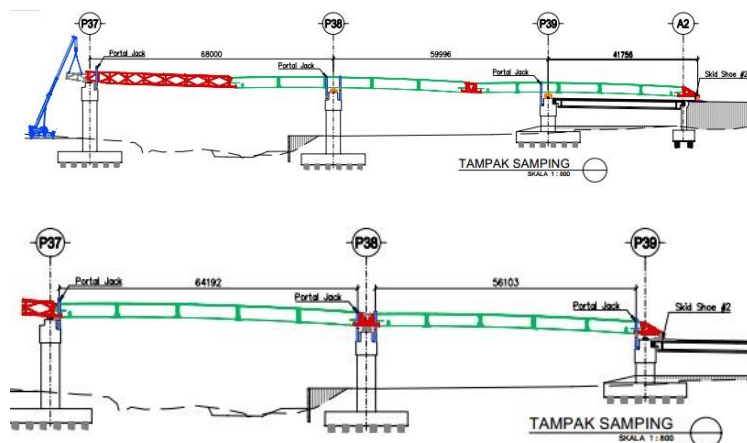
Gambar 18 Ilustrasi Pemasangan Link Set, Tail Beam, dan Skid Shoe

- 6) Rangkaian jembatan di dorong hingga *skid shoe* terdepan mencapai jarak 30 m dari *pier* 39 dan *skid shoe* terdepan dilepas, serta rangkaian jembatan di dorong kembali hingga ujung *nose beam* menumpu *roller* di *pier* 37 (lihat Gambar 19).



Gambar 19 Ilustrasi Posisi Pelepasan Skid Shoe dan Posisi Tumpu Nose Beam

- 7) Rangkaian jembatan didorong setiap 1 m agar segmen *nose beam* dapat dilepas, yang mana segmen *nose beam* dilepas secara bertahap setiap 1 m hingga tersisa 1 segmen *nose beam* yang menumpu pada *roller* pier 37 dan posisi *link set* menumpu di *pier* 38 dan posisi *tail beam* menumpu di *pier* 39 (lihat Gambar 20).



Gambar 20 Ilustrasi Pelepasan Segmen Nose Beam Secara Bertahap Tiap 1 m

Tahap Pergeseran

Tahap pergeseran pada pembangunan jembatan dengan ILM terdiri atas beberapa kegiatan berikut:

- 1) Rangkaian jembatan diangkat dari *roller* menggunakan *hydarulic jack* yang diletakkan di atas meja *roller*, dan dipastikan rangkaian menumpu di atas balok portal *jack-down* dan dipersiapkan untuk dilepas pada bagian sambungan tengah *link set*.
- 2) Rangkaian jembatan dilepas melalui sambungan baut yang berada pada bagian tengah *link set*, yang mana sambungan batang bagian atas *link set* dilepas terlebih dahulu untuk melepas gaya tarik aksial yang terjadi pada area sambungan tengah *linkset*.

- 3) Sambungan batang tengah *link set* bagian bawah dilepas sehingga rangkaian jembatan terpisah, dan masing-masing *steel tub girder* dapat diturunkan ke atas *transfer block* menggunakan *portal jack down*.
- 4) *Steel tub girder* diturunkan hingga menumpu pada *transfer block* yang terletak di atas *sliding beam* yang telah dipersiapkan di atas *backwall*, dan *steel tub girder* dipersiapkan untuk proses pergeseran ke posisi *bearing*.
- 5) *Steel tub girder* digeser dengan bantuan *hydraulic jack* mengikuti jalur *sliding beam* yang sebelumnya sudah diberi pelumas agar proses pergeseran lebih mudah.
- 6) *Steel tub girder* digeser secara perlahan pada setiap bagian ujungnya hingga mencapai posisi *bearing*.
- 7) *Portal jack-down* dipindahkan ke posisi *bearing* dan dipersiapkan untuk menurunkan *steel tub girder* ke atas *dummy bearing*.
- 8) *Portal jack-down* dipasang dan digunakan untuk mengangkat *steel tub girder* sehingga *sliding beam* dapat dilepas dan diganti dengan *dummy bearing* sebagai *support* sementara *steel tub girder*.
- 9) *Steel tub girder* diturunkan menggunakan *portal jack down* hingga menumpu di atas *dummy bearing*.
- 10) *Bearing pad* dipersiapkan di atas *pier head*, dan saat *bearing pad* terpasang *steel tub girder* diangkat menggunakan *hydraulic jack* dan *dummy bearing* dapat dilepas, serta *steel tub girder* diturunkan secara perlahan hingga menumpu di atas *bearing pad*.
- 11) Proses pada tahap pergeseran awal hingga akhir diulangi kembali untuk seluruh *steel tub girder* yang akan dipasang.

