

PEMBANGUNAN JEMBATAN LABUAN SAIT – SULUBAN YANG RAMAH LINGKUNGAN

I Wayan Intara

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimbaran, PO Box 1064 Tuban Badung – Bali
Phone (0361) 701981, Fax. (0361) 701128
Email : intarabob@gmail.com

Abstrak: Indonesia selaku negara berkembang, memberikan kontribusi baik berkaitan dengan mutu, biaya serta waktu dari konstruksi yang dilaksanakan. Telah memiliki cetak biru bagi sektor konstruksi sebagai *grand design* dan *grand strategy* yang disebut dengan Konstruksi Indonesia 2030. Di tahun 2007 dalam Konferensi PBB yang diselenggarakan di Bali. Indonesia menyepakati akan menurunkan kadar CO₂ di udara sebesar 26% sampai dengan 41% di akhir tahun 2020 dan disepakati tentang “peta jalur hijau” dengan pola pembangunan abad ke-21 yang berkadar rendah karbon (Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011). Pernyataan tersebut memunculkan wacana *green construction* (konstruksi ramah lingkungan). Wacana tersebut menuntut pada pelaksanaan konstruksi untuk sangat memperhatikan dari metoda pelaksanaan yang akan dilaksanakan. Disamping itu, melaksanakan konstruksi ramah lingkungan ini akan mempengaruhi biaya serta waktu pelaksanaan dari proyek. Dalam pelaksanaan proyek pembangunan jembatan Labuan Sait – Suluban dilaksanakan dengan memperhatikan lingkungan sekitar. Pekerjaan yang diamati meliputi pekerjaan pengadaan beton dengan metoda *precast* dan *cast in situ*. Dengan hasil metoda *precast* lebih ramah lingkungan. Penggunaan beton *precast* memerlukan biaya sebesar Rp.1.556.750.000, sedangkan beton *cast in situ* memerlukan biaya Rp.743.828.563, lebih murah 47,78% dari beton *precast*. Dilihat dari segi waktu penggunaan beton *precast* lebih cepat 28 hari dibanding penggunaan beton *cast in situ* lebih cepat 71,79%.

Kata Kunci : *Green construction*, Biaya, Waktu

BRIDGE CONSTRUCTION LABUAN SAIT - SULUBAN OF ENVIRONMENT IMPACTLESS

Abstract. The development of technology affects every system or method that is used in construction. This resulted in a positive impact on various environmental both negative and positive. Indonesia as a developing country also gave the contribution to development both with regard to quality, costs and timing of construction is carried out. and is building, already has a blueprint for the construction sector as a grand design and grand strategy called Construction Indonesia 2030. In 2007 the United Nations Conference held in Bali. Indonesia will agree to reduce levels of CO₂ in the air by 26% up to 41% at the end of 2020 and agreed on a "map of the green line" with the pattern of development in the 21st century that low levels of carbon (Indonesian Presidential Regulation No. 61 of 2011). The statement gave rise to the construction green (environmentally friendly construction). The discourse of demands on the construction for a very memperhatikan of implementation method to be implemented. In addition, implementing environmentally friendly construction will affect the cost and time of implementation of the project. In the implementation of the bridge construction project Labuan Sait - Suluban carried out with due regard to the environment. Work observed by the method of procurement work concrete precast and cast in situ. With the results of precast method is more environmentally friendly. The use of precast concrete requires a fee of Rp.1.556.750.000, while cast in situ concrete requires Rp.743.828.563 costs, cheaper 47.78% of precast concrete. In terms of time of use precast concrete 28 days faster than the use of concrete cast in situ faster 71.79%.

Keywords: *Green construction*, *Cost*, *Tme*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan dunia konstruksi saat ini sangatlah cepat. Berbagai teknologi sudah muncul sehingga memudahkan serta memberikan jaminan terhadap kualitas yang lebih baik dalam mutu, waktu dan biaya. Disamping ketiga hal tersebut, jaminan terhadap lingkungan mutlak harus diberikan dari kegiatan konstruksi. Lingkungan sekitar konstruksi sering menjadi bagian yang menderita dampak langsung dari kegiatan konstruksi yang dilaksanakan.

Indonesia sebagai negara yang sedang berkembang dan sedang membangun, telah memiliki cetak biru bagi sektor konstruksi sebagai *grand design* dan *grand strategy* yang disebut dengan Konstruksi Indonesia 2030. Salah satu agenda yang diusulkan adalah melakukan promosi *sustainable construction* untuk penghematan bahan dan pengurangan limbah (bahan sisa) serta kemudahan pemeliharaan bangunan pasca konstruksi.

Dalam Konferensi Tingkat Tinggi ke-13 tentang Perubahan Iklim Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB) yang diselenggarakan di Bali pada bulan Desember 2007, Indonesia sepakat untuk menurunkan konsentrasi CO₂ di udara sebesar 26% sampai dengan 41% di akhir tahun 2020 dan disepakati tentang “peta jalur hijau” dengan pola pembangunan abad ke-21 yang berkadar rendah karbon (Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011).

Sebuah wacana yang sudah mulai menghebus di Indonesia. *Green construction* atau sering disebut pembangunan hijau yang tidak mengurangi kelestarian dari lingkungan. Hal ini sudah bukan menjadi sesuatu yang asing bagi dunia konstruksi. Konstruksi sebagai penghasil serta pengguna dari bahan – bahan alam dalam jumlah besar seperti kayu, aspal, beton, baja, kaca. Penggunaan bahan – bahan tersebut memberi sumbangan yang tidak sedikit pada pemanasan global serta perubahan iklim dunia dalam bentuk emisi gas rumah kaca. Operasional dari produk konstruksi ternyata berpengaruh besar pada perubahan ekosistem lingkungan yang ditandai dengan berkurangnya area hijau, hilangnya daerah satwa liar dan tergerusnya populasi berbagai jenis tanaman. Semua fakta tersebut menunjukkan bahwa betapa pentingnya dunia konstruksi meningkatkan kepeduliannya pada wacana lingkungan hidup.

