

# Metode Penilaian Kondisi Jembatan Beton Prategang

Hasanudin

Program Studi Teknik Sipil Universitas Suryakencana  
Jln. Pasir Gede Raya, Cianjur – Indonesia

[hasan.suhu@gmail.com](mailto:hasan.suhu@gmail.com)

Dikirimkan: 12, 2017. Diterima: 12, 2017. Dipublikasikan: 12, 2017.

**Abstract**— Bridges as one of the infrastructure that plays a role in supporting ground transportation, during its service will experience a decrease in conditions caused by the influence of traffic loads, weather effects, environmental influences or other influences. To eliminate the interference required maintenance. A building maintenance including a bridge is preceded by a condition checking activity, and subsequent assessment of conditions. During this examination and assessment of the condition of the bridge refers to the method of inspection and assessment of the conditions set in Bridge Management System (BMS) 1993. There are still weaknesses in the assessment of conditions with Bina Marga BMS caused by the absence of methods of assessing the condition of prestressed concrete bridges. This research is a development of BMS condition assessment, to be used as an assessment of prestressed concrete bridge condition. The object of this research is focused on prestressed precast concrete bridge, namely Kiaracandong Bridge (Bandung) and Cimindi bridge (Cimahi) West Java. The method of assessing the condition undertaken is the examination of damage to the bridge components (physical indicator) through visual inspection, not equipped with destructive and non destructive testing (advanced stage of inspection). Assessment of the conditions developed is the assessment of conditions on the security aspects of the structure and aspects of traffic convenience, where the structure security aspect is the multiplication of the condition of the main part of the building over the bridge. After doing research it can be seen that Cimindi bridge condition value is 3,5-4,25 (need monitoring) and Kiaracandong bridge (very good). The deficiency in the method of assessing the condition in this study is that the assessment of the condition of the bridge is done visually only, so it can not predict the damage to the prestressed concrete components inside. Further examination is required after examination and assessment of this condition is done especially when it is found suspicious things.

**Keywords:** Bridge Management System; Assessment of bridge condition; Prestressed Concrete

**Abstrak**— Jembatan sebagai salah satu infrastruktur yang berperan dalam mendukung transportasi darat, pada masa layannya akan mengalami penurunan kondisi yang diakibatkan oleh pengaruh beban lalu lintas, pengaruh cuaca, pengaruh lingkungan atau pengaruh lainnya. Untuk menghilangkan gangguan tersebut diperlukan pemeliharaan. Suatu pemeliharaan bangunan termasuk jembatan didahului ada kegiatan pemeriksaan kondisi, dan selanjutnya dilakukan penilaian kondisi. Selama ini pemeriksaan dan penilaian kondisi jembatan mengacu pada metode pemeriksaan dan penilaian kondisi yang diatur pada *Bridge Management System* (BMS) 1993. Pada penilaian kondisi dengan BMS Bina Marga, masih terdapat kelemahan yang disebabkan oleh belum adanya metode penilaian kondisi jembatan beton prategang. Penelitian ini merupakan pengaplikasian penilaian kondisi BMS, untuk dapat digunakan sebagai penilaian kondisi jembatan beton prategang. Objek pada penelitian ini difokuskan pada jembatan beton prategang jenis pracetak, yaitu pada Jembatan Kiaracandong (Kota Bandung) dan Jembatan Cimindi (Kota Cimahi) Jawa Barat. Metode penilaian kondisi yang dilakukan adalah pemeriksaan kerusakan-kerusakan pada komponen-komponen jembatan (indikator fisik) melalui pemeriksaan visual, tidak dilengkapi dengan pengujian destruktif dan non destruktif (tahap lanjutan dari pemeriksaan). Penilaian kondisi yang dikembangkan adalah penilaian kondisi terhadap aspek keamanan struktur dan aspek kenyamanan lalu lintas, dimana aspek keamanan struktur merupakan perkalian antara kondisi bagian utama bangunan atas jembatan. Setelah dilakukan penelitian dapat diketahui bahwa nilai kondisi jembatan Cimindi adalah 3,5-4,25 (perlu pemantauan) dan jembatan Kiaracandong (sangat baik). Kekurangan dalam metode penilaian kondisi pada penelitian ini yaitu penilaian kondisi jembatan ini dilakukan secara visual saja, sehingga tidak dapat memprediksi kerusakan-kerusakan pada komponen-komponen beton prategang dibagian dalam. Perlu dilakukan pemeriksaan lebih lanjut setelah pemeriksaan dan penilaian kondisi ini dilakukan terutama bila ditemukan hal-hal yang mencurigakan.

**Kata kunci:** Bridge Management System; Penilaian kondisi jembatan; Beton Prategang

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jembatan adalah suatu bangunan atau lingkungan buatan yang berfungsi untuk menghubungkan jalur transportasi atau lalu lintas yang melintasi suatu rintangan alam atau buatan.

Jembatan sebagai salah satu infrastruktur yang berperan dalam mendukung transportasi darat, pada masa layannya akan mengalami penurunan kondisi yang diakibatkan oleh pengaruh beban lalu lintas, pengaruh cuaca, pengaruh lingkungan atau pengaruh lainnya. Untuk menghilangkan gangguan tersebut diperlukan pemeliharaan. Selama ini pemeriksaan dan penilaian kondisi jembatan mengacu pada metode pemeriksaan dan penilaian kondisi yang diatur pada *Bridge Management System* (BMS) 1993.

Secara umum, suatu jembatan terdiri dari dua komponen utama, yaitu bangunan atas dan bangunan bawah. Masing-masing komponen utama jembatan tersebut tersusun dari beberapa komponen yang terintegrasi menjadi suatu kesatuan sistem jembatan. Masing-masing komponen jembatan memiliki fungsi yang spesifik dalam mendukung fungsi jembatan secara keseluruhan.

Penggunaan beton prategang pada struktur atas jembatan tergolong relatif baru jika dibandingkan dengan penggunaan kayu, beton bertulang atau baja. Hal itu tidak terlepas dari perkembangan kemajuan teknologi bahan. Perkembangan teknologi prategang dimulai sejak Eugene Freyssinet memperkenalkan penggunaan kawat baja berkekuatan tinggi disamping beton mutu tinggi, sebagai beton prategang yang kemudian dipatenkan pada tahun 1928.

