

# EVALUASI KONDISI JEMBATAN KERETA API BENTANG TUNGGAL

Agus Nugroho

Teknik Sipil FT UGM , Jln Yacaranda Sekip Unit IV Yogyakarta. Telp: 0274 545193.

Email : agusnu\_groho@yahoo.com

## Abstract

Degradation of railway bridge are influenced by aging, operational load, and environmental condition. Routine inspections on bridge are very important to give the information about existing condition. Limited of maintenance funding is the reason to rank bridge maintenance program or priority. PT KAI uses the Manajemen Perawatan Jembatan (MPJ, 1993) as bridge inspection procedure. The information however is in qualitative manner, which cannot justify the rank, so maintenance program is ineffective. Index condition model is one of alternative to resolve the problem, which can be used to rank the bridge structures or its components. The research carried out show index of 95.18 (very good) for BH (Bangunan Hikmat) 641 and index of 88.38 (very good) for BH 577. However condition of railroads for both of the bridges have index of 39.71 (bad), thus need to be prioritized in maintenance program.

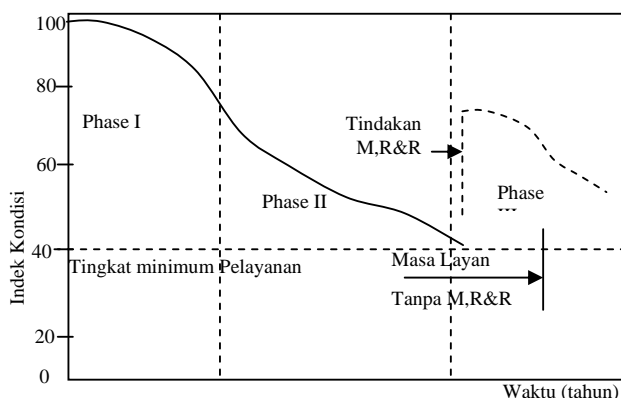
## Keywords:

Manajemen Perawatan Jembatan (MPJ, 1993), index condition model, bridge maintenance priority.

## PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi suatu negara sangat tergantung pada ketersediaan infrastruktur, termasuk jembatan. Jembatan kereta api adalah infrastruktur penting jaringan jalan kereta api. Setiap jembatan akan mengalami penurunan kondisi disebabkan oleh penambahan umur, beban operasional, dan kondisi lingkungan. Penurunan ini menyebabkan menurunnya fungsi jembatan.

Pemeliharaan rutin, rehabilitasi dan penggantian sangat dibutuhkan untuk tetap mempertahankan fungsi dari jembatan, (lihat gambar 1). Namun demikian tindakan pemeliharaan ini perlu mendapat justifikasi dalam penyusunan prioritasnya karena keterbatasan anggaran.



Gambar 1. Masa Layanan Infrastruktur (Hudson, 1997)

PT KAI menggunakan manajemen Perawatan jembatan (1993) untuk melakukan prosedur inspeksi yang menghasilkan nilai kualitatif dan belum dapat memberikan ranking / prioritas tindakan pemeliharaan.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai kondisi jembatan KA sebagai dasar menentukan prioritas tindakan pemeliharaan. Lokasi penelitian jembatan diambil bentang tunggal pada jalur lintas KA Yogya – Solo BH 641 KM 156 + 551 dan BH 577 KM 149 + 477.

Penurunan kondisi sendiri didefinisikan sebagai suatu perubahan yang terjadi secara gradual dan dalam jangka panjang berdasarkan kriteria – kriteria yang ditetapkan. Penurunan kondisi ditandai dengan adanya kerusakan. Menurut Hudson, 1997 penurunan kondisi dapat diakibatkan karena :

- Terbatasnya dana investasi, sehingga infrastruktur yang dihasilkan kualitasnya dibatasi oleh anggaran yang ada.
- Kurang tanggapnya pengelola untuk segera memperbaiki pada saat terjadinya kerusakan sehingga pada saat diperbaiki kerusakan sudah sangat parah sehingga memerlukan biaya yang lebih besar.
- Adanya kecenderungan untuk menunda kegiatan pemeliharaan, mengakibatkan akumulasi kerusakan menjadi semakin parah.

