

Aplikasi Nilai Kondisi *Overpass* dengan Metode BCR pada Evaluasi Ekonomi di Ruas Tol Solo - Ngawi - Kertosono KM 503+900 - KM 645+400

K. Utami¹, A. Triwiyono^{1*}, A. Aminullah¹

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: andreas.triwiyono@ugm.ac.id

INTISARI

Indonesia memiliki pedoman *Interurban Bridge Management System* (IBMS) 1993 sebagai sistem informasi jembatan untuk pengelolaan aset jembatan. Pemeliharaan jembatan di ruas jalan tol diperlukan perencanaan yang baik. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan prioritas penanganan jembatan berdasarkan evaluasi ekonomi berdasarkan *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR) dari pedoman IBMS 1993. Evaluasi ekonomi diharapkan menjadi masukan untuk instansi terkait sehingga dapat memaksimalkan dana alokasi yang tersedia. Penilaian kondisi dilakukan secara visual terhadap 4 jembatan yang berada di ruas jalan Tol Solo - Ngawi - Kertosono berdasarkan metode *Bridge Condition Rating* (BCR) NYSDOT. Metode BCR dipilih karena analisisnya mempertimbangkan bobot per elemen, yang mana metode ini belum diterapkan di Indonesia. *Bridge Management System* (BMS) di Indonesia menganut sistem hirarki dengan level 1 - level 5, sedangkan metode BCR memfokuskan pada elemen utama jembatan (level 3). Setiap elemen dikalikan faktor bobot per komponen, kemudian dibagi jumlah faktor bobot untuk menghasilkan BCR yang merepresentasikan kondisi jembatan. Hasil nilai kondisi untuk keempat *overpass* dalam kondisi baik hingga sangat baik. Selanjutnya, analisis ekonomi terhadap nilai kondisi *overpass* menghasilkan nilai NPV positif dan nilai IRR positif >15%, sehingga jembatan tersebut dapat dikatakan ekonomis/layak dilakukan penanganan. Dalam analisis penelitian didapatkan hasil bahwa *Overpass* Gempol paling ekonomis di antara ketiga jembatan lainnya, sehingga direkomendasikan menjadi prioritas penanganan *overpass* di ruas jalan tersebut.

Kata kunci: BCR, Evaluasi Ekonomi, Jalan Tol, *Overpass*.

1 PENDAHULUAN

Jembatan merupakan bagian penting dari sistem jaringan jalan yang menghubungkan daerah-daerah tertentu (Sumargo, & Ramdhani, A. L., 2020). Sebagai infrastruktur pendukung pertumbuhan ekonomi, jalan dan jembatan harus selalu dalam kondisi aman untuk menopang kegiatan ekonomi. Jenis pemeliharaan jembatan ditentukan berdasarkan hasil inspeksi visual jembatan yang menghasilkan nilai kondisi jembatan (Sumargo, & Nurmansyah, R. K., 2021). Indonesia memiliki Sistem Manajemen Jembatan (SMJ) yang dikembangkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga pada tahun 90an (Sub Direktorat Teknik Jembatan, 2010). *Bridge Management System* (BMS) di Indonesia menggunakan sistem hirarki dengan level 1 s/d level 5. Nilai kondisi yang dihasilkan adalah 0 s/d 5 (jembatan dalam kondisi baru - runtuh) (Vaza dkk, 2017). Dalam Penelitian ini dipilih metode BCR karena analisisnya mempertimbangkan bobot elemen yang tidak diterapkan di Indonesia. Metode BCR berfokus pada elemen jembatan (level 3). *Condition rating* yang dihasilkan sebesar 1 s/d 9 (kondisi gagal - komponen tidak diketahui), tetapi yang sering digunakan adalah 1 s/d 7. Selain itu, kebaruan penelitian ini adalah belum ditemukan penelitian sebelumnya yang mengevaluasi ekonomi menggunakan nilai kondisi dari metode BCR.

Prioritas penanganan jembatan ditentukan berdasarkan evaluasi ekonomi. NPV dan IRR sebagai indeks peringkat secara otomatis mengurutkan jembatan yang akan ditangani. Prioritas penanganan jembatan ditentukan melalui perankingan atau urutan IRR pada jembatan yang diteliti. Kriteria program dapat direkomendasikan ketika nilai NPV positif (Hariman dkk, 2007). Direktorat Jenderal Bina Marga dalam buku Pedoman Rencana dan Program IBMS menjelaskan bahwa salah satu langkah dalam menyusun rancangan program adalah melakukan evaluasi ekonomi dengan *output* berupa daftar jembatan yang akan dilakukan program penggantian dan rehabilitasi (Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 1993).

