

Analisis Prioritas Penanganan Jembatan dengan Metode LCC dan IBMS serta Implementasi pada Aplikasi Berbasis Web (Studi Kasus: Jembatan Batang Lasi, Batang Kubang dan Batang Jujuan, Sumatera Barat)

Yudi Rulyadi^{1*}, Leli Honesti² & Herix Sonata MS³

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang – 25 143, Indonesia

³Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang – 25 143, Indonesia

Email: 2022250005.yudi@itp.ac.id

Dikirim: 14 November 2024

Direvisi: 10 Desember 2024

Diterima: 30 Desember 2024

ABSTRAK

Seiring dengan bertambahnya waktu banyak kinerja suatu jembatan mengalami penurunan, yang berarti semakin tinggi pula kebutuhan akan pemeliharaan, rehabilitasi dan penggantian suatu jembatan. Namun pada indikator jembatan yang terbaru, pemeriksaan jembatan sudah dilakukan secara tender sehingga pelaksanaan kegiatan pemeriksaan jembatan dikerjakan oleh konsultan. Dalam pelaksanaannya program IBMS masih belum terlalu familiar bagi konsultan. Di samping itu pemilihan proyek infrastruktur yang tepat memerlukan evaluasi ekonomi yang cermat. Evaluasi ini bukan hanya sebatas biaya awal pembangunan, tetapi juga melibatkan biaya operasional, pemeliharaan, dan perbaikan selama masa pakai jembatan. Metode *Life-Cycle Cost* memungkinkan analisis menyeluruh terhadap aspek-aspek ini. Untuk menanggulangi permasalahan di atas maka diperlukan sebuah sistem informasi yang dapat melakukan perhitungan baik secara IBMS dan LCC untuk mempermudah mengetahui biaya dan prioritas penanganan jembatan. Dari penelitian yang dilakukan biaya penggantian jembatan yang dihitung menggunakan metode LCC lebih besar dibandingkan dengan metode IBMS. Hasil nilai NPV, NPV/m, dan IRR juga menjadi lebih besar atau bertambah. Hal ini terjadi karena adanya penambahan biaya siklus hidup jembatan yang sebelumnya belum ada pada metode IBMS yaitu biaya awal (initial cost), biaya perawatan rutin (maintenance cost), biaya pemeriksaan (inspection cost) sehingga terjadinya NPV bernilai (-) berkemungkinan kecil.

Kata kunci: jembatan, IBMS, LCC, NPV, IRR

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur penting dalam jaringan transportasi jalan yang berperan penting dalam memperlancar pergerakan barang dan manusia (Harywijaya et al., 2020). Dalam konteks ini, jembatan tidak hanya memberikan aksesibilitas yang lebih baik tetapi juga membuka peluang ekonomi baru dan mendukung pertumbuhan ekonomi lokal (Prasetyo and Amanda, 2023). Namun seiring berjalannya waktu, kinerja jembatan mengalami penurunan akibat beban lalu lintas yang meningkat dan faktor usia material. Kondisi ini memerlukan adanya perawatan, rehabilitasi, dan bahkan penggantian untuk memastikan jembatan tetap berfungsi optimal dan aman bagi pengguna jalan.

Saat ini, metode *Life-Cycle Cost* (LCC) dan *Interurban Bridge Management System* (IBMS) telah digunakan sebagai pendekatan untuk mengelola jembatan dengan lebih efektif. Metode yang digunakan untuk analisis nilai kondisi jembatan adalah dengan metode *Bridge Management System* (BMS) yang telah menjadi rujukan umum pemeriksaan jembatan di Indonesia (Garnida et al., 2023). LCC fokus pada analisis biaya jangka panjang dari jembatan, mencakup seluruh siklus kehidupan mulai dari biaya pembangunan, operasional, pemeliharaan, hingga rehabilitasi. Dengan metode ini, keputusan investasi dan pemeliharaan dapat dilakukan secara lebih cermat karena mempertimbangkan seluruh biaya yang akan terjadi sepanjang masa penggunaan jembatan (Kamyk, 2016). Sementara itu, IBMS membantu dalam menentukan prioritas penanganan jembatan berdasarkan kondisi fisik dan nilai ekonomi, seperti *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR), untuk memastikan bahwa perbaikan atau penggantian jembatan (Dananjoyo et al., 2020).