Untuk dapat mengukur kerusakan jembatan digunakan teori indeks kondisi. Indeks kondisi adalah salah satu metode yang digunakan untuk menilai suatu kondisi bangunan.

Metode untuk mengembangkan indeks kondisi dari suatu infrastruktur (Hudson, 1997) dapat dinyatakan sebagai berikut:

**a. Indek Kondisi Gabungan**

Indek kondisi gabungan merupakan cara untuk menggabungkan dua nilai kondisi komponen atau lebih dengan memberikan faktor pembobotan untuk masing – masing nilai kondisi tersebut. Indek ini dirumuskan sebagai:

$$CI = \sum (W_n \times C_n) \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan :

CI = Indek kondisi

W<sub>n</sub> = Faktor bobot komponen ke - n

C<sub>n</sub> = Nilai kondisi komponen ke - n

**b. Konsep Nilai Pengurang**

Metode ini untuk mengetahui nilai kondisi infrastruktur akibat adanya kerusakan yang terjadi. Infrastruktur baru diberi nilai 100. Suatu kerusakan, bergantung pada jenis dan tingkat kerusakan menjadi komponen pengurang dari nilai awal.

Untuk dapat mengaplikasikan kedua rumus tersebut terlebih dulu dibuat sistem hirarki jembatan. Hirarki jembatan adalah tingkatan bagian-bagian dari suatu jembatan. Hirarki jembatan diperlukan untuk sistem keterkaitan antara sub komponen dan komponen-komponen yang ada pada jembatan tersebut yang berguna untuk penilaian kondisi jembatan secara keseluruhan.

Bridge Management System (BMS 1992), membagi hirarki jembatan dalam 3 sistem yaitu aliran sungai, bangunan atas dan bangunan bawah. Pada setiap sistem jembatan terdiri dari beberapa komponen, kategori bahan dan sub komponen.

**METODE**

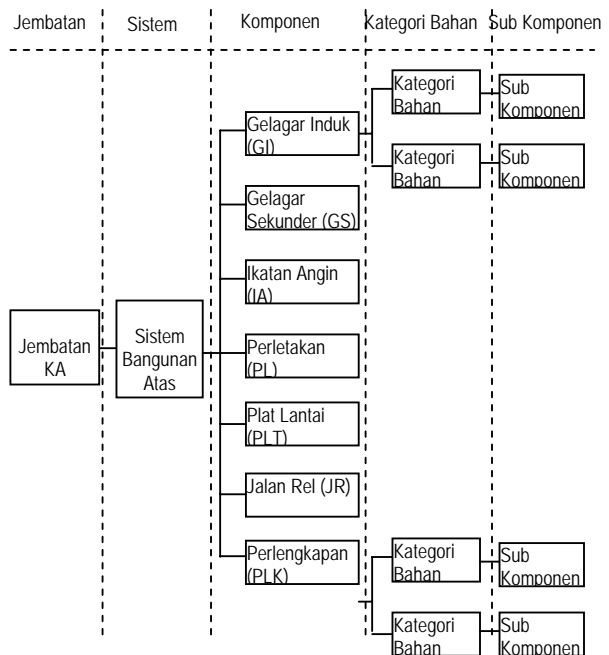
Dalam penelitian ini hirarki sistem bangunan atas jembatan ditunjukkan dalam Gambar 2. Untuk penilaian kondisi pengamatan kerusakan dilakukan secara visual dan untuk tahap awal penelitian penilaian kondisi ditekankan untuk sistem bangunan atas jembatan. Perhitungan kerusakan dengan membandingkan kerusakan (A<sub>1</sub>) terhadap besaran komponen awal (A<sub>0</sub>)

Prosedur pemeriksaan yang dilakukan dapat dinyatakan sebagai berikut:

1. Mengukur dimensi jembatan (panjang, lebar) dan melakukan pencatatan terhadap identitas

jembatan (jenis struktur, No BH, KM, tgl perawatan terakhir)