Saat ini lebih dari 50% jembatan dibuat dengan beton prategang, baik berupa balok pracetak dengan perletakan sederhana, struktur menerus dengan gelagar profil dan box maupun *cabre stayed*. Di Indonesia, tren penggunaan teknologi prategang lebih banyak didominasi oleh jembatan jalan layang, sedangkan jembatan yang melintasi sungai lebih banyak menggunakan struktur rangka baja atau beton bertulang konvensional. Kondisi tersebut utamanya disebabkan antara lain oleh dua hal berikut ini:

- 1) Teknologi bahan khususnya beton mutu tinggi belum memadai. Sebelum Perang Dunia II, beton yang dibuat di Indonesia hanya bisa mencapai kekuatan sekitar 100 kg/cm<sup>2</sup>. Namun dewasa ini, kekuatan beton yang biasa dipakai di Indonesia sudah berkisar antara 250-350 kg/cm<sup>2</sup> untuk bangunan biasa serta 350-500 kg/cm<sup>2</sup> untuk

jembatan beton prategang bentang panjang dan bangunan tinggi.

- 2) Umumnya jembatan yang dibangun di Indonesia yang banyak berlokasi di Pulau Jawa adalah jembatan berbentuk pendek sampai menengah menggunakan struktur rangka baja dan atau beton bertulang. Namun dengan semakin meningkatnya tuntutan transportasi khususnya di pulau Sumatera dan Kalimantan maupun kawasan timur Indonesia.

Penggunaan struktur beton prategang mempunyai beberapa keuntungan. Berdasarkan [1], disebutkan bahwa komponen struktur prategang mempunyai tinggi lebih kecil dibandingkan beton bertulang untuk kondisi bentang dan beban yang sama. Pada umumnya, tinggi komponen struktur beton prategang berkisar antara 65 sampai 80% dari tinggi komponen struktur beton bertulang. Dengan demikian, komponen struktur prategang membutuhkan lebih sedikit beton, dan sekitar 20 sampai 35% banyaknya tulangan. Akan tetapi dampak yang tidak menguntungkan dari penghematan-penghematan tersebut adalah keharusan untuk membayar harga material bermutu tinggi yang dibutuhkan dalam pemberian prategang. Di samping itu, sistem pemberian prategang juga akan menimbulkan tambahan harga, karena cetakan untuk beton prategang biasanya terdiri atas penampang bersayap dengan beberapa badan yang tipis.

Dasar teori manajemen pemeliharaan adalah proses pengendalian, pengaturan dan kelengkapan lainnya dalam rangka mencapai tujuan, sehingga pengertian manajemen dapat dikatakan sebagai suatu proses kegiatan melalui kegiatan orang lain sesuai dengan kemampuan dan ketrampilan untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan sebelumnya [2]. Ada beberapa definisi yang bisa dirujuk mengenai manajemen pemeliharaan. Sistem manajemen pemeliharaan mempunyai sejumlah tujuan yang biasanya berupa konsep bagi suatu pengendalian produksi di dalam pabrikasi dan menentukan suatu data base untuk merekam data yang terutama sekali mengenai volume dan biaya pekerjaan [3]. Berdasarkan [4], manajemen pemeliharaan pada hakekatnya adalah suatu program yang mengatur untuk semua pemeliharaan dan semua tugas manajemen perencanaan, organisasi dan pengendalian. Dari kedua pemahaman diatas dapat disimpulkan bahwa Manajemen Pemeliharaan adalah suatu proses untuk memanfaatkan sumber daya manusia dan sumber daya lainnya untuk mempertahankan bangunan infrastruktur pada kondisi yang selalu dapat melayani pemakai/pengguna secara aman, nyaman serta dapat mencapai umur rencana.

Secara umum Sistem Manajemen Jembatan (*Bridge Management System/* BMS) yang dikembangkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga pada tahun 1993, berfungsi untuk membuat rencana kegiatan jembatan, pelaksanaan dan pemantauan, berdasarkan kebijaksanaan secara menyeluruh. Adapun yang termasuk dalam BMS adalah kegiatan manajemen jembatan mulai dari pemeriksaan, rencana dan program dan perencanaan teknis sampai pada pelaksanaan dan pemeliharaan [5].

Dari evaluasi yang dilakukan terhadap kegiatan pemeriksaan BMS Bina Marga 1993, secara umum bisa disimpulkan bahwa tidak terdapat manual yang diuraikan secara rinci dan spesifik mengenai jembatan beton prategang. Kalaupun terdapat pernyataan mengenai komponen beton prategang, hanya dimaksudkan agar dalam pemeriksaan jembatan beton prategang untuk komponen “gelagar beton” harus diperiksa secara khusus dan kemungkinan kerusakan yang harus diperiksa adalah sebagai berikut :

- Retak memanjang pada bagian flens kemungkinan disebabkan tidak cukupnya tulangan melintang, sedangkan retak melintang pada balok menunjukkan kehilangan gaya prategang yang cukup berbahaya atau salahnya posisi kabel prategang.
- Beton yang rontok atau retak mungkin terjadi dekat lengkungan pipa kabel akibat tidak tertahannya gaya radial.

Permasalahan yang didapat adalah bahwa detail yang penting yang berhubungan dengan balok beton prategang tidak dapat dinilai secara visual, yaitu posisi dan kondisi kabel, keseragaman dan kepadatan grouting dalam pipa kabel.

Dari uraian-uraian di atas, bisa dikatakan bahwa BMS pada dasarnya hanya diperuntukan bagi jembatan-jembatan konvensional. Dengan demikian maka dalam penelitian ini, pemeriksaan dan penilaian kondisi jembatan beton prategang akan dikembangkan dari manual BMS yang ada. Dalam hal ini khusus yang berkaitan dengan penilaian kondisi jembatan dalam BMS, kegiatan pemeriksaan jembatan merupakan salah satu komponen BMS yang terpenting. Pemeriksaan jembatan dalam BMS bertujuan untuk meyakinkan bahwa jembatan masih berfungsi secara aman dan perlunya diadakan suatu tindakan tertentu guna pemeliharaan dan perbaikan secara berkala.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, rumusan masalah dari penelitian ini adalah: “Bagaimana

aplikasi metode BMS untuk mengetahui kondisi jembatan dengan struktur beton prategang?”