Dalam proses pelaksanaan konstruksi terdapat kegiatan tahap meliputi perencanaan, pelaksanaan dan penggunaan produk konstruksi yang ramah lingkungan, efisien dalam pemakaian energi dan sumber daya, serta berbiaya rendah. Berbagai perencanaan dibuat dengan memperhatikan segala rencana yang

memungkinkan untuk terjadinya dampak lingkungan yang besar, disamping itu metode pelaksanaan yang digunakan harus ramah lingkungan dan material yang digunakan baiknya tidak menghasilkan limbah berlebih dalam bentuk gas rumah kaca.

Dalam proyek pembangunan jembatan Labuan Sait – Suluban diharapkan menggunakan serta menerapkan metoda yang sesuai dengan arah *green construction*. Metoda yang digunakan akan dianalisis sehingga nantinya diketahui metoda yang paling tepat. Upaya untuk menjaga lingkungan akan sangat mempengaruhi metoda serta pada nantinya akan mempengaruhi pula pada waktu serta biaya. Waktu dan biaya yang akan dilaksanakan perlu dianalisis dari beberapa metoda yang ada sehingga memberikan keuntungan dalam hal waktu, biaya serta lingkungan.

Analisis dilakukan dengan harapan akan didapatkan waktu yang paling cepat serta menggunakan biaya yang paling kecil. Disamping itu, didapatkan metoda yang sesuai dengan arah *green construction* sehingga memberikan dampak yang seminimal mungkin terhadap lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

1. Metode apa saja yang bisa digunakan pada pelaksanaan pekerjaan girder jembatan ?
2. Metoda pengadaan beton yang ramah lingkungan antara beton *cast in situ* dan beton *precast*?

1.3. Tujuan

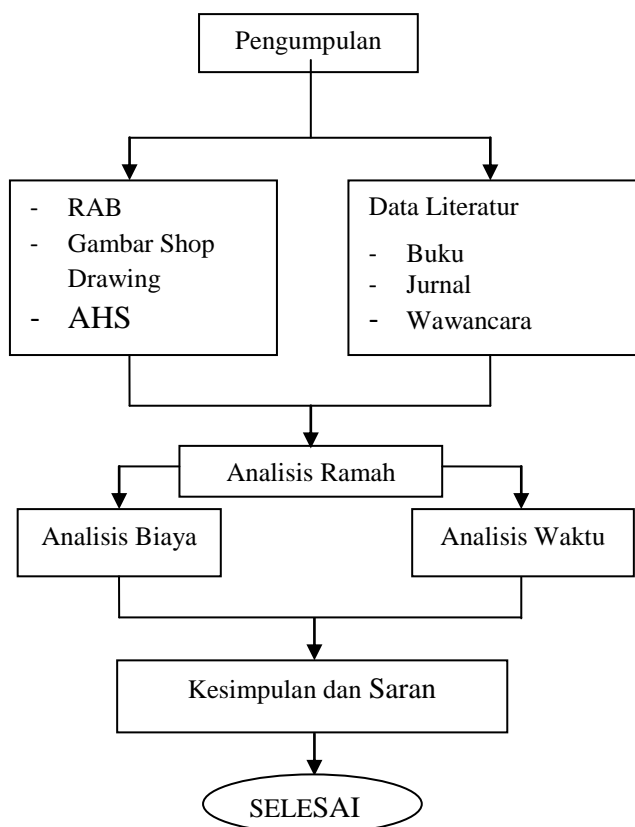
1. Mengetahui Metode yang bisa digunakan pada pelaksanaan pekerjaan girder jembatan
2. Mengetahui metoda pekerjaan beton girder antara beton *cast in situ* dan beton *precast*

1.4. Manfaat

1. Dapat mengetahui metoda – metoda ramah lingkungan yang baik digunakan saat pelaksanaan pembangunan jembatan
2. Dapat mengetahui perbandingan metoda pelaksanaan pengadaan beton *cast in situ* dan beton *precast*

2.METODOLOGI

2.1 Langkah Kerja



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Dari gambar 2.1 dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Pengumpulan data sekunder dan data primer
2. Didapatkan data – data berupa gambar, RAB, AHS, spesifikasi dan peraturan – peraturan serta data – data yang didapatkan dari literatur. Setelah data – data diperoleh dilakukan analisis *green construction* terhadap penggunaan beton *cast in situ* dan beton *precast*. Dari analisis yang dilaksanakan berlanjut kepada biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *green construction*.
3. Dilakukan analisis biaya dan waktu dari masing – masing metoda.
4. Simpulan dari analisis yang dilaksanakan.

2.2 Data Yang Dicari

Adapun data – data yang dicari dalam untuk menunjang analisis yang dilaksanakan, sebagai berikut :

Data primer meliputi harga – harga satuan bahan dan produktivitas

Data sekunder meliputi gambar kerja (shop drawing), analisa harga satuan, peraturan – peraturan, litelatur dari skripsi, tugas akhir, jurnal dan buku.

2.3 Cara Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilaksanakan dengan beberapa cara, meliputi :

2.4 Data Primer dicari dengan cara melakukan pengukuran secara langsung ke lapangan.

2.5 Data sekunder didapatkan dari data – data yang digunakan oleh kontraktor serta konsultan dalam merencanakan konstruksi jembatan seperti data spesifikasi, HSP, RAB, RAP, serta gambar kerja (*Shop Drawing*). Disamping itu, data sekunder dapat berupa data yang bersumber dari buku, jurnal, skripsi, ataupun tugas akhir.

