



017/BM/2011

MANUAL

Konstruksi dan Bangunan

Pemeliharaan Jembatan Pelengkung Baja



DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA



PRAKATA

Salah satu aspek penting untuk menunjang keberhasilan pembinaan dibidang Jembatan adalah dengan tersedianya Norma, Standar, Pedoman dan Manual (NSPM), yang dapat di desiminasikan dan diterapkan di lapangan dengan mudah.

Untuk mengatasi permasalahan di atas, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum telah menyusun Manual Pemeliharaan Jembatan Pelengkung Baja.

Manual ini disusun dengan memperhatikan masukan dari narasumber yang berkompeten dan yang ahli dibidang pekerjaan jembatan, manual ini menjelaskan tentang prinsip umum pemeliharaan jembatan Pelengkung Baja.

Apabila dalam pelaksanaan ditemui adanya kekurangan ataupun terdapat kekeliruan pada manual ini, mohon saran dan kritik dapat disampaikan untuk perbaikan dan penyempurnaan dikemudian hari.

Jakarta, Desember 2011

DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA


Ir. DJOKO MURJANTO, MSc

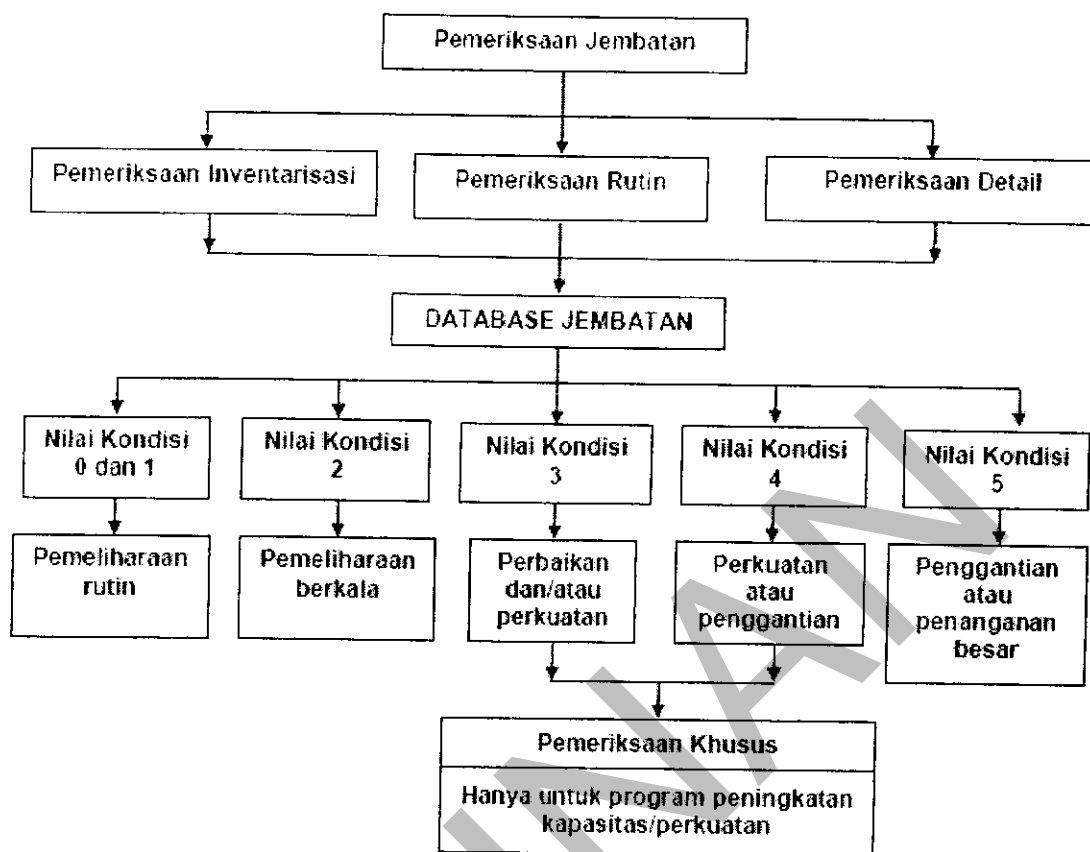
DAFTAR ISI

I.	MANUAL PEMELIHARAAN JEMBATAN PELENGKUNG BAJA	1
II	ACUAN NORMATIF.....	3
III	ISTILAH DAN DEFINISI.....	4
IV	UMUM	9
	4.1 Pemeliharaan Umum.....	9
	4.2. Tujuan	9
	4.3. Ruang Lingkup	10
	4.4. Cara Penggunaan Manual	10
	4.5. Pemakai Manual	10
V	JEMBATAN PELENGKUNG BAJA	11
	5.1 Elemen- Elemen Struktur atas Jembatan Pelengkung Baja.....	14
	5.2 Elemen/ Kepala Jembatan.....	19
	5.3 Pilar.....	19
	5.4 Lack up Devisi.....	19
	5.5 Modular <i>Expansion Joint</i>	20
	5.6 Mechanical Bearing.....	20
VI	SISTEM PENOMORAN ELEMEN DAN KERUSAKAN JEMBATAN	22
	6.1 Sistim Penomoran Elemen Jembatan	22
	6.2 Elemen Struktur Atas Jembatan Jembatan Pelengkung Baja.....	25
	6.3 Sistim Penomoran Kerusakan Jembata	27
	6.4. Evaluasi dan Perkiraan Kondisi Teknis Jembatan	31
VII	PEMERIKSAAN JEMBATAN	33
	7.1 Fasilitas untuk pemeliharaan	33
	7.2 Pemeriksaan Detail Sebelum Jembatan Beroperasi.....	34
	7.3 Pemeriksaan Inventarisasi.....	35
	7.4 Pemeriksaan Rutin.....	35
	7.5. Pemeriksaan Detail.....	39
VIII	PEMELIHARAAN JEMBATAN	45
	8.1 Prinsip Dasar, Tujuan, dan Lingkup Pemeliharaan	45
	8.2 Pemeliharaan Rutin dan Perbaikan Minor	46
	8.3. Pemeliharaan Berkala	48
	8.4 Peralatan Pemeliharaan Jembatan	49
	8.5 Pengujian dan Perkiraan Kondisi Teknis serta Daya Dukung jembatan	52
	8.6 Perawatan dan Pemeliharaan Struktur Bawah	54
	8.7 Perawatan dan Pemeliharaan Pada Struktur Atas Jembatan <i>Suspensi</i>	58

MANUAL PEMELIHARAAN JEMBATAN PELENGKUNG BAJA

Manual ini menjelaskan tentang prinsip umum pemeliharaan Jembatan Pelengkung Baja. Pada modul ini dijelaskan tata cara pemeriksaan jembatan secara visual, yaitu pemeriksaan dan pemeliharaan rutin, pemeriksaan dan pemeliharaan berkala dan pemeriksaan detail/khusus yang digunakan untuk memperoleh data administrasi, data teknis, dan data kondisi jembatan serta metode preservasi secara umum yang penting dan mendasar untuk mempertahankan kondisi jembatan dalam kondisi baik dan mengembalikan kondisi jembatan sesuai kapasitas semula sehingga dapat melayani dengan efektif untuk Jembatan Pelengkung Baja

Pada Gambar 1 disajikan skema kegiatan preservasi jembatan yang merupakan bagian dari sistem manajemen jembatan Indonesia tetapi pada pedoman ini lebih di tekankan untuk pemeliharaan Bentang Panjang



Gambar 1 – Skema kegiatan preservasi dalam sistem manajemen jembatan

1 Acuan normatif

- a. Undang – undang Republik Indonesia Nomor 38 tahun 2004, tentang Jalan;
- b. Peraturan Pemerintah RI Nomor : 34 Tahun 2006, tentang Jalan;
- c. Pedoman Pemeliharaan dan Rehabilitasi, Sistem Manajemen Jembatan tahun 1992.
- d. Pedoman Pemeriksaan Jembatan – Departemen Pekerjaan Umum
- e. Pedoman Preservasi Jembatan – Departemen Pekerjaan Umum

SALINAN

2 Istilah dan definisi

3.1

Jembatan

Struktur yang melintasi sungai, jurang/celah, persimpangan lalu lintas, teluk, selat dan rintangan lainnya

3.2

Komponen jembatan

Kelompok elemen jembatan atau bagian dari sistem struktur utama jembatan

3.3

Bangunan atas

Bagian dari sistem struktur jembatan yang berada di atas perletakan dan memikul langsung beban lalu lintas yang melewati dan mendistribusikannya ke bangunan bawah.

3.4

Bangunan bawah

Bagian dari sistem struktur jembatan yang menerima beban dan berat dari bangunan atas jembatan, dan menyalurkannya ke fondasi

3.5

Open Spandrel Arch

Jembatan pelengkung tipe dek dengan dek jembatan berada diatas busur lengkungan jembatan

3.6

Lengkungan/*the arches /ribs*

Elemen melengkung yang menyerupai busur/setengah lingkaran yang berfungsi sebagai penghubung utama bentang jembatan

3.7

Hanger

Komponen penghubung dek jembatan ke lengkungan/*arches/ribs*

3.8

Lateral bracing bawah dan atas

Komponen diagonal yang menghubungkan bagian dalam dari lengkungan/*arches/ribs*

3.9

Spandrel columns or bents

Komponen vertikal yang menyokong *spandrel girder*

3.10

Spandrel girders

Balok yang membentang memanjang yang menahan pelat lantai jembatan

3.11

Stringer

Komponen yang menghubungkan *spandrel girders* dalam arah transversal.

3.12

Sway bracing

Komponen transversal yang menghubungkan bagian dalam dari lengkungan/*arches/ribs*

3.13

Lantai jembatan

Struktur pelat yang merupakan lantai kendaraan yang langsung menerima beban lalu lintas kendaraan

3.14

Lapis permukaan (lantai jembatan)

Lapisan aspal yang berada di atas lantai jembatan yang berfungsi untuk kenyamanan pengguna jalan

3.15

Perlengkapan jembatan

Bagian jembatan yang bukan merupakan suatu komponen struktur jembatan yang berfungsi sebagai informasi umum, pengatur lalu lintas, kenyamanan dan keamanan pengguna jalan

3.16

Perletakan

Bagian sistem dari bangunan atas jembatan yang mentransfer semua reaksi beban dari bangunan atas jembatan ke bangunan bawah jembatan

3.17

Pondasi

Bagian dari bangunan struktur jembatan yang mentransfer beban dan berat struktur dari bangunan atas, dan bangunan bawah ke tanah di bawahnya

3.18

Sambungan siar muai/ Modular Expansion Joint

Sambungan antara dua bagian struktur jembatan yang didesain untuk mengakomodasi pergerakan akibat suhu, gerakan vertikal, horizontal dan rotasi

3.19

Through Arch

Jembatan pelengkung dengan dek jembatan berada dibawah dari busur pelengkung

3.20

Trotoar

Jalur pejalan kaki yang umumnya sejajar dengan jalan dan lebih tinggi dari permukaan perkerasan jalan untuk menjamin keamanan pejalan kaki

3.21

Lapis Permukaan

Lapisan aspal yang berada di atas lantai jembatan yang berfungsi untuk kenyamanan pengguna jalan

3.22

Expansion Joint

Bagian atas jembatan yang menyatukan segmen-segmen gelagar jembatan

3.23

Lampu Navigasi

Bagian pelengkap jembatan yang berfungsi sebagai alat bantu untuk keperluan navigasi jalur pelayaran

3.24

Power Supply

Bagian pelengkap jembatan yang berfungsi sebagai sumber daya/energi untuk keperluan operasional jembatan

3.25

Lock Up Device

Lock Up device adalah elemen jembatan yang berfungsi untuk memberikan suatu hubungan yang kaku (*rigid link*) antara dek jembatan dengan aabutmen atau pilar jembatan akibat beban sesaat.

3.26

Sistim Proteksi Katodik

Suatu sistim perlindungan korosi yang menggunakan sel elektrokimia untuk mengendalikan korosi dengan mengkonsentrasikan reaksi oksigen pada sel galvanik dan menekan korosi pada katoda dalam sel yang sama. Pada proteksi katodik, logam yang akan dilindungi dijadikan katoda dan reaksi oksidasi terjadi di anoda

3.27

Pemeriksaan Inventaris

Pemeriksaan inventarisasi adalah pengumpulan data dasar administrasi, geometri, material dan data-data tambahan lainnya pada setiap jembatan, termasuk lokasi jembatan, penjang bentang dan jenis konstruksi untuk setiap bentang. Pemeriksaan Inventarisasi dilakukan pada saat awal untuk mendaftarkan setiap jembatan ke dalam database

3.28

Pemeriksaan Rutin

Pemeriksaan yang dilakukan paling tidak setiap tahun sekali yaitu untuk memeriksa apakah pemeliharaan rutin dilaksanakan dengan baik atau tidak dan apakah harus dilaksanakan tindakan darurat atau perbaikan untuk memelihara jembatan supaya tetap dalam kondisi aman dan layak

3.29

Pemeriksaan Mendetail

Pemeriksaan yang dilakukan untuk mengetahui kondisi jembatan dan elemennya guna mempersiapkan strategi penanganan untuk setiap individual jembatan dan membuat urutan prioritas jembatan sesuai dengan jenis penanganannya

3.30

Pemeriksaan Mentail Sebelum Jembatan Beroperasi

Pemeriksaan yang dilakukan untuk mengetahui kondisi jembatan dan elemennya sebelum jembatan beroperasi untuk mendapatkan data awal dari kondisi struktur jembatan (bridge signature)

3.31

Pemeriksaan Khusus

Pemeriksaan yang dilakukan atas usulan pemeriksa jembatan jika data dari hasil pemeriksaan Detail tidak memadai sebagai dasar untuk menentukan kondisi jembatan. Pengujian khusus dilakukan untuk mengamati dan memeriksa jembatan pada kasus darurat dimana ditemukan kerusakan pada struktur jembatan atau jika hasil pemeriksaan pada bagian utama jembatan menunjukkan terjadinya kerusakan pada saat operasi maupun konstruksi.

3.32

Pemeliharaan Rutin

Kegiatan merawat serta memperbaiki kerusakan-kerusakan kecil/ sederhana yang terjadi pada struktur jembatan agar didapat kondisi yang mantap sesuai dengan umur rencana yang dapat diperhitungkan serta mengikuti ketentuan yang berlaku

3.33

Pemeliharaan Berkala

kegiatan penanganan terhadap setiap kerusakan yang diperhitungkan dalam desain agar penurunan kondisi jembatan dapat dikembalikan pada kondisi kemantapan sesuai dengan rencana

3.34

Rehabilitasi atau Perbaikan Besar

kegiatan penanganan besar dan pengembalian kondisi sesuai umur rencana terhadap setiap kerusakan berat atau parah, akibat menurunnya kondisi pada suatu bagian tertentu struktur jembatan.

4. Umum

4.1. Pemeliharaan Jembatan

Pekerjaan pemeliharaan jembatan mencakup jenis-jenis pekerjaan pemeriksaan dan pemeliharaan atau penanganan.

Pemeriksaan Jembatan terdiri atas lima jenis yaitu

- Pemeriksaan Inventaris
- Pemeriksaan Detail Sebelum Jembatan Beroperasi
- Pemeriksaan Rutin
- Pemeriksaan Detail
- Pemeriksaan Khusus

Pemeliharaan Jembatan terdiri atas

- Pemeliharaan rutin
- Pemeliharaan berkala
- Rehabilitasi dan perbaikan besar

Pekerjaan pemeliharaan rutin pada jembatan dibatasi dalam hal pembersihan secara umum dan pembersihan tumbuh-tumbuhan, melancarkan aliran di saluran dan perbaikan kerusakan kecil.

Pemeliharaan berkala mencakup pekerjaan pemeliharaan secara berkala seperti pengecatan, perbaikan lapisan lantai jembatan dan sebagainya serta perbaikan-perbaikan kecil pada jembatan, bangunan pengaman dan perkuatan struktur jembatan.

Rehabilitasi dan perbaikan besar yang berarti adalah pekerjaan pemeliharaan dalam skala yang lebih besar dan biasanya lebih mengarah pada pekerjaan pengaturan aliran sungai, penggantian dan perbaikan besar pada lantai beton atau perbaikan besar pada bangunan bawah yang mana memerlukan pemasangan turap (*cofferdam*) serta perbaikan betonan dengan jumlah yang cukup banyak.

4.2. Tujuan

Tujuan dari panduan ini adalah memberikan cara untuk meningkatkan kualitas dari pemeliharaan jembatan dan manajemen dari proses pemeliharaan jembatan *Pelengkung Beton*. Panduan ini berisi standar tata cara dan pedoman yang harus diikuti dalam pelaksanaan pemeliharaan jembatan *Pelengkung Baja*. Suatu sistem pelaksanaan yang seragam dan memberikan sistem pengawasan yang baik serta kontrol pemeliharaan yang lebih baik akan memberikan keyakinan bahwa semua jembatan di Indonesia akan dipelihara dengan efektif.

Keuntungan yang utama dari peningkatan kualitas pemeliharaan ini adalah berkurangnya jumlah kerusakan dan perbaikan yang mahal yang diperlukan struktur jembatan, yang mana dapat dicegah dengan adanya pemeliharaan rutin dan pemeliharaan berkala yang memadai.

4.3. Ruang Lingkup

Panduan ini menyusun metoda serta tata cara pemeliharaan dan rehabilitasi jembatan. Biasanya pekerjaan pemeliharaan dan rehabilitasi jembatan yang dilaksanakan secara kontrak, tetapi dari panduan ini dapat juga dipakai untuk pekerjaan yang dilaksanakan secara pekerjaan harian.

4.4. Cara Penggunaan Manual

Manual ini menjelaskan mengenai pemeliharaan dan metoda perbaikan untuk setiap kerusakan yang diuraikan dalam Prosedur Pemeriksaan Jembatan. Personil pemeliharaan jembatan harus mengetahui prosedur pemeriksaan jembatan yang diuraikan dalam Manual Pemeriksaan Jembatan dan diuraikan secara singkat dalam panduan ini.

Program pekerjaan Pemeliharaan Jembatan diluar Pemeliharaan Rutin dilakukan dengan menggunakan data hasil pemeriksaan jembatan. Hasil Pemeriksaan Jembatan menentukan jenis pekerjaan pemeliharaan tertentu pada jembatan yang tertentu pula.

4.5. Pemakai Manual

Buku Manual Pemeliharaan Jembatan *Pelengkung Baja* ini diperuntukkan bagi para personil di Direktorat Jenderal Bina Marga dan dinas-dinas terkait yang bertanggung jawab atas pengawasan proyek Pemeliharaan Jembatan *Pelengkung Baja*

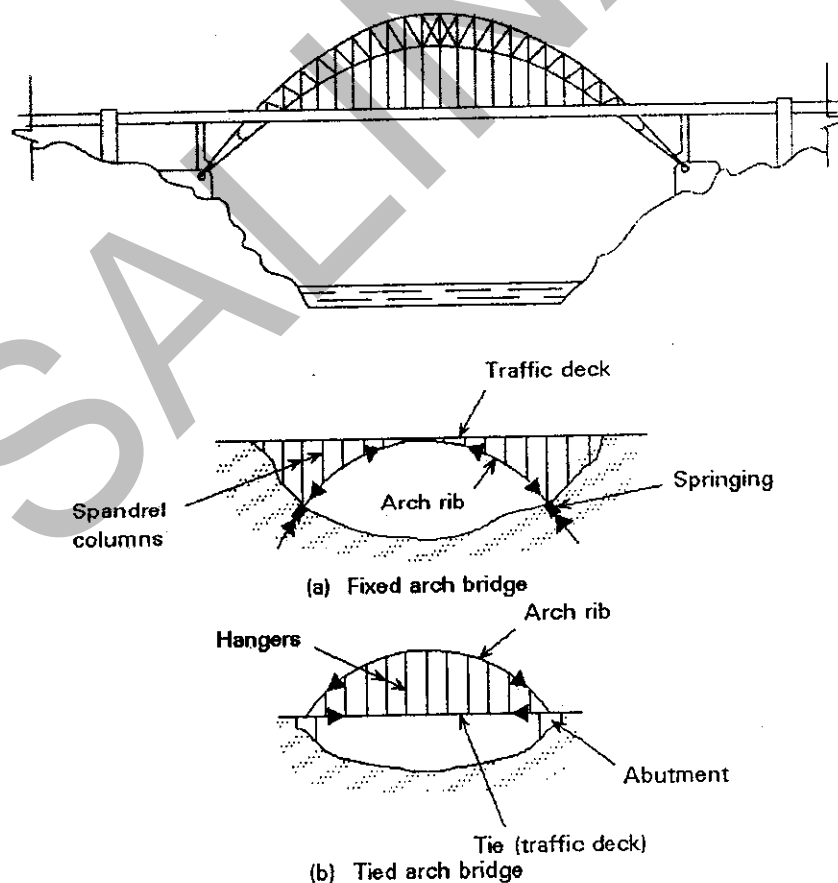
Buku ini juga diperuntukkan bagi para konsultan untuk mengawasi pekerjaan pemeliharaan jembatan yang berdasarkan kontrak dimana akan diinstruksikan untuk menggunakan panduan dan tata cara yang ada dalam buku panduan ini guna menjamin keseragaman atas pengawasan terhadap semua proyek.