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi jembatan dengan struktur beton prategang, dan mengetahui perbandingan nilai kondisi jembatan untuk masing-masing inspektor.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 *Bridge Management System* (BMS)

Sistem Manajemen (Pemeliharaan) jembatan atau lebih dikenal sebagai *Bridge Management System* (BMS) terdiri dari beberapa subsistem, yaitu:

- Subsistem pemeriksaan jembatan,
- Subsistem penilaian kondisi atau kerusakan jembatan
- Subsistem keputusan pemeliharaan jembatan atau komponen jembatan.

Variabel kondisi jembatan yang terdapat pada standar federasi *Structure Inventory and Appraisal* (SI&A), secara umum diberikan dalam bentuk rating.

#### a. Subsistem Pemeriksaan Jembatan

Tujuan utama dari pemeriksaan jembatan adalah untuk meyakinkan bahwa jembatan masih berfungsi secara aman dan perlunya diadakan suatu tindakan tertentu guna pemeliharaan dan perbaikan secara berkala. Jadi pemeriksaan dan pemeliharaan jembatan mempunyai beberapa tujuan spesifik yaitu :

- 1) Memeriksa keamanan jembatan pada saat layan
- 2) Menjaga terhadap ditutupnya jembatan
- 3) Mencatat kondisi jembatan pada saat tersebut
- 4) Menyediakan data bagi personil perencanaan teknis, konstruksi
- 5) Memeriksa pengaruh dari beban kendaraan dan jumlah kendaraan
- 6) Memantau keadaan jembatan secara jangka panjang
- 7) Menyediakan informasi mengenai dasar daripada pembebanan jembatan

Pemeriksaan jembatan terdiri dari pemeriksaan rutin, pemeriksaan inventarisasi dan pemeriksaan detail. Tujuan utama pemeriksaan rutin dan inventarisasi adalah menetapkan karakteristik-karakteristik penting dari suatu jembatan dan mengetahui kondisi jembatan secara keseluruhan, sehingga dapat dibuat program perencanaan secara umum (pemeliharaan rutin). Sedangkan tujuan pemeriksaan detail adalah untuk menentukan kerusakan tertentu pada

jembatan agar dapat ditentukan jenis perbaikan/pemeriksaan yang diperlukan sesuai dengan jenis kerusakan yang ada. Dari pemeriksaan didapat program khusus untuk :

- 1) Perbaikan jembatan dalam skala kecil
- 2) Perbaikan jembatan skala besar dan rehabilitasi
- 3) Penggantian jembatan
- 4) Peningkatan jembatan (perkuatan/pelebaran) yang dapat dipersiapkan

Pemeriksaan inventarisasi dilakukan terhadap semua jembatan yang ada dalam suatu wilayah. Dalam melakukan pemeriksaan, surveyor biasanya , memeriksa jembatan yang dilaluinya sepanjang perjalanan. Tujuan pemeriksaan inventarisasi adalah :

- 1) Mendata jembatan dan lokasinya sebagai data pada BMS
- 2) Menunjukkan dimensi-dimensi utama jembatan
- 3) Menjelaskan tentang komponen-komponen utama, tipe jembatan, dan tahun pembangunan jembatan
- 4) Memberikan data-data mengenai kemungkinan jalan alternatif apabila jembatan tertutup
- 5) Merinci kondisi lingkungan
- 6) Menyediakan ukuran-ukuran utama dari komponen utama untuk digunakan kemudian hari.

Pemeriksaan rutin jembatan dilakukan tiap tahun. Tujuan pemeriksaan rutin adalah untuk memastikan bahwa tidak akan terjadi masalah besar diantara dua pemeriksaan detail dan permasalahan yang sudah ada tidak berkembang menjadi lebih besar. Pemeriksaan ini dilakukan untuk memperbaharui data jembatan dan digunakan oleh Bina Marga untuk merencanakan program kerja tahun berikutnya.

Pemeriksaan detail jembatan harus dilakukan dengan periode tidak lebih dari lima tahun. Pemeriksaan detail ini dimaksudkan untuk:

- 1) Meneliti dan menilai berbagai macam elemen dari jembatan
- 2) Menentukan jenis kerusakan untuk ditangani oleh pekerjaan pemeliharaan
- 3) Meninjau kembali data dari pemeriksaan inventarisasi dan menilai kembali kondisi dari beberapa kelompok elemen utama jembatan
- 4) Mencatat hal-hal yang berhubungan dengan batas keamanan jembatan secara umum
- 5) Membuat dokumentasi foto dari kerusakan-kerusakan jika diperlukan.

Pemeriksaan jembatan secara khusus diadakan apabila :

- 1) Ada kejadian yang menimpa pada jembatan seperti, terjadi gempa bumi , kecelakaan

kendaraan diatas / sekitar jembatan dan bencana alam lainnya.

- 2) Kerusakan tidak dapat ditentukan secara langsung atau pemeriksa yang melaksanakan pemeriksaan tidak merasa yakin atas hasil temuannya
- 3) Dari pemeriksaan detail ditemukan suatu kondisi kritis yang memerlukan alat khusus atau keahlian khusus untuk mendiagnosa penyebab kerusakan dan memberikan rekomendasi tentang cara mengatasinya
- 4) Ada pergerakan terlihat dan diperlukan alat untuk memantaunya
- 5) Pemeriksaan dalam air akan diperlukan untuk memeriksa pondasi jembatan, jika dengan memeriksa di atas perahu, tidak dapat dilakukan dengan baik
- 6) Survei yang mendetail untuk memeriksa profil jembatan.

#### b. Subsistem Penilaian Kondisi Jembatan

Berdasarkan [6], dinyatakan bahwa penilaian terhadap struktur yang sudah berdiri meliputi aspek-aspek struktur sebagai berikut :

- 1) Stabilitas keseluruhan dan kekakuan: Apakah kerusakan minor pada elemen struktur menyebabkan keruntuhan perlahan-lahan atau tiba-tiba?
- 2) Kapasitas pembebanan: Apakah terdapat batas keamanan yang dapat diterima untuk memikul beban?
- 3) *Serviceability*: Apakah akan terjadi defleksi yang besar, getaran, dan retak yang signifikan selama masa layan struktur?
- 4) Ketahanan terhadap api: Apakah ketahanan struktur terhadap api memungkinkan pengguna struktur untuk menyelamatkan diri dan memberikan akses yang aman kepada pemadam kebakaran?
- 5) *Durability*: Apakah untuk pemeliharaan/perbaikan struktur memerlukan biaya yang besar?