Prioritas penanganan jembatan ditentukan oleh urutan nilai ekonomisnya menggunakan NPV dan IRR sebagai indeks ranking. NPV dan IRR secara otomatis mengurutkan jembatan yang telah dievaluasi secara ekonomi. Jembatan mempunyai prioritas lebih tinggi apabila memiliki nilai keuntungan ekonomi lebih tinggi

dibandingkan dengan jembatan dengan nilai keuntungan ekonomi yang lebih rendah. Ketika nilai NPV positif maka kriteria program tersebut dapat direkomendasikan (Hariman et al., 2007). Sistem informasi (SI) mengacu pada konsep yang berkaitan dengan manajemen dan manajemen sistem. Hal ini mencakup serangkaian langkah kerja, data berisi informasi, pemangku kepentingan, dan teknologi informasi terstruktur. Sistem informasi adalah hubungan antara data dan metode yang menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak untuk menyampaikan informasi yang berguna. Sistem informasi juga dimaksudkan untuk mendukung kegiatan pemantauan dan evaluasi (Maydianto and Ridho, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki dan menganalisis metode *Life- Cycle Cost* dan IBMS dalam konteks penentuan prioritas penanganan jembatan. Setelah itu dilakukan analisis secara manual akan dipindahkan ke dalam aplikasi berbasis web agar dapat diakses secara *realtime* dan *monitoring* yang dilakukan dapat optimal. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan kebijakan pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan dan efisien secara ekonomi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode IBMS

Capaian umur jembatan pada Nilai Kondisi (*NK*) yang spesifik adalah perkiraan kapan jembatan yang akan dianalisis menjadi rusak berat, kritis, atau bahkan runtuh/tidak berfungsi sehingga perlu dilakukan untuk menentukan *base case*. Suatu jembatan diasumsikan memiliki umur rencana selama *N* tahun dan akan mengalami kerusakan mulai dari *NK = 0 - NK = 5* pada akhir umur rencana *UR*. Perhitungan dapat dimulai dengan menghitung *deterioration model* pada jembatan yang akan diskruining untuk menentukan capaian umur jembatan pada *NK* yang spesifik (Dananjoyo et al., 2020). Adapun tahapan yang dilakukan adalah:

- 1) Menghitung karakter umur rencana jembatan

$$UR = \left(\frac{(Tahun\ Survei - Tahun\ Pembangunan\ Jembatan) \times 100}{100 - a \times (5 - CM)^b} \right) \dots\dots\dots(1)$$

Dengan *a*, adalah 4,66, *b* adalah 1,905 dan *CM* adalah Nilai kondisi jembatan.

- 2) Hitung lama tahun jembatan mencapai *NK* yang diprediksi

$$Capaian\ Umur = \left(\frac{100 - a \times (5 - NK)^b}{100} \right) \times UR \dots\dots\dots(2)$$

Dengan *a* adalah 4,66, *b* adalah 1,905 dan *UR* adalah Umur Rencana.

- 3) Hitung tahun capaian *NK*

$$Capaian\ NK_i = NK_i + Capaian\ Umur_i \dots\dots\dots(3)$$

- 4) Biaya penggantian jembatan pada tahun penanganan

$$BPJ = HLP \times L \dots\dots\dots(4)$$

Dengan *HLP* adalah harga satuan luas penggantian jembatan dan *L* adalah luas jembatan.