Buku panduan ini dapat juga dipergunakan sebagai suatu dasar untuk mempersiapkan kontrak pemeliharaan dan pengawasan jembatan.

5. Jembatan Pelengkung Baja

Melengkung adalah sebuah keunikan dari sebuah jembatan yang ditunjukkan seperti setengah lingkaran atau elips. Jembatan pelengkung adalah jembatan dengan struktur setengah lingkaran dimana pada kedua ujungnya bertumpu pada abutmen. Jembatan pelengkung sudah dibangun sejak zaman romawi, tetapi jembatan pelengkung yang menggunakan baja baru dibangun pada akhir tahun 1980. Desain pelengkung (setengah lingkaran) pada umumnya secara alami akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju ke abutmen yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak kesamping, sehingga desain jembatan pelengkung membutuhkan penahan yang kuat (abutment) pada kedua sisinya.

Ketika menahan beban akibat berat sendiri dan beban lalu lintas, setiap bagian pelengkung menerima gaya tekan, karena alasan itulah jembatan pelengkung harus terdiri dari material yang tahan terhadap gaya tekan. Pada zaman dahulu pembangunan jembatan pelengkung menggunakan material batu atau material yang lain yang tidak mampu menahan gaya tarik. Pada zaman sekarang jembatan pelengkung didesain menggunakan material baja atau beton bertulang dengan dimensi yang dapat menahan gaya tarik, yang ditimbulkan dari perbandingan gaya tekan akibat bentuk yang melengkung.



Gambar 5.1. Jembatan Pelengkung Baja

Walaupun pelengkung tidak mengalami gaya tarik yang membuat pelengkung lebih efisien dari jembatan balok, namun kekuatan struktur jembatan pelengkung juga masih dibatasi. Semakin besar sudut kelengkungannya (semakin tinggi lengkungannya) maka pengaruh gaya tekan akan semakin kecil, namun itu berarti bentangnya menjadi lebih kecil, jika diinginkan membuat jembatan pelengkung dengan bentang panjang, maka sudut pelengkung harus diperkecil sehingga gaya tekanpun menjadi lebih besar dan diperlukan abutmen yang lebih besar untuk menahan gaya horizontal tersebut. .

Bentuk melengkung dari struktur memungkinkan berat sendiri struktur disalurkan ke pondasi sebagai gaya normal tekan tanpa lenturan. Hal ini sangat penting untuk material pasangan batu dan beton yang memiliki kuat tekan relatif sangat tinggi dibandingkan kuat tariknya, bahan tersebut juga memiliki kekakuan yang sangat besar sehingga faktor tekukan akibat gaya aksial tekan tidak menjadi masalah utama, karena bentuk struktur utamanya yang melengkung maka diperlukan rantai kerja untuk lalu lintas yang bisa diletakkan diatas, dibawah, atau diantara struktur utamanya.

Efisiensi pemakaian struktur pelengkung akan lebih tinggi lagi jika lokasinya tepat seperti lembah ataupun sungai yang dalam dimana pondasi melengkung terletak pada tanah keras. Kegunaan dari abutmen adalah untuk membuat tegangan yang terjadi akibat dorongan pelengkung menurun sampai pada titik yang bisa dipikul oleh tanah karena tanah mampu menerima tekan dan tanah tidak akan bergerak lagi (selama tegangan tanah lebih besar dari tegangan yang terjadi), biasanya juga ada gaya geser yang bekerja di daerah dekat abutmen.

Kelebihan Jembatan Pelengkung

- a. Keseluruhan bagian pelengkung menerima tekan, dan gaya tekan ini ditransfer ke abutmen dan ditahan oleh tegangan tanah dibawah pelengkung. Tanpa gaya tarik yang diterima oleh pelengkung memungkinkan jembatan pelengkung bisa dibuat lebih panjang dari jembatan balok dan bisa menggunakan material yang tidak mampu menerima tarik dengan baik seperti beton.
- b. Bentuk jembatan pelengkung adalah inovasi dari peradaban manusia yang memiliki nilai estetika tinggi namun memiliki struktur yang sangat kuat yang terbukti jembatan pelengkung Romawi kuno masih berdiri sampai sekarang.

Kekurangan Jembatan Pelengkung

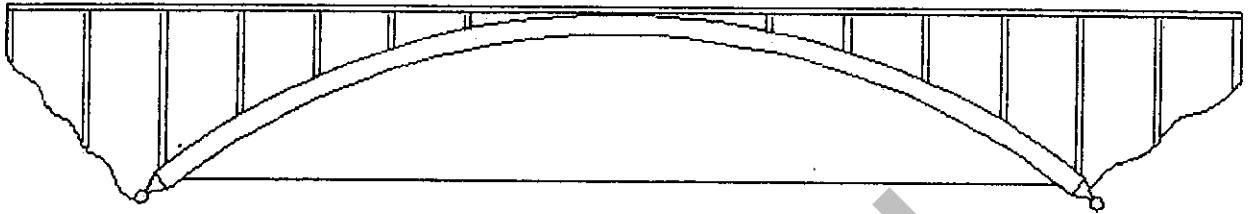
- a. Konstruksi jembatan pelengkung lebih sulit daripada jembatan balok karena pembangunan jembatan ini memerlukan metode pelaksanaan yang cukup rumit karena struktur belum dikatakan selesai sebelum kedua bentang bertemu di tengah-tengah. Salah satu tekniknya dengan membuat "scaffolding" dibawah bentang untuk menopang struktur sampai bertemu dipuncak.

Tipe Jembatan Pelengkung

Jembatan pelengkung dibagi menjadi 3 tipe jembatan yaitu :

- a. Jembatan Pelengkung dengan Dek (*Deck*)

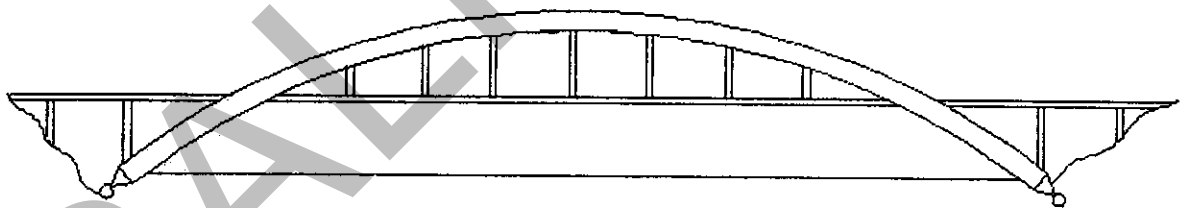
Jembatan pelengkung tipe dek merupakan jembatan pelengkung yang sangat sederhana dibandingkan tipe jembatan pelengkung yang lainnya. Jembatan pelengkung tipe dek dapat digunakan pada jarak yang sangat jauh ± 518 m. Jembatan melengkung ini didesain untuk menahan kombinasi gaya aksial dan momen akibat lalu lintas jembatan.



Gambar 5.2. Jembatan Pelengkung dengan deck

b. Jembatan Pelengkung Menerus (*Through*)

Jembatan pelengkung menerus memiliki konstruksi tipe pelengkung yang berada diatas jalan raya dan lengkung pondasi di bawah jalan raya. Beban jembatan akibat lalu lintas ditahan oleh dek jembatan yang kemudian diteruskan ke bagian utama pelengkung baja melalui kabel baja yang menghubungkan dek jembatan ke bagian pelengkung utama.

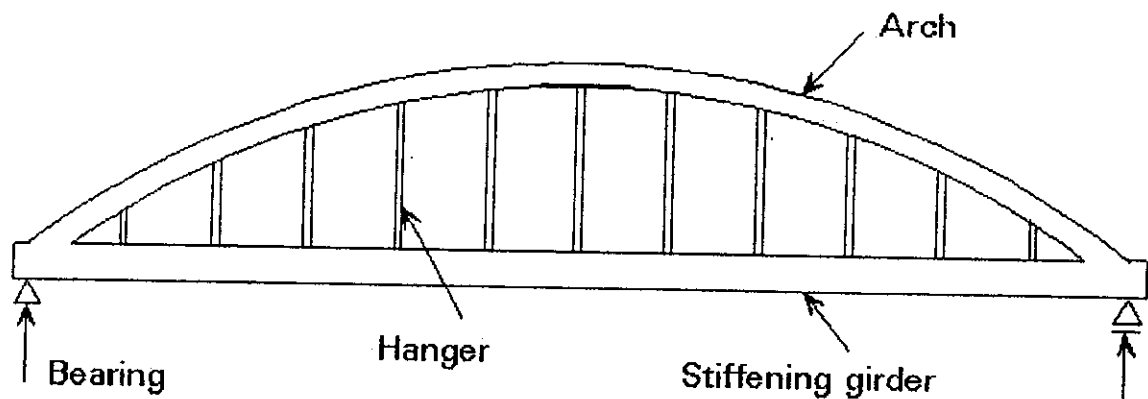


Gambar 5.3. Jembatan Pelengkung menerus

c. Jembatan Pelengkung Mengikat (*Tied*)

Jembatan pelengkung pengikat adalah salah satu variasi dari tipe jembatan pelengkung menerus dengan satu hal yang berbeda. Pada tipe jembatan menerus gaya dorong horizontal yang terjadi disalurkan langsung ke pondasi sedangkan pada jembatan pelengkung mengikat gaya dorong horizontal disalurkan ke bagian jembatan yang lainnya secara menerus seperti rantai.

Desain dari jembatan pelengkung mengikat berbeda dibandingkan jembatan pelengkung dek dan jembatan pelengkung menerus, karena desain jembatan pelengkung mengikat mendistribusikan gaya dorong horizontal yang diterima ke girder jembatan sehingga pier (pondasi jembatan) pada jembatan mengikat menjadi lebih kecil dibandingkan jembatan tipe pelengkung lainnya.



Gambar 5.4. Jembatan Pelengkung Mengikat

5.1 Elemen – elemen Struktur Atas Jembatan Pelengkung Baja

5.1.1. Tipe *Deck Arch Bridge*

Elemen utama dari jembatan *Deck Arch* adalah

- Lengkungan/*the arches / ribs* – elemen melengkung yang menyerupai busur/setengah lingkaran yang berfungsi sebagai penghubung utama bentang jembatan
- *Spandrel columns or bents*- komponen vertikal yang menyokong *spandrel girder*
- *Spandrel girders*- balok yang membentang memanjang yang menahan pelat lantai jembatan
- Sistem pelat lantai yang terdiri dari
 - Balok lantai – komponen transversal dari *spandrel columns* yang menyokong *spandrel girders*.
 - Gelagar Melintang / *Stringer* – komponen yang menghubungkan *spandrel girders* dalam arah transversal.

Elemen sekunder dari jembatan *Deck Arch* adalah

- *Sway bracing* – komponen transversal yang menghubungkan bagian dalam dari lengkungan/*arches/ribs*
- *Lateral bracing* bawah pada lengkungan dan pada sistem lantai – komponen diagonal yang menghubungkan bagian dalam dari lengkungan/*arches/ribs* yang berfungsi menyalurkan beban lateral dan geser sehingga jembatan menjadi lebih stabil.

5.1.2. Tipe *through Arch Bridge*

Elemen utama dari jembatan *through Arch* adalah

- Lengkungan/*the arches/ ribs* yang terdiri atas,
 - *Rib chords* atas/Batang Atas – elemen melengkung yang menyerupai busur/setengah lingkaran yang terletak diatas dek jembatan dan berfungsi sebagai penghubung utama bentang jembatan
 - *Rib chords* bawah/Batang Bawah – elemen melengkung yang menyerupai busur/setengah lingkaran yang terletak dibawah *rib chords* atas dan berfungsi sebagai penghubung antara bentang jembatan.
 - Batang Vertikal dan diagonal – elemen yang menghubungkan batang atas dan batang bawah pelengkung jembatan.
 - *Bracing* batang atas, melintang dan vertical – Elemen penghubung antara *ribs chords* yang ada pada kedua sisi jembatan dan berfungsi untuk memperkuat pelengkung jembatan.
- hanger – komponen penghubung dek jembatan ke lengkungan/*arches/ribs*
- Sistem pelat lantai yang terdiri dari
 - Balok lantai – komponen transversal dari *spandrel columns* yang menyokong *spandrel girders*.
 - Gelagar Melintang / *Stringer* – komponen yang menghubungkan *spandrel girders* dalam arah transversal.

Elemen sekunder dari jembatan *through Arch* adalah

- *Sway bracing* – komponen transversal yang menghubungkan bagian dalam dari lengkungan/*arches/ribs*
- *Lateral bracing* atas dan bawah – komponen diagonal yang menghubungkan bagian dalam dari lengkungan/*arches/ribs* yang berfungsi menyalurkan beban lateral dan geser sehingga jembatan menjadi lebih stabil.

5.1.3. Tipe Tied Arch Bridge

Elemen utama dari jembatan *Tied Arch* adalah

- Lengkungan/*the arches /ribs* – elemen melengkung yang menyerupai busur/setengah lingkaran yang berfungsi sebagai penghubung utama bentang jembatan
- Hanger – komponen penghubung dek jembatan ke lengkungan/*arches/ribs*
- Sistem pelat lantai yang terdiri dari
 - Balok lantai – komponen transversal dari *spandrel columns* yang menyokong *spandrel girders*.
 - Gelagar Melintang / *Stringer* – komponen yang menghubungkan *spandrel girders* dalam arah transversal.

Elemen sekunder dari jembatan *through Arch* adalah

- *Sway bracing* – komponen transversal yang menghubungkan bagian dalam dari lengkungan/*arches/ribs*
- *Lateral bracing* atas dan bawah – komponen diagonal yang menghubungkan bagian dalam dari lengkungan/*arches/ribs* yang berfungsi menyalurkan beban lateral dan geser sehingga jembatan menjadi lebih stabil.

5.1.4 Sambungan pada Jembatan Pelengkung

Ada banyak tipe sambungan pada jembatan baja pelengkung, dimana tipe-tipe sambungan pada jembatan baja pelengkung ditentukan dari gaya yang akan dipikul oleh sambungan tersebut. Kerusakan pada daerah sambungan sangat berpengaruh terhadap kekuatan dan kemampuan layan jembatan.

a. Pin Panel

Pin Panel adalah sambungan antara elemen utama jembatan dengan chord. Panel point cukup mendapatkan perhatian yang baik karena kerusakan pada elemen ini dapat langsung digantikan dan tidak segera membuat struktur jembatan tidak aman.

Keuntungan menggunakan sambungan pin adalah sambungan pin lebih sederhana dan tidak menahan gaya rotasi. Kesederhanaan desain sambungan menggunakan pin karena dapat mengurangi jumlah sambungan pin dan perhitungan sambungan yang lebih rumit.

Ketidakuntungan menggunakan sambungan pin yaitu sambungan pin dapat menghasilkan getaran karena sambungan ini tidak bersifat kaku (rigid), korosi dan susah dalam pemeriksaan kekuatan sambungan.

b. Paku keling

Paku keling adalah sambungan yang menghubungkan elemen utama jembatan. Pemasangan paku keling dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu

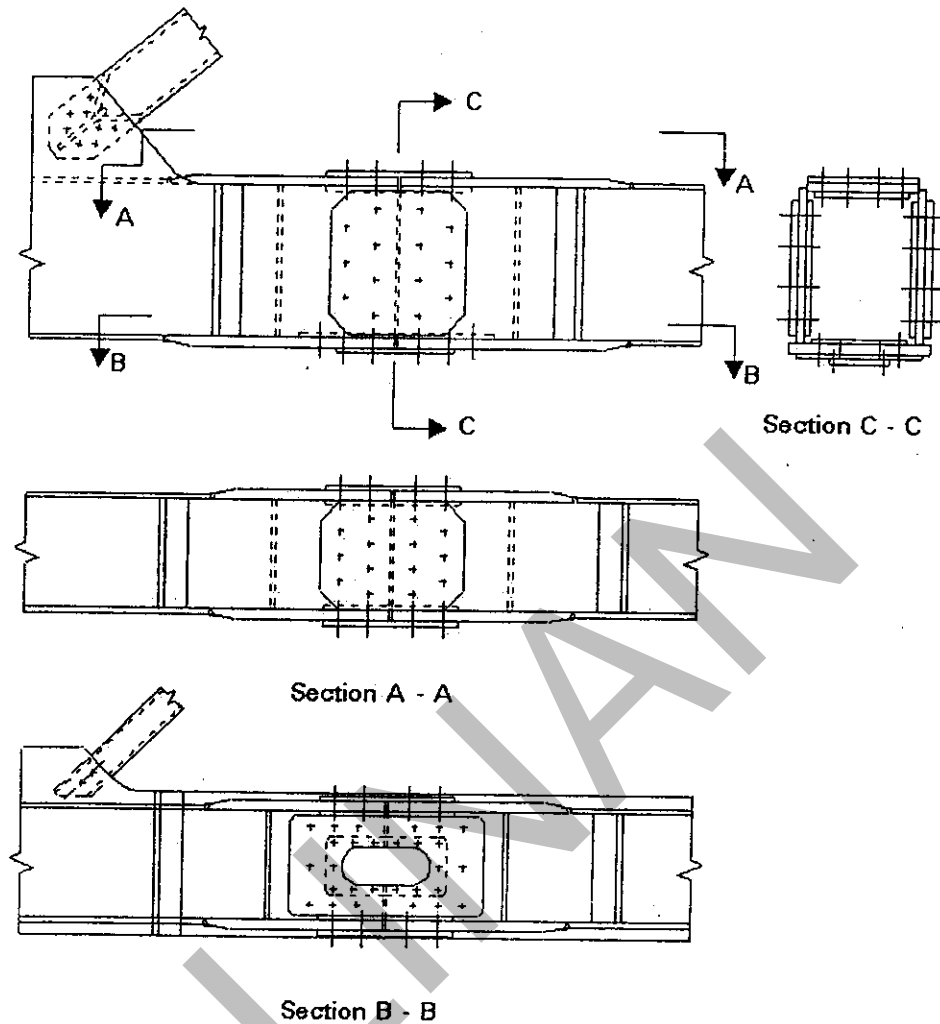
- Proses Panas dimana bahan baku paku keling dipanaskan terlebih dahulu kemudian baru dimasukkan ke lubang dan ditekan sampai memenuhi ruang lubang paku keling dan dibiarkan mendingin, selama pendinginan ini terjadi pengerutan pada paku keling sehingga terjadi gaya lekat (clamping force) pada paku keling yang menyebabkan paku keling mempunyai tahanan geser.
- Proses Dingin dimana proses pemasangan dilakukan dalam keadaan dingin (tanpa pemanasan). Paku keling yang dipasang dalam keadaan dingin tidak mempunyai tahanan geser.

Pemasangan paku keling dengan jarak yang lebih besar dapat menyebabkan bagian yang dikeliling menjadi cembung sehingga sambungan jadi mudah berkarat.

c. Baut

Baut adalah sambungan yang menghubungkan elemen utama jembatan. Riset dalam penggunaan baut mutu tinggi dilakukan pada tahun 1947 dan spesifikasi penggunaan baut mutu tinggi diperkenalkan pada tahun 1951. Kekuatan pada baut mutu tinggi terdapat pada gaya tariknya. Banyak variable yang ditemukan saat melakukan pengecekan penggunaan baut mutu tinggi pada jembatan, walaupun pada saat inspeksi pemasangan baut mutu tinggi disarankan menggunakan putaran untuk sambungan baut, tetapi metode ini tidak dapat menjadi acuan dalam pengecekan baut dilapangan.

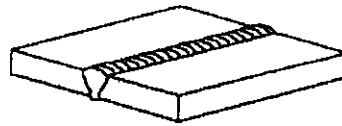
Putaran saat pemasangan baut sangat bergantung dari diameter baut, panjang baut, jenis sambungan, cat dan coating, kesejajaran pemasangan, kotoran dan karat pada baut yang digunakan. Cara sederhana, untuk mengetahui jika baut sudah mengalami kerusakan adalah dengan cara pengamatan langsung dan pengecekan sambungan secara langsung dilapangan.



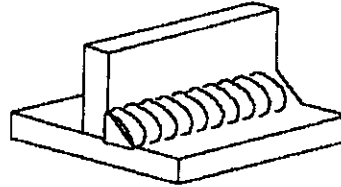
Gambar 5.5. Sambungan baut

d. Sambungan las

Sambungan las adalah sambungan yang tidak dilakukan secara mekanik tetapi sambungan ini sangat kaku dan kuat. Sambungan las biasanya digunakan dalam pabrikan dan saat pemasangan jembatan sebagai penahanan awal sambungan jembatan yang kemudian diperkuat dengan sambungan baut atau pin. Kesalahan kecil dalam penggunaan sambungan las dapat menyebabkan kekuatan baja berkurang (kelelahan) dan keruntuhan. Dibutuhkan pengamatan yang sangat hati-hati saat meninjau keretakan pada sambungan las.



