

PERBANDINGAN *LIFE CYCLE COST* ANTARA JEMBATAN RANGKA BAJA DENGAN *GIRDER* BETON

Masrilayanti, Ph.D¹, Akhmad Suraji, Ph.D¹, Ade Ilham, ST²

¹Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang

²Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas
Masrilayanti@ft.unand.ac.id

ABSTRAK

Jembatan merupakan alat penghubung yang penting dalam jaringan transportasi jalan, yang berfungsi untuk menghindari gangguan/hambatan alam atau buatan manusia. Jembatan juga merupakan aset modal dalam perekonomian suatu wilayah, maka keberadaannya perlu mendapat perhatian agar kinerja serta umur layanannya sesuai dengan rencana awal konstruksi. Kota Padang memiliki 108 jembatan yang tersebar di seluruh kota Padang, 13 diantaranya jembatan gantung, 25 jembatan rangka baja, 12 jembatan leger INP, dan 58 jembatan beton. Dalam perencanaan dan pemeliharaan jembatan ini tentunya membutuhkan biaya yang tentunya tidak sedikit. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisa biaya ekonomis sebuah bangunan/jembatan dengan mempertimbangkan biaya pengoperasian sepanjang umur hidup jembatan adalah metode *life cycle cost* (siklus daur hidup). Analisa biaya *life cycle cost* dilakukan pada Jembatan Kembar Andalas Simpang Haru karena mewakili jembatan rangka baja dan jembatan *girder* beton yang mendominasi jembatan di kota Padang, serta memiliki bentang yang sama. Berdasarkan serangkaian analisa *life cycle cost* diperoleh perbandingan biaya untuk jembatan rangka baja, biaya pengadaan jembatan 64.31%, biaya operasional dan perawatan 22.78%, biaya bongkaran 2.49%, dan nilai sisa mencapai 10.42% terhadap total biaya *life cycle cost* Rp 34,292,221,312.48, sedangkan untuk jembatan *girder* beton, biaya pengadaan jembatan mencapai 62.53%, biaya operasional dan perawatan 27.20%, biaya bongkaran 5.45%, dan nilai sisa 4.82% dari total biaya *life cycle cost* Rp 27,621,106,884.03. Jika dibandingkan dengan analisa NPV, jembatan *girder* beton memiliki biaya yang lebih ekonomis.

Kata kunci: *Life cycle cost*, Jembatan Rangka Baja, Jembatan *Girder* Beton.

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan alat penghubung yang penting dalam jaringan transportasi jalan, yang berfungsi untuk menghindari gangguan/hambatan alam atau buatan manusia. Jembatan juga merupakan aset modal dalam perekonomian suatu wilayah. Sebagai bagian dari sistem transportasi dan infrastruktur di suatu wilayah, maka keberadaannya perlu mendapat perhatian agar kinerja serta umur layanannya sesuai dengan rencana awal pembangunan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisa nilai ekonomis sebuah bangunan/jembatan dengan mempertimbangkan biaya pengoperasian sepanjang umur hidup jembatan adalah metode *Life cycle cost* (LCC). Metode ini juga berguna untuk mengambil keputusan berdasarkan nilai ekonomis dengan mempertimbangkan lokasi, perencanaan teknik dan arsitektur, pembangunan, pengaturan, pengoperasian sampai dengan pembuangan yang diikuti dengan penggantian dari komponen atau sistem selama jangka waktu umur hidup bangunan.

Kota Padang sendiri memiliki 108 jembatan yang tersebar di seluruh kota Padang, 13 diantaranya jembatan gantung, 25 jembatan rangka baja, 12 jembatan leger INP, dan 58 jembatan beton (Dinas Pekerjaan Umum Sumbar, 2011). Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perbandingan besar biaya *Life cycle cost* antara jembatan rangka baja dengan jembatan *girder* beton. Sedangkan manfaat dari tugas akhir ini yaitu membangun suatu aplikasi yang diharapkan bisa digunakan oleh departemen PU dalam Sistem Manajemen Jembatan serta sebagai sarana informasi dan landasan pengambilan keputusan dalam manajemen infrastruktur wilayah kota Padang, khususnya dalam bidang transportasi jembatan. Pembahasan penelitian

dibatasi pada *Life cycle cost* jembatan rangka baja dengan jembatan *girder* beton yang memiliki bentang yang sama di kota Padang.