Dari latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi ekonomi *overpass* dari penilaian kondisi dengan metode BCR. Pemeliharaan jembatan membutuhkan dana yang cukup besar, terutama untuk ruas tol di Indonesia. Oleh karena itu, optimalisasi dana dari instansi terkait untuk kebutuhan pemeliharaan jembatan sangat diperlukan. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah metode yang digunakan untuk menilai kondisi jembatan yaitu metode BCR. Penilaian kondisi jembatan dilakukan dengan pengamatan visual yang mengacu pada pedoman *Bridge*

Inspection Manual (2003) dari NYSDOT. Penelitian ini dilakukan pada 4 jembatan layang di ruas jalan Tol Solo - Ngawi - Kertosono. Selanjutnya, evaluasi ekonomi menggunakan Pedoman Rencana dan Program IBMS tahun 1993.

2 METODE PENELITIAN

2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini terdiri dari 4 *overpass* yang terletak di Ruas Tol Solo - Ngawi - Kertosono KM 503+900 - KM 645+400, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Objek penelitian (PT. Jasamarga)

Nama <i>overpass</i>	Lebar (m)	Panjang (m)	Bentang	Lokasi
Simpang Susun Ngemplak/IC Solo	10.06	120	2	KM 503+900
Dadapan	4.75	40	1	KM 508+500
Jeruksawit 2	9.71	50.66	2	KM 510+977
Gempol	10	84.80	4	KM 645+400

Penilaian kondisi jembatan pada penelitian ini didasarkan pada metode BCR dari NYSDOT. Data *overpass* yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Survei *detail* pada keempat *overpass* dilakukan pada bulan Oktober 2021 dan Oktober 2022, sehingga data sekunder ini masih tergolong baru. Survei *detail* dilakukan setiap lima tahun sekali (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2022). Setelah mendapatkan nilai kondisi dengan metode BCR, analisis ekonomi dilakukan dengan metode IBMS 1993 yang memiliki dua parameter yaitu *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR).

2.2 Bridge Condition Rating (BCR)

BCR adalah indeks kondisi jembatan yang diadopsi oleh *New York State Department of Transportation* (NYSDOT) dalam *Bridge Management and Inventory Manual*. Penilaian kondisi jembatan secara keseluruhan dihitung dengan Persamaan (1).

$$BCR = \frac{\sum (Component Rating \times Weight)}{\sum Weightings} \quad (1)$$

dengan,

BCR : Indeks kondisi jembatan
 Component Rating : Rasio komponen yang merupakan kondisi tiap jembatan
 Weight : Bobot komponen

Berdasarkan NYSDOT penilaian kondisi jembatan ada 9 tingkatan yaitu dari 1 sampai 9, namun yang sering diberikan hanya dari 1 sampai 7 karena nilai 9 adalah kondisi komponen tidak diketahui (tidak terlihat), seperti pondasi jembatan dan tiang-tiang yang tertanam, sedangkan nilai 8 adalah bila kondisi jembatan tidak mempunyai komponen yang ditinjau (NYSDOT *Division of Bridges*, 2003). Penilaian secara umum dapat dibedakan sebagai berikut:

- Nilai 1 adalah penurunan kondisi dalam keadaan gagal, terjadi kerusakan penurunan kondisi secara keseluruhan.
- Nilai 3 adalah jembatan tidak dapat berfungsi seperti desain yang direncanakan, terjadi kerusakan penurunan kondisi serius.
- Nilai 5 adalah terjadi kerusakan (penurunan kondisi) minor.
- Nilai 7 adalah kondisi baru, tidak terjadi penurunan kondisi
- Sedangkan nilai 2, 4 dan 6 adalah nilai antara nilai-nilai kondisi diatas. Pengelompokan *Condition Rating* (CR) dapat dilihat pada Tabel 2, dan pembobotan komponen jembatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. *Rating kondisi overpass (Bridge and Tunnels Annual Condition Report, NYSDOT 2003)*

BCR	Kondisi	Tipe penanganan
1,000 - 3,000	Buruk	Penggantian
3,001 - 5,000	Sedang	Rehabilitasi
5,001 - 6,000	Baik	Pemeliharaan rutin dan berkala
6,001 - 7,000	Sangat baik	Pemeliharaan rutin dan berkala

Tabel 3. Bobot komponen *overpass* (*Bridge and Tunnels Annual Condition Report*, NYSDOT 2004)