The butt weld



The fillet weld

Gambar 5.6 Sambungan Las

5.2 Abutmen / Kepala Jembatan

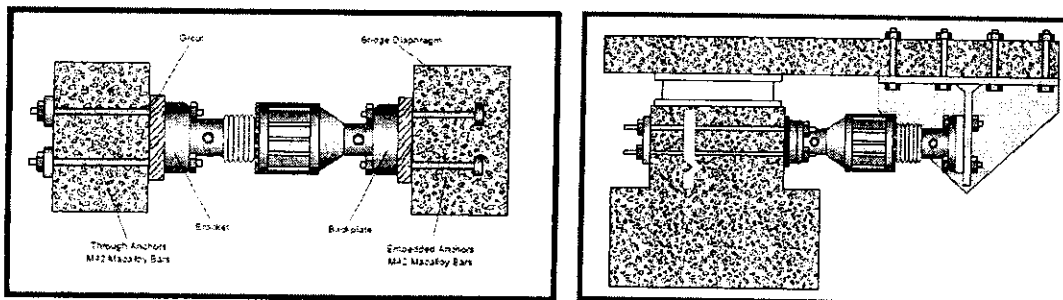
Bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung jembatan yang berfungsi memikul reaksi beban pada ujung jembatan dan dapat juga berfungsi sebagai dinding penahan tanah.

5.3 Pilar

Perencanaan pilon merupakan hal yang sangat penting dan mendasar yang akan mempengaruhi estetika, keekonomisan serta perilaku struktur dari jembatan. Pilon akan menerima gaya dari gelagar. Secara prinsip pemakaian beton pada pilon mempunyai dasar yang kuat mengingat pilon akan mengalami gaya tekan yang besar.

5.4 Lock Up Device

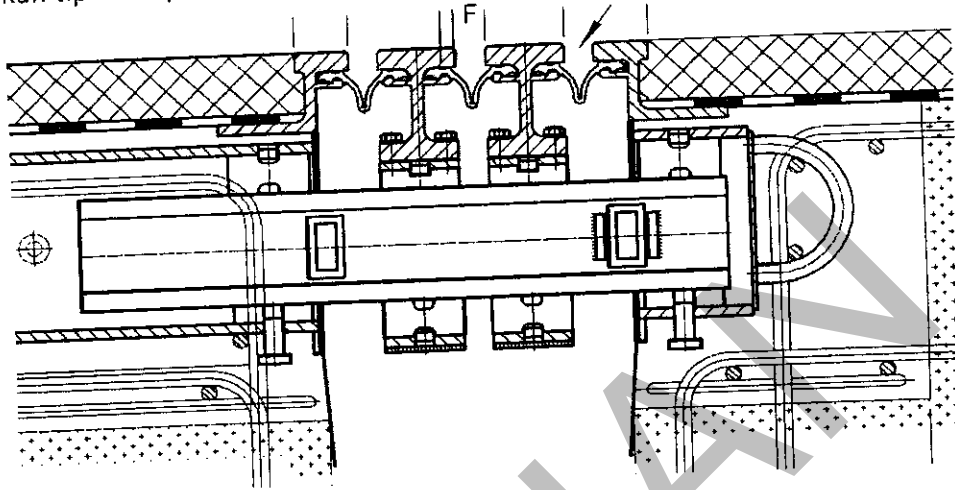
Fungsi dari *Lock Up device* adalah untuk memberikan suatu hubungan yang kaku (*rigid link*) antara dek jembatan dengan abutmen atau pilar jembatan, sehingga pada akibat beban yang cepat dengan durasi yang pendek seperti gempa, tabrakan, rem, gaya tersebut akan disalurkan ke perletakan. Akibat beban yang terjadi perlahan-lahan seperti suhu, susut dan rangkai, maka tidak terjadi hubungan kaku sehingga tidak terjadi penyaluran gaya



Gambar 5.4 Lock Up Device

5.5 Modular Expansion Joint

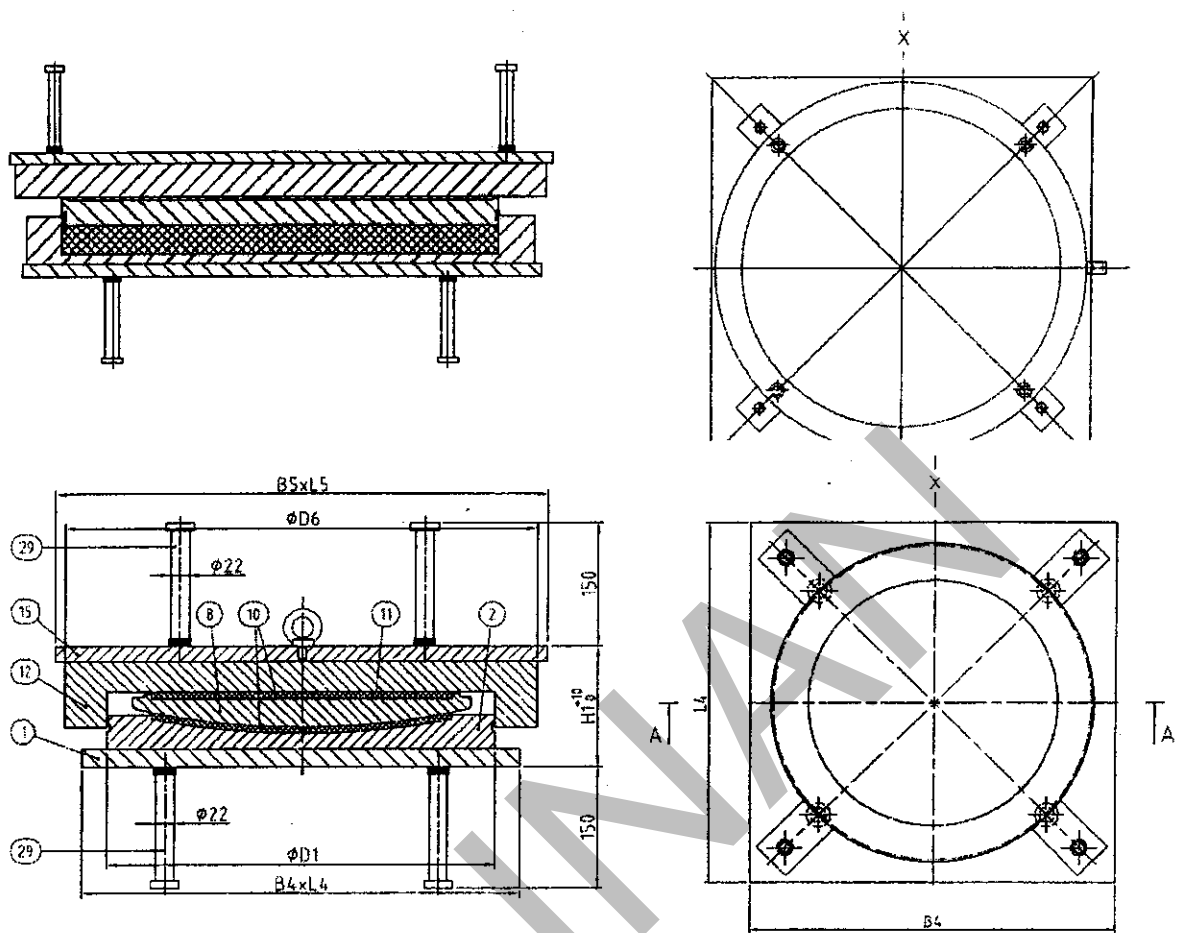
Sebagaimana umumnya Jembatan Bentang Panjang, pergerakan padadek jembatan akan selalu terjadi dan harus diakomodasi dengan baik. Untuk mengakomodasi pergerakan yang relatif besar tersebut, umumnya digunakan *Expansion Joint* tipe modular. Gambar dibawah menyajikan tipikal *Expansion Joint* tipe Modular yang umum digunakan



Gambar 5.5 *Expansion Joint* Tipe Modular

5.6 Mechanical Bearing

Sebagaimana umumnya Jembatan Bentang Panjang, gaya-gaya pada perletakan akan memiliki magnitude yang besar. Untuk itu tipe perletakan yang digunakan pada jembatan bentang panjang adalah perletakan yang mempunyai kemampuan menahan gaya yang besar. Tipe perletakan mekanik seperti poin bearing dan *spherical bearing* umum digunakan pada jembatan bentang panjang



Gambar 5.6 Mechanical Bearing

6. Sistem Penomoran Elemen dan Kerusakan Jembatan

6.1 Sistem Penomoran Elemen Jembatan

Jembatan terdiri atas banyak elemen yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya. Dalam prosedur pemeriksaan jembatan, elemen-elemen jembatan dibagi dalam level menurut hierarkinya. Terdapat lima level dalam hierarki jembatan.

(1) Level 1

adalah jembatan secara keseluruhan, dan mempunyai kode elemen 1.000 - jembatan.

(2) Level 2

terdiri dari 2 struktur utama jembatan dan 1 aliran sungai/timbunan tanah:

- 2.200 aliran air dan tanah timbunan,
- 2.300 bangunan bawah dan pondasi
- 2.400 bangunan atas.

(3) Level 3

Masing-masing komponen utama yang berada pada Level 2 dibagi menjadi beberapa elemen. Misalnya untuk komponen utama 2.300 bangunan bawah dan pondasi Struktur utama dengan kode 2.300 dibagi menjadi:

3.310 - Fondasi - semua tipe fondasi

3.320 - Kepala jembatan/pilar - semua kepala jembatan dan pilar

(4) Level 4 : dalam hierarki ini membagi elemen yang ada pada Level 3 menjadi elemen individual atau bagiannya seperti 3.310. Fondasi yang masuk dalam Level 4 adalah elemen :

- 4.311 Tiang Pancang
- 4.312 Fondasi Sumuran
- 4.313 Fondasi Langsung
- 4.314 Angkur
- 4.315 Fondasi Balok Pelengkung
- 4.316 Tiang Bor

Elemen pada level 4 adalah semua individual elemen dari jenis elemen tersebut pada jembatan secara keseluruhan. Jadi, elemen 4.311 adalah semua elemen tiang pancang pada lokasi jembatan tersebut.

(5) Level 5 : Jika diperlukan untuk membedakan antar elemen dengan tipe yang sama pada lokasi yang berbeda pada lokasi jembatan, elemen pada suatu lokasi disebut sebagai elemen level 5. Setiap elemen Level 5 mempunyai kode yang sama dengan kelompok pada level 4 tetapi mempunyai lokasi yang khusus untuk membedakannya dari elemen lain dalam kelompok yang sama

Keseluruhan hierarki elemen jembatan dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Hirarki Elemen Jembatan

KODE ELEMEN							
KODE	LEVEL 1	KODE	LEVEL 2	KODE	LEVEL 3	KODE	LEVEL 4
1.000	Jembatan	2.200	Aliran Sungai/ Timbunan	3.210	Aliran Sungai	4.211	Tebing Sungai
						4.212	Aliran Air Utama
						4.213	Daerah Genangan Banjir
				3.220	Bangunan Pengaman	4.221	Krib/ Pengarah Arus Sungai
						4.222	Bottom Controller
						4.223	Talud
						4.224	Turap
						4.225	Fender
						4.226	Dinding Penahan Tanah
						4.227	Pengamanan Dasar Sungai
						4.228	Tiang Pengaman
						4.229	Pagar Pengaman
				3.230	Tanah Timbunan	4.231	Timbunan Jalan Pendekat
						4.232	Drainase – Timbunan
						4.233	Lapisan Perkerasan
						4.234	Pelat Injak
						4.235	Tanah Bertulang
		2.300	Bangunan Bawah	3.310	Fondasi	4.311	Tiang Pancang
						4.312	Fondasi Sumuran
						4.313	Fondasi Langsung
						4.314	Angkur
						4.315	Fondasi Balok Pelengkung
						4.316	Tiang Bor
				3.320	Kepala Jembatan/ Pilar	4.321	Balok Pondasi
						4.322	Pilar Dinding/ Kolom
						4.323	Dinding Penahan Tanah (Kepala Jembatan)
						4.324	Tembok Sayap
						4.325	Balok Kepala
						4.326	Balok Penahan Gempa/ Stoper Lateral
						4.327	Penunjang/ Pengaku
						4.328	Penunjang Sementara
						4.329	Drainase Dinding
						4.330	Tembok Kepala
						4.331	Balok Tiang
						4.332	Perletakan
						4.333	Lock Up Device
		2.400	Bangunan Atas	3.410	Sistem Gelagar	4.411	Gelagar
						4.412	Gelagar Melintang
						4.413	Diafragma
						4.414	Sambungan Gelagar
						4.415	Perkuatan Ikatan Angin
						4.416	Pelat Pengaku (Stiffener)
						4.417	Pelat Penguat (Cover Plate)
						4.418	Diafragma Baja Horizontal
						4.419	Diafragma Baja Diagonal
						4.420	Sambungan Diafragma
				3.420	Jembatan Pelat	4.421	Pelat Beton Bertulang
						4.422	Pelat Beton Pracetak Prategang
						4.423	Kabel Prategang Melintang
				3.430	Pelengkung	3.431	Bagian Lengkung
						3.432	Dinding Tegak

				3.440	Balok Pelengkung	4.441	Gelagar Balok Pelengkung
						4.442	Balok Pelengkung
						4.443	Balok Vertikal
						4.445	Balok Pengaku Mendatar
						4.446	Sambungan Balok Pelengkung
		2.400	Bangunan Atas (Lanjutan)	3.450	Rangka	4.451	Panel Rangka (bailey)
						4.452	Gelagar Penguat (Bailey)
						4.453	Rangka Pengaku (Bailey)
						4.454	Raker – Penyokong (Bailey)
						4.455	Pin Panel/ Surclip (Bailey)
						4.456	Clamp (Bailey)
						4.457	Angkur Prategang External
						4.458	Kabel Prategang External
						4.459	Sadel Prategang External
						4.461	Batang Tepi Atas
						4.462	Batang Tepi Bawah
						4.463	Batang Diagonal
						4.464	Batang Vertikal (RBB, RBR)
						4.465	Ikatan Angin Atas
						4.466	Ikatan Angin Bawah
						4.467	Diafragma
						4.468	Gelagar Melintang
						4.469	Sambungan/ Pelat Buhul/ Pelat Pengisi
						4.470	Baut
						4.471	Batang Tengah (CM)
						4.472	Batang Diagonal Kecil (CM)
						4.473	Batang Penahan Gempa
						4.474	Portal Ujung
						4.475	Pelat kopei Batang Diagonal
						4.476	Pelat Kopei Batang Atas
						4.477	Pelat Kopei Batang Tengah
						4.478	Pelat Kopei Batang Bawah
						4.479	Pelat Kopei Batang Vertikal
						4.480	Ikatan Angin Melintang
						4.480	Sambungan Las
					A		
				3.480	Jembatan Gantung/ Beruji Kabel (Cable Stayed)	4.481	Kabel Pemikul
						4.482	Batang Penggantung
						4.483	Kabel Penahan ayun
						4.484	Kolom Pylon
						4.485	Pengaku Pylon
						4.486	Sadel Pylon
						4.487	Balok Melintang (Gantung)
						4.488	Ikatan Angin Bawah
						4.489	Sambungan (Gantung)
				3.490	Gelagar Boks/ Pratekan	4.491	Dinding Tegak Boks
						4.492	Dinding Bawah Boks
						4.493	Dinding Atas Boks
						4.494	Diafragma Boks
						4.495	Blok Angkur
				3.500	Sistem Lantai	4.501	Gelagar Memanjang Lantai
						4.502	Pelat Lantai (Kayu/ Beton/ Baja)
						4.503	Pelat baja Bergelombang
						4.504	Balok Tepi
						4.505	Jalur Ronda Kendaraan (Lantai Kayu)
						4.506	Trotoar/ Kerb

						4.507	Pipa Cucuran
						4.508	Drainase Lantai
						4.509	Lapis Permukaan
						4.510	Pelat Beton Acuan Lantai
				3.600	Sambungan/ Siar Muai	4.601	Sambungan/ Siar Muai baja
						4.602	Sambungan/ Siar Muai baja Profile
						4.603	Sambungan/ Siar Muai Karet
						4.604	Sambungan/ Siar Muai Aspal
						4.605	Sambungan/ Siar Muai Lain
						4.605	Sambungan/ Siar Tipe Modular
				3.610	Perletakan	4.611	Landasan Baja
						4.612	Landasan Karet
						4.613	Landasan Pot
						4.614	Bantalan Mortar/ Pelat Dasar
						4.615	Baut Pengikat (Angkur Gempa)
						4.616	Karet Penahan Gempa
						4.617	Lock Up Devices
						4.618	Transverse Limit Stop Blocl
				3.620	Sandaran	4.621	Tiang Sandaran
						4.622	Sandaran Horizontal
						4.623	Penunjang Sandaran
						4.624	Tembok Sandaran
				3.700	Perlengkapan	4.701	Batas-Batas Ukuran
						4.711	Rambu-rambu dan Tanda-tanda
						4.712	Marka Jalan
						4.713	Papan Nama
						4.714	Patung
						4.715	Parapet/ Tembok Sedada
						4.721	Lampu Penerangan
						4.722	Tiang Lampu
						4.723	Kabel Listrik
						4.724	Lampu Navigasi
						4.725	Penangkal Petir
						4.731	Utilitas
						4.741	Median
		2.800	Gorong-gorong	3.810	Gorong-gorong Persegi		
				3.820	Gorong-gorong Pipa		
				3.830	Gorong-gorong Pelengkung		
		2.900	Lintasan Basah	3.910	Lintasan dengan Perkerasan		
				3.920	Lintasan Alam		
				3.930	Ferry/ Ponton		

6.2 Elemen Struktur Atas Jembatan Jembatan Pelengkung Baja

Berdasarkan hierarki elemen jembatan sebagaimana dijelaskan pada buku Pedoman Pemeriksaan Jembatan, elemen struktur atas jembatan Pelengkung Baja adalah sebagai berikut :

Tabel 6.2 Hierarki Elemen Jembatan Pelengkung Baja

KODE	LEVEL 3	KODE	LEVEL 4
3.410	Sistem Gelagar	4.411	Gelagar
		4.412	Gelagar Melintang
		4.413	Diafragma
		4.414	Sambungan Gelagar
		4.415	Perkuatan Ikatan Angin
		4.416	Pelat Pengaku (Stiffener)
		4.417	Pelat Penguat (Cover Plata)
		4.418	Diafragma Baja Horizontal
		4.419	Diafragma Baja Diagonal
		4.420	Sambungan Diafragma
3.430	Pelengkung	3.431	Bagian Lengkung
		3.432	Dinding Tegak
3.440	Balok Pelengkung	4.441	Gelagar Balok Pelengkung
		4.442	Balok Pelengkung
		4.443	Balok Vertikal
		4.445	Balok Pengaku Mendatar
		4.446	Sambungan Balok Pelengkung
3.450	Rangka	4.451	Panel Rangka (bailey)
		4.452	Gelagar Penguat (Bailey)
		4.453	Rangka Pengaku (Bailey)
		4.454	Raker – Penyokong (Bailey)
		4.455	Pin Panel/ Surclip (Bailey)
		4.456	Clamp (Bailey)
		4.457	Angkur Prategang External
		4.458	Kabel Prategang External
		4.459	Sadel Prategang External
		4.461	Batang Tepi Atas
		4.462	Batang Tepi Bawah
		4.463	Batang Diagonal
		4.464	Batang Vertikal (RBB, RBR)
		4.465	Ikatan Angin Atas
		4.466	Ikatan Angin Bawah
		4.467	Diafragma
		4.468	Gelagar Melintang
		4.469	Sambungan/ Pelat Buhul/ Pelat Pengisi
		4.470	Baut
		4.471	Batang Tengah (CM)
		4.472	Batang Diagonal Kecil (CM)
		4.473	Batang Penahan Gempa
		4.474	Portal Ujung
		4.475	Pelat kopel Batang Diagonal
		4.476	Pelat Kopel Batang Atas
		4.477	Pelat Kopel Batang Tengah
		4.478	Pelat Kopel Batang Bawah
		4.479	Pelat Kopel Batang Vertikal
		4.480	Ikatan Angin Melintang
		4.480	Sambungan Las
		A	
3.500	Sistem Lantai	4.501	Gelagar Memanjang Lantai
		4.503	Pelat baja Bergelombang
		4.504	Balok Tepi
		4.506	Trotoar/ Kerb

		4.507	Pipa Cucuran
		4.508	Drainase Lantai
		4.509	Lapis Permukaan
		4.510	Pelat Beton Acuan Lantai
3.600	Sambungan/ Siar Muai	4.601	Sambungan/ Siar Muai baja
		4.602	Sambungan/ Siar Muai baja Profile
		4.603	Sambungan/ Siar Muai Karet
		4.604	Sambungan/ Siar Muai Aspal
		4.605	Sambungan/ Siar Muai Lain
		4.605	Sambungan/ Siar Tipe Modular
3.610	Perletakan	4.611	Landasan Baja
		4.612	Landasan Karet
		4.613	Landasan Pot
		4.614	Bantalan Mortar/ Pelat Dasar
		4.615	Baut Pengikat (Angkur Gempa)
		4.616	Karet Penahan Gempa
		4.617	Lock Up Devices
		4.618	Transverse Limit Stop Bloc
3.620	Sandaran	4.621	Tiang Sandaran
		4.622	Sandaran Horizontal
		4.623	Penunjang Sandaran
		4.624	Tembok Sandaran
3.700	Perlengkapan	4.701	Batas-Batas Ukuran
		4.711	Rambu-rambu dan Tanda-tanda
		4.712	Marka Jalan
		4.713	Papan Nama
		4.714	Paturig
		4.715	Parapet/ Tembok Sedada
		4.721	Lampu Penerangan
		4.722	Tiang Lampu
		4.723	Kabel Listrik
		4.724	Lampu Navigasi
		4.725	Penangkal Petir
		4.731	Utilitas
		4.741	Median

6.3 Sistim Penomoran Kerusakan Jembatan

Secara umum jembatan dapat mengalami dua macam kerusakan yang berbeda yaitu :

- Sehubungan dengan jenis bahan.
- Kerusakan secara keseluruhan,

6.3.1 Kerusakan yang berhubungan dengan bahan

Terdapat bermacam - macam kerusakan yang berhubungan langsung dengan jenis bahan yang dipergunakan untuk membuat komponen jembatan. Sebagai contoh :

- Pelapukan dan keretakan pada kayu.
- Karat pada baja.
- Kerontokan pada beton.