2. Mengidentifikasi komponen jembatan. dimensi dan jumlah gelagar induk dan sekunder, dimensi dan jumlah ikatan angin, jumlah perletakan panjang jalan rel dan jumlah bantalan.
3. Menetapkan jumlah sampling pada setiap komponen dengan kriteria sebagai berikut:
  - Minimum 10 % dari jumlah total
  - Jika jumlah sampel a > 3, sampel min. 3
  - Jika jumlah sampel a < 3, sampel = a
4. Membuat sketsa *sampling*.
5. Memeriksa dan mengidentifikasi jenis dan tingkat kerusakan.
6. Mendokumentasikan dan mencatatkan hasil pemeriksaan pada lembar formulir.



Gambar 2. Sistem Bangunan Atas Jembatan KA

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Nilai indek kondisi yang dihasilkan, merupakan gambaran kondisi jembatan dan selanjutnya setiap nilai kondisi yang dihasilkan memberikan tindak lanjut kegiatan penanganan. Nilai kondisi serta tindakan penanggulangan dapat dilihat dalam Tabel 1.

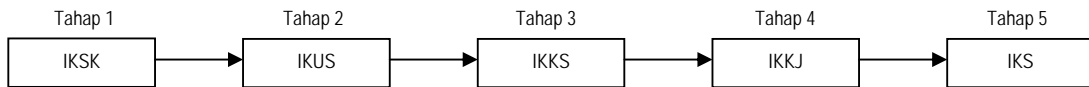
Tabel 1. Diskripsi nilai kondisi dan tindakan penanganan

Nilai	Diskripsi Nilai Kondisi	Tindakan Penanganan
85 -100	Baik Sekali Tidak terlihat adanya Kerusakan	Tindakan penanganan masih belum perlu dilakukan
70 - 84	Baik Terjadi sedikit deteriorasi atau kerusakan kecil	

Tabel 1. Diskripsi nilai kondisi dan tindakan penanganan (lanjutan)

Nilai	Diskripsi Nilai Kondisi	Tindakan Penanganan
55 - 69	<u>Sedang</u> Mulai terjadi deteriorasi atau kerusakan, namun tidak mempengaruhi fungsi struktur jembatan	Perlu dibuat analisis biaya untuk perbaikan atau alternatif perbaikan
40 - 54	<u>Cukup</u> Terjadi deteriorasi atau kerusakan, tetapi struktur jembatan masih berfungsi	
25 - 39	<u>Buruk</u> Telah terjadi deteriorasi atau kerusakan yang cukup kritis pada struktur jembatan sehingga fungsi struktural terganggu	Evaluasi secara detail diperlukan untuk menentukan tindakan rehabilitasi atau rekonstruksi. Disamping itu perlu adanya evaluasi untuk keamanan
10 - 24	<u>Sangat Buruk</u> Deteriorasi atau kerusakan sudah parah dan struktur jembatan sudah tidak dapat berfungsi	
0 -9	<u>Runtuh</u> Pada Komponen utama struktur jembatan terjadi keruntuhan	

Sumber: *Condition Index Assessment, US Army, 1999*



Gambar 3. Sistem Bangunan Atas Jembatan KA

Tahapan penilaian kondisi sistem bangunan atas jembatan KA digambarkan dalam Gambar 3. Setiap tahap (dalam gambar ditulis hanya kependekannya) dapat diuraikan sebagai berikut:

**Tahap 1 : Indek Kondisi Sub Komponen (IKSK)**

$$IKSK_u = C - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} a(T_j, S_j, D_{ij}) F(t, d) \dots\dots\dots [2]$$

dimana:

- IKSK<sub>u</sub> = Indek kondisi sub komponen, ke - u
- C = Konstanta (100)
- a() = Nilai pengurang berdasarkan jenis T<sub>j</sub>, Tingkat S<sub>j</sub>, dan D<sub>ij</sub> besar kerusakan
- p = Jumlah jenis kerusakan pada sub komponen yang ditinjau
- m<sub>i</sub> = Banyaknya tingkat kerusakan untuk tiap jenis kerusakan
- F(t,d) = Faktor koreksi untuk kerusakan berganda yang dikombinasikan dengan banyaknya nilai pengurang (d) yang ditetapkan dan berdasarkan prioritas bahaya kerusakan (t).