Jembatan adalah suatu struktur yang melintasi suatu sungai, jurang/celah, persimpangan lalu lintas, teluk, dan rintangan lainnya dan mempunyai ukuran panjang total lebih dari 2 meter. (UU RI no.13 tahun 1980 tentang Jalan). Jembatan dapat didefinisikan juga sebagai suatu konstruksi penghubung antara jalan yang terputus oleh adanya lembah atau sungai. Yang biasanya digunakan untuk bentang yang cukup panjang adalah konstruksi baja dan beton, sedangkan khusus untuk jembatan kayu hanya digunakan untuk jembatan yang mempunyai bentang yang pendek.

Bridge Management System girder (BMS)

Bridge Management System girder atau Sistem Manajemen Jembatan (SMJ) adalah suatu sistem informasi manajemen yang menangani aktivitas untuk semua jembatan di Indonesia dengan menggunakan semua kebijakan dan standar yang sama (Dirjen Bina Marga, 1993.) Menurut Direktorat Bina Marga (1993), tujuan keseluruhan SMJ adalah memberikan kepada Ditjen Bina Marga dan Bina Marga Provinsi sebagai pemegang otoritas infrastruktur jembatan suatu perangkat untuk :

1. Mendukung pembangunan dan komunikasi bangsa melalui suatu fungsi dan jaringan jembatan yang aman.
2. Pemanfaatan dana yang tersedia secara optimum untuk pekerjaan jembatan.
3. Memastikan keamanan dan kapasitas jaringan dan memastikan informasi yang objektif tentang kondisi jembatan.
4. Memastikan feedback secara teknis dan ekonomis.

Adapun aplikasi BMS tersebut memberikan fasilitas untuk:

1. Pencatatan inventarisasi semua jembatan.
2. Kondisi, lalu lintas dan penilaian daya beban jembatan.
3. Identifikasi jembatan untuk penanganan.
4. Peringkat prioritas pekerjaan jembatan.
5. Alokasi dana yang optimum.
6. Prosedur standar untuk pelaksanaan semua pekerjaan jembatan:

Pemeriksaan jembatan adalah salah satu komponen dalam sistem informasi manajemen jembatan yang terpenting. Tujuan pemeriksaan jembatan ini adalah untuk meyakinkan bahwa jembatan masih berfungsi secara aman dan perlunya diadakan suatu tindakan tertentu guna pemeliharaan dan perbaikan secara berkala. Pemeriksaan dilakukan dari awal sejak jembatan tersebut masih baru dan berkelanjutan selama umur jembatan.

Pengertian *life cycle cost*

Berikut beberapa pengertian dari *Life cycle cost* (biaya siklus hidup):

1. Menurut Fuller dan Petersen (1996), *Life cycle cost* (LCC) adalah suatu metode ekonomi dalam mengevaluasi proyek atas semua biaya yang timbul mulai dari tahap pengelolaan, pengoperasian, pemeliharaan, dan pembuangan suatu komponen dari sebuah proyek, dimana hal ini dijadikan pertimbangan yang begitu penting untuk mengambil suatu keputusan.
2. Menurut Barringer dan Weber (1996), *Life cycle cost* (LCC) adalah suatu konsep pemodelan perhitungan biaya dari tahap permulaan sampai pembongkaran suatu asset dari sebuah proyek sebagai alat untuk mengambil keputusan atas sebuah studi analisis dan perhitungan dari total biaya yang ada selama siklus hidupnya.
3. Menurut Pujawan (2004), Biaya siklus hidup (*Life cycle cost*) dari suatu item adalah jumlah semua pengeluaran yang berkaitan dengan item tersebut sejak dirancang sampai tidak terpakai lagi.
4. Menurut Asworth (1994), Biaya siklus hidup (*Life cycle cost*) bangunan atau struktur mencakup biaya total yang berkaitan mulai dari tahap permulaan hingga tahap pembongkaran akhir.
5. Menurut *The American Institute Of Architects-Life cycle cost Analysis Workbook 2*, biaya siklus adalah semua cara yang menghasilkan taksiran dari suatu solusi yang diberikan, atau pilihan diantara situasi-situasi, berdasarkan pertimbangan semua konsekuensi ekonomi yang relevan terhadap suatu perioda waktu yang ditentukan (atau siklus hidup).
6. Menurut Smith, Hinchman Dan Grylls Associates Pada Buku *Life cycle costing Workbook*, biaya siklus hidup adalah suatu taksiran ekonomis dari alternatif desain bersaing yang dinyatakan dalam dolar ekuivalen.