Teknik menilai kondisi bangunan adalah untuk mengukur perilaku mekanisme dan penurunan kondisi fisik guna menentukan tindakan pemeliharaannya. Pengukuran dilakukan berdasarkan indikator-indikator penurunan kondisi yang telah ditetapkan. Indikator penurunan kondisi menurut [3], dapat dikategorikan sebagai berikut :

Rating pelayanan dan pengguna (*service and user rating*)

- Keamanan dan kecukupan (*safety and sufficiency*)
- Kondisi fisik (*physical condition*)
- Kesatuan struktur (*structural integrity*)

Indikator penurunan kondisi untuk jembatan jalan raya adalah dapat dilihat pada Tabel I.

Dalam sistem penilaian jembatan berdasarkan BMS Bina Marga, penilaian untuk setiap level elemen meliputi lima komponen penilaian, yaitu struktur, kerusakan, perkembangan, fungsi, dan pengaruh kerusakan. Tiap komponen penilaian memiliki dua kriteria dan dua nilai kualitatif yang digunakan, yaitu 0 dan 1. Berikut adalah penjelasan kriteria untuk tiap komponen penilaian (2).

TABEL I  
INDIKATOR PENURUNAN KONDISI JEMBATAN

Rating pelayanan dan pengguna	Keamanan dan kecukupan	Kondisi fisik	Kesatuan struktur
Rating penilaian dan inventarisasi untuk dek dan komponen jembatan lainnya	Rating untuk keamanan, kapasitas dan kepadatan	Rating berdasarkan jenis kerusakan dan penilaian kondisi jembatan secara keseluruhan	Rating untuk komponen struktur berdasarkan pemeriksaan visual, uji vibrasi dan seismik, uji tidak merusak, rating beban, dan sisa umur layan

Untuk komponen penilaian struktur (S) dan kerusakan (R), dalam BMS Bina Marga telah ditetapkan kriteria kuantitatif kerusakan tertentu. Kriteria Penilaian untuk Komponen Struktur dan Kerusakan. Sedangkan untuk penilaian komponen perkembangan, fungsi, dan pengaruh, masih tergantung pada subyektivitas inspektur jembatan. Terdapat enam kategori penilaian kondisi elemen dengan indeks 0-5, seperti dapat dilihat pada Tabel II.

Penilaian elemen pada level 5 sampai dengan level 3 diberikan secara manual oleh inspektur yang memeriksa. Sedangkan penilaian level 2 dan level 1 diproses secara komputasi oleh program IBMS. Berikut ini adalah uraian sistem penilaiannya:

- Penilaian pada level 5 merupakan penilaian kerusakan yang terjadi pada tiap individu elemen jembatan
- Penilaian pada level 4 dan 3 merupakan prosentase keseluruhan kerusakan elemen yang sejenis terhadap kondisi kelompok elemen tersebut dalam satu unit. Contoh : satu gelagar memanjang pada satu bentang merupakan elemen level 5 dan semua gelagar memanjang pada suatu bentang jembatan merupakan elemen level 4. Sedangkan elemen level 3 meliputi sistem gelagar pada jembatan baik gelagar memanjang maupun melintang. Begiru juga untuk elemen-elemen lainnya.

- Penilaian level elemen 2 menggunakan pembobotan untuk menghasilkan nilai 5 elemen utama jembatan, yaitu bangunan atas, bangunan bawah, sistem lantai, daerah aliran sungai, dan bangunan pelengkap. Pembobotan yang digunakan hanya diketahui oleh pembuat program dan tidak dicantumkan dalam manual.

Penilaian dari level 2 ke level 1 diambil dari nilai tertinggi antara nilai bangunan atas dan bangunan bawah pada level 2.

TABEL II  
PEDOMAN PEMBERIAN NILAI KONDISI JEMBATAN

Nilai Kondisi	Keterangan
0	Jembatan dalam keadaan baru, tanpa kerusakan cukup jelas. Elemen jembatan berada dalam kondisi baik
1	Kerusakan sangat sedikit, kerusakan dapat diperbaiki melalui pemeliharaan rutin, dan tidak berdampak pada keamanan atau fungsi jembatan. Contoh : scour sedikit, karat pada permukaan, papan kayu yang longgar
2	Kerusakan sangat memerlukan pemantauan atau pemeliharaan pada masa yang akan datang. Contoh : pembusukan sedikit pada struktur kayu, penurunan mutu pada elemen pasangan batu, penumpukan sampah atau tanah di sekitar perletakan. Kesemuanya merupakan tanda-tanda yang membutuhkan penggantian
3	Kerusakan membutuhkan perhatian (kerusakan yang mungkin menjadi serius dalam 12 bulan). Contoh : struktur beton yang sedikit retak, rangka kayu yang membusuk, lubang pada permukaan lantai kendaraan dan pada kepala jembatan, scouring pada jumlah sedang pada pilar atau kepala jembatan, rangka baja berkarat
4	Kondisi kritis (kerusakan serius yang membutuhkan perhatian segera). Contoh : kegagalan rangka, keretakan atau kerontokan lantai beton, pondasi yang terkikis, tulangan terlihat pada kerangka beton, sandaran atau pagar pengaman yang tidak ada
5	Elemen runtuh atau tidak berfungsi lagi. Contoh : bangunan atas yang runtuh, timbunan tanah yang hanyut

## 2.2. Evaluasi BMS Bina Marga 1993

Kegiatan pemeriksaan yang jenis-jenisnya telah diuraikan di bab II sebelumnya, dilakukan dari awal sejak jembatan tersebut masih baru dan berkelanjutan selama umur jembatan. Sangat penting untuk diperhatikan di sini adalah bahwa data yang dikumpulkan harus betul-betul merupakan data yang mutakhir, akurat dan lengkap sehingga hasil yang dikeluarkan oleh BMS betul-betul dapat dipercaya. Adapun sistem penilaian kondisi elemen jembatan berdasarkan [5] dapat diuraikan dalam bentuk pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut :

- 1) Struktur, apakah suatu struktur dalam keadaan berbahaya atau tidak
- 2) Kerusakan, sampai manakah tingkat kerusakan yang telah dicapai karena kerusakan tersebut, parah atau tidak
- 3) Perkembangan (volume), apakah kerusakan tersebut sudah meluas atau belum (50% dari luas, panjang atau volume dari elemen)
- 4) Fungsi, apakah elemen tersebut masih berfungsi
- 5) Pengaruh, apakah elemen yang rusak tersebut mempunyai dampak serius terhadap elemen yang lainnya

Faktor-faktor tersebut di atas umumnya hanya berkaitan dengan aspek keamanan struktur jembatan, sementara diketahui ada aspek kenyamanan lalu-lintas yang perlu juga dipertimbangkan. Beberapa usulan mengenai faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemeriksaan jembatan yang berkaitan dengan aspek kenyamanan lalu-lintas tersebut diuraikan sebagai berikut :

- 1) Expansion Joint, kerusakan yang terjadi seperti expansion joint tidak sama tinggi, terisinya joint, ada bagian yang longgar dan ada bagian yang hilang.
- 2) Lapis permukaan, kerusakan yang terjadi seperti, licin, bergelombang, berlubang, dan retak retak .
- 3) Drainase Lantai, kerusakan yang terjadi seperti, tersumbat, elemen yang hilang.
- 4) Trotoar, kerusakan yang terjadi seperti, permukaan yang licin, berlubang dan ada bagian yang rusak atau hilang.
- 5) Landasan, kerusakan yang terjadi seperti, longgar (landasan baja), sobek dan kerusakan lainnya

#### Pemeriksaan bagian Elemen Jembatan Beton Prategang

Dalam kajian ini, yang dikembangkan adalah penilaian elemen struktur untuk Bangunan atas jembatan Beton prategang yaitu:

##### a. Gelagar Beton

Beton yang rontok perlu perhatian khusus pada bagian perletakan/landasan yang kemungkinan terjadinya kerusakan dikarenakan bagian ini menerima gaya gesek dan juga tekanan besar. Situasi arah/bentuk keretakan pada bagian utama seharusnya digambar, sehingga dapat diteliti kekuatan dan kemampuan gelagar beton. Retak yang arahnya diagonal menunjukkan adanya kegagalan karena gaya lintang, jika retak ini vertikal maka ini menunjukkan bahwa adanya momen yang berlebihan. Ukuran dan tempat retak harus di catat dan usahakan mengetahui dalamnya retak jika retak tersebut besar. Nasihat dari

seorang ahli teknik mungkin diperlukan dalam melihat dan menentukan apakah retak tersebut merupakan retak yang berarti. Selimut beton, biasanya diperiksa dengan cover meter tetapi kadang-kadang terlihat bahwa selimut beton tersebut tidak cukup dengan terlihatnya karat tulangan pada permukaan beton. Bahkan dalam keadaan yang ekstrim tulangan itu sendiri yang terlihat. Jembatan beton prategang harus diperiksa secara khusus dan kemungkinan kerusakan yang harus diperiksa adalah sebagai berikut:

- Retak memanjang pada bagian flens kemungkinan disebabkan tidak cukupnya tulangan melintang; sedangkan retak melintang pada balok menunjukkan kehilangan gaya prategang yang cukup berbahaya atau salahnya posisi kabel prategang
- Beton yang rontok atau retak mungkin terjadi dekat lengkungan pipa kabel akibat tidak tertahannya gaya radial.

Sayangnya, detail yang penting yang berhubungan dengan balok beton prategang tidak dapat dinilai secara visual. Yang dimaksud adalah posisi dan kondisi kabel, keseragaman dan kepadatan grouting dalam pipa kabel. Beberapa faktor ini masih dapat diperiksa dengan mengebor lubang kecil ke dalam beton, tetapi biasanya dengan teknik radiografi untuk mendapatkan data yang lebih baik (pemeriksaan khusus).

##### b. Permukaan Lantai Kendaraan

Permukaan lantai kendaraan jembatan terbuat dari beton, yang memerlukan penggantian lapisan ausnya dan dapat memberikan gaya gesek yang baik. Kerusakan yang biasa terjadi adalah :

- 1) Retak-retak dapat bermacam-macam bentuknya tergantung pada kondisi kegagalannya dan karakteristik bahan permukaan lantai. Bahan/material yang umum dipakai, seperti aspal, merupakan bahan yang termoplastik dan mudah retak. Pada beberapa hal, retak merupakan suatu indikasi dari kegagalan bahan permukaan lantai kendaraan, disamping itu juga merupakan indikasi pergerakan yang berlebihan atau menurunnya mutu bagian bawah permukaan lantai kendaraan. Dengan berjalannya waktu, terkupasnya bahan penutup permukaan pada bagian ujung dari retakan akan terjadi resapan air akan mengakibatkan hilangnya ikatan antara lapisan penutup permukaan dengan lantai.
- 2) Perubahan Bentuk yang berlebihan – hal ini terjadi karena pengaruh dari kombinasi beban lalu-lintas dan cuaca panas. Jika terjadi perubahan

- 3) Bentuk yang berlebihan, hal ini akan mengurangi kenyamanan dan dapat menambah beban dinamis dan getaran akibat bergeraknya kendaraan.
- 4) Terlepasnya ikatan bahan penutup permukaan lantai kendaraan, terjadi disebabkan oleh lemahnya gesekan atau hilangnya lekatan pada bidang permukaan lantai. Hal ini akan mengarah pada deformasi dan kadang-kadang tertumpuknya bahan penutup permukaan akan membentuk satu gundukan.
- 5) Licinnya permukaan lantai kendaraan, disebabkan oleh gesekan roda kendaraan. Semakin lama permukaannya akan bertambah licin dan penggantian lapisan permukaan akan diperlukan untuk mengembalikan tahanan geseknya.