- 5) Biaya penggantian elemen

$$BPE = 0,25 \times HLP \times L \times CM^2 \dots\dots\dots(5)$$

Dengan *HLP* adalah Harga satuan luas penggantian jembatan, *L* adalah luas jembatan dan *CM* adalah Nilai kondisi,

- 6) Biaya pengurangan kecepatan

$$BPK = \sum BOK \times Panjang\ Jembatan \times Lama\ Pengerjaan \dots\dots\dots(6)$$

dengan $\sum BOK$ adalah Rp. 340,469 (Standar IBMS)

- 7) Biaya pembuatan jembatan sementara

$$PJS = 24.000.000 \times Panjang\ Jembatan \dots\dots\dots(7)$$

- 8) Biaya rehabilitasi jembatan

$$Biaya\ Rehab = \sum BPE + BPK + PJS \dots\dots\dots(8)$$

- 9) Manfaat pengalihan lalu lintas

$$MPL = \sum BOK \times Jarak\ Memutar \times Lama\ Pengerjaan \dots\dots\dots(9)$$

- 10) Manfaat pemeliharaan jembatan lama setelah runtuh

$$MPJL = 0,02 \times Biaya\ Penggantian\ Jembatan \dots\dots\dots(10)$$

- 11) Manfaat pemeliharaan jembatan baru setelah runtuh

$$MPJB = 0,005 \times Biaya\ Penggantian\ Jembatan \dots\dots\dots(11)$$

- 12) Total biaya penggantian jembatan

$$Total = MPL + BPK + BP + MPJL + MPJB + Biaya\ Rehab \dots\dots\dots(12)$$

2.2 Metode LCC

Metode *Life Cycle Cost* adalah metode untuk menilai total biaya kepemilikan fasilitas, termasuk biaya perolehan, kepemilikan, dan pembuangan. *Life Cycle Cost* merupakan suatu teknik ekonomi yang digunakan untuk menilai semua biaya yang terjadi selama siklus hidup suatu proyek, termasuk biaya kepemilikan,

operasional, pemeliharaan, dan penghentian proyek (Dananjoyo et al., 2020). Adapun tahapan yang dilakukan adalah.:

- 1) Biaya awal
 $IC = P \times L \times HLP$(13)
 Dengan P adalah panjang jembatan, L adalah lebar jembatan dan HLP adalah harga satuan luas penggantian jembatan
- 2) Biaya pemeliharaan dan perawatan
 $MC = 0,05 \times IC$ (14)
 $MC_i = \frac{MC}{(1+0,25)^i}$ (15)
 Dengan i adalah index tahun
- 3) Biaya pemeriksaan
 $IpC = 0,0015 \times IC$ (16)
 $IpC_i = \frac{IpC}{(1+0,25)^i}$ (17)
- 4) Biaya penundaan perjalanan (Driver Delay Cost)
 $DDC = \left(\frac{L}{Sa} - \frac{L}{Sn}\right) \times ADT \times N \times w$ (19)
 Dengan L adalah panjang jembatan terkena dampak, Sa adalah kecepatan lalu lintas saat perbaikan, Sn adalah kecepatan lalu lintas normal, ADT adalah Lalu-lintas Harian Rata Rata (LHRT), N adalah jumlah hari perbaikan dan W adalah nilai waktu pengemudi ≈ 25.000 .
- 5) Biaya operasi kendaraan (Vehicle Operating Cost)
 $VOC = \left(\frac{L}{Sa} - \frac{L}{Sn}\right) \times ADT \times N \times r$ (20)
 Dengan L adalah panjang jembatan terkena dampak, Sa adalah kecepatan lalu lintas saat perbaikan, Sn adalah kecepatan lalu lintas normal, ADT adalah Lalu-lintas Harian Rata Rata (LHRT), N adalah jumlah hari perbaikan dan r adalah biaya operasional kendaraan rata-rata
- 6) Biaya perbaikan masa depan (Future Rehabilitation Cost)
 $BP_i = \text{Nilai } BP_i \times BPJ$ (21)
- 7) Sedangkan BP_4 dihitung dengan:
 $BP_4 = \text{Nilai } BP_4 \times BPJ + 100.000.000$ (22)
 Dengan BPJ adalah Biaya Penggantian Jembatan

