

Penilaian Kondisi Jembatan menggunakan BMS, BCR dan AHP untuk Menentukan Rekomendasi Penanganan (Studi Kasus : Penilaian Kondisi Jembatan Rangka Baja Tulung, Yogyakarta)

Rakhma Ratna Dewi¹, Andreas Triwiyono^{1*}, Henricus Priyosulistyo¹

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

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

INTISARI

Jembatan perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala untuk menjaga kondisinya agar tetap berfungsi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan penilaian kondisi pada sebuah jembatan Rangka baja dengan menggunakan beberapa metode untuk menentukan rekomendasi penanganan dan memprediksi sisa umur layannya. Dalam penilaian kondisi jembatan digunakan tiga metode pemeriksaan jembatan yaitu metode *Bridge Management System* (BMS) yang berlaku di Indonesia dan *Bridge Condition Rating* (BCR) yang digunakan oleh *New York State of Departement Transportation* (NYSDOT) di Amerika. Selain itu, metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk penilaian kondisi komponen jembatan yang mengacu pada BCR. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kondisi jembatan Tulung berdasarkan metode BMS, BCR dan AHP berturut-turut sebesar 3 dari 5 (Rusak berat); 4,583 dari 7 (Sedang/fair) dan 4,293 dari 7 (Sedang/fair) dengan rekomendasi penanganan sama untuk ketiga metode yaitu rehabilitasi jembatan. Prediksi umur sisa layan jembatan Tulung berdasarkan metode BMS dan BCR adalah 9 tahun dan 19 tahun. Metode AHP menghasilkan kondisi yang sama dengan BCR dengan nilai diantara 3,001 – 4,999 yang masuk dalam kategori (Sedang/fair). Prioritas penanganan dengan metode BMS, BCR dan AHP menunjukkan bahwa lantai jembatan harus segera dilakukan perbaikan.

Kata kunci: *Bridge Management System* (BMS), *New York State Departement of Transportation* (NYSDOT), *Bridge Condition Rating* (BCR), *Analytical Hierarchy Process* (AHP), Nilai Kondisi (NK)

1 PENDAHULUAN

Jembatan merupakan infrastruktur salah satu faktor penggerak ekonomi dalam menunjang kelancaran barang dan jasa dari satu daerah ke daerah lainnya. Seiring dengan berjalannya waktu jembatan akan mengalami penurunan kinerja akibat dari faktor lalu lintas dan bertambahnya umur jembatan. Jembatan direncanakan dengan masa umur 50 tahun (PUPR, 2015). Selama masa umur jembatan perlu dilakukan evaluasi pemeriksaan secara berkala agar mencapai umur rencana atau bahkan lebih.

Bridge Management System (BMS) merupakan metode pemeriksaan jembatan secara visual yang dikembangkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum pada tahun 1993. Penentuan penanganan jembatan pada metode BMS mengacu pada Nilai Kondisi (NK). Selain metode BMS, metode lain yang dapat digunakan sebagai penilaian kondisi jembatan, yang digunakan oleh *New York State Departement of Transportation* (NYSDOT) yaitu *Bridge Condition Rating* (BCR). Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk membantu mendapatkan nilai kondisi jembatan terhadap kerusakan yang terjadi. Metode AHP yang digunakan adalah matriks “perbandingan berpasangan” untuk mengetahui seberapa penting antara dua komponen dengan mempertimbangkan kriteria keamanan dan kenyamanan dalam mendapatkan bobot komponen AHP.

Harywijaya, dkk (2020) melakukan penelitian dengan membandingkan hasil dari metode BMS dan BCR pada 4 jembatan yang ada pada wilayah PPK-01 Aceh dengan pemeriksaan pengamatan secara visual. Hasil dari penelitian ini didapatkan usulan penanganan yang sama berupa pemeliharaan rutin dan berkala pada keempat jembatan. Pemeriksaan dan penilaian kondisi jembatan dengan menggunakan metode BCR dapat diterapkan pada saat pemeriksaan kondisi jembatan karena menghasilkan rekomendasi penanganan yang sama dengan BMS. Mungkasa (2008) melakukan penelitian dengan membandingkan hasil dari metode BCR dan AHP pada 3 jembatan yang ada di Kota Yogyakarta. Penelitian ini menghasilkan nilai kondisi dari metode BCR dan AHP yang hampir mirip dengan selisih dari ketiga jembatan 0,106; 0,052 dan 0,008. Dari hasil selisih tersebut, bobot komponen jembatan BCR dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan metode AHP.