2.4 Metode Analisis Data

Data-data yang sudah diperoleh kemudian dianalisis dengan metode analisis deskriptif. Metode analisis deskriptif dilakukan dengan cara mendeskripsikan fakta-fakta yang kemudian disusul dengan analisis, tidak semata-mata menguraikan, melainkan juga memberikan pemahaman dan penjelasan secukupnya.

3 PEMBAHASAN

3.1 Metoda Pelaksanaan Pekerjaan Gelagar

Konstruksi jembatan pracetak dapat dilakukan dengan berbagai macam metoda, diantaranya dengan metoda *balance cantilever*, *Incremental Launching Method (ILM)*, dan metoda *span by span*. Ketiga Metoda tersebut tentunya berbeda satu dengan lainnya, dimulai dari peralatan yang digunakan, urutan pekerjaan dan respons struktur yang terjadi selama pelaksanaan dan kondisi akhir. Dalam penelitian ini tidak dibahas berkaitan dengan metoda *balance cantilever* dan (ILM), namun hanya dibahas berkaitan dengan metoda *span by span*. Metode *span by span girder* pracetak segmen, di mana satu bentang jembatan dikerjakan sampai selesai, kemudian *span by span* adalah metode pelaksanaan konstruksi jembatan berlanjut ke bentang berikutnya. Proses tersebut berulang sampai seluruh jembatan tersambung. Segmen dari beton prategang biasanya berhubungan langsung dengan berat dan kemudahan pengangkutan serta kapasitas untuk pengangkutan.

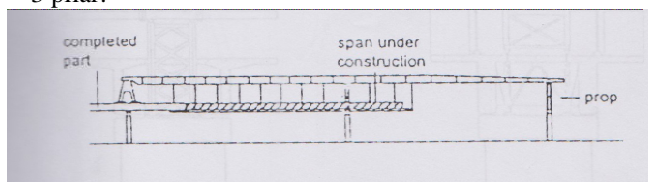
3.1.1 Pembangunan Konstruksi Jembatan *Span by Span Cast-In-Situ*

Dalam proses pelaksanaan pembuatan gelagar ditempat biasanya bentang gelagar menggunakan perancah dan *scaffolding* membutuhkan prosedur yang panjang yang mana

dilakukan optimalisasi dengan menggunakan perancah dari baja. Perancah baja didukung oleh pilar dan *abutment* ataupun konstruksi sebelumnya girder. Banyak varian metoda untuk penanganan pemasangan dan penempatan prategang. Untuk lebih mudahnya dapat menggunakan peralatan khusus seperti *tower crane*, mobil *crane* atau alat berat lainnya sesuai dengan keadaan. Perancah baja (*gantry*) di desain untuk dapat kebelakang ataupun ke bentang ketika salah satu bentang setelah diselesaikan. Ada 2 tipe perancah baja yang dapat digunakan dalam proses *launching* : *upper falsework* dan *lower falsework*

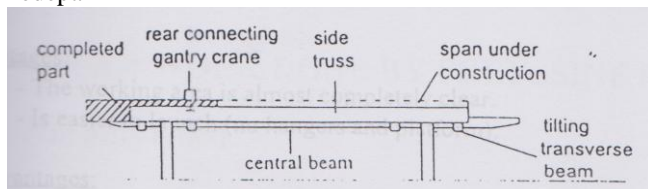
a. Upper Falsework

Upper falsework termasuk baja pendukung untuk memosisikannya di atas landasan. Baja ini mendukung rangkaian balok yang sudah terpasangan gantungan untuk pemasangan perancah untuk lantai. Panjang dari perancah baja biasanya memiliki panjang 2 kali lebih panjang dari bentang dari jembatan. Selama proses pengecoran, perancah baja di topang oleh 3 pilar.



Gambar 2. Upper falsework

Ketika bentang gelagar sudah tersusun dan dilakukan *stressing*, perancah baja diluncur ke kedepan



Gambar 3. Lower Falsework

Prinsip dari *upper falsework* membuatnya sangat penting untuk tumpuan yang berada di tengah perancah yang mendukung perancah baja untuk meluncur maju melewati bentang merupakan beton, hal ini menyebabkan konstruksi harus berada tepat di atas pilar.

Kelebihan :

1. Tidak ada masalah berkaitan dengan ukuran
2. Dapat mendukung berbagai fungsi peralatan angkut
3. Dapat ditumpu oleh pilar dan abutmen tanpa kesulitan
4. Sesuai dengan berbagai bentuk kondisi lapangan

Kekurangan :

1. Perancah lebih berat

2. Sangat sulit saat diluncurkan

b. Lower Falsework

Lower falsework tersusun dari beberapa balok biasanya dalam bentuk *box girder* yang ditempatkan di bawah acuan. Terdapat perbedaan jarak antara perancah samping dengan perancah pusat. Perancah baja pusat tidak selalu ada, jika menggunakan kepala pilar kepala pilar maka harus memiliki bentuk yang dapat memungkinkan perancah baja untuk dapat lewat.

Panjang dari perancah baja biasanya lebih panjang dari bentangan jembatan. Selama fase peluncuran, perancah baja di tumpu di atas konstruksi konstruksi sebelumnya yang merupakan acuannya, pilar terakhir menumpu acuan dan kemungkinan bagian ujung akan merojok pada pilar selanjutnya.