3. HASIL DAN DISKUSI

Perbandingan hasil analisis menggunakan metode IBMS dan LCC pada jembatan Batang Lasi, Batang Kubang dan Batang Jujuan dapat diringkas seperti pada Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Perbandingan hasil perhitungan dengan metode IBMS dan *Life Cycle Cost* Batang Lasi

No	Hasil Perhitungan	Batang Lasi	
		IBMS	LCC
1.	Total Biaya Penggantian Jembatan (Rp)	9.762.193.490,9	9.762.193.490,9
2.	NPV (Rp)	-1.014.772.806,3	9.043.521.731
3.	NPV/m (Rp)	84.529.647,8	18.805.674
4.	IRR	16,27%	162%

Tabel 2. Perbandingan hasil perhitungan dengan metode IBMS Dan *Life Cycle Cost* Batang Kubang

No	Hasil Perhitungan	Batang Kubang	
		IBMS	LCC
1.	Total Biaya Penggantian Jembatan (Rp)	3.498.244.674,3	6.165.116.503
2.	NPV (Rp)	770.227.536,1	1.622.668.582
3.	NPV/m (Rp)	3.709.058,1	20.757.641
4.	IRR	86,58%	107%

Tabel 3. Perbandingan hasil perhitungan dengan metode IBMS dan *Life Cycle Cost* Batang Jujuan

No	Hasil Perhitungan	Batang Jujuan	
		IBMS	LCC
1.	Total Biaya Penggantian Jembatan (Rp)	10.470.774.717,1	30.640.968.810
2.	NPV (Rp)	-1.026.094.523,4	9.688.814.678
3.	NPV/m (Rp)	-41.287.732,1	26.945.887
4.	IRR	17,08%	184%

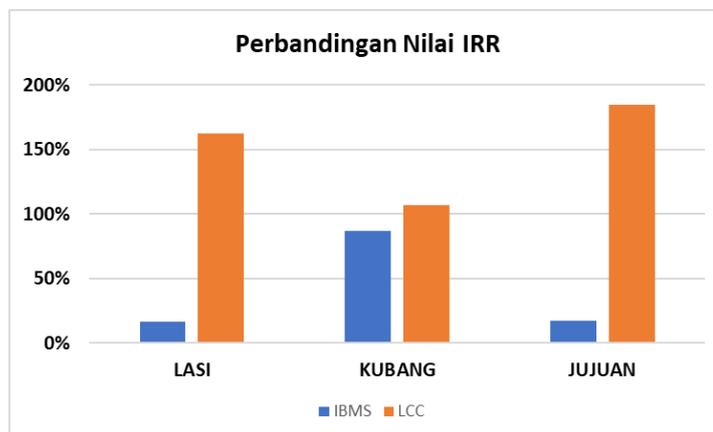
Tabel 4. Hasil perhitungan total biaya penggantian jembatan

Jembatan Batang Lasi		Jembatan Batang Kubang		Jembatan Batang Jujuan	
IBMS	LCC	IBMS	LCC	IBMS	LCC
18.959.985.911	29.091.767.023	3.499.023.976	6.165.116.503	18.951.266.739	30.640.968.810