Penelitian ini bertujuan untuk menilai kondisi kerusakan jembatan yang terjadi pada Jembatan Rangka Baja Tulung yang dibangun pada tahun 1992 dengan bentang jembatan 67 m. Untuk lantai lalu lintas jembatan ini digunakan pelat

beton bertulang. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu metode BMS, BCR dan AHP. Dalam penelitian ini diharapkan akan dihasilkan perbandingan Nilai Kondisi (NK) dari ketiga metode di atas dan prediksi sisa umur layan jembatan sesuai dengan tingkat kerusakan yang terjadi. Penggunaan ketiga metode ini diharapkan dapat membantu dalam pengambilan keputusan penanganan terhadap jembatan Tulung.

2 METODE

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

- Pengamatan visual dilapangan berdasarkan pedoman BMS dan BCR.
- Perancangan dan Penyebaran kuisisioner kepada tenaga ahli jembatan.
- Analisis nilai kondisi kerusakan jembatan dengan menggunakan penilaian kondisi metode BMS dan BCR
- Analisis bobot komponen AHP menggunakan 4 variabel yang diuji dengan kriteria keamanan dan kenyamanan yang mengacu pada bobot komponen BCR.
- Menghitung prediksi sisa umur layan jembatan dengan metode BMS dan BCR.
- Melakukan perbandingan nilai kondisi dan sisa umur layan dari ketiga metode beserta usulan penanganannya.

2.2 Pelaksanaan Penelitian

Dalam penelitian ini akan digunakan dua data yaitu data primer yang didapatkan dari survei lokasi penelitian berupa data pemeriksaan visual kondisi jembatan dengan metode BMS, BCR, data kuisisioner dan data wawancara yang didapatkan dari para Tenaga Ahli yang sudah berkompeten pada infrastruktur jembatan. Kuisisioner akan dibagikan kepada 4 Responden Tenaga Ahli Jembatan dan Wawancara akan dilakukan kepada 1 narasumber yang digunakan sebagai *cross check* data dari responden. Data sekunder yang berupa *As-Built Drawing* dan data administrasi jembatan Tulung yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Sleman.

2.3 Metode Analisis

2.3.1 Bridge Management System (BMS)

Pemeriksaan BMS dilakukan dengan menilai kondisi jembatan dengan rinci dari setiap elemen jembatan, selain itu akan dihubungkan terhadap kerusakan yang terlihat secara visual (Apriani, dkk., 2018). Menurut Harywijaya, dkk (2020) pada pemeriksaan dan penilaian kondisi elemen jembatan dibagi menjadi 5 (lima) level, yang terbagi sesuai dengan kode dan evaluasi elemen kerusakannya. Penilaian tingkat kerusakan elemen jembatan didasarkan pada jenis struktur, kerusakan, kuantitas, fungsi dan pengaruhnya terhadap bagian lainnya. Nilai kondisi dari tiap elemen akan dijumlahkan dan akan didapatkan nilai kondisi secara keseluruhan antara nilai 0 sampai dengan nilai 5. Nilai 0 merupakan nilai kondisi baik sedangkan nilai 5 merupakan nilai kondisi terburuk. Nilai tersebut dapat dijadikan patokan untuk tahap penyelidikan lebih lanjut (Setiawan dan Sumargo, 2020). Berdasarkan BMS (1993) kriteria skrining teknis dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kriteria skrining teknis (BMS, 1993).

Parameter	Nilai	Kategori	Penanganan Indikatif
Kondisi	0 – 2	Baik s/d Rusak ringan	Pemeliharaan rutin/berkala
	3	Rusak berat	Rehabilitasi
	4 - 5	Kritis atau runtuh	Perkuatan/Penggantian

2.3.2 Bridge Condition Rating (BCR)

BCR merupakan metode penilaian yang digunakan untuk mengukur kondisi jembatan secara detail dan objektif, yang digunakan oleh *New York State Departement of Transportation (NYSDOT)* (*Bridge Inventory Manual*, 2004). BCR dapat digunakan untuk memperoleh hasil yang akurat sehingga dapat memberikan rekomendasi tindakan yang tepat pada pemeliharaan jembatan (Sumargo dan Ramdhani, 2020). Dalam metode BCR digunakan 13 komponen bobot elemen untuk mendapatkan nilai kondisi jembatan. Penilaian kondisi dimulai dari angka 1 yang merupakan kondisi jembatan dalam keadaan gagal dan sampai dengan angka 7 yang merupakan nilai kondisi jembatan dalam keadaan sangat baik (NYSDOT, 2003). Sistem penilaian BCR yang didapatkan dari kondisi tiap komponen jembatan akan dikalikan dengan bobot komponen itu sendiri dan dari hasil perkalian tersebut dibagi dengan jumlah bobot total seperti Persamaan (1).