Kekurangan :

1. Area kerja hampir keseluruhan bersih
2. Mudah peluncuran karena tanpa gantungan atau alat pendukung

Kelebihan :

1. Tidak cocok untuk bentuk yang melengkung
2. Biasanya perlu untuk menyediakan tumpuan sementara untuk menandai akhir dari bentang
3. Perlu dibuatkan penahan untuk pilar guna menopang sementara di atas pilar

Berat dari perancah baja kira – kira 3 ton/meter. Berat sangat dipengaruhi oleh peralatan yang digunakan serta ukuran dari perancah serta kemampuan menahan beban.

Perancah baja menjadi pertimbangan yang baik untuk konstruksi jembatan bentang 30 sampai 60 meter, dan sangat cocok untuk *girder* bentang 40 sampai 50 meter.

Perancah baja merupakan sebuah perangkat mutakhir sejak balok bertulang mampu menahan beban berat. Adapun peralatan pendukung untuk penggunaan perancah baja meliputi : *jack*, *winches*, dan lain – lain. Perancah baja mampu menahan bebannya sendiri, serta beban bentang dalam bentuk beton. *Inersia* dari struktur harus tinggi untuk mengatasi defleksi yang tidak sesuai dengan perancah.

3.1.2 Pembangunan Konstruksi Jembatan Span by Span dengan Segmen Pracetak

Konstruksi *span by span* menggunakan segmen pracetak pada dasarnya digunakan untuk struktur yang mampu menahan semua bagian dari jembatan yang berfungsi membentuk setiap bentang. Struktur memiliki sistem perakitan yang mirip dengan jembatan *span by span cast in situ* dalam hal perancah yang digunakan. Ketika semua segmen sudah tersusun dan ditumpu oleh perancah maka bentang sudah dapat distressing.

Konstruksi jembatan dengan gelagar yang menggunakan segmen prategang dengan banyak tipe dalam proses pengangkatan dalam menghubungkan antara bentang melintang balok dengan flens dan diafragma sebagai penahan beban melintang. Biasanya bentang yang dibuat sepanjang 2 sampai dengan 4 meter tergantung berat dan tingginya. Seperti pada konstruksi kantilever, sambungan antara segmen girder dibuat dengan sambungan *match-cast-joint*.

Teknik ini biasanya digunakan untuk bentang antara 30 sampai 60 m, namun teknik ini sangat sesuai di gunakan untuk jembatan bentang 40 dan 50 m. Banyak cara dapat digunakan untuk *launching* dari gelagar segmen diantaranya dengan : *upperfalse*, *lowerfalse*, dan dengan menggunakan kabel. Untuk mendapatkan *girder* pracetak, dapat dilakukan pemesanan pada *supplier* dengan spesifikasi tertentu.

3.1.3 Pembangunan Konstruksi Jembatan *Span by Span* dengan Balok

Gelagar menggunakan beton prategang dengan berbagai peralatan untuk pengangkat menghubungkan secara melintang serta pendukung diafragma untuk penahan beban melintang.

Ada 2 tipe jembatan yang menggunakan proses ini dalam pengerjaan :

1. Jembatan jalan raya dengan bentang yang lumayan pendek sekitar 25 meter biasanya menggunakan balok prategang dengan *pre-tension*.
2. Jembatan bentang menengah dengan bentang 50 meter, menggunakan balok *prestress* dengan *post-tension*.

Penerapan jembatan balok *prestress* berkisar antara 25 sampai 50 meter dan sangat cocok dengan bentang 30 dan 40 meter dengan pondasi jembatan mudah untuk dibangun serta dengan pilar dengan kemampuan menahan beban relatif kecil. Dalam kebutuhan bentang jembatan melebihi 50 meter, maka terjadi peningkatan pada berat balok serta memerlukan penanganan serta penempatannya, hal ini sangat tidak dibenarkan kecuali terdapat angka keamanan yang besar pada bagian pilar. Balok baja perancah untuk *launching* cukup mahal dan karena itu secara ekonomi dapat digunakan apabila jumlah balok sekitar 12 ataupun lebih.

Metode Pelaksanaan

Balok biasanya dibuat didekat jembatan dengan area yang tertata dan tempat penyimpanan yang cukup. Dengan area yang terdiri dari :

- a. Tempat pabrikasi balok
- b. Tempat penulangan dan *stressing* serta perakitan
- c. Tempat penyimpanan balok

- d. Tempat untuk *batching plant* dan peralatan untuk penanganan (mobil *cranem* dan *gantry crane*)

Perancah balok terdiri dari beberapa cetakan yang sudah jadi serta cetakan pinggir. Cetakan yang sudah jadi biasanya terbuat dari metal dan sudah disesuaikan sehingga nantinya dapat menahan beban yang diakibatkan dari *stressing*. Jika jumlah balok yang dibuat kurang dari 40, dapat digunakan perancah dari kayu dan beton dapat digetarkan dengan vibrator internal. Sangat penting untuk menyiapkan vibrator yang cukup dalam jumlah banyak untuk memulai pengecoran balok mulai dari pangkal.

Tingkat pabrikasi balok dari keperluan unit per balok per bulan, jika tidak dilakukan perlakuan terhadap suhu dari beton. Penggunaan cetakan yang sudah jadi dua kali lipat dan penyiapan tulangan di tempat pembuatan tulangan dapat mempercepat tingkat pabrikasi balok dengan rata – rata satu balok diproduksi dalam dua hari. Satu balok dapat diproduksi per cetakan dalam waktu sehari dengan perlakuan yang berbeda terhadap suhu beton.