**Tahap 2 : Indek Kondisi Unit Sampel (IKUS)**

$$IKUS_v = \frac{W_1(IKSK_1) + W_2(IKSK_2) + \dots + W_u(IKSK_u)}{W_1 + W_2 + \dots + W_u} \dots\dots\dots [3]$$

dimana:

- IKUS<sub>v</sub> = Indek kondisi unit sampel v
- W<sub>u</sub> = Faktor nilai dari tiap sub komponen
- IKSK<sub>u</sub> = Indek kondisi sub komponen
- u = Banyaknya sub komponen yang ada

**Tahap 3 : Indek Kondisi Kelompok Sampel (IKKS)**

$$IKKS_x = \frac{IKUS_1(A_1) + IKUS_2(A_2) + \dots + IKUS_v(A_v)}{A_1 + A_2 + \dots + A_v} \dots\dots\dots [4]$$

dimana:

- IKKS<sub>x</sub> = Indek kondisi kelompok sampel dari x kelompok sampel
- IKUS<sub>v</sub> = Indek kondisi dari v unit sampel yang di periksa
- A<sub>v</sub> = Panjang atau luasan dari tiap unit sampel yang di periksa
- v = Banyaknya unit sampel yang di periksa

**Tahap 4 : Indek Kondisi Komponen Jembatan (IKKJ)**

$$IKKJ_y = \frac{IKKS_1(A_1) + IKKS_2(A_2) + \dots + IKKS_x(A_x)}{A_1 + A_2 + \dots + A_x} \dots\dots\dots [5]$$

dimana:

- IKKJ<sub>y</sub> = Indek kondisi komponen jembatan dari y komponen
- IKKS<sub>x</sub> = Indek kondisi dari tiap kelompok sampel, x
- A<sub>x</sub> = Panjang atau luasan dari tiap kelompok
- x = Banyaknya kelompok

**Tahap 5 : Indek Kondisi Sistem (IKS)**

$$IKS_z = IKKJ_1.BK_1 + IKKJ_2.BK_2 + \dots + IKKJ_y.BK_y \dots\dots\dots [6]$$

dimana:

- IKSZ = Indek kondisi sistem dari z sistem
- IKKJ<sub>y</sub> = Indek kondisi komponen jembatan dari tiap komponen y

$$BK_y = \text{Bobot fungsional sistem ke } - y$$

$$\left[ \sum_{1}^y BK_y = 1 \right]$$

n = Banyaknya komponen yang ada

Faktor koreksi adalah fungsi dari total penjumlahan nilai pengurang tunggal dan banyaknya kombinasi dari jenis tingkat kerusakan yang ditemukan. Persyaratan penting yang harus dipenuhi adalah bahwa jumlah faktor koreksi tiap kombinasi adalah 1. Tabel 2 menunjukkan faktor koreksi untuk kerusakan berganda.

Tabel 2 Faktor koreksi untuk berbagai kombinasi dan jenis kerusakan

Kombinasi Kerusakan	Prioritas Kerusakan	Faktor Koreksi
2	I	0.8-0.7-0.6
	II	0.2-0.3-0.4
3	I	0.5
	II	0.3
	III	0.2
4	I	0.4
	II	0.3
	III	0.2
	IV	0.1
5	I	0.3
	II	0.25
	III	0.2
	IV	0.15
	V	0.1

Sumber: Santoso,2002

Sedangkan faktor nilai diperoleh dari faktor fungsi komponen dan faktor fungsi pemeliharaan dan perbaikan. Masing – masing faktor diasumsikan mempunyai bobot kepentingan sama besar seperti Tabel 3.