- Kerusakan adukan pada pasangan batu/bata.

Pada Tabel 6.3 disajikan jenis kerusakan yang biasanya terjadi pada konstruksi jembatan. Jika mungkin, kerusakan tersebut dihubungkan dengan jenis bahannya. Meskipun demikian apabila terjadi kerusakan pada bahan yang disebabkan oleh kerusakan jembatan secara keseluruhan maka untuk ini harus dibuat catatan secara khusus.

Misalnya pada balok kepala pada kepala jembatan beton retak yang disebabkan karena adanya penurunan. Pemeriksa harus membuat catatan kerusakan utama yang terjadi yaitu retak, tetapi selain itu juga dicatat juga penyebabnya yaitu penurunan. Dengan demikian petugas pemeliharaan dapat memperbaiki kerusakann maupun penyebabnya.

6.3.2 Kerusakan yang berhubungan dengan elemen

Kerusakan jembatan yang berhubungan dengan elemen tidak secara langsung berhubungan dengan jenis bahan jembatan itu tetapi berpengaruh terhadap fungsi jembatan. Contoh-contoh utama kerusakan yang berhubungan dengan elemen :

- Penggerusan pada Pondasi.
- Pilar yang miring.
- Hilangnya tanda ukuran tinggi.
- Berpindahnya aliran sungai.

Pada Tabel 6.4 disajikan jenis kerusakan yang biasanya terjadi pada elemen jembatan.

Tabel 6.3 Kerusakan Yang Berhubungan Dengan Bahan

Kerusakan	Bahan dan Kerusakan
	Pasangan Batu Bata
101	Pelapukan dan Retak
102	Penggembungan dan Perubahan Bentuk
103	Pecah atau Hilangnya Bahan
	Beton
201	Cacad pada Beton termasuk terkelupas, sarang lebah, berongga, berpori, dan kualitas beton yang jelek
202	Keretakan
203	Korosi pada Tulangan Baja
204	Kotor, Berlumut, Penuaan atau Pelapukan Beton
205	Pecah atau hilangnya bahan
206	Lendutan
	Baja
301	Penurunan Mutu Cat
302	Korosi
303	Perubahan Bentuk
304	Keretakan
305	Pecah atau Hilangnya Bahan
306	Elemen yang tidak benar
307	Kabel yang terurai
308	Lepasnya ikatan/ Sambungan
	Kayu
401	Cacat pada kayu akibat lapuk, Serangan Serangga, Sobek, Kerusakan mata kayu
402	Pecah atau hilangnya elemen
403	Penyusutan
404	Penurunan mutu pelapis permukaan
405	Lepasnya elemen

Tabel 6.4 Kerusakan Elemen Jembatan

Kode	Elemen dan Kerusakan
	ALIRAN SUNGAI
501	Endapan/ Lumpur yang Berlebihan
502	Sampah yang menumpuk dan terjadinya hambatan aliran sungai
503	Pengikisan pada daerah dekat Pilar atau Kepala Jembatan
504	Air sungai macet yang mengakibatkan terjadinya banjir
	BANGUNAN PENGAMAN
511	Bagian yang hilang atau tidak ada
	TIMBUNAN
521	Gerusan
522	Retak/ Penurunan/ Penggembungan
	TANAH BERTULANG
531	Penggembungan permukaan
532	Retak, rontok, atau pecah dari panel tanah bertulang
	ANGKUR – JEMBATAN GANTUNG DAN JEMBATAN KABEL
541	Tidak stabil
	KEPALA JEMBATAN DAN PILAR
551	Kepala Jembatan atau Pilar Bergerak
	LANDASAN PENAHAN GEMPA
561	Elemen longgar atau hilang
	LANDASAN/ PERLETAKAN
601	Tidak cukupnya tempat untuk bergerak
602	Kedudukan landasan yang tidak sempurna
603	Mortar dasar retak atau rontok
604	Perpindahan yang berlebihan Perubahan(Deformasi) yang berlebihan
605	Aus karena umur Landasan pecah atau retak
606	Bagian yang rusak atau hilang
607	Kurangnya pelumasan pada landasan logam
	PELAT DAN LANTAI
701	Kesalahan sambungan lantai memanjang
702	Lendutan yang berlebihan

Kode	Elemen dan Kerusakan
711	PIPA DRAINASE DINDING, PIPA CUCURAN DAN DRAINASE LANTAI Pipa cucuran dan drainase lantai yang tersumbat
712	Elemen hilang atau tidak ada
721	LAPISAN PERMUKAAN Permukaan licin Permukaan yang kasar/ berlubang
722	Retak pada lapisan permukaan
723	Lapisan permukaan yang bergelombang
724	Lapisan perkerasan yang berlebihan
731	TROTOAR/ KERB Permukaan trotoar yang licin
732	Lubang pada trotoar
733	Bagian hilang
801	SAMBUNGAN LANTAI Kerusakan sambungan lantai yang tidak sama tinggi
802	Kerusakan akibat terisnya sambungan
803	Bagian yang longgar/ Lepas ikatannya
805	Bagian yang hilang
806	Retak pada aspal karena perkerasan di sambungan lantai
901	RAMBU-RAMBU LALU-LINTAS DAN MARKA JALAN Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran
911	RAMBU-RAMBU LALU-LINTAS DAN MARKA JALAN Tulisan tidak nyata/ jelas
912	Bagian yang hilang
921	LAMPU, TIANG LAMPU DAN KABEL LISTRIK Rusaknya bahan/ Penurunan Mutu
922	Bagian yang hilang
931	UTILITAS Tidak berfungsi

6.4. Evaluasi dan Perkiraan Kondisi Teknis Jembatan

Sistem penilaian elemen untuk elemen yang rusak terdiri atas lima pertanyaan mengenai kerusakan yang ada. Pertanyaan-pertanyaan tersebut adalah:

Struktur - ditinjau dari struktur apakah kerusakan berbahaya atau tidak

- Kerusakan - apakah tingkat kerusakan parah atau tidak?
- Perkembangan (Volume) - apakah jumlah kerusakan lebih atau sama dengan 50% dari luas/volume/panjang?
- Fungsi - apakah elemen masih berfungsi?
- Pengaruh - apakah kerusakan mempunyai pengaruh terhadap elemen lain?

Nilai sebesar 1 atau 0 diberikan pada elemen sesuai dengan setiap kerusakan yang ada, menurut kriteria yang diperlihatkan pada Tabel 8.1

Tabel 6.5 Kriteria Penentuan Nilai Kondisi

Sistem Penilaian	Kriteria	Nilai
Struktur (S)	Berbahaya	1
	Tidak berbahaya	0
Kerusakan (R)	Parah	1
	Tidak parah	0
Kuantitas (K)	Lebih dari 50 %	1
	Kurang dari 50 %	0
Fungsi (F)	Elemen tidak berfungsi	1
	Elemen berfungsi	0
Pengaruh (P)	Mempengaruhi elemen lain	1
	Tidak mempengaruhi elemen lain	0
NILAI KONDISI (NK)	$NK = S + R + K + F + P$	0 - 5

Pada saat evaluasi jembatan dilakukan sebagaimana pada Form Evaluasi Kondisi Teknis Jembatan, 3 item harus diberi prioritas yaitu

- a. Fungsi dan material dari elemen penting jembatan
- b. Fungsi dan material dari elemen pendukung
- c. Daya dukung dan kondisi lalu lintas

7. Pemeriksaan Jembatan

Pemeriksaan jembatan merupakan salah satu bagian dalam Sistem Manajemen Jembatan. Pemeriksaan Jembatan bertujuan untuk rencana pemeliharaan atau peningkatan yang diperlukan oleh Jembatan tersebut di masa mendatang.

Jadi pemeriksaan jembatan mempunyai beberapa tujuan yaitu:

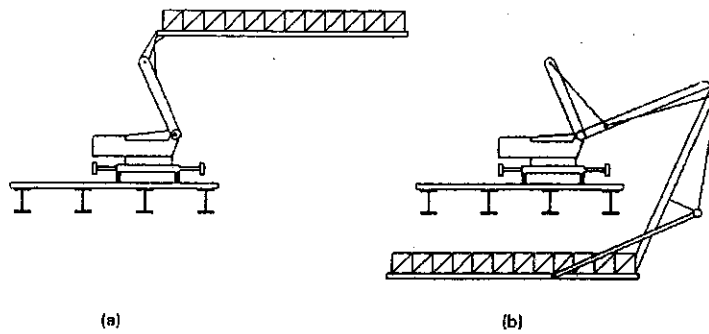
- Mendata kondisi Jembatan Sebelum Jembatan Beroperasi untuk mendapatkan Bridge Signature
- Memeriksa keamanan jembatan pada waktu jembatan masih berfungsi.
- Mencegah terjadinya penutupan lalu lintas pada jembatan.
- Mendata kondisi jembatan pada saat itu.
- Menyiapkan bahan untuk proses perencanaan, pelaksanaan dan pemeliharaan.
- Memeriksa pengaruh beban kendaraan dan jumlah kendaraan yang melintasi jembatan,
- Memantau keadaan jembatan dalam jangka waktu yang lama,
- Menyediakan informasi untuk rating pembebanan jembatan

Data dari Pemeriksaan Jembatan digunakan guna merencanakan pemeliharaan, rehabilitasi, perkuatan dan penggantian jembatan. Untuk menentukan jenis penanganan yang dibutuhkan oleh suatu Jembatan, dilakukan pemeriksaan terhadap jembatan dan fasilitas yang ada. Secara umum terdapat 5 jenis pemeriksaan yaitu

- a. Pemeriksaan Mendetail Sebelum Jembatan Beroperasi
- b. Pemeriksaan Inventarisasi
- b. Pemeriksaan Rutin
- c. Pemeriksaan Mendetail
- d. Pemeriksaan Khusus

7.1 Fasilitas untuk pemeliharaan

Pada Jembatan Pelengkung Beton, permukaan samping dan bawah dapat di monitor dan dipelihara dengan bantuan kendaraan khusus yang dilengkapi dengan lengan teleskopis sehingga mampu menjangkau lokasi di bawah dek jembatan sebagaimana disajikan pada Gambar 7.4



Gambar 7.1 Kendaraan Khusus untuk Pemeriksaan Dek jembatan

Untuk memudahkan pemeliharaan pilon jembatan yang tinggi, dapat digunakan gondola yang diletakkan di bagian atas pilon dan dapat dinaik-turunkan pada saat pemeliharaan pilon dilakukan.

Inspection path dapat digunakan untuk akses ke berbagai titik jembatan. Sejumlah jalan inspeksi utama disediakan dalam arah memanjang setiap jembatan. Inspeksi Path juga diperlukan untuk pemeliharaan bearing dan ekspansi joint.

7.1.6 Pemeriksaan Komponen Jembatan di bawah Air

Pelaksanaan pemeriksaan pondasi, bagian pile cap dan bagian pilon yang berada dibawah permukaan air hanya dapat dilakukan oleh penyelaman yang memiliki kualitas khusus dan sertifikat.

7.2 Pemeriksaan Detail Sebelum Jembatan Beroperasi

Setelah Jembatan selesai dibangun dan sebelum jembatan beroperasi melayani beban lalu lintas, pemeriksaan dan pengujian yang menyeluruh dan mendetail perlu dilakukan. Data hasil pemeriksaan dan pengujian di simpan didalam data base jembatan beserta dokumen perencanaan dan gambar as built drawing. Hasil pemeriksaan dan pengujian yang dilakukan disebut Bridge Signature atau Bridge Finger Print

Persyaratan Pemeriksaan dan Pengujian Sebelum Jembatan Beroperasi

- Pemeriksaan Detail tersebut harus dilakukan oleh pihak yang memenuhi kualifikasi.
- Pemeriksaan Detail harus dilaksanakan oleh tenaga ahli profesional dengan metode teknis yang profesional dilengkapi dengan pengujian lapangan
- Hasil pengujian dan analisis harus disampaikan dalam bentuk laporan tertulis lengkap

Item-item yang harus dilaksanakan dan diperiksa pada pengujian sebelum jembatan beroperasi

- Data yang relevant dari jembatan harus dikumpulkan seperti laporan perhitungan, design drawing, hasil pengujian material, catatan selama konstruksi.

- Pengujian beban statis dilakukan untuk mendapatkan lendutan pada bagian penting jembatan seperti di tengah bentang dan di pilon sesuai dengan standard pengujian beban yang ada.
- Pengujian beban dinamis dilakukan untuk mengukur respon dinamis dan menganalisis frekuensi alamiah serta parameter dinamik struktur, serta mengevaluasi kinerja dinamik jembatan
- Posisi dan putaran dari perletakan / bearing harus di catat dan diberi tanda
- Posisi dari seismic damper harus di catat dan diberi tanda
- Celah dan posisi dari modular expansion joint harus dicatat

7.3 Pemeriksaan Inventarisasi

Pemeriksaan Inventarisasi dilakukan pada saat awal untuk mendaftarkan setiap jembatan ke dalam database. Pemeriksaan inventarisasi juga dilaksanakan jika pada jembatan yang tertinggal pada waktu database dibuat. Selanjutnya pada jembatan baru yang belum pernah dicatat, pemeriksaan inventarisasi dilaksanakan sebagai bagian dari Pemeriksaan detail.

Pemeriksaan inventarisasi adalah pengumpulan data dasar administrasi, geometri, material dan data-data tambahan lainnya pada setiap jembatan, termasuk lokasi jembatan, penjang bentang dan jenis konstruksi untuk setiap bentang. Kondisi secara keseluruhan diberikan pada komponen-komponen utama bangunan atas dan bangunan bawah jembatan.

Pemeriksaan inventarisasi dilakukan oleh pemeriksa dari instansi yang terkait yang sudah dilatih atau oleh seorang sarjana yang berpengalaman dalam bidang jembatan

Pemeriksaan inventarisasi dilakukan sebagai berikut :

- a. Mencatat nomor, nama dan lokasi Jembatan;
- b. Mengukur dan mencatat dimensi jembatan;
- c. Mencatat jenis jembatan, lintasannya, komponen utama dan tanggal atau tahun pembangunan;
- d. Mencatat batas-batas muatan atau pembatasan fungsional lainnya;
- e. Menafsirkan dan mencatat pengaruh lebar jembatan terhadap lalu lintas;
- f. Mencatat rincian mengenai jalan memutar (detour) yang ada bilamana terjadi penutupan jembatan ;
- g. Mencatat data banjir tertinggi yang diketahui, tanggal terjadinya dan sumber informasi
- h. Mencatat apakah terdapat gambar jembatan terlaksana (As-built drawing) dan apakah jembatan merupakan jenis standar.

Penjelasan mendetail tentang Pemeriksaan Inventarisasi disajikan pada Pedoman Pemeriksaan Jembatan – Departemen Pekerjaan Umum

7.4 Pemeriksaan Rutin

7.4.1 Umum

Pemeriksaan rutin pada dasarnya didasarkan atas pengamatan visual dan dibantu dengan peralatan sederhana. Jika diketahui terdapat kerusakan-kerusakan yang minor, maka harus langsung dilakukan perbaikan. Sehingga pemeriksaan rutin dan perbaikan minor rutin dan pemeliharaan rutin dilakukan pada waktu bersamaan. Pemeriksaan rutin harus dilakukan oleh tenaga manajemen jembatan yang memiliki pengalaman mengerjakan pekerjaan serupa

7.4.2 Periode Pemeriksaan Rutin

Untuk pemeriksaan rutin, periode pemeriksaan yang tepat harus ditentukan berdasarkan jenis komponen jembatan, kondisi iklim dan kondisi lalu lintas.

- Pada tahun pertama setelah jembatan beroperasi, paling tidak 1 kali pemeriksaan harus dilaksanakan setiap bulannya.
- Setelah tahun pertama, pemeriksaan dapat dilakukan dengan selang 1 sampai 3 bulan.
- Pada kasus khusus, tenaga kerja harus ditugaskan untuk mengamati lokasi jembatan secara terus menerus.

Catatan hasil pemeriksaan rutin harus disimpan secara periodik disertai dengan catatan serta rekomendasi atas hasil pemeriksaaan. Selama periode pemeriksaan, jika ditemukan kerusakan pada peralatan dan struktur yang dapat mempengaruhi keselamatan kendaraan, penanggulangan pemeliharaan yang relevan harus dilakukan dan harus dilaporkan kepada otoritas yang berwenang.

Untuk memudahkan pelaksanaan pemeriksaaan dan pelaporan dapat digunakan Form Pemeriksaan Rutin.

7.4.3 Jenis Pemeriksaan Rutin Elemen Jembatan

Pemeriksaan rutin elemen jembatan meliputi hal-hal yang disajikan pada tabel di bawah

Tabel 7.1 Pemeriksaan Rutin

No	Elemen Jembatan	Jenis Pemeriksaan
1	Dek (Baja)	Tingkat kerataan dari finishing dek
		Karat pada material dek
		Tersumbatnya aliran air pada dek
2	Dek (Beton)	Adanya bagian dek beton yang sudah mulai terpisah, rusak, dan usang
		Retak pada material beton dek
		Tersumbatnya aliran air pada dek
3	Elemen Balok Pelengkung (baja)	Karat pada Material baja
		Kemungkinan sambungan yang longgar
		Lapisan pelindung yang terkelupas atau rusak
4	Pilon	Timbulnya retak-retak halus pada elemen beton

5	Perletakan	Elemen bearing kotor / ada elemen asing (debu) pada bagian perletakan
		Timbulnya korosi pada lapisan cat elemen perletakan
		Retak pada bagian elemen bearing
		Kemungkinan adanya proses sekrup yang tidak ketat (longgar) pada sambungan bearing
6	Modular Expansion Joint	Elemen modular expansion joint tersumbat atau rusak
7	Kabel Damper	Elemen kabel damper longgar/hilang
		Timbulnya korosi pada kabel damper
		Longgar pada sambungan pipa kabel
8	Seismic Damper	Elemen seismic damper longgar/hilang
		Timbulnya korosi pada seismic damper
		Longgar pada sambungan seismic damper
9	Pondasi	Timbulnya retak-retak halus pada elemen beton
10	Sisitim Katodik Proteksi	Apakah Anoda Korban masih ada
11	Sambungan Baut	Ada bagian baut yang longgar
12	Sambungan Las	Retak pada sambungan las
13	Curb, guardrail, dan railing	Apakah ada kerusakan ?
14	Lampu bantu aviasi, lampu navigasi, dan batang penangkal petir	Apakah berfungsi dengan baik ?