Dengan kata lain biaya bangunan adalah biaya selama umur rencana bangunan. Karena itu, *Life cycle cost* dapat dirumuskan seperti di bawah ini.

$$LCC = \text{Biaya Awal} + \text{Biaya Penggunaan} + \text{Biaya Pembongkaran}$$

Dimana, biaya awal adalah biaya perencanaan dan pelaksanaan bangunan, biaya penggunaan adalah biaya yang dikeluarkan selama bangunan beroperasi, dan biaya pembongkaran adalah biaya untuk pembongkaran bangunan setelah umur rencana bangunan berakhir.

Life cycle cost merupakan suatu cara yang setidaknya dalam teori, memiliki potensial untuk mengevaluasi pekerjaan konstruksi. Tentu, dengan melakukan evaluasi proyek hanya berdasarkan biaya konstruksi awal saja tidaklah cukup.

Kegunaan utama *Life cycle cost* adalah pada waktu evaluasi solusi-solusi alternatif atas problema desain tertentu, sebagai contoh, suatu pilihan mungkin tersedia untuk atap suatu proyek baru. Hal yang perlu ditinjau bukan hanya biaya awal saja, tetapi juga biaya pemeliharaan dan perbaikan, usia rencana, penampilan, dan hal-hal yang mungkin berpengaruh terhadap nilai sebagai akibat dari pilihan yang tersedia. Meskipun aspek penampilan merupakan pertimbangan estetika, dan sehingga sangat bersifat subjektif, tetapi tidaklah dapat diabaikan dalam evaluasi keseluruhan alternatif tersebut. Dengan demikian, *Life cycle cost* merupakan kombinasi antara perhitungan dan kebijaksanaan.

Aplikasi *life cycle cost* bagi proyek-proyek besar dalam industri konstruksi menyebabkan bentuk pemanfaatan bangunan dan struktur dapat sungguh berbeda. Akan tetapi, suatu problema timbul dalam praktek karena walaupun biaya konstruksi awal relatif jelas dan terduga pada tahap desain tidaklah demikian untuk biaya pemakaian. Ketika pekerjaan-pekerjaan konstruksi telah diselesaikan dan proyek tersebut dimanfaatkan, kebanyakan klien akan menanggung biaya penggunaan. Begitupun bila klien itu akhirnya tidak menanggung biaya ini tetaplah harus memperhitungkan segi penyewaan dan penjualan proyek ini. Seringkali pertimbangan biaya dari klien adalah penurunan biaya awal konstruksi yang hingga minimum. Seharusnya klien lebih memahami dan turut memperhitungkan biaya untuk penggantian, perbaikan, dan pengelolaan. Faktor-faktor ini harus dipertimbangkan bersama biaya awal pekerjaan konstruksi. Oleh karenanya penekanannya sekarang lebih berdasarkan *Life cycle cost* yang ekonomis yang lebih baik dari kemungkinan desain konstruksi yang termurah, karena kecacauan dan kerugian akibat pemeliharaan dan perbaikan besar-besaran dapat pula mengakibatkan biaya melampaui semua proporsi dari metode konstruksi yang dipilih sebelumnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Oleh karena penelitian ini lebih difokuskan kepada perbandingan biaya siklus hidup dari jembatan, sehingga untuk dapat membandingkan biaya antara jembatan rangka baja dan jembatan *girder* beton, diperlukan jembatan yang memiliki perlakuan yang sama secara teknisnya. dalam kasus ini dipilih Jembatan Andalas (Jembatan Kembar Andalas) yang berlokasi di Simpang Haru, kota Padang.