No	Komponen jembatan	Bobot
1	Gelagar utama	10
2	Abutmen	8
3	Pilar jembatan	8
4	Dek	8
5	Dudukan jembatan	6
6	Tumpuan	6
7	Dinding sayap	5
8	Dinding belakang	5
9	Gelagar sekunder	5
10	Join	4
11	Permukaan perkerasan	4
12	Trotoar	2
13	Kerb	1

2.3 Evaluasi Ekonomi

NPV dan IRR digunakan sebagai indeks peringkat untuk menentukan prioritas penanganan jembatan berdasarkan nilai ekonominya. Jembatan yang telah dievaluasi secara ekonomi secara otomatis diurutkan berdasarkan NPV masing-masing untuk program penggantian dan IRR untuk program rehabilitasi (Hariman dkk, 2007). Kriteria program yang dapat direkomendasikan adalah nilai NPV yang positif. Dalam *IBMS Plan and Program Guide* (1993) (Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 1993), perhitungan kelayakan ekonomi telah diatur dengan menggunakan parameter-parameter di bawah ini:

- a) *Present Value* (PV) adalah nilai saat ini berdasarkan tingkat potongan tertentu untuk nilai di masa yang akan datang, dapat dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$PV = \frac{(FV)}{(1+r)^n} \quad (2)$$

dengan,

- FV : Nilai pada tahun ke n
 n : Jumlah tahun dihitung dari sekarang
 r : Tingkat potongan per tahun

- b) *Discount Rate* (DR) adalah biaya peluang ekonomi dari modal, yaitu tingkat penarikan terbaik yang dapat dihasilkan jika kita menggunakan dana dengan cara/alternatif tertentu. Agar pekerjaan jembatan layak secara ekonomi, maka tingkat pengembalian yang ditimbulkan harus tidak lebih kecil dari tingkat pengembalian yang dihasilkan oleh alternatif tersebut. Tingkat potongan yang digunakan dalam analisis jembatan berdasarkan Panduan Rencana dan Program IBMS (1993) adalah 6% (Tahun 2023).
- c) Biaya adalah biaya pemilik dan biaya pengguna yang dikeluarkan untuk pekerjaan jembatan.
- d) Keuntungan adalah penghematan biaya yang dapat dihasilkan jika jembatan tidak ditangani atau jembatan dibiarkan memburuk hingga pekerjaan benar-benar dibutuhkan akibat keruntuhan jembatan atau kondisi yang sangat buruk. Keuntungan meliputi penghematan bagi pengguna jalan, penghematan biaya konstruksi jembatan, dan penghematan keuntungan yang hilang dihitung dalam *Base Case*.
- e) *Net Present Value* (NPV) adalah nilai sekarang dari keuntungan dikurangi nilai sekarang dari total biaya penanganan, dapat dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$NPV = PV(b) - PV(c) \quad (3)$$

dengan,

- $PV(b)$: Keuntungan nilai sekarang
 $PV(c)$: Biaya nilai sekarang

- f) *Internal Rate of Return* (IRR) adalah tingkat potongan harga yang menghasilkan NPV sama dengan nol dalam cash flow. Ini berarti IRR adalah tingkat potongan dimana nilai sekarang dari penghematan biaya sama dengan nilai sekarang dari biaya penanganan. Sebuah proyek dikatakan ekonomis jika IRR yang dihasilkan lebih besar atau sama dengan 6%. IRR dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan pada Persamaan (4).

$$IRR = \left(\left(\frac{PV \text{ benefit}}{PV \text{ cost}} \right)^{\frac{1}{n}} \right) - 1 \quad (4)$$

dengan,

PV benefit : Keuntungan nilai sekarang
PV cost : Biaya nilai sekarang
n : Jumlah tahun dihitung dari sekarang

3 HASIL PENELITIAN

3.1 Penilaian Kondisi Jembatan

Penelitian dilakukan terhadap 4 *overpass* yang berada di ruas jalan Tol Solo - Ngawi - Kertosono. Keempat *overpass* tersebut adalah Simpang Susun Ngemplak/IC Solo, Dadapan, Jeruksawit 2, dan Gempol. Data inventaris jembatan ini dapat dilihat pada Tabel 4. Contoh perhitungan kondisi pada salah satu *overpass* menggunakan metode BCR dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil rekapitulasi dari keempat *overpass* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 4. Data inventaris jembatan (PT. Jasamarga, 2021 dan 2022)