#### c. *Expansion Joint*

Kerusakan utama yang harus diperhatikan adalah :

- 1) Longgar atau bergeraknya/bergesernya expansion joint dan bagian-bagiannya – ini adalah kegagalan yang paling umum dan biasanya disertai dengan bunyi berderik dan terlepasnya baut, komponen dan dudukannya. Awal dari longgarnya expansion joint biasanya dapat dideteksi dengan adanya retak yang terjadi antara expansion joint dengan bidang permukaan didekatnya. Lambat laun beberapa retakan akan terjadi pada permukaan itu sendiri. Lekatan atau ikatan kebawah dari dudukan biasanya dapat diperiksa dengan mendeteksi bunyinya ketika ekspansi joint dipukul dengan palu.
- 2) Kebebasan bergerak, ruang bebas dan alinyemen – harus terdapat cukup ruang agar expansion joint dapat berfungsi dalam temperatus yang ada. Ruang bebas dapat hilang dikarenakan gerakan yang tidak terduga yang terjadi pada pondasi, bangunan bawah, atau bangunan atas. Hal ini dapat terjadi juga akibat pembuatan yang salah. Kerusakan ini dapat menghambat pergerakan expansion joint yang mengakibatkan timbulnya tegangan pada struktur, atau renggang yang berlebihan pada ekspansi joint sehingga membahayakan lalu lintas.
- 3) Pergeseran expansion joint yang berlebihan – bagian-bagian yang dapat bergeser satu sama lain, jika ini terlalu banyak hal tersebut dapat mengakibatkan gaya kejut dari lalulintas dan juga membahayakan untuk kendaraan kecil dan kendaraan roda dua.

- 4) Pembuangan air dari expansion joint yang terbuka – kebanyakan dari ekspansi joint direncanakan dengan celah terbuka dimana air dan kotoran dapat masuk, dalam hal demikian sistem pembuangan air yang baik harus diperiksa.
- 5) Aspal penutup di atas expansion joint – biasanya lapisan penutup ini mudah rusak dan meningkatkan beban kejut.

#### d. Landasan/Perletakan

Bentuk geometris dan kondisi landasan serta dudukan landasan merupakan indikator penting tentang kondisi landasan tersebut dan kadang-kadang juga menunjukkan kondisi umur jembatan. Landasan biasanya terletak pada titik dimana pergerakan dapat terjadi, oleh karena itu gerakan pada landasan biasanya cukup besar dan dapat diukur dengan alat sederhana. Faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi landasan:

- 1) Kondisi landasan dan pelat landasan – bagian-bagian ini harus bebas dari karat dan kotoran yang dapat menghambat pergerakan dan menyebabkan gaya gesek yang berlebihan antara bangunan atas dan bawah. Cukupnya bahan pelumas perlu diperiksa.
- 2) Posisi dan alinyemen landasan, dan meratanya pembebanan di antara landasan-landasan, harus diperiksa untuk memastikan bahwa ada kontak yang merata pada bidang permukaan landasan tersebut dan bagian-bagiannya terpasang dengan baik.
- 3) Landasan harus duduk dengan baik – sehingga ada kebebasan untuk bergerak
- 4) Kekencangan baut angker dan murnya harus diperiksa
- 5) Beberapa karakteristik landasan elastomer memerlukan perhatian khusus. Ini harus diperiksa terhadap pecah, sobek atau retak pada karet pembungkus bagian luarnya, dan untuk pengembangan, serta distorsi yang disebabkan oleh tekanan yang berlebihan atau geseran. Tanda-tanda
- 6) pertama dari kegagalan elastomer biasanya berbentuk retakan horisontal yang terjadi dekat pertemuan antara karet dengan lapisan baja. Landasan juga harus diperiksa untuk gerakan rotasi bangunan atas yang berlebihan yang mana biasanya dapat terlihat dengan perbedaan ketebalan pada bagian depan dan belakang dari landasan.
- 7) Dudukan landasan harus diperiksa untuk tanda-tanda dari pergerakan antara dudukan dengan struktur penyokongnya. Hal ini penting khususnya jika dowel atau baut angker tidak dipergunakan untuk memegang landasan elastomer tsb.

- 8) Dudukan bangunan atas pada landasan dan landasan pada bangunan bawah harus diperiksa secara teliti untuk tanda-tanda retak. Retak biasanya terjadi akibat dari konsentrasi beban pada bagian tepi dan dapat mengurangi daya kerja dari dudukan dan rusaknya struktur.
- 9) Perletakan beton atau perletakan logam tipe engsel freyssinet dapat mengakibatkan terpisahnya beton didalam engsel leher. Hal ini dapat menjadi suatu indikasi dari perputaran berlebihan, disain awal tidak baik, atau material yang cacat.
- 10) Landasan geser sederhana dipergunakan pada kebanyakan jembatan-jembatan lama yang akan menjadi sulit bergerak karena usianya, dan jika bahannya terbuat dari timah hitam atau bitumen landasan ini mungkin tidak berfungsi sama sekali. Dalam hal ini kemungkinan terjadinya retakan atau gompalan pada beton pada daerah dudukan dari landasan.

e. Sandaran dan Perlengkapan

Hal-hal yang perlu untuk dicek terkait sandaran dan perlengkapan yaitu:

- 1) Kerusakan akibat gaya kejut lalu-lintas. Sifat dan tingkat dari kerusakan harus dicatat dan berbagai komponen harus diperiksa secara teliti untuk tanda-tanda kerusakan.
- 2) Korosi – sandaran dan pagar pengaman akan sering menerima semprotan air kotor dari jalan, sehingga berada dalam lingkungan yang sangat korosif. Kondisi dari lapisan pelindung harus diperiksa untuk melihat kemungkinan tanda-tanda kerusakan atau korosi. Perhatian khusus hendaklah diberikan kepada bagian dasar dari tiang penyangga.
- 3) Kekencangan baut – harus diperiksa dengan mempertimbangkan kemungkinan untuk memuai.
- 4) Kualitas las – harus diperiksa untuk menjamin bahwa sambungan tsb cukup baik dalam menyalurkan gaya-gaya.
- 5) Kondisi tanda-tanda pembatas dan utilitas harus diperiksa.