3.1.4 Metode *Launching Girder*

Dalam perkembangan saat ini, berbagai jenis beton untuk gelagar sudah tersedia sehingga menuntut pula untuk perkembangan metoda dalam *launching* dari gelagar tersebut berkembang agar dapat menyesuaikan dengan keadaan serta kebutuhan. Secara umum metode pelaksanaan Jembatan beton dibedakan menjadi *Cast insitu* dan *Precast segmental*. *Cast insitu* merupakan metode pelaksanaan jembatan dimana dilakukan pengecoran dilokasi pembangunan sedangkan *precast segmental* merupakan metode pelaksanaan dimana beton disuplai dari luar berupa *Precast* yang siap untuk dilakukan instalasi.

Metode *Cast insitu* terdiri dari :

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

Metode *Precast Segmental* terdiri dari :

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

Metoda pelaksanaan cas in situ sebagai berikut :

1. *MSS (Movable Scaffolding System)*

MSS (*Movable Scaffolding System*) merupakan suatu metode yang digunakan pada pelaksanaan *Cast insitu* dimana pengecoran dilakukan di lokasi setelah selesainya bekisting. Prinsipnya adalah memindahkan *Scaffolding* dengan cara digeser ke segmen berikutnya setelah beton mengeras. Berikut adalah langkah - langkah pekerjaan pada metode MSS (*Movable Scaffolding System*).

2. ILM (*Incremental Launching Method*)

ILM adalah suatu metode erection pada jembatan bentang panjang yang sudah diimplementasikan sejak tahun 1962 yaitu di Rio Caroni Bridge di Venezuela. Metode ini ditemukan oleh Prof. Dr. Ing. F. Leonhardt dan partnernya Willi Baur. Metode ini telah dipatenkan sejak tahun 1967. Metode jembatan ini dibangun biasanya karena adanya syarat bahwa tidak dibolehkan adanya gangguan pada sisi bawah lantai jembatan. Metode ini mengharuskan tersedianya lahan yang cukup luas dilokasi belakang abutment untuk produksi segment lantai jembatan.

3.2 Identifikasi Proyek

Lingkup pekerjaan yang akan dianalisis secara biaya lebih detail adalah sebagai berikut :

1. Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe 1
Bentang 40,6 meter
2. Biaya setting gelagar tipe 1 bentang 40,6 meter

3.2.1 Metoda Pelaksanaan Pekerjaan Girder Ramah Lingkungan (*Green Construction*)

Semakin besarnya hasil limbah yang dihasilkan dari kegiatan konstruksi akan semakin meningkat pula perhatian pemerhati lingkungan terhadap kegiatan konstruksi. Hal tersebut menjadi sebuah sinyal tersendiri untuk para praktisi konstruksi untuk semakin memperhatikan pelaksanaan dari proyek mereka. Para pelaksana konstruksi khususnya kontraktor akan semakin dituntut untuk lebih kreatif dalam memilih metoda pelaksanaan yang akan digunakan.

Dalam pelaksanaan pembuatan girder jembatan Labuan Sait – Suluban, adapun beberapa hal yang perlu ditinjau dari pengadaan balok girder terhadap lingkungan.

1. Teknis pengadaan balok
2. Metoda pemasangan girder

Hal diatas akan dianalisa dengan literatur yang sudah ada berkaitan dengan lingkungan. Berikut analisis yang dilakukan

3.2.2 Teknis pengadaan balok

Pengadaan balok ada dua cara yaitu *cast in site* dan *precast*. Dari kedua cara tersebut perlu diketahui masing – masing pengaruhnya terhadap lingkungan sekitar proyek, sehingga dapat diketahui yang mana lebih ramah terhadap lingkungan.

- a. *Cast in situ* merupakan pengadaan balok dimana pengecoran dilakukan di tempat proyek dengan menggunakan beton konvensional ataupun beton ready mix. Untuk bentuk dari *cast in situ* dapat berupa bentang balok ataupun beton segmen. Untuk pemasangan tergantung dari bagaimana bentuk beton yang digunakan.
- b. Beton *precast* merupakan pengadaan beton sudah dicetak yang di *supply* dari pabrikaan. Beton *precast* bisa berbentuk bentang penuh dan segmen tergantung kebutuhan. Penggunaan beton *precast* menggunakan pengangkutan untuk mencapai dari tempat proyek.

Balok *girder* pada proyek jembatan Labuan Sait – Suluban menggunakan beton *precast* yang sudah memiliki kompetensi untuk memproduksi beton *precast*. Balok *precast* yang diproduksi pabrik dibuat dalam bentuk segmen. Dalam proses pembuatan balok adapun beberapa tahapan – tahapan yaitu pembuatan begisting, pembesian, dan pengecoran. Tahapan – tahapan tersebut akan dianalisis terhadap lingkungan berdasarkan bahan, limbah serta prinsip – prinsip pengolahan limbah yaitu 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*) :

A. Tahap Pembuatan Begisting

1. Penggunaan Bahan

Pembuatan beton cast in-situ Pembuatan begisting dilakukan untuk pembuatan balok girder dengan proses pengecoran in situ. Pembuatan begisting kayu pada begisting menjadi hal yang tidak ramah lingkungan. Pembangunan ramah lingkungan direkomendasikan untuk tidak menggunakan bahan kayu dalam pelaksanaannya.

Dalam pembangunan jembatan Labuan Sait – Suluban menggunakan balok girder *precast* dengan produk dilaksanakan pada pabrik. Menggunakan *precast* untuk balok gelagar tanpa diperlukannya begisting. Pabrikasi akan dilakukan di pabrik tempat pembelian beton *precast* sehingga begisting akan disediakan oleh penyedia beton. Dalam pelaksanaan konstruksi dengan beton *precast*, pihak pelaksana hanya menunggu kedatangan dari beton dan selanjutnya dilakukan pemasangan pada bentang. Pada bagian proses pembuatan begisting tidak dilaksanakan pada tempat konstruksi sehingga penggunaan bahan kayu tidak terjadi. Begisting juga dapat digunakan berulang – ulang dalam jangka waktu panjang karena sudah disediakan dipabrik. Disamping itu penggunaan kayu juga dapat dikurangi.