7.4.4 Peralatan dan bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan pada pemeriksaan rutin adalah sebagai berikut :

- formulir laporan pemeriksaan rutin,
- peralatan tulis menulis,
- alat pengukur jarak (Theodolit, rambu ukur, *laser distance meter* dll),
- pita pengukur 5 m dan 50 m,
- alat penentu lokasi jembatan (*GPS Receiver*, odometer kendaraan),
- alat dokumentasi (kamera, kamera video).
- papan tulis putih kecil dan spidol bukan permanen.
- kelengkapan kerja, terdiri dari :
 - helm pengaman
 - kaca mata pengaman
 - pakaian kerja (tahan air)

- sabuk keselamatan
- tanda pengaman kerja, terdiri dari :
 - kerucut (traffic cone)
 - rompi kerja
 - papan peringatan
 - Rambu Peringatan
 - Pita Kuning
 - Bendera
- unit alat penggantung, terdiri dari :
 - tangga penggantung
 - rantai
 - pengikat rantai
 - lampu penerangan / senter

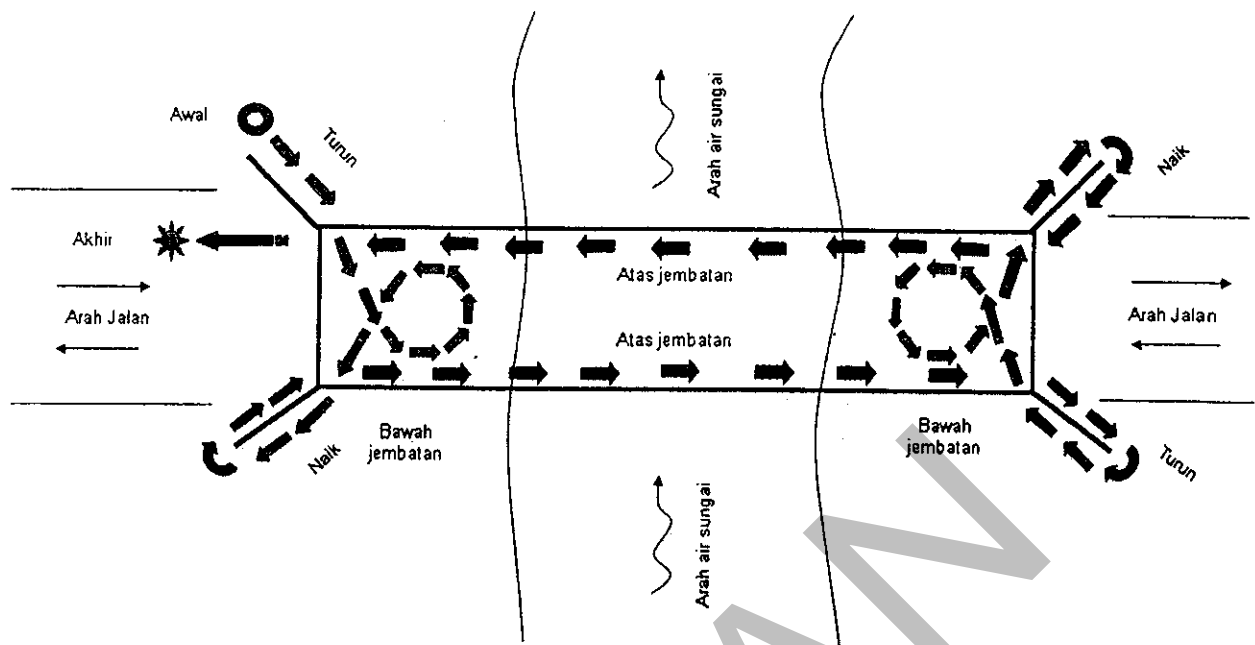
7.4.5 Urutan pemeriksaan

Setiap jembatan harus diperiksa berdasarkan urutan berikut ini :

- Tentukan identitas jembatan kemudian catat nomor jembatan dan data administrasinya
- Periksalah jembatan sesuai dengan prosedur pemeriksaan jembatan dan catat kondisi komponen utama dan komponen jembatan,
- Bila diperlukan tindakan darurat, catat alasannya,
- Bila diperlukan pemeliharaan khusus, catat alasannya.

Pemeriksa harus memotret dan membuat sketsa gambar yang menjelaskan tentang kondisi jembatan. Bila perlu, catatan dan sketsa dapat dibuat pada halaman lain dari laporan pemeriksaan rutin.

Pemeriksaan Jembatan harus dilakukan secara seksama dan sistimatis. Gambar dibawah menyajikan urutan lokasi pemeriksanaan jembatan



Gambar 7.2 Contoh Urutan Pemeriksaan Jembatan

7.5. Pemeriksaan Detail

7.5.1 Umum

Pemeriksaan Detail dilakukan dengan pengamatan visual dan diikuti dengan pemeriksaan lanjutan menggunakan peralatan yang spesifik pada elemen penting dan utama jembatan. Lingkup Pemeliharaan Detail adalah lebih luas, mendalam dan lebih detail dibandingkan dengan pemeriksaan rutin. Hasil Pemeriksaan periodik akan memberikan data kondisi teknis jembatan yang akan digunakan untuk menentukan program pemeliharaan. Salah satu data penting yang dibutuhkan adalah data dinamik Jembatan.

7.5.2 Periode Pemeriksaan Detail

Periode pemeriksaan periodik harus memenuhi aturan berikut :

- 1 tahun setelah jembatan bentang panjang beroperasi, pemeriksaan detail pertama harus dilakukan
- Siklus pemeriksaan Detail umumnya adalah 3 tahun. Ahli pemeriksa jembatan harus menentukan kapan periode pemeriksaan periodik selanjutnya dilakukan (1 – 5 tahun)
- Jika ditemukan bahwa komponen utama mengalami kerusakan Tipe 3 (kondisi buruk) dan 4 (kondisi berbahaya) dan juga jika diketahui terdapat permasalahan yang serius selama pemeriksaan, pemeriksaan khusus harus segera dijadwalkan

7.5.3 Jenis Pemeriksaan Detail Elemen Jembatan

Pemeriksaan Detail elemen jembatan yang sebaiknya dilakukan adalah sebagaimana disajikan pada tabel di bawah.

Tabel 7.2 Pemeriksaan Detail

No	Bagian Struktural	Jenis Pemeriksaan
1	Jembatan	Data Dinamik Jembatan
2	Dek (Baja)	Pemeriksaan elevasi gelagar Perubahan bentuk elemen dek baja
3	Dek (Beton)	Retak pada dek beton jembatan akibat kegagalan tulangan Retak pada material beton akibat genangan air pada permukaan dek beton Retak yang disebabkan oleh kegagalan pratekan dari pelat dek beton pratekan Lendutan pada dek jembatan
4	Elemen Balok Pelengkung (baja)	Perubahan bentuk elemen baja Karat pada elemen baja Lapisan pelindung yang terkelupas atau rusak
5	Pilon	Perubahan bentuk (deformasi) dari dimensi pilon akibat susut dan rangkak pada beton Perpindahan (displacement) pada puncak pilon
6	Perletakan	Apakah Perletakan berfungsi dengan baik Kerusakan pada padstone/ dudukan bearing Perpindahan pada elemen perletakan dari desain rencana
7	Modular Expansion Joint	Perubahan bentuk pada expansion joint
8	Seismic Damper	Deformasi pada ring seismic damper
9	Pondasi	Perubahan bentuk (deformasi) dari dimensi pondasi akibat susut dan rangkak pada beton
10	Sistim Proteksi Katodik	Apakah Sistim proteksi Katodik Masih Berfungsi
11	Sambungan Baut	Periksa perlindungan baut terhadap korosi
12	Sambungan Las	Periksa perlindungan las terhadap korosi
13	Curb, guardrail, dan railing	Apakah ada kerusakan ?
14	Lampu bantu aviasi, lampu navigasi, dan batang penangkal petir	Apakah berfungsi dengan baik ?

7.5.4 Peralatan dan bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan pada pemeriksaan periodik adalah sebagai berikut:

- Formulir Laporan Pemeriksaan Periodik,
- kertas untuk gambar dan catatan,
- alas papan untuk menulis,
- pena, pensil dan penghapus,
- alat dokumentasi (kamera, kamera video),
- kalkulator,
- alat penentu lokasi jembatan (*GPS Receiver*, odometer kendaraan),
- alat pengukur jarak (Theodolit, rambu ukur, *laser distance meter* dll),
- pita pengukur 5 m dan 50 m,
- papan tulis putih kecil dan spidol bukan permanen (untuk menampilkan nama dan nomor jembatan dalam foto),
- teropong,
- lampu senter dan baterai,
- kapur untuk menulis,
- alat pembersih rumput dan tanaman liar (parang),
- sekop,
- palu,
- pelampung dan batu duga,
- sikat baja,
- sapu kecil,
- kaca,
- pisau saku,
- busur derajat,
- pengukur lebar retak,
- penggaris, penggaris segitiga siku
- jangka lengkung ke dalam dan ke luar,
- tangga.

Peralatan Tambahan (sesuai dengan kebutuhan):

- perahu,
- sepatu bot tinggi dan tahan air,
- seperangkat peralatan panjat tebing (*climbing equipment*),
- perancah (*scaffolding*).

Peralatan Keamanan/Keselamatan:

- rompi,
- topi pengaman,
- sarung tangan,
- tanda/rambu,
- kerucut lalu lintas,
- tali pengaman (*safety harness*),
- rompi pelampung,

- masker,
- kacamata pengaman.

7.5.5 Urutan pemeriksaan

Urutan pemeriksaan jembatan adalah sebagai berikut:

- Pastikan lokasi jembatan dan catat data administrasi pada Form Pemeriksaan Periodik, isi nama jembatan, lokasi, kabupaten/kota, dan seterusnya.
- Periksa secara sistematis jembatan yang bersangkutan dari fondasi sampai dengan lantai kemudian catat elemen-elemen beserta kerusakannya, lokasi elemen yang rusak dan nilai kondisinya, pada formulir pemeriksaan.
- Tentukan nilai kondisi elemen pada tingkat yang lebih tinggi sesuai dengan keperluan, dan catat ke dalam formulir pemeriksaan periodik.
- Apabila diperlukan suatu pemeriksaan khusus atau tindakan darurat, catat pada halaman formulir pemeriksaan periodik dan sebutkan alasannya.
- Apabila ada data lain yang diperlukan, catat pada halaman gambar dan foto dalam formulir pemeriksaan detail.

Pemeriksa harus memotret dan membuat sketsa gambar untuk lebih memperjelas laporan. Pemeriksaan Jembatan harus dilakukan secara seksama dan sistimatis sebagaimana disajikan pada Gambar 7.2

7.6 Pemeriksaan Khusus

Pemeriksaan khusus biasanya disarankan oleh pemeriksa jembatan pada waktu pemeriksaan detail karena pemeriksa merasa kurangnya data, pengalaman atau keahlian untuk menentukan kondisi jembatan.

Pemeriksaan khusus juga dilakukan untuk mengamati dan memeriksa jembatan pada kasus darurat dimana ditemukan kerusakan pada struktur jembatan atau jika hasil pemeriksaan pada bagian utama jembatan menunjukkan terjadinya kerusakan pada saat operasi maupun konstruksi.

Pemeriksaan khusus harus dilakukan berdasarkan tipe struktur jembatan, besar dan jenis kerusakan dengan menggunakan instrumen dan peralatan yang tepat, dengan metode pemeriksaan dan analisis yang khusus seperti, site exploration, pengujian lapangan untuk memeriksa tingkat kerusakan dan daya dukung jembatan, mendefinisikan kondisi teknis jembatan dan menemukan penyebab dari kerusakan tersebut serasi untuk menentukan metode perbaikan seperti perkuatan, peningkatan serta perbaikan yang tepat

Pemeriksaan khusus dilakukan pada kasus berikut

- a. Ketika jembatan bentang panjang mengalami bencana alam, seperti banjir, tabrakan oleh kapal, slope sliding, gempa, kebakaran dan sebagainya
- b. Sebelum dan sesudah kendaraan dengan muatan berlebih melewati jembatan

- c. Ketika selama pelaksanaan pemeliharaan periodic/berkala sangat susah untuk menilai penyebab dan tingkat kerusakan jembatan
- d. Ketika tingkat pembebanan jembatan ingin/perlu ditingkatkan
- e. Jika kerusakan yang terjadi adalah serius atau pada kondisi teknis yang berbahaya
- f. Ketiga masa layan jembatan ingin diperpanjang melebihi umur rencana

Persyaratan Pemeriksaan Khusus

- d. Pemeriksaan khusus harus dilakukan oleh perusahaan yang memenuhi kualifikasi.
- e. Pemeriksaan khusus harus dilaksanakan oleh tenaga ahli profesional dengan metode teknis yang profesioan dilengkapi dengan pengujian lapangan dan laboratorium untuk analisis yang mendetail dan komprehensif.
- f. Hasil pengujian dan analisis harus disampaikan dalam bentuk laporan tertulis lengkap

Item-item yang harus diperiksa pada pengujian khusus adalah

- Data yang relevant dari jembatan cable stayed harus dikumpulkan seperti laporan perhitungan, design drawing, hasil pengujian material, catatan selama konstruksi, rekaman perawatan dan pemeliharaan, laporan-laporan hasil pemeriksaan periodik dan khusus sebelumnya
- Pemeriksaan yang lengkap dan menyeluruh perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil obeservasi lengkap mengenai kerusakan, menguji komponen dan kinerja dari material, serta kondisi hidrologi dan geologi
- Verifikasi struktur harus dilakukan sesuai dengan dimensi aktual dilapangan, berkurangnya luasan, kekuatan serta modulus elastic aktual material, daya dukung actual pondasi, kondisi hidrologi serta spesifikasi dan standard terkini.
- Pengujian beban statis perlu dilakukan
- Pengujian beban dinamis perlu dilakukan untuk mengukur respon dinamis dan menganalisis frekuensi alamiah serta parameter dinamik struktur, serta mengevaluasi kinerja dinamik tersebut apakah masih meenuhi keselamatan dan kenyamanan pengguna jembatan
- Dari kelima item diatas, item pertama adalah mandatory; sedangkan item ke 4 dan ke 5 bersifat optional

Laporan hasil pemeriksaan khusus harus meliputi

- a. Deskripsi secara umum termasuk informasi dasar tentang jembatan, organisasi kerja, waktu pelaksanaan, latar belakang, serta bagan alir pelaksanaan kegiatan
- b. Deskripsi dari kondisi teknis terkini, termasuk hasil site investigasi, jenis pengujian serta metodenya, hasil pengujian dan analisisnya serta perkiraan /assessment kondisi teknis jembatan
- c. Penjelasan detail mengenai penyebab dan tingkat kerusakan, serta usulan perbaikan secara umu, peningkatan serta perkuatan

- d. Pada kasus dimana hasil pemeriksaan khusus menyatakan bahwa jembatan tidak memenuhi persyaratan, beban dan kecepatan kendaraan harus dibatasi dan lalu lintas harus ditutup sebelum perbaikan dan perkuatan dilaksanakan, serta perubahan kondisi struktur harus di monitor secara terus menerus.

SALINAN

8. Pemeliharaan Jembatan

8.1 Prinsip Dasar, Tujuan, dan Lingkup Pemeliharaan

Prinsip Pemeliharaan Jembatan Bentang Panjang adalah sebagai berikut :

- a. Mencegah terlebih dahulu
- b. Kombinasi Pencegahan dan Perawatan dengan penekanan pada daya dukung dari struktur dan pemeliharaan dek jembatan

Tujuan dari manajemen Pemeliharaan Jembatan Bentang Panjang adalah sebagai berikut

- a. Menjaga jembatan dalam kondisi sehat dan beroperasi dengan lancar.
- b. Meminimalkan kerusakan pada jembatan. Begitu terjadi kerusakan, pekerjaan perbaikan harus segera dilakukan
- c. Menjaga agar tidak terdapat halangan pada jembatan dan memaksimalkan kapasitas lalu lintas
- d. Menjaga jembatan dalam kondisi yang bagus secara teknis. Meningkatkan kemampuan untuk menahan aksi lingkungan/bencana
- e. Memperpanjang keselamatan dan umur pakai jembatan sampai maksimum
- f. Mendapatkan informasi tentang kondisi dari setiap komponen jembatan.
- g. Mengumpulkan data teknis dan manajemen akan diperlukan sebagai dasar untuk pemeliharaan dan penggantian serta perkuatan di masa mendatang.

Persyaratan Manajemen Pemeliharaan Jembatan Bentang Panjang

- a. Kombinasi dari pencegahan, pemeliharaan dan perawatan dengan mengkombinasikan pemeliharaan rutin harian dan pemeliharaan secara umum
- b. Perencanaan dan persiapan harus disiapkan untuk setiap pemeliharaan dan untuk mengurangi bahaya.
- b. Penyiapan dan peningkatan Regulasi Pemeliharaan Jembatan Bentang Panjang disertai dengan pengorganisasian tim profesional untuk pemeliharaan jembatan serta penyusunan file data jembatan yang komprehensif

Lingkup dari Manajemen pemeliharaan Jembatan Bentang Panjang meliputi

- a. Pemeriksaan kondisi teknis
- b. Keberadaan dan pengembangan file data teknis jembatan termasuk dokumen disain, pengujian pada saat pelaksanaan, data perawatan jembatan, pemeliharaan dan perkuatan
- c. Perlindungan terhadap komponen utama jembatan
- d. Pemeliharaan dan perbaikan rutin dari komponen utama Jembatan

Jenis dari perawatan dan pemeliharaan Jembatan Bentang Panjang meliputi

- a. Pemeliharaan Rutin dan Perbaikan Minor

Perawatan pencegahan harus dilakukan pada jembatan dan semua fasilitas yang ada. Jika ditemukan bagian yang mengalami kerusakan kecil harus segera diperbaiki. Aktivitas ini disebut Pemeliharaan Rutin

b. Pemeliharaan periodik/berkala (membongkar, memeriksa dan memperbaiki)

Lapis permukaan jembatan serta kerusakan lokal pada jembatan dan fasilitas lainnya harus diperbaiki dan diperkuat agar kondisinya kembali ke semula. Aktivitas ini harus dilakukan secara Periodik/Berkala sesuai dengan rencana pemeliharaan.

c. Overhaul comprehensive

Secara periodik, overhaul comprehensive harus dilakukan untuk membuat jembatan benar-benar berada pada kondisi sesuai perencanaan atau perbaikan lokal dapat dilakukan sesuai dengan kondisi teknis yang direncanakan semula untuk meningkatkan kapasitas lalu lintasnya. Aktivitas ini harus dilakukan setiap 10 – 15 tahun sebagai program tahunan yang disetujui oleh Pemilik Jembatan

d. Peningkatan (improving atau upgrading)

Kondisi/grade teknis jembatan perlu ditingkatkan jika jembatan dan fasilitas yang ada tidak lagi memenuhi kebutuhan lalu lintas. Tipe pekerjaan ini harus dilaksanakan berdasarkan hasil perencanaan kembali dan pelelangan kembali. Aktivitas ini berada diluar tanggung jawab Tim pemeliharaan Jembatan

e. Perbaikan dan perkuatan darurat

Pada kasus dimana terjadi kerusakan akibat bencana alam, kecelakaan lalu lintas, kerusakan akibat ulah manusia, maka jembatan beserta fasilitasnya harus segera diperbaiki segera untuk menjamin keselamatan pengguna jembatan. Pada kasus dimana jembatan dan fasilitasnya tidak dapat dikembalikan kondisinya dengan perbaikan, maka tim khusus perlu dibentuk dan ditugaskan untuk mereview dan menyiapkan rencana perbaikan yang diperlukan

8.2 Pemeliharaan Rutin dan Perbaikan Minor

8.2.1. Umum

Pemeliharaan Rutin/Berkala pada dasarnya menjaga jembatan dalam keadaan seperti semula dan mencakup beberapa pekerjaan yang berulang, yang secara teknis cukup sederhana. Pemeliharaan rutin harus dimulai pada waktu jembatan selesai dibangun (jembatan masih dalam keadaan baru) dan dilanjutkan seumur jembatan tersebut. Hal ini merupakan suatu pengalokasian dana yang efektif dalam hal pemeliharaan.

Pemeliharaan Rutin Jembatan biasanya dimasukkan dalam pekerjaan Pemeliharaan rutin jalan dan dilaksanakan bersamaan dengan pemeliharaan rutin jalan tersebut. Lingkup pekerjaan pemeliharaan rutin jembatan adalah sebagai berikut:

- Pembersihan secara umum
- Membuang tumbuhan liar dan sampah
- Pembersihan dan melancarkan
- Penanganan kerusakan ringan drainase

- Pengecatan sederhana
- Pemeliharaan permukaan lantai kendaraan

8.2.2. Pelaksanaan Pembersihan

Jembatan harus dibersihkan dengan baik dan tepat untuk menjamin bahwa penumpukan kotoran tidak akan menyebabkan kerusakan elemen jembatan atau jembatan secara keseluruhan dikemudian hari.

Kegiatan pembersihan mencakup:

- Membersihkan tanah, kerikil, pasir dan sebagainya dari tempat-tempat yang seharusnya tidak ada dan yang mungkin mempunyai pengaruh yang membahayakan
 - Semua drainase
 - Lantai dan siar muai (*Expansion joint*)
 - Daerah sekitar perletakan/landasan dan siar muai (*expansion joint*)
 - Semua komponen rangka yang menahan kotoran dan sampah tiang sandaran dan sandarannya
 - Gelagar memanjang dan melintang
 - Bagian atas balok kepala
 - Lubang suling-suling di kepala jembatan
 - Pembersihan sampah-sampah yang masih sedikit di bagian aliran sungai
- Pembersihan tumbuhan liar, terutama pada daerah perletakan/landasan dan siar muai (*expansion joint*), pada dinding batu atau beton dan sekitar struktur kayu. Pembersihan tersebut harus dilakukan pada daerah kurang lebih 3 meter dari setiap sisi jembatan. Pada setiap pekerjaan pembersihan harus diingat adanya pengaruh yang mungkin terjadinya erosi yang disebabkan oleh pembabatan tumbuhan yang ada.
- Membersihkan/mencuci tanda-tanda lalu lintas, papan nama jembatan dan sandaran yang dicat.

Pada umumnya kegiatan tersebut diatas dilaksanakan dengan menggunakan sapu atau sekop. Untuk membersihkan tumbuhan dapat dipakai parang pembabat, kapak dan/atau gergaji.

8.2.3. Pengecatan sederhana

Pengecatan-pengecatan sederhana atau sedikit pada sandaran dan parapet tercakup dalam pemeliharaan rutin.

3.2.4. Penanganan Kerusakan pada Permukaan Jalan

Pemeliharaan Permukaan Jalan terdiri dari penambalan lubang-lubang dan perbaikan kerusakan lapisan aspal pada jembatan serta jalan pendekatnya. Dan hal ini pada dasarnya merupakan kelanjutan dari pekerjaan pemeliharaan jalan.