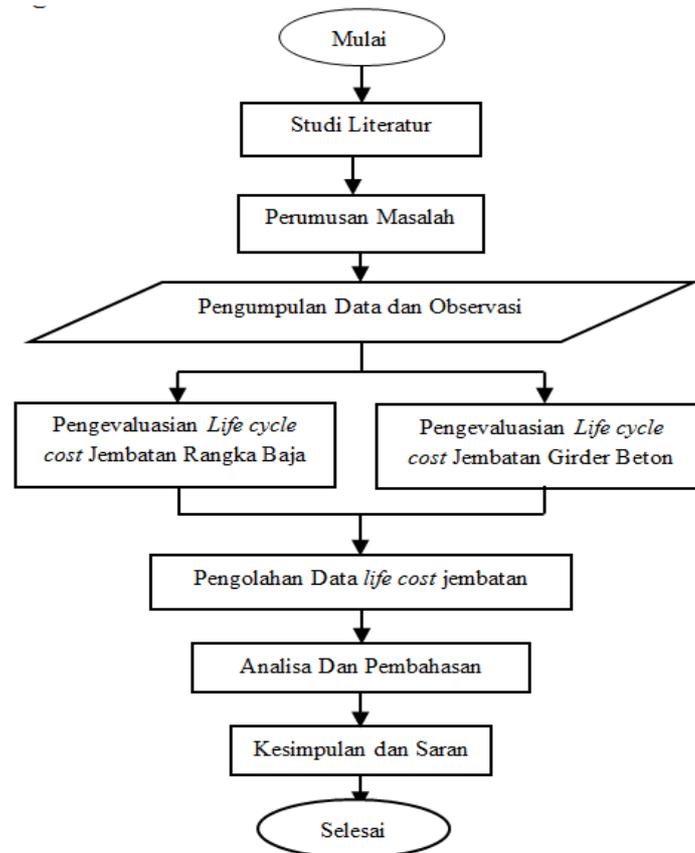
Adapun data-data teknis proyek jembatan Andalas ini adalah :

- Nama Jembatan : Jembatan Andalas
- Umur Rencana : 50 tahun
- Panjang Bentang : 60 meter (12 x 5 m)
- Lebar Jembatan : 9 meter (1 + 7 + 1)
- Pondasi : Sumuran Ø 300 cm dan Ø 350 cm
- Bangunan Bawah : Beton bertulang
- Bangunan Atas : Gelagar Rangka Baja
- Mutu Beton :
 - a. Beton Diafragma K-500
 - b. Beton mutu sedang dengan $f_c' = 30$ MPa (K-350)
 - c. Beton mutu sedang dengan $f_c' = 25$ MPa (K-300)
 - d. Beton mutu sedang dengan $f_c' = 20$ MPa (K-250)
 - e. Beton mutu rendah dengan $f_c' = 15$ MPa (K-175)
- Mutu Baja :
 - a. Baja Struktur Titik Leleh 2800 kg/cm²
 - b. Baja tulangan U 24 polos
 - c. Baja tulangan U 39 ulir

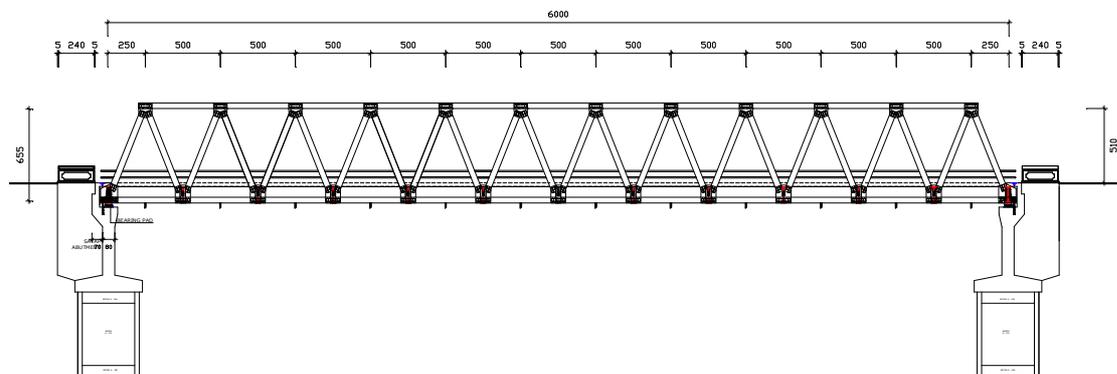
Sementara data-data teknis untuk jembatan *girder* beton adalah :

- Nama Jembatan : Jembatan Andalas
- Umur Rencana : 50 tahun
- Panjang Bentang : 56,83 meter (28.415 m + 28.415 m)