$$Bridge\ rating\ (BCR) = \frac{\sum Component\ rating\ x\ Weight}{\sum Weights} \tag{1}$$

dimana,

BCR : *condition rate of bridge component* atau rating kondisi dari elemen jembatan

Weight : *component rating* atau bobot rating komponen

$\sum Weights$: *total of component rating* atau total rating komponen.

Berdasarkan *Bridge Annual Condition Report* dari NYSDOT (2003) gambaran kondisi sesuai dengan nilai kondisi metode BCR dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai kondisi metode BCR (NYSDOT, 2003).

BCR	Gambaran Kondisi	Usulan Penanganan
1,000 – 3,000	Buruk (<i>Poor</i>)	Penggantian
3,001 – 4,999	Sedang (<i>Fair</i>)	Rehabilitasi
5,000 – 6,000	Baik (<i>Good</i>)	Pemeliharaan rutin dan berkala
6,001 – 7,000	Sangat Baik (<i>Very Good</i>)	Pemeliharaan rutin dan berkala

2.3.3 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Menurut Saaty (1980) menjelaskan metode AHP merupakan metode yang digunakan dalam mengambil keputusan dari berbagai masalah multi kriteria. Penggunaan metode ini sangat dibutuhkan struktur hierarki yang digunakan sebagai kriteria perbandingan berpasangan sederhana dalam proses pengolahan data. Formulasi matematis dalam metode AHP dilakukan dengan menggunakan sebuah matriks. Perbandingan berpasangan dimulai dari tingkatan hierarki paling tinggi dimana pada suatu kriteria digunakan sebagai dasar pembuatan perbandingan berpasangan seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Matrik perbandingan berpasangan (Saaty, 1980).

Matriks A	A ₁	A ₂	...	A _n
A ₁	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}
A ₂	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}
...
A _n	a _{n1}	a _{n2}	...	a _{nn}

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penilaian Kondisi berdasarkan BMS

Metode pemeriksaan BMS dilakukan dengan mengamati setiap komponen jembatan. Penilaian dimulai dari level 5 hingga level 1. Penetapan nilai kondisi mengikuti pedoman pemeriksaan jembatan tahun 2022. Penilaian berdasarkan nilai Struktur (S), Kerusakan (R), Kuantitas (K), Fungsi (F) dan Pengaruh (P). Pada Tabel 3.1 diperlihatkan hasil nilai kondisi pada level 3 yang akan digunakan untuk menghitung nilai kondisi level 1. Contoh kerusakan yang terjadi pada jembatan Tulung dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Tabel 3.1 Nilai kondisi elemen level 3 pada jembatan tulung.

LEVEL 3		Nilai Kondisi					
Kode	Elemen	S	R	K	F	P	NK
3.210	Aliran Sungai	0	1	1	0	0	2
3.220	Bangunan Pengaman	0	1	1	0	0	2
3.320	Pilar	0	1	1	0	0	2
3.410	Gelagar	0	1	1	0	0	2
3.420	Jembatan Pelat	0	1	1	0	1	3
3.450	Rangka	0	1	1	0	0	2
3.500	Sistem Lantai	0	1	0	0	0	1
3.600	Sambungan	0	1	0	0	1	2
3.610	Perletakan	0	1	0	0	0	1
3.620	Pengaman Pengguna Jalan	0	1	1	0	0	2

*nilai kondisi/*component rating* ditetapkan berdasarkan pada hasil pengamatan lapangan



Gambar 3.1 (A) karat pada sambungan baut, (B) *spalling* pada lantai jembatan.

Nilai kondisi pada level 3 diolah lebih lanjut untuk mendapatkan penilaian kondisi pada level 2 dan level 1. Pada level 2 mencakup elemen level 3 yang meliputi elemen aliran sungai, elemen bangunan bawah, dan elemen bangunan atas yang diperlihatkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rekapitulasi nilai kondisi elemen level 2 pada jembatan tulung.