Kode jembatan	OP 15	OP 18	OP 22	OP 02
Nama jembatan	Simpang Susun Ngemplak/IC Solo	Dadapan	Jeruksawit 2	Gempol
Lokasi	7°31'23.14"LS 110°48'5.57"BT	7°30'58.16"LS 110°50'27.32"BT	7°30'53.06"LS 110°51'44.85"BT	7°33'53.95"LS 111°54'49.27"BT
Ruas jalan	JSN	JSN	JSN	JNK
Tahun pembangunan	2012	2015	2015	2016
Jenis layanan	Lalu lintas	Lalu lintas	Lalu lintas	Lalu lintas
Jenis bangunan atas	GTI & <i>cable stayed</i>	GTI	GTI	GPI
Jumlah bentang	2	1	2	4
Panjang bentang	120 m	40 m	50,66 m	84,8 m
Lebar lantai kendaraan	9,26 m	4 m	7,71 m	10 m
Lebar trotoar	0,90 m	0,75 m	2 m	-
Tipe perkerasan	<i>Flexible pavement</i>	<i>Flexible pavement</i>	<i>Flexible pavement</i>	<i>Flexible pavement</i>

*

Tabel 5. Penilaian kondisi *Overpass* Gempol

Komponen jembatan	Bobot	CR	Bobot x CR
Gelagar utama	10	6	60
Abutmen	8	4	32
Pilar jembatan	8	5	40
Dek	8	5	40
Dudukan jembatan	6	6	36
Tumpuan	6	8	48
Dinding sayap	5	5	25
Dinding belakang	5	8	40
Gelagar sekunder	5	5	25
Join	4	5	20
Permukaan perkerasan	4	6	24
Trotoar	2	8	16
Kerb	1	8	8
Bobot total	72		
Bobot total x CR	414		
BCR	5.750		
Kondisi jembatan	Baik		

Table 6. Rekapitulasi hasil penilaian kondisi *overpass*

Nama <i>overpass</i>	BCR	Kondisi
Simpang Susun Ngemplak/IC Solo	5,486	Baik
Dadapan	6,389	Sangat baik
Jeruksawit 2	5,847	Baik
Gempol	5,750	Baik

3.2 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi dilakukan untuk menetapkan prioritas jembatan agar memaksimalkan dana aloksi penanganan. Hasil evaluasi ekonomi terhadap nilai kondisi dari keempat *overpass* menggunakan IBMS 1993 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Evaluasi ekonomi *overpass*

Nama <i>overpass</i>	Simpang Susun/IC Solo	Dadapan	Jeruksawit 2	Gempol
BCR	5,486	6,389	5,847	5,750
Luas lantai	1208,4 m ²	190 m ²	492 m ²	848 m ²
PV(b)	Rp. 34.496.028.567	Rp. 4.530.213.647	Rp. 11.095.141.630	Rp. 24.161.455.056
PV(c)	Rp. 595.936.030	Rp. 204.200.737	Rp. 765.795.440	Rp. 1.786.362.047
NPV	Rp. 33.900.092.536	Rp. 4.326.012.910	Rp. 10.329.346.190	Rp. 22.375.083.009
NPV/m	Rp. 282.500.771	Rp. 108.150.323	Rp. 203.895.503	Rp. 263.857.111
IRR	7,38 %	7,90 %	8,36 %	8,47 %

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 7 bahwa *Overpass* Gempol diperoleh nilai IRR sebesar 8,47 % yang merupakan nilai terbesar diantara ketiganya. Selanjutnya diikuti oleh *Overpass* Jeruksawit 2, *Overpass* Dadapan, dan *Overpass* Simpang Ngemplak/Solo IC yaitu sebesar 8,36 %, 7,90 %, dan 7,38 %. Analisis ekonomi terhadap nilai *rating* kondisi masing-masing jembatan menunjukkan bahwa keempat *overpass* tersebut memiliki nilai NPV positif dan nilai IRR positif > 6 %, sehingga jembatan-jembatan tersebut dapat dikatakan ekonomis untuk ditangani (Aditya, 2015).

Rencana dan program berdasarkan IBMS 1993 dirancang untuk menjamin bahwa pekerjaan jembatan layak secara teknis dan ekonomis. Sebelum dimasukkan ke dalam program, semua jembatan yang diusulkan untuk ditangani dengan sumber pembiayaan apapun harus dievaluasi terlebih dahulu agar jumlah anggaran akurat dan prioritas ditetapkan dengan tepat.