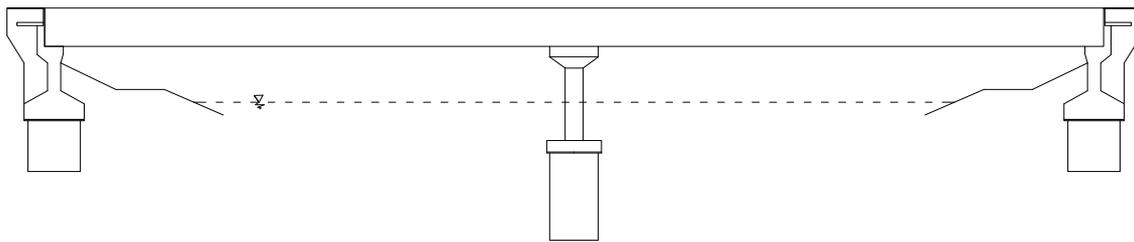
- Lebar Jembatan : 9 meter (1 m + 7 m + 1 m)
 Pondasi : Sumuran Ø 300 cm dan Ø 350 cm
 Bangunan Bawah : Beton bertulang
 Bangunan Atas : Balok *Girder* beton Pracetak
 Mutu Beton : Dinding sumuran K-250
 a. Beton K-175 siklop
 b. Lantai kerja beton K-125
 c. Footing/ tapak, Abutmen, dan pilar beton K-250
 Mutu Baja :
 a. Baja tulangan U 24 polos
 b. Baja tulangan U 32 ulir
 c. Baja tulangan U 39 ulir



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Potongan Memanjang Jembatan Rangka Baja



Gambar 3. Potongan Memanjang Jembatan Girder Beton

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Estimasi biaya konstruksi jembatan (*principal*)

Dari data yang didapat maka diperoleh nilai *principal* atau biaya awal (*Initial Cost*) dari konstruksi kedua Jembatan Andalas, adapun datanya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Estimasi Biaya Awal Jembatan Rangka Baja:

URAIAN PEKERJAAN	TOTAL HARGA	
Biaya Investasi		
Divisi 1. UMUM	Rp	581,151,000.00
Divisi 3. PEKERJAAN TANAH	Rp	20,281,953.00
Divisi 7. STRUKTUR	Rp	27,201,120,180.81
Divisi 9. PEKERJAAN HARIAN	Rp	56,315,900.00
Total Biaya	Rp	27,858,869,033.81

Tabel 2. Estimasi Biaya Awal Jembatan Girder Beton

URAIAN	JUMLAH HARGA	
Biaya Investasi		
Divisi I. MOBILISASI	Rp	403,702,500.00
Divisi II. DRAINASE	Rp	18,488,657.76
Divisi III. PEKERJAAN TANAH	Rp	1,079,679,908.24
Divisi IV. PERBAIKAN TEPI PERKERASANBAHU JALAN	Rp	34,626,667.60
Divisi V. PERKERASAN BERBUTIR	Rp	703,942,032.96
Divisi VI. PERKERASAN ASPAL	Rp	969,462,614.69
Divisi VII. STRUKTUR	Rp	15,815,772,633.29
Divisi VIII. PENGEMBALIANKONDISI DANPEKERJAAN MINOR	Rp	86,856,000.00
Divisi IX. PEKERJAAN HARIAN	Rp	0.00
Divisi X. PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN	Rp	0.00
Total Biaya	Rp	19,112,531,014.50

Tabel 3. Data Konstruksi Jembatan

JENIS DATA	JEMBATAN RANGKA BAJA (2012)	JEMBATAN GIRDER BETON (2010)
Biaya Konstruksi Awal	Rp 27,858,869,033.81	Rp 19,112,531,014.54
Umur Rencana	50 tahun	50 Tahun

Estimasi biaya tahunan jembatan (*annual*)

Menentukan nilai *annual* atau nilai tahunan dari sejumlah *principal* selama *n* periode tahun. Pada kasus kali ini diketahui data biaya *principal* seperti yang tercantum pada tabel 5.1 dan tabel 5.2. Adapapun nilai *annual* atau biaya tahunan jembatan ini terdiri dari biaya perawatan dan pemeliharaan jembatan.

Biaya perawatan dan pemeliharaan jembatan ini, meliputi:

1. Perbaiki beton rusak
2. Pembersihan kotoran permukaan jembatan
3. Perbaiki pipa sandaran/baja
4. Pengecatan dengan cat minyak
5. Perbaiki *guard wall*
6. Pembersihan bangunan bawah jembatan
7. *Patching (hotmix)*
8. Pemeliharaan saluran samping

Rincian perhitungannya mengambil asumsi biaya perawatan mengalami kenaikan 8% pertahunnya dan memiliki tingkat suku bunga sebesar 12% pertahun. Perhitungan yang sama juga dilakukan pada jembatan *girder* beton, sehingga didapat biaya yang dikeluarkan selama jembatan beroperasi pada akhir tahun pertamanya. Untuk perhitungan biaya perawatan dan pemeliharaan jembatan *girder* beton pada tahun selanjutnya hingga tahun ke-50 juga digunakan persamaan *geometric gradient* seperti perhitungan jembatan rangka baja.