Pemberian Nilai Elemen Jembatan dalam Sistem Penilaian

Penilaian jembatan dimulai dari penilaian elemen-elemen jembatan. Nilai kondisi jembatan diambil berdasarkan kondisi elemen-elemennya. Oleh karena itu peneliti mengusulkan agar dalam menilai suatu jembatan dapat merupakan hasil perkalian pengaruh kekuatan dengan tingkat kerusakan dan penjumlahan dari pengaruh lalu

lintas. Dalam ketentuan FHWA, nilai kondisi jembatan dipegaruhi oleh tiga aspek, yaitu struktur jembatan (55%), lalu-lintas (30%) dan faktor lain-lain (15%). Untuk pembagian pengaruh ini tidak sama dengan FHWA karena faktor lain-lain yang dikaji oleh FHWA sangat luas, karena berkaitan dengan faktor ekonomi sosial dan lainnya. Oleh karena itu peneliti hanya menggunakan kedua faktor di atas sebagai pengaruh tambahan agar kajian tidak meluas.

Penggunaan aspek pengaruh kecenderungan terjadinya kerusakan pada elemen jembatan dan tingkat kesulitan pada saat pemeriksaan di lapangan tersebut dalam penilaian kondisi jembatan agar menunjukkan tingkat kepentingan setiap elemen jembatan. Hal yang mempengaruhi kontribusi elemen jembatan terhadap kondisi jembatan secara keseluruhan adalah keamanan struktur, dan kapasitas/ kenyamanan lalu-lintas. Uraian pembagian nilai yang diusulkan oleh peneliti untuk aspek-aspek tersebut adalah sebagai berikut :

1. Keamanan Struktur (KS), dibagi 3 bagian:
  - a) Kerusakan Struktur Gelagar (K1) – 40% (Nilai Kondisi=2,5). Kerusakan struktur gelagar mengevaluasi apakah kerusakan yang terjadi pada Gelagar termasuk ringan, sedang atau berat.
  - b) Kerusakan Struktur Lantai (K2) – 24% (Nilai Kondisi=1,5). Kerusakan struktur Gelagar mengevaluasi apakah kerusakan yang terjadi pada Gelagar termasuk ringan, sedang atau berat.
  - c) Kerusakan Struktur Diafragma (K3) – 16% (Nilai Kondisi=1). Kerusakan struktur Gelagar mengevaluasi apakah kerusakan yang terjadi pada Gelagar termasuk ringan, sedang atau berat.
2. Kenyamanan Lalu-lintas (KL) – 20% ( Nilai kondisi = 1.25 ), Kenyamanan lalu-lintas mengevaluasi kondisi elemen pelengkap jembatan, approach, dan perkerasan terhadap kenyamanan pengguna jembatan.

Aspek 1 di atas merupakan unsur-unsur penilaian dari aspek struktur jembatan, sedangkan aspek 2 merupakan unsur penilaian aspek lalu-lintas. Oleh karena itu, prosentase penilaian struktur dalam prosedur penilaian jembatan yang dikembangkan oleh peneliti ini adalah 80 %, sedangkan prosentase penilaian lalu-lintas sebesar 20 % keseluruhan adalah (100% ).

Rating Kondisi Jembatan dan Deskripsi Kerusakan Jembatan

Nilai akhir kondisi jembatan merupakan penjumlahan dari nilai akhir aspek keamanan dan

aspek kenyamanan jembatan. Nilai akhir kondisi jembatan adalah :

$$NK = KS + KL$$

$$KS = K1 * K2 * K3$$

Dimana :

NK= Nilai Kondisi

KS = Keamanan struktur

K1 = Kerusakan struktur Gelagar

K2 = Kerusakan struktur Lantai

K3 = Kerusakan struktur Diaprahma

KL = Kenyamanan lalu lintas terhadap pengguna

Urutan / tata cara penilaian dilakukan sebagai berikut :

- 1) Nilai kondisi pada level 4 (elemen individual) diambil dari hasil pengamatan secara visual dari elemen yang bersangkutan.
- 2) Nilai kondisi pada Level 3 (komponen/kumpulan elemen) diambil dari nilai kondisi elemen individual (level 4) yang mempunyai nilai kondisi terendah yang membentuk kumpulan elemen tersebut.
- 3) Nilai kondisi pada level 2 (komponen utama jembatan) diambil dari nilai kondisi kumpulan elemen (level 3) yang mempunyai nilai kondisi terendah yang membentuk komponen utama jembatan.
- 4) Nilai kondisi pada level 1 (jembatan), untuk Keamanan Struktur diambil dari perkalian dari nilai kondisi komponen utama jembatan (gelagar, plat lantai, dan diaprahma) pada (level 2) yang mempunyai nilai kondisi terendah yang membentuk jembatan, di tambah nilai kondisi terendah dari aspek kenyamanan lalu lintas /pengguna.

### III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah studi kasus yang dilakukan oleh peneliti terhadap Jembatan Cimindi di ruas jalan Bandung-Padalarang dan Jembatan Kiaracandong di ruas jalan Ibrahim Adjie (Kiaracandong) di Kota Bandung. Studi kasus yang dilakukan peneliti adalah melakukan penilaian langsung ke lokasi kedua jembatan tersebut.

#### 3.1 Penilaian Kondisi Jembatan

##### 3.1.1 Penilaian Kondisi Jembatan Cimindi

Berdasarkan proses penilaian kondisi Jembatan Cimindi ditemukan beberapa kerusakan sebagai berikut:

Kerusakan pada Gelagar Induk – Kerusakan yang terjadi pada gelagar induk yaitu terkelupasnya plesteran. Kerusakan ini terjadi akibat 2 hal yaitu (1) akibat proses pelaksanaan (pelaksana kurang teliti dan kurang pengawasan); (2) akibat ulah manusia (jembatan dipakai sebagai tempat kegiatan usaha). Hal tersebut menyebabkan

gelagar ujung terjadi kerusakan akibat terbakar, jika dibiarkan akan berakibat fatal.