2. Hasil Limbah

Beton cast in-situ menggunakan begisting kayu nantinya akan menghasilkan limbah dalam bentuk bubuk kayu atau sisa - sisa kayu bekas begisting yang tidak digunakan lagi. Kayu itu

merupakan sumber alam sehingga dalam hal ini konsep ramah lingkungan untuk mengurangi penggunaan bahan sumber alam tidak terpenuhi.

Dari pembuatan begisting dengan menggunakan precast, dalam pelaksanaan tidak dihasilkan limbah berupa kayu. Hal ini dikarenakan, pembuatan precast dilakukan pada pabriknya sehingga begisting yang digunakan merupakan begisting dengan desain khusus sehingga dapat digunakan kembali. Pracetak dalam pelaksanaannya tidak menghasilkan limbah/sampah pada tempat konstruksi. Disamping itu, apabila ada limbah lingkungan tidak akan terpengaruh karena tempat pembuatan merupakan tempat khusus dan sudah terisolasi dari lingkungan sekitar. Dengan ini juga lingkungan proyek tidak akan terkena limbah.

B. Tahap Pembesian

1. Hasil Limbah

Beton cast in-site menghasilkan sisa – sisa potongan besi serta kawat – kawat dalam proses pemasangan. Bahan – bahan sisa tersebut akan menjadi limbah pada lingkungan proyek sehingga menjadi gangguan bagi lingkungan.

Beton precast tidak menghasilkan limbah pada lingkungan proyek karena produksi dilakukan di pabrik.

C. Tahap Pengecoran

1. Penggunaan Bahan

Proses pengecoran in-site bahan – bahan dalam pembuatan beton meliputi air, pasir, semen, dan koral dan zat aditif tertentu yang diperlukan. Dari bahan bahan tersebut dapat penggunaannya dapat mempengaruhi dari lingkungan di daerah konstruksi.

a. Air, beton cetak in-situ dalam prosesnya air yang digunakan tidak dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan. Dalam pelaksanaannya air untuk proyek sering tercecer sehingga penggunaan tidak efisien. Penggunaan air dalam penggunaan beton pracetak akan menjadi sangat minim dan sesuai kebutuhan dari desain yang ada. Karena beton dicetak dipabrikasi dengan menggunakan spesifikasi yang tepat serta peralatan yang memadai sehingga volume untuk masing – masing bahan menggunakan pentakaran yang akurat sehingga akan mengurangi pembuangan bahan. Air bersumber dari alam, sehingga penggunaan air yang harus efektif dan efisien.

b. Semen, beton cast in-site menghasilkan beberapa jenis limbah yang dapat mengakibatkan gangguan pada lingkungan diantaranya limbah cair dan limbah gas/partikel. Limbah cair itu berasal dari campuran antara semen dengan air yang mengalami hidrasi. Campuran tersebut tidak sepenuhnya dapat tangani agar tidak tercecer sehingga itu akan mempengaruhi kandungan air di sekitaran proyek. Limbah gas/partikel berasal dari debu semen yang

digunakan. Debu semen cukup membahayakan karena mengandung debu silika yang dapat mengganggu kesehatan, debu silika bebas (SiO₂) inidapat terhirup masuk ke dalam paru-paru dan kemudian mengendap yang sering disebut sebagai penyakit silikosis.

Beton precast pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan gelagar beton pracetak tidak melakukan pencampuran dengan semen di tempat, sehingga lingkungan proyek tidak akan tercemar limbah dari semen dalam bentuk limbah cair maupun limbah gas/partikel.

3.2.3 Metoda Pemasangan Girder

Berbagai metoda pemasangan girder sudah tersedia seiring berkembangnya teknologi. Beberapa metoda yang digunakan meliputi kombinasi sistem perancah (*falsework*), sistem kantilever, *sistem incremental launching*.

Dalam pemasangan girder pada proyek jembatan Labuan Sait – Suluban adapun metoda yang digunakan sesuai dengan yang di paparkan diatas.

Ketiga metoda tersebut dapat digunakan dalam pemasangan gelagar pracetak, namun dalam kaitannya dengan lingkungan perlu dilakukan analisis lebih lanjut sehingga metoda dapat dikatakan ramah lingkungan ataupun tidak. Analisis dilakukan dengan mengacu pada beberapa tolok ukur meliputi :

1. Penggunaan bahan/material
2. Limbah dari metoda yang digunakan
3. Penggunaan lahan
4. Penerapan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*) pada metoda

Pelaksanaan konstruksi yang bersifat *green construction* akan ditentukan dari tolok ukur diatas, dengan semakin kecilnya dampak yang diakibatkan dari metoda yang digunakan, maka akan semakin dapat dikatakan bahwa metoda tersebut ramah lingkungan. Berikut merupakan analisis dari beberapa metoda dengan mengacu pada tolok ukur diatas.

a. Penggunaan Bahan

Beton *cast in-site* menggunakan metoda perancah dalam pelaksanaannya. Bahan – bahan yang digunakan saat metoda perancah adalah dengan menggunakan scaffolding sebagai perancah. Perancah harus diposisikan pada pondasi yang kuat. Pada pondasi dilakukan pengecoran sehingga akan padat serta datar. Dalam hal ini bahan – bahan yang digunakan untuk pengecoran langsung akan mempengaruhi lingkungan. Semen yang digunakan akan menyebar sehingga dapat memberikan dampak lingkungan berupa udara yang tidak baik karena bercampur dengan silika yang terkandung pada semen.