Estimasi biaya bongkaran jembatan

Untuk menutup operasi dan pembuangan aset pada akhir siklus jembatan, maka dilakukan pembongkaran jembatan. Pada dasarnya biaya bongkaran terpusat pada biaya penggunaan alat berat. Perhitungan yang sama juga dilakukan pada jembatan *girder* beton, sehingga didapat biaya yang dikeluarkan untuk membongkar jembatan.

Nilai sisa (salvage value)

Hal ini meliputi nilai dari proyek atau produk pada suatu masa mendatang. Biasanya nilai sisa adalah jumlah yang diterima dari penjualan pada akhir periode siklus hidup. Nilai sisa dari konstruksi jembatan ini dapat diperoleh dari nilai jual besi tua yang tersisa pada akhir periode siklus hidup jembatan. Perhitungan yang sama juga dilakukan terhadap jembatan *girder* beton, dimana nilai sisa diperoleh dari nilai jual besi tua yang tersisa pada akhir periode siklus hidup.

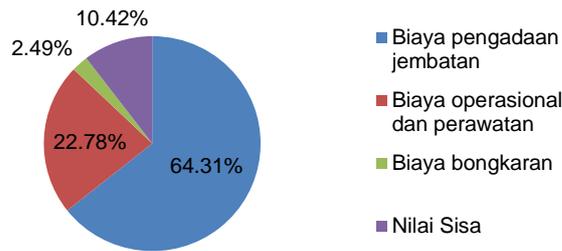
Life cycle cost Modelling dibuat untuk memperlihatkan persentase dari tiap kategori biaya di dalam *Life cycle cost*. Pada Jembatan Andalas ini, *LCC modelling* untuk jembatan rangka baja dan jembatan *girder* beton tersebut dapat dilihat pada pie-chart dalam Gambar 4 dan Gambar 5. Pada Tabel 4 dan 5 dibawah ini ditampilkan persentase bobot masing-masing elemen *Life cycle cost* pada jembatan rangka baja dan beton.

Tabel 4. Persentase *Life cycle cost* tiap Kategori Biaya Jembatan Rangka Baja

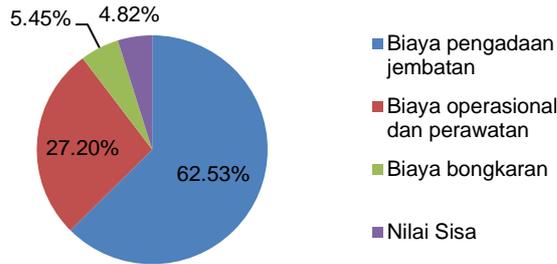
Kategori Biaya	LCC (Rupiah)	Persentase
1. Biaya pengadaan jembatan	Rp 27,858,869,033.81	64.31%
2. Biaya operasional dan perawatan	Rp 9,867,198,881.56	22.78%
3. Biaya bongkaran	Rp 1,078,885,727.11	2.49%
4. Nilai Sisa	Rp 4,512,732,330.00	10.42%
Total	Rp 34,292,221,312.48	100.00%

Tabel 5. Persentase *Life cycle cost* tiap Kategori Biaya Jembatan *Girder* Beton

Kategori Biaya	LCC (Rupiah)	Persentase
1. Biaya pengadaan jembatan	Rp 19,112,531,014.54	62.53%
2. Biaya operasional dan perawatan	Rp 8,314,409,049.24	27.20%
3. Biaya bongkaran	Rp 1,667,368,620.24	5.45%
4. Nilai Sisa	Rp 1,473,201,800.00	4.82%
Total	Rp 27,621,106,884.03	100.00%



Gambar 4. Persentase *Life cycle cost* tiap Kategori Biaya Jembatan Rangka Baja



Gambar 5. Persentase *Life cycle cost* tiap Kategori Biaya Jembatan Girder Beton

Dari Gambar 4 dan 5 terlihat bahwa biaya yang paling dominan dari *life cycle cost* jembatan adalah biaya pengadaan dari jembatan itu sendiri, mencapai bahkan lebih dari 60% dari total biaya *life cycle cost* secara keseluruhan. Perbandingan persentase yang paling signifikan dapat dilihat dari perbandingan persentase biaya bongkaran dan persentase nilai sisa masing-masing jembatan jika dibandingkan dengan total biaya *life cycle cost* masing-masing jembatan. Persentase biaya bongkaran jembatan girder beton lebih besar daripada persentase bongkaran jembatan rangka baja, sedangkan untuk nilai sisa, persentase nilai sisa jembatan rangka baja jauh lebih besar daripada persentase nilai sisa jembatan girder beton.