LEVEL 2		Nilai Kondisi
Kode	Elemen	(NK)
2.200	Aliran sungai	2
2.300	Bangunan bawah	2
2.400	Bangunan atas	3

*nilai kondisi/*component rating* ditetapkan berdasarkan pada hasil pengamatan lapangan

Berdasarkan analisis nilai kondisi pada level 3 dan level 2, maka nilai kondisi jembatan Tulung secara keseluruhan sebesar 3 dengan rekomendasi penanganan berupa Rehabilitasi jembatan.

3.2 Hasil Penilaian Kondisi berdasarkan BCR

Penilaian kondisi dengan metode BCR dapat dilihat pada Tabel 3.3. Nilai kondisi dari hasil pengamatan di lapangan selanjutnya dikalikan dengan bobot BCR yang meliputi 13 komponen jembatan untuk mendapatkan nilai kondisi dengan metode BCR.

Tabel 3.3 Hasil perhitungan nilai kondisi komponen dengan metode BCR pada jembatan tulung.

No	Nama komponen	Bobot (weight)	<i>Component rating</i>	<i>Weight x Component rating</i>
1	Gelagar utama	10	4	40
2	Abutmen	8	5	40
3	Pilar jembatan	8	5	40
4	Deck slab	8	3	24
5	Beton dudukan jembatan	6	5	30
6	Karet dudukan jembatan	6	5	30
7	Dinding sayap	5	5	25
8	Dinding belakang	5	5	25
9	Gelagar sekunder	5	5	25
10	Sambungan	4	4	16
11	Lapis perkerasan	4	5	20
12	Trotoar	2	5	10
13	Kurb	1	5	5
Jumlah		72	61	330

*nilai kondisi/*component rating* ditetapkan berdasarkan pada hasil pengamatan lapangan

Perhitungan nilai kondisi metode BCR mengacu pada Persamaan (1) seperti berikut ini:

$$BCR = \frac{330}{72} = 4,583$$

Berdasarkan NYSDOT (2003), nilai kondisi metode BCR yang diperoleh nilai Sedang (*fair*), yaitu antara 3,001 – 4,999 dengan rekomendasi penanganan berupa Rehabilitasi jembatan.

3.3 Hasil Penilaian Kondisi berdasarkan AHP

Komponen dalam menilai AHP menggunakan komponen yang sama dengan BCR. Bobot komponen jembatan dihitung dengan perbandingan berpasangan berdasarkan metode AHP (Saaty, 1980). Pada Tabel 3.4 diperlihatkan hasil nilai kondisi jembatan Tulung dengan menggunakan bobot AHP. Penilaian kondisi yang digunakan pada AHP merupakan nilai kondisi yang didapatkan dari metode BCR.

Berdasarkan NYSDOT (2003) hasil dari analisa dengan metode AHP didapatkan nilai kondisi jembatan Tulung adalah 4,293. Nilai kondisi metode AHP ini masuk dalam kategori Sedang (*fair*), yaitu antara 3,001 – 4,999 dengan rekomendasi penanganan berupa Rehabilitasi jembatan.

Tabel 3.4 Hasil nilai kondisi AHP pada jembatan tulung.

No	Nama komponen	Nilai kondisi	Indeks Bobot AHP	Rating (NK x Bobot)
1	Gelagar utama	4	0,268	1,070
2	Abutmen	5	0,156	0,782
3	Pilar jembatan	5	0,151	0,756
4	Deck slab	3	0,219	0,656
5	Beton dudukan jembatan	5	0,090	0,450
6	Karet dudukan jembatan	5	0,096	0,482
7	Dinding sayap	5	0,003	0,014
8	Dinding belakang	5	0,003	0,014
9	Gelagar sekunder	5	0,003	0,014
10	Joint	4	0,003	0,011
11	Permukaan perkerasan	5	0,003	0,014
12	Trotoar	5	0,003	0,014
13	Kurb	5	0,003	0,014
Total		61	1,000	4,293

*nilai kondisi/component rating ditetapkan berdasarkan pada hasil pengamatan lapangan