$$w = \frac{(FF + FP)}{2} \dots\dots\dots [7]$$

Tabel 3. Faktor nilai fungsi

Faktor	Penjelasan
Faktor Fungsi	<p>pengaruh fungsi sub komponen terhadap fungsi komponennya</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FF = 0.3 pengaruh kecil</li> <li>• FF = 0.6 pengaruh sedang</li> <li>• FF = 0.1 pengaruh besar</li> </ul>
Faktor Pemeliharaan dan Perbaikan	<p>pengaruh tindakan pemeliharaan &amp; perbaikan sub komponen terhadap komponen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FP = 0.3, yaitu bila dilakukan tindakan pemeliharaan &amp; perbaikan, kondisi komponen akan sedikit membaik</li> <li>• FP = 0.6, yaitu bila dilakukan tindakan pemeliharaan dan perbaikan, kondisi</li> </ul>

Tabel 3. Faktor nilai fungsi (lanjutan)

Faktor	Penjelasan
	<p>komponen akan lumayan membaik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FP = 0.1, yaitu apabila dilakukan tindakan pemeliharaan dan perbaikan, kondisi komponen akan sangat membaik</li> </ul>

Sumber: Santoso,2002

Faktor bobot fungsional komponen ditentukan berdasarkan fungsi struktural komponen. Faktor ini diuraikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Bobot Fungsional Komponen

Tipe Bangunan Atas	Bobot Fungsional Komponen (BK)						
	Gelagar Induk	Gelagar Sekunder	Ikatan Angin	Perletakan	Plat Lantai	Jalan Rel	Perleangkapan
Rasuk I	0.65	-	0.09	0.20	-	0.06	-
Rasuk Kembar	0.65	-	0.09	0.20	-	0.06	-

Sumber: Hadi, 2003

Hasil penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.

Hasil perhitungan komponen jembatan Bangunan Hikmat (BH) 577 menunjukkan sistem bangunan atas mempunyai nilai indek kondisi 88,38 (baik sekali). Nilai indek bangunan atas tersusun dari beberapa komponen sehingga nilai indek komponen perlu diketahui. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa seluruh komponen dalam kondisi baik dan sangat baik kecuali pada komponen jalan rel nilai indek 39,71 (buruk), sehingga pada komponen jalan rel perlu mendapat prioritas penangananan.

Pada jembatan Bangunan Hikmat (BH) 641 nilai indek kondisi adalah 95,18 (baik sekali) namun untuk komponen jalan rel nilai indek 39,71 (buruk). Ini berarti jalan rel perlu mendapat prioritas penangananan. Seluruh komponen dalam kondisi baik, kerusakan terbesar ada pada komponen jalan rel.

**SIMPULAN**

Nilai indek kondisi sistem bangunan atas jembatan Bangunan Hikmat (BH) 577 88,38 (baik sekali) dan jembatan Bangunan Hikmat (BH) 641 95,18 (baik sekali). Nilai indek kondisi komponen kedua jembatan juga menunjukkan kondisi baik dan baik sekali kecuali jalan rel. Komponen jalan rel pada jembatan KA, baik pada Bangunan Hikmat (BH) 577 dan Bangunan Hikmat (BH) 641 menunjukkan







kondisi buruk, sehingga perlu ada tindakan evaluasi keamanan dan rehabilitasi.

Penilaian kondisi ini dapat digunakan untuk menyusun prioritas antar jembatan maupun prioritas komponen dalam satu jembatan.

#### **REFERENSI**

Anonim, 1993, "Manajemen Perawatan Jembatan", Bandung (MPJ), PT KAI  
Anonim, 1992, "Panduan Pemeriksaan Jembatan (BMS)", Dirjen Bina Marga PU  
Hadi, 2003, "Pengembangan Metode Penilaian Kondisi Jembatan Kereta Api dengan

Menggunakan Model Indeks Kondisi", Program Magister Teknik Sipil ITB  
Hudson et.al, 1997, "Infrastructure Management", McGraw-Hill, New York  
Santoso, 2002, "Pengembangan Metode Penilaian Kondisi Untuk Prasarana Laut Pelabuhan Perikanan dengan Menggunakan Model Indeks Kondisi", Program Magister Teknik Sipil Universitas Tarumanegara  
Uzarski, 1997, *Using Condition Index to Evaluate local Rail Road Track Networks Infrastruktur Condition Assesment*, ASCE