Dari serangkaian pengolahan data yang telah dikerjakan, dapat dibuat suatu model arus kas atau *cashflow* dari perbandingan *life cycle cost* jembatan rangka baja dengan jembatan girder beton Simpang Haru Padang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan serangkaian analisa siklus daur hidup (*life cycle cost*) konstruksi jembatan Simpang Haru Padang diperoleh hasil sebagai berikut :

- Biaya *life cycle cost* jembatan rangka baja Andalas Simpang Haru terdiri dari biaya pengadaan jembatan yaitu sebesar Rp 27,858,869,033.81, biaya operasional dan perawatan jembatan sebesar Rp 14,412,000.00 pertahunnya atau Rp 9,867,198,881.56 selama 50 tahun rencana, dan biaya bongkaran jembatan Rp 1,078,885,727.11, serta memiliki nilai sisa Rp 4,512,732,330.00.
- Total biaya *LCC* jembatan rangka baja Andalas Simpang haru adalah sebesar Rp 34,292,221,312.48.
- Biaya *life cycle cost* jembatan girder beton Andalas Simpang Haru terdiri dari biaya pengadaan jembatan yaitu sebesar Rp 19,112,531,014.54, Biaya operasional dan perawatan sebesar Rp 12,144,000.00 pertahunnya atau Rp 8,314,409,049.24 selama 50 tahun rencana, dan Biaya bongkaran Rp 1,667,368,620.24, serta memiliki nilai sisa Rp 1,473,201,800.00.
- Total biaya *LCC* jembatan girder beton Andalas Simpang haru adalah sebesar Rp 27,621,106,884.03.
- Jika dipersentasekan *life cycle cost* jembatan rangka baja terdiri dari 64.31% biaya pengadaan jembatan, 22.78% biaya operasional dan pemeliharaan jembatan, 2.49% biaya bongkaran dan 10.42% nilai sisa. Sedangkan untuk jembatan girder beton, *life cycle cost* nya terdiri dari 62.53% biaya pengadaan jembatan, 27.20% biaya operasional dan perawatan, dan 5.45% biaya bongkaran, serta memiliki nilai sisa sebesar 4.82%.

DAFTAR PUSTAKA

Barringer, Paul. H., Weber, David. (1996). "*Life cycle cost Tutorial*", *Fifth International Conference on Process Plant Reliability and Hydrocarbon Processing*, Gulf Publishing Company., Texas.

Annual Civil Engineering Seminar 2015, Pekanbaru

ISBN: 978-979-792-636-6

Direktorat Jenderal Bina Marga. (1993). *Sistem Manajemen Jembatan: Panduan Sistem Informasi Manajemen IBMS*. Kinhill Engineers, Ltd.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Teknis 2010 Revisi 2*. Kinhill Engineers, Ltd.

Fuller, Sieglinde. K., Petersen, Stephen. R. (1996). *Life cycle cost ingManual For The Federal Energy Management Program*, NIST Handbook 135., Gaithersburg.

H. Paul Barringer, P.E and David P. Weber. (1996). *Life cycle cost Tutorial*. Texas: Gulf Publishing Company.

Japan international cooperation agency dan departemen PU Badan penelitian dan pengembangan Pusat litbang jalan dan jembatan. (2006). *Panduan Pemeriksaan Jembatan*. Badan Litbang PU, Departemen PU

Jufrinal. (2008). *Aplikasi Bridge Manajemen System Berbasis Web*. Universitas Andalas. Padang.

Sieglinde K. Fuller & Stephen R. Petersan. (1995). *Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*. Washington: U.S. Department of Energy.

Utomo, Trixy Firsani dan Christiono. (2012). "Analisa Life cycle cost pada Green Building." JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1, (Sept. 2012), 2012: 34.