8.3. Pemeliharaan Berkala

8.3.1. Umum

Pemeliharaan berkala adalah usaha untuk menjaga jembatan tetap dalam kondisi dan daya layan yang baik setelah pembangunan yang mencakup beberapa kegiatan yaitu

- Kegiatan pemeliharaan berkala yang diduga
- Perbaikan sederhana

Kegiatan pemeliharaan berkala diduga mencakup hal-hal sebagai berikut:

- Pengecatan ulang
- Penggantian lapisan permukaan
- Pembersihan jembatan secara keseluruhan
- Pemeliharaan peletakan/landasan
- Penggantian siar muai (expansion joint)

Perbaikan sederhana mencakup hal-hal :

- Penggantian bagian-bagian kecil dan elemen yang kecil
- Perbaikan tiang dan sandaran
- Perkuatan bagian-bagian yang bergerak
- Perkuatan bagian yang struktural
- Perbaikan tebing yang longsor dan terkena erosi
- Perbaikan bangunan pengaman yang sederhana

8.3.2. Pemeliharaan Berkala yang Terencana

8.3.2.1. Pengecatan

Kegiatan pengecatan dilakukan dengan maksud:

- Melindungi bagian-bagian baja terhadap karat
- Memberi tanda pada elemen tertentu
- Mengarahkan lalu-lintas
- Melindungi kayu terhadap pembusukan dan serangga
- Melindungi beton terhadap kelembaban

8.3.2.2. Penggantian Lapisan Aspal Permukaan

Lapisan permukaan jalan pada jembatan memerlukan penggantian secara berkala. Permukaan aspal yang berada diatas lantai baja atau lantai beton akan tahan sekitar 5 tahun sampai 8 tahun sebelum memerlukan penggantian. Lapisan aspal permukaan sebaiknya

dikupas terlebih dulu dari lantai sebelum lapisan yang baru dipasang. Ketebalan lapisan aspal tidak boleh melebihi 50 mm.

8.3.2.3. Pembersihan Utama

Pembersihan utama suatu struktur akan memerlukan pembersihan yang memakai sistem pembersihan dengan air bertekanan tinggi, lebih disukai apabila alat tersebut dapat dipindah-pindah dengan truk. Daya tekan semprotan tersebut disarankan mempunyai tekanan hingga 35.000 kPa.

Volume pekerjaan pembersihan tidak selalu sama antara jembatan yang satu dengan jembatan yang lain tetapi pada umumnya, mencakup pembersihan bagian luar gelagar, flens gelagar dimana banyak kotoran yang menumpuk, dudukan perletakan/landasan dan bagian lain yang tidak dapat terjangkau pada waktu diadakan pemeliharaan rutin.

Jenis pekerjaan ini mungkin memerlukan tangga/perancah dan sebaiknya kelompok pekerja pemeliharaan ini dilengkapi dengan tangga.

8.3.2.4. Landasan/perletakan

Landasan harus dibersihkan dengan baik dari tumbuh-tumbuhan, lumut dan kotoran. Pencucian, penyikatan dan penggosokan hendaknya dilakukan apabila diperlukan. Jenis landasan yang bergerak sebaiknya diberi pelumas setiap 3 tahun sekali dan banyak jembatan yang memerlukan tangga atau peralatan lainnya untuk melakukan jenis pekerjaan ini.

Bagian nipel atau lubang guna pelumasan seringkali tersumbat atau rusak, maka bagian tersebut diganti agar pelumas dapat dipompakan dengan efektif ke dalam nipel tersebut sampai dibagian ujung yang lain.

Landasan tersebut perlu diberi pelumasan tetapi hendaknya tidak berlebihan atau secukupnya saja sehingga jangan sampai menutupi masalah yang akan timbul (sebelum pelumasan berikutnya) dan menghalangi pendeteksian pada pemeriksaan berikutnya

8.3.3. Perbaikan ringan

8.3.3.1. Perbaikan dan Penggantian Bagian-bagian Kecil

Perbaikan dan Penggantian bagian-bagian kecil dilaksanakan apabila diperlukan agar bagian bagian kecil/sekunder tersebut dapat kembali berfungsi sebagaimana mestinya.

8.3.3.2. Membersihkan/memperbaiki Bagian-bagian yang Bergerak

Bagian-bagian yang bergerak perlu dibersihkan atau diperbaiki agar bagian tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik. Agar bagian tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik biasanya diberi pelumasan yang teratur dengan jenis gemuk berat setelah dibersihkan terlebih dulu.

8.4 Peralatan Pemeliharaan Jembatan

Beberapa peralatan yang digunakan untuk Pemeliharaan Jembatan antara lain :

- a. Unit Mobil, terdiri dari :
 - Truk
 - Tangki Air
 - Boks Alumunium
 - Pompa Air
- b. Sumber Daya Listrik, terdiri dari :
 - Generator Listrik 10 kVa
 - PTO (Power Take Off)
 - Boks Panel
- c. Kelengkapan kerja, terdiri dari :
 - Helm pengaman
 - Kaca mata pengaman
 - Pakaian Kerja (Tahan Air)
 - Sabuk Keselamatan
- d. Unit alat pemeliharaan, terdiri dari :
 - Alat Semprot Bertekanan (Water Pressure)150 bar
 - Mesin Potong Rumput
 - Selang Panjang.
 - Kabel Rol
 - Nosel semprot panjang (Spray Gun)
- e. Unit pengecatan, terdiri dari
 - Kompresor
 - *Sprayer*
 - Kuas
- f. Alat bantu kerja, terdiri dari :
 - Tangga Alumunium
 - Sekop
 - Cangkul
 - Sendok Semen
 - Pita Ukur (5 m & 50 m)
 - Alat Ukur
 - Pengukur Lebar Retak
 - Lampu Senter

- Tali Plastik
- Sikat Baja
- Sabit Pemotong
- Golok
- Ember Plastik
- Tang Jepit & Pemotong
- Obeng (Screw Driver)
- Linggis
- Troli dorong
- Kereta Dorong
- g. Tanda Pengaman Kerja, terdiri dari :
 - Kerucut (Traffic Cone)
 - Rompi Kerja
 - Papan Peringatan
 - Rambu Peringatan
 - Pita Kuning
 - Bendera
- h. Unit Alat Penggantung, terdiri dari :
 - Tangga Penggantung
 - Rantai
 - Pengikat Rantai
 - Lampu Penerangan
- i. Monitoring, terdiri dari :
 - Komputer Portabel (Laptop PC)
 - Kamera digital
 - Kamera Video (Handycam)
 - Nat Tulis
- j. Peralatan Pemeriksaan Khusus:
 - Peralatan Pengukur Data Dinamik Jembatan,
 - Peralatan Pengukur Perpindahan pada Pilon,
 - Peralatan Pengukur Geometrik Jembatan
 - Hammer test
 - Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

8.5 Pengujian dan Perkiraan Kondisi Teknis serta Daya Dukung jembatan

8.5.1 Pengujian Kondisi Teknis Jembatan

Selama pemeriksaan periodik/berkala dan pemeriksaan khusus, khususnya pada kasus perbaikan medium/sedang dan overhauling sedang dilaksanakan, kondisi teknis jembatan bentang panjang perlu di uji. Item-item untuk pemeriksaan kondisi teknis akan berbeda-beda sesuai dengan jenis struktur yang digunakan.

Secara umum pengujian yang dilakukan meliputi

- a. Pengujian *axis line* dari pilon dan girder utama jembatan
- b. Pengujian retak dan kemekaran/efflorescence dari pilon dan dek slab beton. Pemeriksaan akan dilakukan terutama untuk retak-retak pada beton, pemekaran beton, karat pada tulangan, kekencangan dari sambuanga baut mutu tinggi pada sambuanga baja, sambuanga las, retak-retak dan pemekaran pada permukaan pada pertemuan antara struktur baja dan pelat lantai beton
- c. Pemeriksaan lapis permukaan jembatan, perletakan, *expansion joint*, sistim drainase, *guardrail*, penangkal petir dan fasilitas lainnya
- d. Pengujian self-vibration *characteristic* dan tingkat getaran dari jembatan

8.5.2 Pengujian dan Perkiraan Daya dukung Jembatan

Pada kasus-kasus berikut, daya dukung jembatan perlu dievaluasi

- a. Setelah jembatan beroperasi beberapa tahun dengan disertai dengan program pemeliharaan dan perawatan yang direncanakan, kapasitas daya dukung jembatan perlu dievaluasi
- b. Setelah terjadi kejadian darurat seperti tabrakan kapal, tabrakan kendaraan, gempa bumi, taifun, maka daya dukung jembatan perlu di periksa
- c. Ketiga jembatan diperkuat, ditingkatkan/upgrade
- d. Ketika kendaraan dengan beban berlebih rencana akan melewati jembatan. Hanya jika daya dukung jembatan masih memenuhi, kendaraan tersebut boleh melewati jembatan

Metode Pemeriksaan kapasitas daya dukung jembatan adalah sebagai berikut

- Untuk jembatan panjang yang sedang beroperasi, jika tidak dimungkin melakukan pengujian beban, kapasitas daya dukung jembatan dapat dievaluasi dengan perhitungan dan analisis. Pertama-tama untuk komponen penting dan utama dari jembatan dilakukan investigasi tekni dengan menggunakan peralatan dan instrumen yang perlu untuk, mendapatkan data bentang, kekuatan material, retak, tingkat korosi, perpindahan pilon, balok, dan perletakan. Selanjutnya perhitungan dibuat sesuai dengan spesifikasi. Setelah itu daya dukung dan persyaratan kelayanan jembatan harus dianalisis dan dievaluasi secara komprehensif
- Uji beban merupakan metode langsung dan paling bisa diandalkan untuk mendapatkan daya dukung jembatan. Secara umum, besarnya beban uji harus sesuai atau ekuivalen

dengan beban lalu lintas standars. Untuk jembatan yang mengalami kerusakan, uji beban harus dilaksanakan pada bentang yang rusak atau bagian yang mengalami kerusakan untuk menetapkan reduksi terhadap kapasitas daya dukung jembatan akibat kerusakan yang terjadi.

- Pada jembatan tanpa loading test, secara umum penyesuaian kondisi teknis jembatan dan perhitungan teoritis harus dilakukan dan hasilnya dibandingkan dengan hasil pengukuran di lapangan untuk mendapatkan penilaian yang dapat dipercaya.

Komponen dari pemeriksaan kapasitas daya dukung jembatan adalah sebagai berikut

- Investigasi dari kondisi teknis dan perhitungan teoritis

Kondisi teknis dari setiap elemen dari jembatan dan sejarah pembebanan harus di review dan diinvestigasi. Jika diperlukan dilakukan pengukuran langsung dengan alat yang sesuai untuk mendapatkan data seperti panjang bentang, dimensi penampang penting, elevasi jembatan, kekuatan material, retak, penurunan pondasi, gaya dan perpindahan dari pilon, balok, cable dan perletakan. Perhitungan struktur harus dilakukan sesuai dengan file teknis, data, dan spesifikasi untuk mendapatkan kapasitas daya dukung jembatan

- Uji beban

Untuk jembatan bentang panjang, uji beban harus dilakukan. Pada jembatan bentang panjang dimana ditemukan banyak retakan dan perlemahan dari penampang, akan terdapat ketidakpastian dari hasil perhitungan. Karena itu metode paling andal adalah dengan Uji beban. Jika kendaraan dengan beban berlebih akan melewati jembatan, uji simulasi harus dilakukan untuk mendapatkan data akurat dari kapasitas daya dukung jembatan. Uji beban harus mendapatkan data tegangan, lendutan serta perilaku dinamik jembatan. Untuk struktur beton dengan banyak retakan, pengukuran kekuatan aktual harus dilakukan

- Evaluasi kondisi teknis dan perkiraan kapasitas daya dukung

Berdasarkan evaluasi atas kondisi teknis jembatan, perhitungan kapasitas daya dukung dan data hasil uji beban, akan didapat tiga macam analisis dan kesimpulan sebagai berikut

Jika kondisi teknis adalah bagus dan kapasitas daya dukung memenuhi tingkat beban yang lewat, maka jembatan dapat dioperasikan sesuai beban rencana dan pemeliharaan normal serta perbaikan ringan sesuai keperluan dapat dilakukan

Jika kondisi teknis jembatan adalah jelek akan tetapi daya dukung memenuhi persyaratan tingkat beban, maka Tingkat beban harus dikurangi. Kecepatan Beban yang lewat harus dibatasi. Tingkat batasan beban ditentukan berdasarkan perhitungan teoritis dan analisis dari hasil uji beban. Sementara itu perbaikan medium dan rencana perbaikan mayor serta langkah perkuatan harus disiapkan

- Penyimpanan dokumen hasil perkiraan daya dukung jembatan

Pemeriksaan daya dukung jembatan, data asli yang terkait dengan pemeriksaan kapasitas daya dukung, serta dokumen teknis lainnya harus disimpan beserta data-data berikut

- Formulir pemeriksaan rutin

- Hasil dari pemeriksaan khusus
- Verifikasi dari kapasitas daya dukung serta catatan hasil uji beban, laporan-laporan, komentar serta usulan perbaikan/peningkatan/perkuatan.

8.6 Perawatan dan Pemeliharaan Struktur Bawah

8.6.1. Pondasi

Pemeliharaan dan perbaikan minor dari pondasi adalah sebagai berikut

- a. Dasar laut/sungai 50 sampai 100 m di arah hulu dari jembatan harus stabil. Di lokasi tersebut aktivitas seperti pelaksanaan kontruksi, penggalian pasir, pengambilan bahan galian, dan peledakan tidak boleh dilakukan
- b. Jika akan dilakukan pemasangan pipa dibawah tanah, pembuatan berbagai jenis sumur atau struktur dibawah tanah lainnya disekitar tepi pile cap, harus dilakukan analisis dan perhitungan terlebih dahulu, dan dilakukan perkuatan jika diperlukan. Setelah selesai, galian harus ditimbun kembali.

Perbaikan dan perkuatan dari pondasi harus memenuhi persyaratan berikut

- a. Enam bulan setelah jembatan beroperasi, penggerusan dan ke dalam penggerusan yang terjadi disekitar pondasi harus diukur dan data tersebut harus disimpan. Setelah kedalaman scouring stabil, data tersebut harus disampaikan kepada perencana untuk menentukan apakah diperlukan penimbunan atau tidak.
- b. Setelah scouring stabil, kedalaman scouring harus di ukur sekali dalam 1 tahun dan data tersebut harus disimpan. Jika diketahui terdapat perubahan besar terhadap kedalaman skuring, data tersebut harus disampaikan kepada designer untuk menentukan apakah diperlukan penimbunan atau tidak.

8.6.2 Sistim Proteksi Katodik

Pada Jembatan yang terletak di daerah yang korosif, pondasi yang terbuat dari pipa baja yang digunakan umumnya dilengkapi dengan sistim perlindungan korosi baik berupa Pelapisan maupun dengan Sistim Proteksi Katodik. Efektifitas proteksi katodik memungkinkan baja karbon untuk digunakan dalam lingkungan yang sangat korosif seperti air laut atau tanah dengan tingkat keasaman yang tinggi.

Sistim Proteksi katodik adalah suatu sistim yang menggunakan sel elektrokimia untuk mengendalikan korosi dengan mengkonsentrasikan reaksi oksigen pada sel galvanik dan menekan korosi pada katoda dalam sel yang sama. Pada proteksi katodik, logam yang akan dilindungi dijadikan katoda dan reaksi oksidasi terjadi di anoda. Anoda adalah elektroda tempat berlangsungnya reaksi oksidasi sedangkan katoda adalah tempat berlangsungnya reaksi reduksi.

Dalam perancangan yang tepat laju oksidasi pada logam yang dilindungi dapat ditekan sehingga laju oksidasi tersebut dapat diabaikan. Jika hal itu terjadi maka dapat dikatakan proteksi katodik telah efektif. Proteksi katodik tercapai dengan menyuplai elektron ke struktur logam yang dilindungi. Hubungan di atas menunjukkan bahwa penambahan

elektron ke struktur akan menekan penguraian logam dan meningkatkan laju pembentukan hidrogen.

Jika arus mengalir dari kutub (+) ke (-), maka struktur terlindungi. Jika arus memasuki struktur/logam melalui elektrolit, maka sebaliknya. Konvensi arus ini diadopsi dalam teknologi proteksi katodik. Sistem proteksi katodik mensyaratkan adanya anoda, katoda, serta elektrolit yang menghubungkan keduanya sehingga membentuk sirkuit listrik.

Proteksi katodik tidak dapat bekerja pada struktur yang terekspos di lingkungan udara bebas (atmosfer) karena udara merupakan elektrolit lemah yang menghambat terjadinya aliran arus dari anoda ke katoda.

Adapun jenis proteksi katodik ada dua yaitu :

- Anode yang dikorbankan (sacrificial anode) atau sistem pasif.
Sacrificial Anode menggunakan bahan logam jenis aluminium (Al) atau zinc (Zn). Logam ini sering digunakan pada sistem proteksi katodik, walaupun pada beberapa kasus juga digunakan logam magnesium (Mg).
- Arus Tanding (impressed Current) atau sistem aktif.
Impressed Current yaitu menggunakan arus listrik sebagai ganti dari penggunaan anoda, oleh karena itu sistem ini membutuhkan sumber listrik yang biasanya di supply dari sumber DC (DC supply). Bahan logam yang ingin dilindungi biasanya harus di cat (coating) terlebih dahulu. Sistem ini juga membutuhkan perawatan dan pengawasan secara berkala dan terus menerus untuk memastikan sistem ini bisa digunakan untuk masa waktu yang sangat lama.

Sistem Proteksi Katodik merupakan sesuatu sistem yang bekerja secara dinamis sepanjang siang dan malam hari, di cuaca hujan maupun panas dan dalam kondisi kering maupun tergenang air. Sistem Proteksi Katodik dapat bekerja untuk permukaan baja yang ditanam didarat maupun dibawah air. Tanpa membedakan apakah sistem yang di-aplikasikan itu Sacrificial Anode ataupun Impressed Current. Kerja yang dinamis secara elektrokimia pada baja itu dapat berubah atau berfluktuasi karena faktor internal dalam sistem proteksi maupun oleh faktor eksternal yang ada disekitar baja itu sendiri.

Faktor internal yang menjadi variabel perubahan tergantung pada jenis Proteksi Katodik yang kita terapkan pada baja. Variabel perubahan pada Proteksi Katodik Anoda Korban (Sacrificial Anode Cathodic Protection) berbeda dengan Proteksi Katodik Arus Tanding (Impressed Current Cathodic Protection). Untuk sistem Proteksi Katodik Arus Tanding perubahan supply arus proteksi dapat diakibatkan oleh fluktuasi suplai listrik yang keluar dari rectifier, perubahan tahanan listrik pada sistem proteksi akibat proses 'aging' pada kabel, akibat perubahan tahanan lingkungan disekitar baja atau karena menurunnya kinerja rectifier.

Untuk Proteksi Katodik Anoda Korban, perubahan kinerja proteksi dapat terjadi akibat mengecilnya ukuran anoda korban karena terlarut kedalam lingkungan atau karena perubahan pada resistifitas tanah disekitar pipa akibat interaksi tanah dengan perubahan cuaca, atau berubahnya resistifitas 'backfill' disekeliling anoda korban akibat tingginya

diffusi unsur-unsur luar kedalam backfill. Perubahan lingkungan disekitar baja dapat juga disebabkan oleh pencemaran atau modifikasi yang dilakukan secara sadar oleh manusia. Pada umumnya, perubahan kinerja Proteksi Katodik Anoda Korban berupa penurunan suplai arus proteksi yang berakibat pada penurunan potensial proteksi baja. Halmana berakibat pada penurunan kinerja proteksi yang berarti tidak maksimalnya perlindungan baja terhadap serangan korosi.

Pemeliharaan Proteksi bertujuan untuk menjamin bahwa Anoda Korban selalu terhubung dengan baja yang dilindungi dan dengan dimensi yang memadai dan sistim bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Pemeriksaan terhadap kondisi Anoda Korban harus dilakukan secara berkala.

Jika Anoda Korban telah habis, maka harus segera diganti dengan yang baru.

Untuk menjamin bahwa pondasi baja selalu terlindungi dari korosi, maka diperlukan pemeliharaan yang menerus terhadap sistim proteksi katodik yang digunakan.

Pemeliharaan sistim Arus Tanding / Impressed Current System adalah sebagai berikut

- (a) Harus dilakukan pemeriksaan rutin bulanan meliputi hal-hal berikut
 - Voltase dari Rectifier
 - Arus dari Rectifier
 - Fungsi dari Rectifier apakah masih berjalan atau tidak
- (b) Pemeriksaan tahunan harus dilakukan untuk memeriksa hal-hal berikut
 - Apakah sistim proteksi katodik secara keseluruhan masih berjalan
 - Potensi yang ada antara struktur dan tanah
 - Interference testing
 - Pemeriksaan isolasi dan conductivity

Untuk sistim dengan anoda korban, pemeriksaan yang diperlukan lebih sederhana dimana untuk selangwaktu 3 tahun perlu dilakukan pemeriksaan berikut

- Apakah sistim proteksi katodik secara keseluruhan masih berjalan
- Potensi yang ada antara struktur dan tanah
- Interference testing
- Pemeriksaan isolasi dan conductivity

8.6.3 Pile Cap

Pada 1 tahun pertama setelah jembatan beroperasi, penurunan yang terjadi pada titik-titik di pile cap harus diamati setiap bulan. Jika terjadi perubahan nilai yang drastis/tiba-tiba, alasan terjadinya penurunan drastis tersebut harus diketahui dan langkah penanggulangan segera diusulkan.