3.4 Prediksi sisa umur layan jembatan

Prediksi sisa umur layan jembatan pada metode BMS mengacu pada persamaan yang digunakan oleh Ditjen Bina Marga (2010). Perhitungan sisa umur layan jembatan Tulung adalah sebagai berikut:

$$NK = 5 - \left\{ \frac{\left(\left(100 - \frac{Y}{N\%} \right) \right)^{\frac{1}{b}}}{a} \right\} \tag{2}$$

$$3 = 5 - \left\{ \frac{\left(\left(100 - \frac{Y}{50\%} \right) \right)^{1.9051}}{4.66} \right\}$$

$$\left\{ \frac{\left(\left(100 - \frac{Y}{50\%} \right) \right)^{0.525}}{4.66} \right\} = 5 - 3$$

$$\left(100 - \frac{Y}{50\%} \right)^{0.525} = 2 \times 4.66^{0.525}$$

$$\left(100 - \frac{Y}{50\%} \right) = \sqrt[0.525]{4.4867}$$

$$100 - 17.44 = \frac{Y}{50\%} = 41,28 = 41 \text{ Tahun}$$

Berdasarkan hasil hitungan metode BMS, Prediksi sisa umur layan jembatan Tulung dengan nilai kondisi 3 adalah 50 – 41 tahun = 9 tahun.

Selanjutnya perhitungan prediksi sisa umur layan jembatan dengan menggunakan metode BCR. Prediksi sisa umur layan menggunakan persamaan yang digunakan oleh NYSDOT (2003). Perhitungannya sebagai berikut:

$$EA = \frac{(100 - 4,66(5 - (\frac{5}{6}(7 - CR))^b))}{100} \times \text{umur rencana} \tag{3}$$

$$EA = \frac{(100 - 4,66(5 - (\frac{5}{6}(7 - 4,583))^{1,9051}))}{100} \times 50$$

$$EA = \frac{(100 - 4,66(5 - 2,014)^{1,9051})}{100} \times 50$$

EA = 31,27 = 31 tahun

Berdasarkan hasil perhitungan metode BCR, Prediksi sisa umur layan jembatan Tulung dengan nilai kondisi 4,583 adalah $50 - 31 = 19$ tahun.

4 KESIMPULAN

Dari hasil pemeriksaan terhadap jembatan Tulung diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai kondisi jembatan Tulung berdasarkan metode BMS, BCR dan AHP masing-masing sebesar 3 dari 5 (Rusak berat); 4,583 dari 7 (Sedang/fair) dan 4,293 dari 7 (Sedang/fair) dengan rekomendasi penanganan Rehabilitasi.
2. Prediksi sisa umur layan jembatan yang di hitung berdasarkan BMS dan BCR jembatan Tulung adalah 9 dan 19 tahun.
3. Penggunaan metode AHP menghasilkan kondisi yang sama dengan BCR dengan nilai diantara 3,001 – 4,999 yang masuk dalam kategori (Sedang/fair)
4. Prioritas penanganan dengan metode BMS, BCR dan AHP menunjukkan bahwa lantai jembatan harus segera dilakukan perbaikan.

REFERENSI

- Apriani, W., Megasari, S.W., dan Putri Loka, W.A. (2018). "Penilaian Kondisi Jembatan Rangka Baja Di Riau Dengan Metode Bridge Management System." *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 4 (2), 103–110.
- Bloomberg, Michael, R., Weinshall, Iris., Bergtraum, Judith, E. (2003). *Bridge and Tunnels Annual Condition Report*. New York City Departemen of Transportation Division of Bridge.
- Dirjen Bina Marga. (1993). "Panduan Pemeriksaan Jembatan BMS." Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia – *Australian Internasional Development Assisstance Bereau*.
- Dirjen Bina Marga. (2010). "Panduan Penanganan Preservasi Jembatan." Direktorat Bina Teknik. Jakarta.
- Dirjen Bina Marga. (2022). "Pedoman Pemeriksaan Jembatan No.01/P/BM/2022." Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Jakarta.
- 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 (JARSP)* 3 (1), 80–88.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). "Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan." Jakarta.
- Mungkasa, M.. (2008). "Penilaian Kondisi Jembatan dengan Metode NYSDOT Studi Kasus Tiga Jembatan di Kota Kendari." Magister Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- New York State Departemen of Transportation (NYSDOT). (2004). *Bridge Inspection Manual*. New York.
- Saaty, T., L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill International Book Company. RWS Publications.
- Setiawan, A. dan Sumargo. (2020). "Penilaian Kondisi Visual dan Prediksi Usia Sisa Jembatan Siliti dengan Metode Bridge Management System." *Desember*, 9 (1), 1–8.
- Sumargo, Hakiki, R., dan Ramdhani, R. (2020). "Evaluasi Dan Penanganan Jembatan Di Pulau Nias Provinsi Sumatera Utara Dengan Metode *Bridge Management System*." *Jurnal Teknik Sipil*, 22 (2), 874-878.