Berdasarkan hasil penghitungan pada Tabel 4, biaya penggantian jembatan menggunakan metode LCC lebih besar dibandingkan dengan metode IBMS. Nilai NPV, NPV/m, dan IRR semakin meningkat pada masing-masing jembatan. Hal ini terjadi karena ada penambahan biaya siklus hidup jembatan yang sebelumnya tidak ada dalam metode IBMS. Penggunaan Penghitungan LCC sebagai alternatif dapat membantu dalam menetapkan prioritas perawatan jembatan secara lebih terperinci. Perbandingan total biaya awal jembatan antara metode IBMS dan metode *Life-Cycle Cost* menunjukkan perbedaan dalam perhitungan. Perbedaan hasil perhitungan disebabkan oleh biaya inspeksi dan perawatan tambahan yang diperhitungkan dalam metode *Life Cycle Cost*. Hasil perhitungan NPV yang menunjukkan perbedaan total biaya rehabilitasi antara metode IBMS dan LCC yang akan dilakukan selama tahun survei dibandingkan dengan biaya penggantian jembatan saat jembatan itu runtuh.



Gambar 1. Hasil perbandingan total biaya penggantian jembatan



Gambar 2. Hasil Perbandingan Nilai IRR

Di sisi lain, metode *Life-Cycle Cost* memberikan prioritas pertama pada Jembatan Batang Jujuan. Urutan kedua dan ketiga memberikan hasil yang sama, yaitu Jembatan Batang Lasi dan Jembatan Batang Kubang secara berurutan. Perbedaan dalam urutan terjadi karena penggunaan metode *Life-Cycle Cost* yang lebih mempertimbangkan Nilai Kondisi (*NK*) jembatan. Gambar 1 merupakan data yang menunjukkan bahwa ketiga jembatan memiliki nilai kerusakan yang sama. Berdasarkan analisis menggunakan kedua metode, proyek perbaikan Jembatan ketiganya layak dilakukan. Hal ini disebabkan jembatan memiliki *NK* yang rendah atau jembatan berada dalam kondisi baik. Dari Gambar 1 terlihat LCC masih memiliki nilai yang lebih besar dari IBMS, namun anantara metode IBMS dan LCC tidak menghasilkan rekomendasi yang sama. Hal ini

disebabkan pada metode LCC nilai biaya total penggantian jembatan dipengaruhi oleh nilai *maintenance cost* yang dihitung dengan kenaikan suku bunga dan adanya penambahan biaya pemeriksaan. Dari Gambar 2 terlihat untuk perbandingan total biaya penggantian jembatan dengan metode LCC lebih tinggi dari metode IBMS. Rata-rata selisih antar metode ini bernilai di 37%. Pada Gambar 2 terlihat baik secara IBMS maupun LCC urutan nilai penggantian jembatan memiliki urutan yang sama, jembatan Jujuan berada di posisi pertama, disusul oleh jembatan Batang Lasi dan Batang Kubang. Jembatan dianggap layak untuk diperbaiki secara ekonomis jika tingkat pengembalian internal (IRR) melebihi 15%. Prioritas penanganan jembatan ditentukan berdasarkan peringkat IRR pada jembatan yang sedang diteliti. Prioritas utama penanganan adalah jembatan dengan tingkat IRR tertinggi.

Hasil Perbandingan Metode IBMS dan LCC

* Dalam Satuan Rupiah (Rp)
** Nilai Tertinggi

A. Nilai Penggantian Jembatan

No	Jembatan	IBMS*	LCC*
1	Jujuan	18,951,266,738	33,229,545,557
2	Kubang	3,499,023,976	6,165,116,503
3	Lasi	18,959,985,910	33,450,134,588

B. Perbandingan IRR

No	Jembatan	IBMS	LCC
1	Jujuan	15.63%	120%
2	Kubang	33.79%	121%
3	Lasi	74.24%	121%

C. Perbandingan NPV

No	Jembatan	IBMS*	LCC*
1	Jujuan	2,058,785,499	10,041,102,117
2	Kubang	30,542,528	1,876,490,717
3	Lasi	3,455,254,217	10,200,958,654