Tiga tahun setelah jembatan selesai dibangun, atau setelah perubahan penurunan pondasi menjadi sangat kecil, pengamatan terhadap penurunan pile cap dilakukan setiap 1 tahun sekali dan data-data tersebut harus di simpan.

Pada saat air surut terbesar pada setiap musim, beton dari pile cap harus diperiksa. Secara umum pemeriksaan dilakukan secara visual atau dapat juga menggunakan palu kecil yang dipukul-pukulkan ke beton untuk mengetahui apakah ada bagian yang pecah atau lepas.

Pemeliharaan dan Perbaikan minor dari Pile cap adalah sebagai berikut

- a. Permukaan pile cap harus selalu bersih. Kotoran yang ada harus segera dipersihkan
- b. Jika permukaan beton dari pile cap diatas muka air mengalami erosi, spalling, honeycomb, dan kerusakan lainnya, pengkasaran dan pembersihan harus segera dilakukan dan dilakukan finishing dengan beton atau mortar untuk menjamin beton lama dan baru menyatu.

Perbaikan dan perkuatan dari pile cap adalah sebagai berikut

- a. Jika permukaan beton yang berada dibawah muka air mengalami erosi , spalling, honeycomb, dan kerusakan lainnya, pengkasaran harus segera dilakukan pada saat kondisi pasang, dibersihkan dengan air bersih dan dilakukan finishing dengan beton yang cepat mengeras atau mortar untuk menjamin beton lama dan baru menyatu
- b. Jika permukaan beton yang berada dibawah muka air mengalami erosi , spalling, honeycomb, dan kerusakan lainnya dengan kedalaman lebih dari 3 cm dan luas lebih dari 0.5 m², pengkasaran harus segera dilakukan pada saat kondisi pasang, dibersihkan dengan air bersih, anyaman tulangan segera dipasang dan dilakukan finishing dengan beton yang cepat mengeras atau mortar untuk menjamin beton lama dan baru menyatu
- c. Jika pile cap mengalami retak yang melebihi batasan di bawah, penyebab dari retak tersebut harus diketahui dan langkah penanganan harus segera dilakukan

8.6.4 Pilon Beton

Komponen pilon beton yang harus diperiksa meliputi dasar pilon, pilon shaft, dan cross beam. Pada tiga tahun pertama setelah jembatan selesai dibangun pemeriksaan retak pada pilon harus dilaksanakan setiap 4 bulan. Setelah tiga tahun jembatan dibangun, pemeriksaan dapat dilakukan 6 bulan sekali

- Retak struktur dan retak permukaan akibat temperature harus diamati pada setiap penampang pilon dan lokasi angkur kabel.
- Untuk retak struktur, penekanan harus diberikan pada daerah tarik dan daerah geser. Untuk retak permukaan akibat temperature, penekanan pemeriksaan diberikan pada elemen struktur yang memiliki area yang luas. Catatan detail harus dibuat untuk setiap retak yang ditemukan dan pengamatan terhadap perubahan lebar retak harus dilakukan
- Untuk beton bertulang dan beton pratekan, penanganan yang diperlukan akan berbeda sesuai dengan jenis retak serta penanganan anti retak yang akan digunakan.

Nilai maksimum dari lebar retak akibat beban mati dalah sebagaimana disajikan pada table dibawah

Tabel 8.2 Nilai maksimum dari lebar retak akibat beban mati

Tipe Struktur	Lokasi Retak	Lebar Retak maksimum (mm)	
Pilon Beton bertulang tanpa pra tekan	Tipe A (kondisi umum)	0.22	
	Tipe B (lingkungan pantai)	0.22	
	Tipe C (lingkungan air laut)	0.15	
	Tipe D (kondisi erosi)	0.15	
Pilon dengan sistim pratekan	Tipe A dan B	0.10	
	Tipe C dan D	Tidak diijinkan	
Pier dan Abutment	Mengalami erosi akibat air	dengan tulangan	0.2
		tanpa tulangan	0.3
	Tidak mengalami erosi	dengan tulangan	0.25
		tanpa tulangan	0.35

- Retak permukaan akibat suhu ditangani dengan hati-hati
- Untuk retak struktur, langkah-langkah penanganan disesuaikan dengan tingkat penanggulangan retak
- Jika lebar retak lebih dari nilai yang diijinkan, penyebab keretakan harus ditemukan dan evaluasi terhadap bahaya retak tersebut harus segera dilakukan untuk menentukan langkah penanganan.
- Pada daerah tekan dari elemen beton pratekan, jika ditemukan retak, lalu lintas harus dihentikan untuk mencegah kendaraan dan pejalan kaki menggunakan jembatan. Otoritas penguji yang memiliki kualifikasi harus diminta untuk melakukan evaluasi keandalan struktur dan untuk menilai bahaya dari retak tersebut serta mengujuslkan langkah penanganannya.
- Jika ditemukan retak terjadi pada daerah tarik dari elemen beton pratekan, evaluasi terhadap bahaya retak tersebut harus segera dilakukan untuk menentukan langkah penanganan.
- Jika elemen beton bertulang dan beton pratekan mengalami spalling sehingga tulangan terekspose, karat yang terjadi harus segera dibersihkan dan beton yang terlepas harus segera di pahat dan perbaikan harus segera dilakukan. Pada struktur yang mengalami kerusakan dalam area yang luas, tidak boleh ada penurunan nilai daya dukung akibat penanganan beton yang terkelupas. Jika diperlukan perbaikan dapat dilakukan secara bertahap
- Jika penutup beton dari angkur retak, *spalling*, bocor, dan angkur pratekan terekspose, angkur pratekan tersebut harus segera dilapis dengan cat anti karat.

8.7 Perawatan dan Pemeliharaan Pada Struktur Atas Jembatan Pelengkung Baja

8.7.1 Dek Beton

Pelat dek beton harus diperiksa terhadap potensi keretakan yang dapat terjadi di permukaan dan di bagian bawah. Pemeriksaan keretakan yang dilakukan meliputi lebar, panjang, posisi, kepadatan dan kemungkinan daerah retak pada arah longitudinal. Jika diperlukan, beberapa bagian dari lapisan permukaan harus dikupas untuk tujuan observasi.

Kerusakan yang mungkin terjadi pada dek beton jembatan adalah sebagai berikut :

- a. Retak arah longitudinal
- b. Retak arah melintang
- c. Adanya bagian beton yang terpisah, rusak dan keropos
- d. Karat besi tulangan dalam beton
- e. Perubahan bentuk (deformasi) material beton

Pedoman lengkap tentang cara penanganan kerusakan yang terkait dengan material beton disajikan secara mendetail pada bagian berikutnya dari manual ini.

8.7.2 Pemeliharaan Struktur Baja

Kekakuan, kekuatan dan stabilitas struktur baja harus memenuhi persyaratan desain. Titik sambungan pada setiap bagian seperti elemen-elemen struktural, baut berkekuatan tinggi dan sambungan las harus diperiksa dan dipelihara sebagai prioritas utama. Jika struktur baja diketahui memiliki nilai *bearing capacity* atau kekuatan di bawah nilai batas yang di ijin, atau struktur tersebut tidak baik maka harus diperbaiki dan diperkuat.

8.7.2.1 Elemen Baja

Metode pemeliharaan dan penanganan elemen baja adalah sebagai berikut :

- a. Permukaan struktur baja harus dijaga agar tetap bersih. Jalur pembuangan air harus bebas dari berbagai benda asing. Pada permukaan dek jembatan tidak boleh terdapat genangan air. Jika terjadi kebocoran pada dek jembatan (*leakage*) maka harus segera diperbaiki.
- b. Jika terjadi genangan air pada dek, jalur pembuangan air dengan diameter tidak boleh lebih dari 50 mm harus di pasang. Sebelum proses pemasangan jalur air dengan cara dilakukan pengeboran (*drilling*) elemen, kekuatan dari elemen material yang dibor tersebut harus dihitung dan diverifikasi terlebih dahulu untuk memastikan tidak akan terjadi perlemahan pada struktur.
- c. Pada tahun pertama setelah pengoperasian jembatan, kegiatan pengelolaan dan pemeliharaan wajib dilakukan untuk mengetahui defleksi akibat beban dinamis dan statis di tengah bentang jembatan sebanyak satu kali di setiap 4 bulan.
- d. Setelah pengoperasian jembatan dimulai, perawatan dilakukan satu kali di setiap tahun, dan pengujian harus dilakukan satu kali di setiap dua tahun.
- e. Sambungan pada baut mutu tinggi dan las harus secara menyeluruh diperiksa satu kali, dan hasil pemeriksaan kemudian disimpan. Jika ditemukan ada baut pada sambungan

menjadi hilang atau rusak, dan sambungan las mengalami retak, maka harus ditandai dengan cat. Hasil pengujian harus dicatat dalam Formulir Pemeriksaan Kerusakan. Dan untuk kedepan nya, sambungan las dan kerusakannya terus di monitor.

- f. Komponen utama yang akan diperiksa untuk elemen struktur baja adalah elemen tarik, elemen dengan tegangan berulang (*repeated stress*), baut berkekuatan tinggi dan titik pengelasan pada di tiap-tiap sambungan
- g. Lokasi-lokasi yang memerlukan perhatian lebih adalah :
 - Material logam dasar, pengelasan sambungan dan baut kekuatan tinggi pada sambungan antara gelagar utama (*main stringer*) dan balok melintang (*cross beam*), serta sambungan antara balok melintang (*cross beam*) dengan gelagar anak (*small stringer*).
 - Baut berkekuatan tinggi pada sambungan elemen struktur tarik dan elemen yang mendapatkan tegangan berulang (*repeated stress*).
 - Sambungan dengan las pada pertemuan dua elemen baja (*butt-welding joint*)
 - Sambungan las pada elemen struktur yang mengalami tarik, elemen struktur yang mendapatkan tegangan berulang, dan material baja di lokasi dengan suhu yang panas
 - Sambungan las dari elemen struktural dimana dimensi elemen yang bervariasi.
 - Sambungan las di titik-titik sambungan
 - Sambungan las di pangku rusuk (*stiffening rib*), diafragma melintang, permukaan pelat.
- h. Perbaikan elemen baja diperlukan jika terdapat kondisi berikut :
 - Panjang retak pada sambungan antara gelagar utama (*main stringer*) dan balok melintang (*cross beam*) melebihi 5 mm;
 - Panjang retak di salah satu ujung tepi sayap tarik melebihi 20mm;
 - Panjang retak di tepi sayap tarik melebihi 5 mm, dan panjang retak pada sambungan las melebihi 10 mm;
 - Tingkat kegagalan baut kekuatan tinggi pada sambungan melebihi 10% atau mencapai 5 buah
 - Panjang retak dari sambungan las box *girder* melebihi 20 mm
- i. Penggantian elemen baja diperlukan jika
 - Kualitas sambungan las tidak dapat dijamin dan pengelasan yang retak tidak dapat dilakukan.
 - Ditemukan bahwa elemen struktural mengalami perpindahan geser atau sambungan las terjadi keretakan, maka elemen-elemen struktural atau balok yang mengalami kerusakan harus diganti dan proses pergantian elemen harus didiskusikan dengan perencanaan.

Sebelum pembongkaran baut kekuatan tinggi dilakukan, maka pengerjaan konstruksi

dan aturan untuk baut kekuatan tinggi harus disiapkan.

Perbaikan dan penggantian elemen struktural dilakukan dalam kondisi tanpa beban apapun. Keselamatan untuk pekerjaan perbaikan dan pergantian diperiksa dengan teliti.

Jika ditemukan retakan pada sambungan las dan material baja, maka tindakan pemantauan yang harus diambil adalah sebagai berikut.

- a. Temuan tersebut harus dilaporkan kepada otoritas jembatan yang bertanggung jawab dan memintanya untuk mengambil langkah-langkah perawatan yang relevan, serta mengambil langkah-langkah sementara untuk menjamin keamanan berkendara bagi pengguna jalan, sesuai dengan besarnya retak yang terjadi.
- b. Pengamatan kekuatan. Jika diperlukan, penempatan pekerja dilakukan secara penuh (*full time*) dan ditugaskan untuk memantau elemen struktur sampai langkah perbaikan perhitungan diambil. Personil/pekerja yang memeriksa akan menandai retak dengan cat warna merah berbentuk tanda panah, dengan arah tanda panah ke arah vertikal bidang retak, serta arah tanda panah menghadap ke arah ujung keretakan dengan jarak 3 - 4 mm dari titik ujung keretakan. Pada ujung panah dituliskan tanggal pemeriksaan. Lokasi, panjang, dan data pemeriksaan keretakan harus diisi dalam Formulir Pemeriksaan Kerusakan
- c. Untuk tujuan pengamatan dari perkembangan keretakan dan mencegah keretakan yang berakibat karat, maka pada elemen yang retak tersebut diberi minyak atau cat transparan lainnya.

Jika ditemukan retak pada sambungan las dari material baja, tindakan yang relevan untuk diambil pada lokasi, jenis, besaran, dan kuantitas keretakan.

- Sebagai tindakan sementara untuk mencegah keretakan semakin berkembang, elemen tersebut dilubangi dengan bentuk lingkaran dengan ukuran setara dengan ketebalan dari pelat baja. Akan tetapi, maksimum ketebalan tidak boleh lebih dari 32 mm. Sehingga perkembangan retak yang terjadi akan mengarah ke lubang tersebut.
- Sebagai langkah perhitungan perkuatan permanen, dapat dilakukan dengan disambungkan menggunakan baut berkekuatan tinggi. Selama proses perkuatan, pekerjaan pemboran material baja tetap dilakukan di setiap lokasi jembatan yang mengalami keretakan.

8.7.2.2 Sambungan Las

Cara memeriksa, pemeliharaan, dan penanganan sambungan las

- a. Sambungan las di setiap bagian gelagar baja harus diperiksa satu kali di setiap tahun.
- b. Pengamatan visual.

Sambungan las dan lapisan cat nya harus diamati. Jika terjadi keraguan dalam temuan yang terjadi di lapangan, maka cat pada elemen struktur harus dibersihkan terlebih dahulu, untuk kemudian sambungan las tersebut diamati dengan kaca pembesar (4~10 pembesaran).

- c. Metode Penggoresan dengan Alkohol Asam Nitrat (Nitric Acid Alcohol Etching Method)
Lapisan cat yang sudah mulai memudar terlebih dahulu dihilangkan dengan cara dipoles dan dibersihkan menggunakan aseton atau benzene. Setelah itu permukaan baja tersebut dioles dengan alkohol asam nitrat kadar 5 ~ 10% (konsentrasi Asam Nitrat tergantung pada kehalusan permukaan material baja. Makin halus permukaan, persentase konsentrasi akan lebih rendah). Jika terdapat retak, maka elemen struktur akan berubah menjadi warna coklat.
- d. Metode pemeriksaan *Dye Penetrant*.
Lapisan cat yang sudah mulai memudar terlebih dahulu dipoles, dan dibersihkan sampai dengan kering. Setelah itu cairan di semprotkan ke lokasi di titik pemeriksaan dimana kondisi sambungannya diragukan. Penyemprotan dilakukan dengan jangka waktu adalah 5 – 10 menit, dan dengan interval terlama adalah 30 menit (yang tergantung pada kehalusan dan suhu). Cairan yang telah disemprotkan tersebut harus dibersihkan dan dihapus dengan menggunakan deterjen sampai bersih. Selanjut disemprot dengan *disclosing solutions*. Jika terdapat kerusakan, titik pada sambungan las tersebut akan berubah menjadi warna merah.

8.7.2.3 Baut Berkekuatan Tinggi

Cara pemeliharaan dan penanganan baut berkekuatan tinggi :

- a. Lokasi sambungan dari baut berkekuatan tinggi tidak boleh mengalami karat. Pada baut mut tinggi tidak boleh terdapat penyekrupan yang berlebihan, penyekrupan yang tidak cukup, dan kesalahan penyekrupan.
- b. Baut kekuatan tinggi di setiap bagian gelagar baja harus diperiksa satu kali di setiap tahun. Titik-titik perwakilan sambungan harus dipilih untuk memudahkan pengecekan baut kekuatan tinggi secara acak berdasarkan nomor baut, tidak lebih dari 2% (setidaknya 1 buah baut) dari total jumlah baut pada sambungan yang diamati. Selanjutnya dicek dengan cermat kemungkinan terjadi karat pada bagian dalam baut. Hasil pemeriksaan harus di catat dalam formulir Pemeriksaan Kerusakan.
- c. Metode memeriksa baut berkekuatan tinggi
 - Metode pengamatan visual.
Pergeseran elemen struktural dapat menyebabkan perubahan kelengkungan dan lendutan yang mengakibatkan sebagian besar baut kekuatan tinggi yang ada pada lokasi sambungan mengalami pengendoran dalam pengencangan.
Jika ditemukan lapisan cat di kepala baut atau mur terkelupas atau berkarat, hal ini mengindikasikan baut telah mengalami ketidakcukupan kekuatan sekrup, dan akan menyebabkan perlemahan atau retak.
 - Metode Pengetukan.
Palu dengan berat sekitar 0.25 kg digunakan untuk memukul salah satu sisi mur, dan jari pada sisi lain menekan dari mur. Jika jari terasa mengalami sedikit getaran, berarti kekencangan baut dalam keadaan normal. Jika getaran besar berarti kekencangan dari baut sudah tidak mencukupi lagi.
- e. Penggantian baut berkekuatan tinggi

- Jika setelah diperiksa diketahui bahwa baut kekuatan tinggi mengalami masalah yang serius seperti berkarat, retak atau patah, maka baut tersebut harus segera diganti.
- Setiap baut yang mempunyai masalah ketidakcukupan kekuatan sekrup, terjadi pengendoran pada sekrup, dan memerlukan perkuatan ekstra pada sekrup, maka masalah tersebut harus segera diperbaiki. Jika baut-baut tersebut tidak memiliki deformasi dan karat yang serius (tidak melebihi 15 %) dari desain tariknya, maka baut tersebut dapat dipergunakan kembali dan di lapisi minyak terlebih dahulu sebelum dipasang.
- Baut berkekuatan tinggi yang baru, mur dan proses pembersihan nya harus memenuhi standar yang ditentukan. Kekuatan, spesifikasi, dan dimensi harus sesuai dengan desain awal.
- Sebelum pemasangan kembali baut-baut yang telah dilepas, baut-baut tersebut harus di rawat dengan pengecatan/pelapisan dengan minyak, atau di pasang dengan baut baru, sehingga karat dan benda asing yang ada di dinding bagian dalam baut harus dapat dihilangkan dan dibersihkan.
- Pada titik sambungan utama, jumlah baut yang diganti bersamaan tidak boleh melebihi 10% dari total jumlah baut pada sambungan tersebut. Pada sambungan dengan jumlah baut yang sedikit, maka penggantian baut dilakukan satu per satu. Proses pergantian baut dilakukan pada saat tidak ada beban lalu lintas di jembatan.
- Bagian yang terbuka dari mur dan washers dari baut harus diberikan lapisan cat pada permukaannya ketika disekrup, hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya karat.
- Sambungan atas, tepi, dan bawah dari pelat di titik sambungan baut dan pengelasan girder baja harus di segel/ditutupi dengan dempul (*putty*). Dalam kasus terjadi keretakan, atau terbelah terutama pada saat musim hujan, maka bagian yang mengalami keretakan atau terbelah perlu dilakukan proses pendempulan (*putty*)

8.7.2.4 Lapisan Anti Karat/Coating/Cat

Pengecekan untuk lapisan anti karat terdiri dari pemeriksaan rutin, pemeriksaan rutin, dan pemeriksaan khusus.