Beton *precast* dalam proses pemasangan menggunakan metoda truss cremona. Untuk pemindahan digunakan kayu untuk mengatur elevasi dari cremona sehingga digunakan bahan – bahan balok kayu. Balok kayu digunakan berulang – ulang sehingga penggunaannya efisien.

b. Limbah

Limbah dari sistem perancah dari beton *cast in situ* menimbulkan banyak limbah kayu serta bahan lain untuk begisting. Dalam konsep *green construction* ditekankan pada pengurangan hasil limbah akibat dari pekerjaan.

Dalam pengadaan dengan beton *precast* tidak dihasilkan limbah untuk perancah karena sudah menggunakan cremona yang terbuat dari baja berat dan penggunaannya dapat berulang – ulang.

c. Penggunaan Lahan

Beton *cast in-site* menggunakan lahan di bawah jembatan seluas bentang jembatan, sehingga digunakan perataan serta pemadatan karena akan digunakan sebagai tempat untuk *scaffolding*. Sungai di bawah jembatan akan terhambat, disamping itu lahan dibawah jembatan harus diratakan sehingga habitat di bawah jembatan akan dirusak..

Beton *precast*, penggunaan lahan hanya menggunakan wilayah jalan secara memanjang karena cremona akan diposisikan sejajar dengan jembatan. Sungai serta habitat dibawah jembatan tidak perlu dirusak.

Tabel 1. Perbandingan *green construction* antara beton *cast in situ* dan *precast*

O.	Ur aian	Beton Cast In-Site	Beton Precast
	Penggunaan Bahan	- Pembuatan begisting menggunakan bahan kayu	- begisting tidak menggunakan bahan kayu
	Hasil Limbah	- Mhasilkan limbah gas dari semen yang digunakan - Limbah air semen akibat pengecoran di tempat - Limbah kayu bekas begisting	- Tidak dihasilkan limbah dari semen, air semen, dan kayu

3.3 Analisis Biaya

Biaya dalam pelaksanaan proyek tergantung dari metoda pengadaan girder yang digunakan. Pembuatan beton girder dengan metoda

cast in-site dan metoda *precast*. Kedua metoda tersebut akan memiliki biaya yang berbeda.

3.3.1 Beton Cast In-Situ

Volume beton 1 buah girder 40,6 meter
= 170,26 m³

Jumlah girder
= 5 buah

Dalam proses untuk pengecoran adapun beberapa pekerjaan yang dilakukan yaitu pemasangan begisting dan stagger serta pengecoran. Perhitungan biaya dilakukan terhadap 3 pekerjaan tersebut :

• **Pekerjaan Begisting**

Tabel 2. Analisa Harga Satuan

1 m ² Pekerjaan Bekisting				H	J
Balok				arga / Upah (Rp)	umlah (Rp)
Pemasangan Bekisting					
Balok					
	K			4	4
	aso 5/7	,000	tg	0.000,00	0.000,00
	P			1	4
	aku, baut-baut, dan kawat	,400	g	0.000,00	.000,00
	M			2	5
	inyak Bekisting	,200	tr	8.000,00	.600,00
	B			7	7
	alok 6/12	,000	tg	0.000,00	0.000,00
	P			1	6
	lywood tebal 9 mm	,350	br	80.000,00	3.000,00
	S			1	3
	caffolding standart	,000	nit	9.500,00	12.000
	M			8	2
	andor	,033	h	0.000,00	.640,00
	K			7	2
	epala Tukang	,033	h	0.000,00	.310,00
	T			6	2
	ukang	,330	h	5.000,00	1.450,00
	P			4	3
	ekerja	,660	h	7.000,00	1.020,00
	M			8	1
	andor	,0133	h	0.000,00	.064,00
	K			7	2
	epala Tukang	,0399	h	0.000,00	.793,00
	T			6	1
	ukang	,1997	h	5.000,00	2.980,50
	P			4	1
	ekerja	,3993	h	7.000,00	8.767,10
Balok				H	J
Pembongkaran Bekisting				arga/Upah (Rp)	umlah (Rp)
	M			8	1
	andor	,0133	h	0.000,00	.064,00
	K			7	2
	epala Tukang	,0399	h	0.000,00	.793,00
	T			6	1
	ukang	,1997	h	5.000,00	2.980,50
	P			4	1
	ekerja	,3993	h	7.000,00	8.767,10
Total					5

	45.229,00
--	-----------

Sumber : Jurnal tentang Analisis Metoda Semi Sistem dan Metoda Sistem pada Bangunan Gedung

Dilihat dari gambar shop drawing yang pada lampiran 3, maka didapatkan hasil perhitungan volume girder, sebagai berikut :

Volume begisting untuk 1 bentang girder = 142,1 m²
 Volume Begisting Untuk 5 girder = 710,5 m²

Biaya untuk pelaksanaan pekerjaan begisting = Rp. 327.703.347,00

- Pekerjaan Pengecoran

Berdasarkan harga satuan beton K500 dari RAB proyek pada lampiran, didapatkan nilai harga satuan sebagai berikut :

BetonK500 = Rp.2.444.000,00/m³
 Volume Beton = 170,26 m³

Harga Beton Total = Rp.416.125.216,00

Jadi nilai total untuk pelaksanaan beton *cast in site* adalah 327.703.347 + 416.125.216 =

3.3.2 Beton Precast

Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam proyek pembangunan jembatan Labuan Sait – Suluban dengan menggunakan beton precast biaya untuk pengadaan girder bentang 40,6 meter adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Analisa harga satuan balok *precast*