Gambar 3. Halaman *web* perangkingan

Setelah perhitungan manual telah berhasil didapatkan dan dipastikan sudah benar sesuai dengan rumus yang telah dijelaskan sebelumnya. Maka perhitungan tersebut dipindahkan ke dalam aplikasi berbasis *web* yang didapat menghitung dan merangking prioritas penanganan jembatan secara otomatis, seperti yang dipaparkan pada Gambar 3.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah berdasarkan jembatan Batang Kubang memiliki NPV terbesar, yaitu Rp 770.227.536,1, diikuti oleh Batang Lasi sebesar Rp -1.014.772.806,3 dan Batang Jujuan yaitu Rp -1.026.094.523,4. Adanya tanda (-) pada NPV yang dihasilkan mengartikan jembatan tersebut tidak diprioritaskan dalam penanganan jembatan. Namun, pada nilai IRR Batang Lasi

memiliki IRR terbesar, yaitu 86,58% diikuti oleh Batang Jujuan sebesar Rp 17,08% dan Batang Lasi yaitu 16,27%. Hal ini menunjukkan jika jembatan tersebut dilakukan juga rehabilitasi maka pekerjaan proyek ini masih bernilai untung. Dengan Metode LCC Batang Jujuan memiliki NPV terbesar, yaitu Rp 9.688.814.678, diikuti oleh Batang Lasi sebesar Rp 9.043.521.731 dan Batang Kubang yaitu Rp 1.622.668.582. Namun, pada nilai IRR Batang Kubang memiliki IRR terbesar, yaitu 162% diikuti oleh Batang Jujuan sebesar Rp 107% dan Batang Lasi yaitu 184%. Hasil nilai NPV, NPV/m, dan IRR juga menjadi lebih besar atau bertambah. Hal ini terjadi karena adanya penambahan biaya siklus hidup jembatan yang sebelumnya belum ada pada metode IBMS yaitu biaya awal (initial cost), biaya perawatan rutin (maintenance cost), biaya pemeriksaan (inspection cost) sehingga terjadinya NPV bernilai (-) berkemungkinan kecil. Hasil dari implementasi aplikasi web LCC dan IBM dapat mempermudah perhitungan dan penentuan prioritas penanganan jembatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dananjoyo, R.A., Aminullah, A., Budi Nugroho, A.S., 2020. Penerapan Metode Life-Cycle Cost Dalam Perhitungan Evaluasi Ekonomi Jembatan Untuk Penentuan Prioritas Penanganan Jembatan. *Jurnal Teknosains* 9, 165. <https://doi.org/10.22146/teknosains.39052>
- Garnida, H., Syukri, M., Rosadi, R., 2023. Nilai Kondisi Jembatan Di Jalan Nasional Dengan Metode Bridge Management System (Bms) Pada Jembatan Wilayah Sumatra Utara. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi* 6, 116–123. <https://doi.org/10.31004/jutin.v6i1.14540>
- Hariman, F., Christady, H.H., Triwiyono, A., 2007. Evaluasi dan Program Pemeliharaan Jembatan dengan Metode Bridge Management System (BMS) (Studi Kasus: Empat Jembatan Propinsi D.I. Yogyakarta). *Forum Teknik Sipil No.XVII* 581–593.
- Harywijaya, W., Afifuddin, M., Isya, M., 2020. Penilaian Kondisi Jembatan Menggunakan Bridge Management System (Bms) Dan Bridge Condition Rating (Bcr). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan* 3, 80–88. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v3i1.16462>
- Kamyk, Z., 2016. Impact Of Life Cycle Cost Analysis On The Pontoon Bridge Concept Selection Light military pontoon bridge View project.
- Maydianto, Ridho, M.R., 2021. Rancang Bangun Sistem Informasi Point of Sale Dengan Framework Codeigniter Pada Cv Powershop. *Jurnal Comasie* 02, 50–59.
- Prasetyo, R.F., Amanda, S.R., 2023. Analisis Life Cycle Cost (Lcc) Terhadap Keputusan Renovasi Atau Pembongkaran (Studi Kasus: Gedung X). *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)* 6, 33–40. <https://doi.org/10.25105/cesd.v6i1.17154>