- a) Kerusakan pada plat lantai – Kerusakan yang terjadi pada penopang plat lantai, penopang plat berfungsi sebagai bekisting pada saat pengecoran plat lantai. Retak yang terjadi keadaannya kering sehingga dipradiksi plat lantai cukup aman dan tidak keropos.
- b) Kerusakan pada lapisan permukaan Perkerasan – Kerusakan yang terjadi Lapisan permukaan perkerasan bergelombang. Kerusakan ini sebenarnya bukan kerusakan struktural namun berpengaruh terhadap plat lantai dengan penambahan gaya kejut pada plat lantai dan berpengaruh terhadap kenyamanan lalu lintas.
- c) Kerusakan pada *expansion joint* – Kerusakan yang terjadi yaitu karet penutup hilang (rusak).
- d) Kerusakan pada drainase – Lubang drainase tersumbat sampah, hal ini mengakibatkan terjadi genangan air hujan pada permukaan dan arus lalu lintas akan terhambat (macet).
- e) Kerusakan pada trotoar – Kerusakan yang terjadi yaitu terlepasnya besi siku pada trotoar, hal ini mengakibatkan berbahaya bagi pejalan kaki.

##### 3.1.2 Penilaian Kondisi Jembatan Kiaracandong

Berdasarkan proses penilaian kondisi Jembatan Kiaracandong ditemukan beberapa kerusakan sebagai berikut:

- a) Kerusakan pada plat lantai bagian bawah. – Kerusakan yang terjadi pada penopang plat lantai. Penopang plat berfungsi sebagai bekisting pada saat pengecoran plat lantai. Retak yang terjadi keadaannya kering sehingga dipradiksi plat lantai cukup aman dan tidak keropos.
- b) Kerusakan pada drainase – Lubang drainase tersumbat sampah, hal ini mengakibatkan terjadi genangan air hujan pada permukaan dan arus lalu lintas akan terhambat (macet).

#### 3.2 Perbandingan Nilai Kondisi Jembatan

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel III diketahui bahwa nilai kondisi untuk bangunan atas Jembatan Cimindi yang terendah yang dilakukan penilaian oleh peneliti adalah 3,5 termasuk kategori kondisi yang membutuhkan pemantauan dengan kriteria sebagai berikut :

- Kestabilan struktur terjamin
- Keselamatan, keamanan dan kenyamanan lalu lintas terjamin
- Kekuatan sudah tidak terjamin, mengarah pada kerusakan yang lebih berat

- Dibutuhkan perbaikan dan pemeliharaan rutin

TABEL III  
PERBANDINGAN NILAI KONDISI TIAP INSPEKTOR

No.	Nama Jembatan	Inspektor I (Peneliti)	Inspektor II (Terlatih)	Inspektor III (Biasa)
		Nilai Kondisi	Nilai Kondisi	Nilai Kondisi
1.	Jembatan Cimindi	3,5	4,25	4,25
2.	Jembatan Kiaracandong	4,25	4,75	4,75

Untuk nilai kondisi bangunan atas Jembatan Kiaracandong adalah  $\geq 4,25$  dari ketiga inspektor, sehingga nilai kondisi jembatan tersebut dikategorikan sangat baik dengan ketentuan sebagai berikut :

- Kestabilan struktur terjamin
- Kekuatan masih dalam batas toleransi
- Keselamatan, keamanan dan kenyamanan lalu lintas terjamin
- Dibutuhkan pemeliharaan rutin

Penilaian kondisi yang dilakukan oleh 3 orang inspektor dengan latar belakang pemahaman yang berbeda ternyata menghasilkan penilaian yang juga berbeda. Berdasarkan hasil penilaian kondisi tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Hasil Penilaian kondisi terdapat perbedaan hal ini dikarenakan tingkat pemahaman yang berbeda bagi setiap orang.
- Perbedaan tidak terlalu jauh, mengingat semua inspektor telah memahami pedoman BMS.

Untuk mengatasi perbedaan pendapat perlu dilakukan sosialisasi, sehingga didapat kesepakatan tentang pemahaman tata cara penilaian kondisi jembatan tersebut. Hasil penelitian hendaknya dituliskan secara jelas dan padat.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa kondisi Jembatan Cimindi memiliki rata-rata nilai kondisi yang lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata nilai kondisi Jembatan Kiaracandong. Penilaian kondisi antar inspektor menghasilkan hasil yang beragam dipengaruhi tingkat pemahaman masing-masing inspektor.

Kekurangan metode BMS Bina Marga 1993 dalam penelitian ini yaitu penilaian kondisi jembatan dilakukan secara visual saja, mengingat banyak komponen-komponen dari beton prategang yang tidak terlihat, sehingga tidak dapat memprediksi kerusakan-kerusakan yang ada di bagian dalam, untuk hal tersebut perlu dilakukan pemeriksaan lebih lanjut setelah pemeriksaan dan

penilaian kondisi ini dilakukan terutama bila ditemukan hal-hal yang mencurigakan.

Sebagai rekomendasi bagi penelitian selanjutnya perlu adanya pengkajian lebih lanjut mengenai pengaruh lalu lintas disiplin lalu lintas dan aktivitas lalu lintas terhadap kondisi jembatan. Metode penilaian pada penelitian ini dikembangkan hanya berdasarkan kondisi fisiknya, yaitu melalui pengamatan kerusakan-kerusakan yang terjadi secara visual. metode penilaian dapat dikembangkan lebih lanjut yang mencakup indikator lainnya, seperti kesatuan struktur dengan pengujian non destructive test (NDT) sosialisasi metode penilaian kondisi jembatan beton prategang kepada para inspektor perlu dilakukan agar persepsi terhadap substansi dan metode penilaian ini dapat konvergen.

#### REFERENSI

- [1] Nawi, Edward, G. "Beton Prategang: Suatu Pendekatan Mendasar" Jilid 1 dan 2, Penerbit Erlangga, Jakarta, 2001.
- [2] Suradinata, Ermaya. 1996. "Manajemen Sumber Daya Manusia". Bandung: CV Ramadhan. 1996
- [3] Hudson, W. R., Ralph Haas and Waheed Uddin. "Infrastructure Management (Design, Construction, Maintenance, Rehabilitation and Renovation)". Tata McGraw – Hill, Inc. New York. 1997
- [4] Grigg, N. "Infrastructure Engineering and Management", John Wiley & Sons.1988
- [5] Bina Marga. "Bridge Management System". 1993
- [6] Beckmann, P. & Robert B. "Structural Aspects of Building Conservation 2nd Edition. Elsevier Ltd. 2004