- a. Pemeriksaan rutin : Untuk memeriksa apakah lapisan anti karat berada dalam kondisi baik atau rusak, menua, berubah warna atau retak, permukaan lapisan cat tergenang air, tercemar dan berkarat. Pemeliharaan harian diperlukan untuk untuk menghilangkan genangan air dan tercemar
- b. Pemeriksaan Berkala : Pemeriksaan ini dilakukan dengan pengamatan visual, dibantu dengan alat pengukuran yang dibutuhkan untuk memeriksa ketebalan lapisan cat dan gaya adesi yang akan menjadi dasar dan referensi untuk evaluasi lapisan cat. Saat pemeriksaan berkala dilakukan :
 - Setelah jembatan dioperasikan selama satu tahun
 - Periode siklus untuk memeriksa jembatan umumnya 3 tahun

- c. Pemeriksaan khusus dari lapisan cat dilakukan sesuai dengan tingkat dan sifat dari kerusakan lapisan anti karat, dengan menggunakan instrumen/alat yang tepat, dan beberapa instrumen khusus dan metode analisis ilmiah, seperti eksplorasi lapangan, survei, dan pengujian, sehingga dapat diketahui tingkat kerusakan dan dilakukan tindakan-tindakan perbaikan yang relevan. Pemeriksaan khusus diperlukan untuk kondisi berikut
- Pemeriksaan kejadian darurat seperti banjir, tabrakan kapal dan kendaraan
 - Pemeriksaan khusus pada kondisi dimana tidak terdapat kesulitan untuk mengetahui alasan dan tingkat kerusakan yang terjadi
- d. Untuk kemudahan Evaluasi dan pelaksanaan, kondisi lapisan anti karat dapat dibagi ke dalam empat tingkatan berikut.
- Grade I : kondisinya adalah sempurna atau sangat bagus, pada kasus ini hanya diperlukan pemeliharaan normal
 - Grade II : Kondisi jembatan bagus, hanya diperlukan perbaikan minor
 - Grade III : kondisinya tidak baik atau parah. Pada kasus ini diperlukan perbaikan major atau overhaul
 - Grade IV : kondisinya parah dan berbahaya. Pada kasus ini diperlukan perbaikan major dan improvement.
- e. Perbaikan Lapis perlindungan korosi
- Jika ditemukan bahwa beberapa lapisan perlindungan korosi mengalami kerusakan, maka informasi tersebut dicatat dan perawatan yang relevan perlu dilakukan di lokasi tersebut.
- Persyaratan lingkungan : kelembaban harus lebih rendah dari 85%. Pemeriksaan diperlukan untuk membatasi suhu dari cat.
 - Material lapis perlindungan terhadap korosi yang digunakan harus sama
 - Pada lokasi yang mengalami kerusakan perlu dilakukan sand blasting Sa21/2.
 - Setelah area pengecatan dibersihkan, maka harus dilapisi sebagai sistem pengecatan yang menyeluruh.
 - Penyemprotan lapisan anti karat tidak dianjurkan pada pekerjaan pengecatan pada saat arus lintas berjalan. Pengecatan dengan kuas (*brushed*) dan kuas roll (*roller*) direkomendasikan.
 - Dalam hal perbaikan lapisan anti karat atau dalam hal seluruh jembatan perlu dilapisi kembali, pengecatan harus dilakukan secara konsisten. Jika dilakukan penggantian, lapisan yang lama harus dihilangkan dan dibersihkan terlebih dahulu, untuk kemudian dilakukan finishing untuk menjamin adhesi lapisan yang baru.

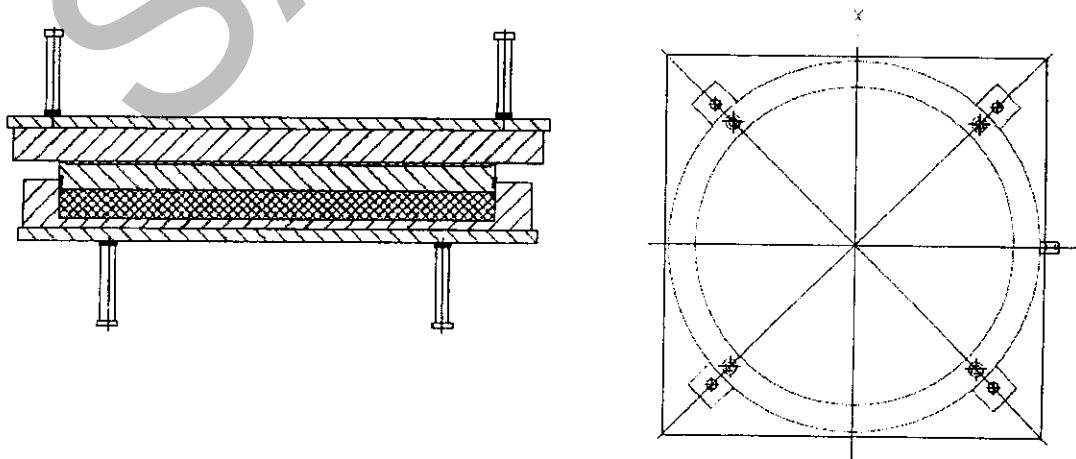
8.7.3 Mechanical Perletakan (*Bearing*)

Untuk menjamin tingkat pelayanan dari perletakan, pemeliharaan bearing harus dilaksanakan sebagaimana disajikan pada point berikut

- a. Prinsip pemeliharaan dan perbaikan *Bearing*
- Prinsip pemeliharaan dan perbaikan bearing adalah untuk menjamin perletakan berada pada kondisi dimana tegangan dan deformasi berada pada batas

yang diijinkan. Untuk itu perlu dilakukan inspeksi dari kinerja perletakan seperti kondisi tegangan dari perletakan dan posisi awal perletakan seketika setelah bearing bekerja. Hasil inspeksi awal tersebut akan digunakan sebagai catatan asli dari kondisi perletakan dalam keadaan normal.

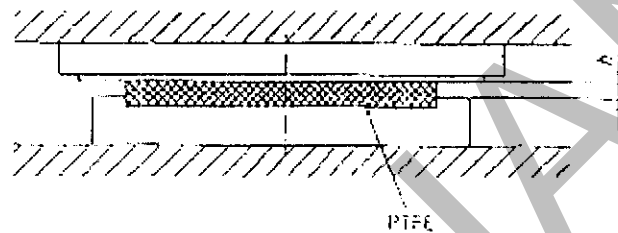
- Secara umum, sebelum inspeksi dilakukan, perletakan harus benar-benar bersih dan hasil pemeriksaan harus dicatat.
- Selama pemeriksaan, perletakan harus diperiksa terlebih dahulu apakah mengalami kerusakan (termasuk pada lapisan pelindung korosi). Jika tidak ditemukan kerusakan, serta bearing berada pada rentang normal, posisi aktua dari bearing harus dicatat. Jika memungkinkan, kondisi bisang gelincir harus diperiksa. Demikian juga dengan bagian struktur yang berada di dekat perletakan
- Dengan mengkombinasikan deviasi antara posisi aktual pada kondisi lingkungan saat inspeksi dilaksanakan (suhu, *shrinkage*, *creep*, pembebanan) dan posisi teoritis, maka perlu dibuat catatan sebagai dokumentasi
- Jika terlihat ada kerusakan atau deviasi posisi, atau deformasi, atau retak, harus dicatat dan didokumentasikan. Survey yang detail dan hati-hati harus dilakukan berkait perpindahan, deformasi dan rotasi.
- Pada kasus tertentu hanya bagian tertentu dari perletakan yang direkomendasikan untuk diperbaiki dan diganti, misalnya
 - Jika terdapat catat atau kerusakan pada permukaan (retak, deformasi, kesalahan pemasangan, ketidakcukupan *sealing*, dll)
 - Baut dan part-part yang berkarat
 - Kegagalan perlindungan korosi



Gambar 8.1 Pot Bearing

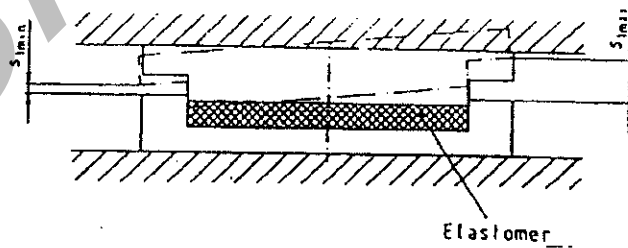
b. Aturan dalam inspeksi dan evaluasi dari perletakan

- Inspeksi sebagaimana diuraikan diatas harus dilaksanakan setiap tahun sejak saat jembatan dibuka sampai dengan lima tahun. Setelah tahun ke lima, secara prinsip jembatan berada pada kondisi yang stabil. Dengan mengkombinasikan hasil inspeksi selama lima tahun pertama rentang waktu pemeriksaan selanjutnya dapat ditentukan. Pada perletakan yang berada dalam kondisi baik, inspeksi dapat dilaksanakan setiap 2 – 5 tahun.
- Tinggi bebas h antara permukaan bidang gelincir dan plat dudukan sebagaimana disajikan pada gambar dibawah harus diukur pada beberapa lokasi untuk mengetahui nilai terendah. Jika nilai h masih lebih besar dari 0.5 mm, tidak diperlukan penanganan khusus.



Gambar 8.2 Pemeriksaan Kondisi Pot Bearing

Jika nilai $S1_{min}$ dan $S1_{max}$ harus dicatat. Jika nilai $S1_{min}$ masih lebih besar dari 0.5 mm, tidak diperlukan penanganan khusus.



Gambar 8.3 Pemeriksaan Kemiringan Pot Bearing

- Pemeriksaan dilakukan dengan mencatat kondisi perletakan pada Formulir pemeriksaan dan evaluasi Bearing

8.7.4 Pemeliharaan *Transverse limit-stop block*

Kotoran atau material asing yang ada di sekitar *transverse limit-stop rubber block* di antara pylon dan girder harus dibersihkan, dan tingkat penuaan dari blok karet tersebut diperiksa dan dicatat. Elemen struktural baja yang telah mengalami proses karat harus dibersihkan dari karat untuk kemudian dilakukan pengecatan kembali.

8.7.5 Pemeliharaan *Lock Up Device*

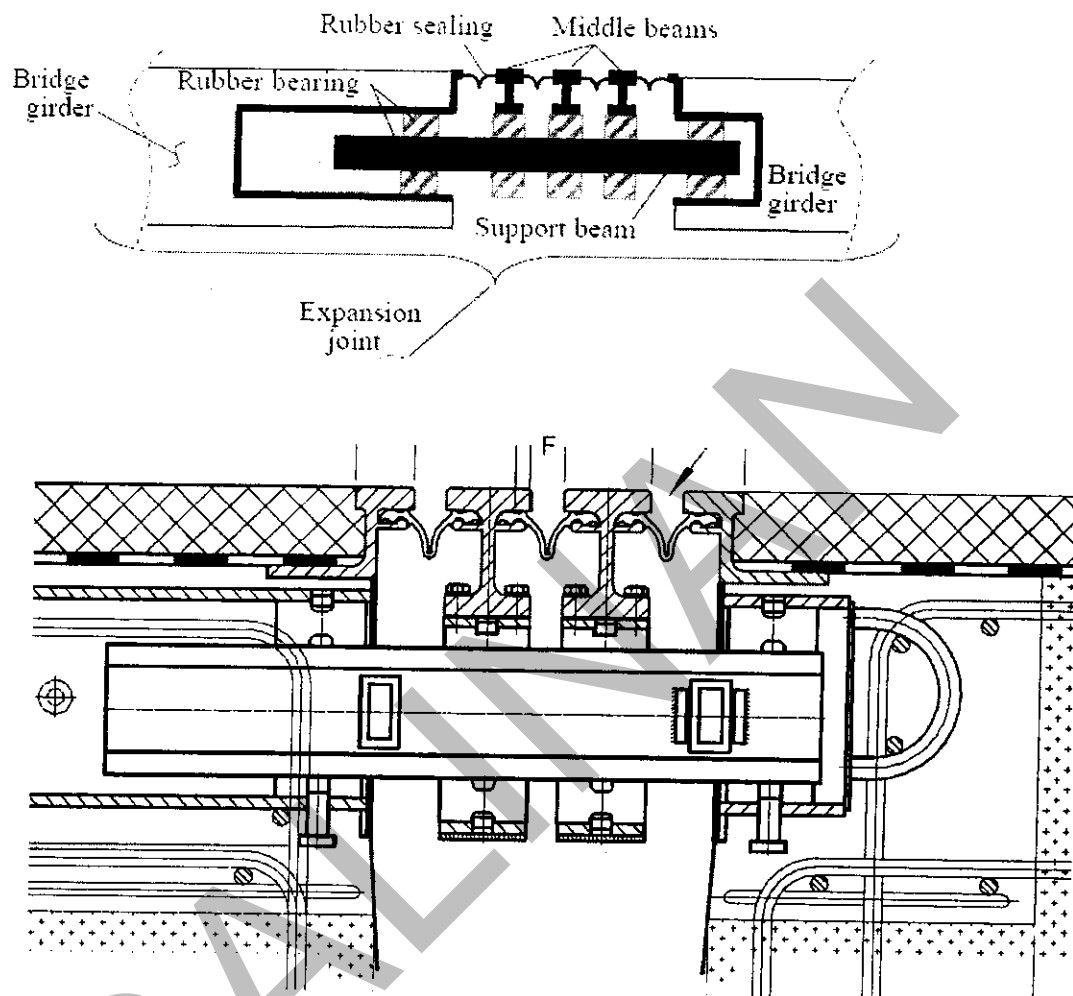
Pemeliharaan *Lock Up Device* dilakukan sebagai berikut

- Lock Up Device* harus senantiasa berada dalam keadaan bersih, terbebas dari kotoran
- Sambungan-sambungan abut dan angkur dari *Lock Up Device* harus diperiksa dan harus selalu berada dalam keadaan kencang.
- As dari sendi yang ada di dalam bracket harus diperiksa dan berikan lubrikan/gemuk jika diperlukan
- Jika terdapat kerusakan pada lapis perlindungan korosi, maka perlu segera diperbaiki sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan

8.7.6 Pemeliharaan *Expansion Joints Modular*

- Perawatan umum dan pemeliharaan dari expansion joint adalah sebagai berikut :
 - *Expansion Joint* harus lurus, halus, datar dan tidak bergerak dan tidak mengalami penyusutan, dan berada dalam lingkungan yang baik. Jika terjadi penyumbatan, harus segera bersihkan. Jika terjadi kebocoran, deformasi, keretakan dan munculnya suara yang tidak biasa jika dilewati kendaraan, maka kerusakan yang terjadi akibat kasus tersebut harus segera diperbaiki.
 - Pembersihan *Expansion Joint Modular* dapat dilakukan dengan menyemprotkan air bertekanan.
 - Jika terdapat kerusakan pada lapis perlindungan terhadap korosi, maka perbaikan harus segera dilaksanakan oleh ahlinya
 - Jika diketahui muncul suara yang tidak normal pada saat kendaraan melewati expansion joint, maka harus dilakukan penyelidikan lebih lanjut
 - Periode perawatan dan pemeliharaan adalah 2 tahun sekali
 - Jika segel selubung dari sabuk karet expansion joint rusak, maka bagian yang rusak harus segera diperbaiki. Segel selubung karet harus memenuhi spesifikasi dan kinerja sesuai dengan kebutuhan desain awal
 - Jika sambungan plat baja expansion joint mengalami *tip-off*, melengkung, tidak berada dilokasi yang tepat, maka sambungan las tersebut harus diperbaiki.

- Jika beton pada expansion joint rusak, menyusut, mengalami kegagalan yang serius atau tingkat kerataan dari aspal beton telah melebihi 3 mm, aspal beton di sekitar expansion joint harus segera diperbaiki. Setelah itu dilakukan pengaspalan kembali.
- b. Jika expansion joint rusak dan perbaikan kerusakan tersebut sudah tidak memungkinkan, maka perlu dilakukan penggantian expansion joint yang baru dengan tipe dan jenis yang sama dengan yang sebelumnya.
- c. Penggantian expansion joint harus memenuhi persyaratan berikut :
 - Lebar expansion joint yang dipasang tergantung pada temperatur ketika pemasangan dilakukan. Waktu pemasangan yang direkomendasikan yaitu pada suhu tidak terlalu panas.
 - Persyaratan teknis pemasangan expansion joint yang baru harus terpenuhi. Pada titik sambungan, jika bagian angkur dari gelagar hilang, maka pada bagian tersebut dibuat lubang dengan bor dan tulangan langsung di pasang pada lubang tersebut.
 - Pada saat pemasangan dan pengelasan expansion joint, panjang penyaluran antara sambungan tulangan dan sambungan tulangan angkur harus memenuhi persyaratan pengelasan yang berlaku. Las titik untuk sambungan tidak diijinkan
 - Sabuk pelindung beton yang digunakan pada saat instalasi expansion joint harus memenuhi persyaratan desain yang berlaku, tidak boleh kurang dari K400, serta mempunyai kekuatan awal tinggi. Sabuk pelindung tersebut harus terbuat dari beton yang dilapisi serat baja.
 - Harus dipastikan bahwa pada bagian bawah dan bagian belakang dari expansion joint beton terisi penuh oleh beton
 - Setelah mencapai kekuatan yang direncanakan dan expansion joint terpasang dengan baik, maka lalu lintas dapat dibuka kembali.
- d. Sabuk pelindung beton dari expansion joint harus dalam kondisi baik dan tidak memiliki retak atau perlemahan. Luas lubang yang ada tidak boleh lebih dari 0,1 m² dengan kedalaman tidak boleh melebihi 20 mm. Sabuk pelindung yang mengalami perlemahan dan terdapat lubang harus segera diperbaiki.
- e. Perbedaan elevasi pada sambungan antara lapisan pelindung dan dek tidak boleh melebihi 3 mm, dan perbedaan ketinggian sambungan antara lapisan pelindung dan ekspansi joint juga tidak boleh melebihi 3 mm.
- f. Jarak sambungan ekspansi harus diukur, dan tidak boleh kurang dari jarak minimum yang rencanakan dan tidak akan lebih dari jarak maksimum yang direncanakan. Data-data tersebut harus dicatat.
- g. Jarak antar rel dari expansion joint modular (f) harus di periksa apakah masih sesuai dengan batasan-batas pada saat perencanaan



Gambar 8.4 Expansion Joint Modular

8.7.7 Fasilitas pendukung dan lain-lainnya

8.7.7.1 Lampu Navigasi dan lampu obstruksi penerbangan

- a. Lampu obstruksi penerbangan di bagian atas tiang harus diperiksa dan diamati secara visual tiap hari untuk melihat apakah bekerja dengan baik atau tidak. Jika ada sesuatu yang tidak sesuai, harus segera diperbaiki
- b. Lampu navigasi yang dipasang pada pilon, pile cap dan gelagar baja harus dicek dengan pengamatan visual setiap hari untuk melihat apakah bekerja dengan baik atau tidak. Jika ada sesuatu yang tidak sesuai, harus segera diperbaiki

8.7.7.2 Batang Penangkal Petir (*Lightning Rods*)

Lightning rods di bagian atas pilon harus diperiksa satu kali di setiap tiga bulan. Tidak boleh ada tumpukan benda atau barang dan konstruksi berada dekat dengan batang penangkal petir. Kabel grounding tidak boleh dipotong. Setiap tahun sebelum musim hujan mulai, kinerja dari batang penangkal petir harus diperiksa sebagai tindakan pencegahan dan pemeliharaan fasilitas.

8.7.7.3 Sistem tenaga listrik, sistem penerangan pelat, dan sistem penerangan pada pilon dan box girder.

- a. Diagram untuk sistem *power supply*, sistem pencahayaan di dek jembatan, dan sistem pencahayaan di dalam pilon dan box girder harus didokumentasikan. Pengujian sistem tenaga listrik harus dilakukan oleh para insinyur listrik profesional. Inspeksi catatan dan catatan perbaikan sistem kelistrikan harus terdokumentasi dengan baik.
- b. Selama pemeriksaan rutin, jika kerusakan kecil dari sistem pencahayaan ditemukan, maka harus segera diperbaiki dan diganti dan harus dicatat
- c. Pengujian lengkap sistem kelistrikan lengkap harus dilakukan setidaknya dua kali pada setahun. Setiap kerusakan yang ditemukan harus diperbaiki tepat waktu.
- d. Jika pencahayaan atau tenaga listrik tidak tersedia di malam hari karena perbaikan sistem tenaga listrik, tanda-tanda peringatan harus ditempatkan pada posisi yang tepat untuk memperingatkan pengendara agar mengurangi kecepatan.

8.7.7.4 Gondola/Traveler untuk pemeliharaan

- a. *Traveler* untuk pemeliharaan harus dioperasikan oleh operator yang profesional. Dua orang pengamat harus membawahi kunci untuk memeriksa lintasan dan mengencangkan baut-baut. Jika baut longgar maka harus segera dikencangkan. Satu orang pengamat bertugas memeriksa garis gelincir. Jika terdapat permasalahan, traveler harus dihentikan dan perbaikan harus segera.
- b. Setiap tahun dengan berdasarkan atas diagram yang ada, tenaga ahli kelistrikan harus memeriksa circuit untuk manuver traveler, circuit untuk lampu peringatan dan circuit untuk sumber tenaga untuk menjamin kelistrikan traveler selalu berada dalam kondisi baik
- c. Sebelum musim hujan setiap tahunnya, lapisan cat anti karat pada lintasan traveler harus diperiksa untuk mencegah karat pada sambungan las dan pada lintasan.

8.7.7.6 Pemeliharaan Pagar Pembatas

Ketika warna pagar pembatas logam telah memudar atau permukaan kulit logam telah terkupas, hal ini harus segera diperbaiki. Kinerja cat harus memenuhi persyaratan desain. Lapisan permukaan pengecatan harus merata dan halus.

Ketika pagar pembatas mengalami deformasi yang serius seperti patah dan kehilangan pada elemen pembatasnya yang disebabkan oleh tertabrak kendaraan maka elemen yang hilang tersebut harus segera diperbaiki atau dipasang kembali dengan elemen yang baru. Pagar pembatas atau pagar di titik sambungan setelah diperbaiki harus memenuhi persyaratan perpindahan dari jembatan yang kemungkinan mengalami perubahan karena pengaruh dari

suhu sekitar. Jika terjadi kerusakan pada pagar pembatas jembatan, pengelola jembatan perlu memasang tanda-tanda perlindungan sementara yang jelas dan mudah di lihat oleh pengguna jalan dan pemasangan tanda sementara tersebut tidak boleh lebih dari 2 minggu.

SALINAN