KESIMPULAN

Jembatan gantung merupakan suatu jenis jembatan yang banyak digunakan, baik di Indonesia maupun di mancanegara. Telah banyak negara yang memiliki jembatan gantung, yang menghubungkan daerah-daerah terpisah atau menyeberangi sungai, lembah, atau jurang. Beberapa negara yang memiliki banyak jembatan gantung adalah Tiongkok, Jepang, Turki, dan Indonesia.

Setiap metode konstruksi memiliki keunggulan dan kelemahan tertentu, dan pemilihan metode tergantung pada berbagai faktor, termasuk desain jembatan, kondisi lingkungan, dan ketersediaan sumber daya. Pada kajian ini dibahas Incremental Launching Method (ILM), yang merupakan suatu metode untuk membangun suatu jembatan tanpa menggunakan perancah dan umumnya digunakan untuk jembatan dengan bentang (*span*) panjang. Pada metode konstruksi ini, setiap segmen jembatan dirakit (*assembly*) satu per satu sambil maju perlahan, hingga menjadi satu kesatuan.

Contoh-contoh jembatan yang diuraikan pada kajian ini menunjukkan bahwa pembangunan jembatan dapat dilakukan secara efisien, aman, dan selamat. Selain itu, dampak negatif selama proses pembangunan jembatan dapat diminimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arup. 2023. *Hong Kong-Zhuhai-Macau Bridge, Hong Kong: Designing the World's Longest Sea Crossing*. (Online), (<https://www.arup.com/projects/hong-kong-zhuhai-macau-bridge>, diakses 1 November 2023).
- Bakrie Metal Industries. 2022. *Gambar Metode Pemasangan Jembatan Transyogi*. Jakarta.
- China Architecture News. 2017. *China opened World's highest Beipanjiang Bridge to traffic in the Guizhou*. (Online), (https://worldarchitecture.org/articles/cgvmg/china_opened_world_s_highest_beipanjiang_bridge_to_traffic_in_the_guizhou.html, diakses 1 November 2023).
- CNN. 2022. *Record-Breaking Suspension Bridge Set to Open in Yunnan, China*. (Online), (<https://edition.cnn.com/travel/article/lvzhijiang-yunnan-china-suspension-bridge/index.html>, diakses 1 November 2023).
- CNN Indonesia. 2022. *Turki Buka Jembatan Gantung Penghubung Eropa-Asia*. (Online), (<https://www.cnnindonesia.com/gaya-hidup/20220323154112-269-775177/turki-buka-jembatan-gantung-penghubung-eropa-asia-pecahkan-rekor>, diakses 1 November 2023).
- Dunnell, T. 2019. *Duge Beipanjiang Bridge, Qujing, China*. (Online), (<https://www.atlasobscura.com/places/duge-beipanjiang-bridge>, diakses 1 November 2023).
- Japan Travel Planner. 2022. *Jembatan Akashi Kaikyo*. (Online), (<https://www.ana.co.jp/id/id/japan-travel-planner/hyogo/0000008.html>, diakses 1 November 2023).
- LaViolette, M., Wipf, T., Lee, Y.S., Bigelow, J., dan Phares, B. 2007. *Bridge Construction Practices Using Incremental Launching*. National Cooperative Highway Research Program. Transportation Research Board. Washington, DC.
- Maharani, A.S.A dan Alexander, H.B. 2022. *Siap Sokong IKN Nusantara, Jembatan Pulau Balang Rampung Dibangun*. (Online), (<https://www.kompas.com/properti/read/2022/05/09/120000821/siap-sokong-ikn-nusantara-jembatan-pulau-balang-rampung-dibangun>, diakses 1 November 2023).
- Marchetti, M.E. 1984. *Specific Design Problems Related to Bridges Built Using the Incremental Launching Method*. *Engineering Structures*, 6 (3): 185–210.
- Muchlis, B. dan Cahyadi, D.Y. 2022. *Pemasangan Jembatan Girder Baja Transyogi Menggunakan Incremental Launching Method (ILM) di Proyek Jalan Tol Elevated Cimanggis–Cibitung, Sta. +28.600 – Sta. +28.800*. *Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*, 8 (2): 123–138.
- Wong, M.H. 2022. *Record-Breaking Suspension Bridge Set to Open in Yunnan, China*. (Online), (<https://edition.cnn.com/travel/article/lvzhijiang-yunnan-china-suspension-bridge/index.html>, diakses 1 November 2023).