Prioritas penanganan jembatan dilakukan untuk mengatasi keterbatasan anggaran dalam pengelolaan jembatan. Jembatan memiliki prioritas lebih tinggi jika nilai IRR lebih tinggi dibandingkan jembatan dengan nilai IRR lebih rendah. Urutan prioritas jembatan tersebut kemudian dialokasikan ke dalam program indikatif dan dipotong hingga anggaran yang dialokasikan habis (Risang dkk, 2020). Penentuan prioritas akan membantu para pengambil keputusan untuk mengalokasikan dana yang terbatas pada penanganan jembatan yang harus didahulukan (Wilhman dkk, 2020). Prioritas penanganan jembatan dari hasil evaluasi ekonomi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Prioritas penanganan jembatan

Nama <i>overpass</i>	Urutan prioritas
Gempol	1
Jeruksawit 2	2
Dadapan	3
Simpang Susun Ngemplak/IC Solo	4

4 KESIMPULAN

Dalam penelitian ini dilakukan analisis ekonomi yang didasarkan pada hasil penilaian kondisi berdasarkan BCR. Dengan metode BCR digunakan bobot per elemen yang dapat memberikan tingkat akurasi tinggi. Metode ini dapat membantu mengidentifikasi masalah yang spesifik dan memungkinkan melakukan perbaikan yang tepat sasaran, membantu mengoptimalkan pemantauan dan pemeliharaan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keempat jembatan pada ruas jalan Tol Solo - Ngawi - Kertosono berada dalam kondisi baik hingga sangat baik. Analisis ekonomi diharapkan dapat membantu instansi terkait agar memaksimalkan alokasi dana pemeliharaan yang tersedia. Berdasarkan nilai IRR maka urutan prioritas jembatan adalah *Overpass* Gempol, *Overpass* Jeruksawit 2, *Overpass* Dadapan, dan *Overpass* Ngemplak/Solo IC dengan nilai IRR berturut-turut adalah 8,47 %, 8,36 %, 7,90 %, dan 7,38 %. Keempat *overpass* memiliki nilai NPV positif dan nilai IRR positif > 6 %, yang mengindikasikan bahwa jembatan-jembatan tersebut ekonomis dan layak untuk dilakukan penanganan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing tesis, PT. Jasamarga Solo Ngawi, PT. Jasamarga Ngawi Kertosono dan semua pihak yang terlibat, mulai dari survei lapangan hingga analisis data penelitian.

REFERENSI

- Aditya. (2015). “Sistem Informasi Manajemen Jembatan (SIMJ) Berbasis WEB Berdasarkan Evaluasi Ekonomi Sebagai Pendukung Prioritas Penanganan Jembatan (Studi Kasus: 5 Jembatan di Ruas Jalan Nasional Daruba – Daeco – Bere-Bere Provinsi Maluku Utara)”. Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (1993). “Panduan Rencana dan Program IBMS”. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2022). “Pedoman Pemeriksaan Jembatan”. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
- Hariman, F, Hardyatmo, H.C., Triwiyono, A. (2007). “Evaluasi dan program jembatan dengan metode Bridge Management System (BMS): Studi kasus empat jembatan Propinsi D. I. Yogyakarta”. Civil Engineering Forum, Vol 17 No 3 September.
- New York City Department of Transportation Division of Bridges. (2003). “2003 Bridges and Tunnel Annual Condition Report”. New York.
- New York State Department of Transportation. (2004). “Bridges Data Management System”. New York.
- Risang, A., Akhmad, A., Arief, S. (2020). “Penerapan metode Life Cycle Cost dalam perhitungan evaluasi ekonomi jembatan untuk penentuan prioritas penanganan jembatan”. Jurnal Tekno Sains.
- Sub Direktorat Teknik Jembatan. (2010). Panduan Penanganan Preservasi Jembatan. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
- Sumargo, & Nurmansyah, R. K. (2021). “Analysis of Condition Value and Remaining Life of Idano Mezawa Bridge, Nias District, North Sumatera”. 2nd International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2021), 1–7.
- Sumargo, & Ramdhani, A. L. (2020). “Comparison of Condition Rating and Bridge Remaining Life based on Bridge Management System and Bridge Condition Ratio”. International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2020), 191–196.
- Vaza, H., Sastrawiria, R. P., Halim, H. A., Septinurriandiani. (2017). “Identifikasi Kerusakan & Penentuan Nilai Kondisi Jembatan”. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
- Wilhman, H., Mochammad, A., Muhammad, I. (2020). “Penilaian Kondisi Jembatan Menggunakan Bridge Management System (BMS) dan Bridge Condition Rating (BCR)”. Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan 3(1), 443-451.