NO	KOMPONEN	UNIT	ERKIRAN UAN TITAS	ARGA ATUAN	UMLAH ARG
				Rp.)	Rp.)
	TENAGA				
	JUMLAH HARGA TENAGA				,00
	BAHAN				
	Pracetak Gelagar Tipe I bentang 40,6 meter	buah	,0000	07.350.000,00	07.350.000,00
	JUMLAH HARGA BAHAN				07.350.000,00
	PERALATAN				

	JUMLAH HARGA PERALATAN	,00
	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)	07.350.000,00

Tabel 4. Biaya beton *precast*

NO	Uraian	UNIT	ERKIRAN UAN TITAS	ARGA ATUAN (Rupiah)	UMLAH ARG (Rupiah)
	Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe 1 Bentang 40,6 meter	buah	,00	07.350.000,00	,536.750.000,00
	Setting Pemasangan Segmen Girder	buah	,00	,000.000,00	0.000.000,00
					,556.750.000,00

Sumber : RAB proyek dan kontrak kerja dengan PT.

3.4 Analisis Waktu

Beberapa pekerjaan yang dilaksanakan dalam proses pembuatan girder meliputi pekerjaan stagger, begisting dan pengecoran.

3.4.1 Beton Cast In Situ

1. Pekerjaan Begisting
 Volume begisting = 710,5 m²
 Waktu yang dibutuhkan untuk pelaksanaan
 Produktivitas 1 pekerja per hari = 1 / 0,3993 = 1,07 m²/ hari
 Pekerja yang akan bekerja sebanyak 18 orang
 Sehingga volume pekerjaan yang diselesaikan dalam 1 hari = 18 x 1,07 = 19,27 m²
 Waktu untuk menyelesaikan semua begisting = 710,5 / 19,27 = 36,86 hari → 37 hari
2. Pekerjaan Pengecoran
 Berdasarkan hasil wawancara didapatkan waktu untuk dilaksanakan pengecoran untuk 1 kali kedatangan beton ready mix adalah 30 menit = 0,5 jam (rata – rata 6 kubik beton).
 Pengecoran keseluruhan membutuhkan waktu
 Volume beton = 170,26 m³

Waktu diperlukan untuk pengecoran
 $= \frac{170,26}{6} \times 0,5 \text{ jam} = 29 \text{ jam}$

Waktu kerja per hari
 $= 8 \text{ jam}$

Waktu yang diperlukan (hari)
 $= 29 / 8$

$= 1,77 \rightarrow 2 \text{ hari}$

Jadi waktu total untuk pelaksanaan beton
cast in situ $= 37 + 2 = 39 \text{ hari}$

3.4.2 Beton Precast

Untuk pengadaan beton precast dilakukan dengan pengangkutan beton segmen persegmen menuju proyek. Setiap bentang terbagi menjadi 6 segmen.

Jumlah segmen total $= 6 \times 5 = 30$ buah

Setiap truk dapat mengangkut 4 buah girder.

Waktu pengangkutan girder dari pabrik adalah 3 hari.

Jadi untuk pengangkutan sekali dibutuhkan truk sebanyak

Truk $= 30 / 4 = 7,5 \rightarrow 8$ truk

Beda jarak waktu dari setiap keberangkatan adalah 1 hari dengan jumlah truk berangkat 2 truk per hari.

Waktu untuk kedatangan semua :

Waktu Total $= 4 + 3 = 7 \text{ hari}$.

Pengangkatan, launching, dan setting segment menghabiskan waktu 5 hari untuk kelima segmen.

Jadi waktu total yang dibutuhkan sampai pada girder berada pada posisi diatas pilar :

Waktu total $= 7 + 5 = 11 \text{ hari}$

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Dari analisis yang dilakukandapat disimpulkan bahwa :

1. penggunaan/pembuatan beton *precast* lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan beton *cast in situ* dari segi analisa bahan, penggunaan lahan, serta limbah hasil konstruksi
2. biaya penggunaan/pembuatan untuk beton *precast* sebesar Rp.1.556.750.000,00 sedangkan untuk biaya pelaksanaan beton *cast in situ* sebesar Rp.743.828.563. Beton *cast in site* memberikan efisiensi sebesar 47,78% dari beton *precast*.
3. Pelaksanaan dengan menggunakan beton *precast* memberikan efisiensi sebesar 71,79% lebih efektif dibandingkan dengan beton *cast in situ*, dimana waktu pelaksanaan beton *precast* yaitu 11 hari sedangkan untuk pelaksanaan beton *cast in situ* selama 39 hari untuk jenis pekerjaan yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

1. Andriani1, Rina Yuliet, Franky Leo Fernandez.(2012). Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah. Jurnal Rekayasa Sipil. Fakultas Teknik Universitas Andalas
2. Asiyanto.2008.Metoda Konstruksi Jembatan Beton.Penerbit Universitas Indonesia (UI Press.Jakarta.
3. Ervianto, Wulfram I. (2013). Kajian Faktor Green Construction Infrastruktur Jalan Berdasarkan Sistem Rating Green Road Dan Invest. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Ervianto, Wulfram I. (2015). Implementasi *Gree Construction* Sebagai Upaa Mencapai Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia. Makalah Konferensi Nasional Forum Wahana Teknik ke-2. Universitas Atma Jaya Yogyakarta
5. Muis, A.(2013). Analisis Bekisting Metoda Semi Sistem dan Metoda Sistem pada Bangunan. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
6. Nugroho, Sigit Sapto.(2013). Pengelolaan Limbah Bahan Bahaya dan Beracun Perspektif Undang – Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolan Lingkungan Hidup. Dosen Fakultas Hukum : Universitas Merdeka Madiun.
7. Supriyadi, Dr. Ir. Bambang. 2007. Jembatan. Beta Offset : Yogyakarta.