



019/BM/2011

MANUAL

Konstruksi dan Bangunan

Pemeliharaan Jembatan Cable Stayed

SALINAN



DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

TERKENDALI

PRAKATA

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

Untuk mengatasi permasalahan di atas, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum telah menyusun Manual Pemeliharaan Jembatan Cable Stayed

Manual ini disusun dengan proses pembahasan beberapa tim ahli yang berkompeten dibidang pekerjaan jembatan, manual ini menjelaskan tentang prinsip umum pemeliharaan Jembatan Cable Stayed

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 CABLE STAYED	1
II	ACUAN NORMATIF.....	3
III	ISTILAH DAN DEFINISI.....	4
IV	UMUM	10
	4.1 Pemeliharaan Jembatan.....	10
	4.2. Tujuan	10
	4.3. Ruang Lingkup	11
	4.4. Cara Penggunaan Manual	11
	4.5. Pemakai Manual	11
V	JEMBATAN CABLE STAYED	12
	5. 1 Menara atau Pilon	12
	5.2 Gelegar.....	13
	5.3 Kabel.....	14
	5.4 <i>Lock Up Device</i>	15
	5.5 Angkur.....	16
	5.6 <i>Modular Expansion Joint</i>	16
	5.7 Mechanical Bearing.....	17
VI	SISTEM PENOMORAN ELEMEN DAN KERUSAKAN JEMBATAN	18
	6.1 Sistim Penomoran Elemen Jembatan	18
	6.2 Elemen Jembatan <i>Cable Stayed</i>	22
	6.3 Sistim Penomoran Kerusakan Jembatan	23
	6.4. Evaluasi dan Perkiraan Kondisi Teknis Jembatan	28
VII	PEMERIKSAAN JEMBATAN	29
	7.1 Fasilitas untuk Pemeriksaan.	29
	7.2 Pemeriksaan Detail Sebelum Jembatan Beroperasi.....	33
	7.3 Pemeriksaan Inventarisasi.....	33
	7.4 Pemeriksaan Rutin.....	34
	7.5. Pemeriksaan Detail.....	40
	7.6 Pemeriksaan Khusus	45
VIII	PEMELIHARAAN JEMBATAN	47
	8.1 Prinsip Dasar, Tujuan, dan Lingkup Pemeliharaan	47
	8.2 Pemeliharaan Rutin dan Perbaikan Minor	48
	8.3. Pemeliharaan Berkala	50
	8.4 Peralatan Pemeliharaan Jembatan	52
	8.5 Pengujian dan Perkiraan Kondisi Teknis serta Daya Dukung jembatan	54
	8.6 Perawatan dan Pemeliharaan Struktur Bawah	56
	8.7 Perawatan dan Pemeliharaan Pada Struktur Atas Jembatan <i>Cable Stayed</i>	61

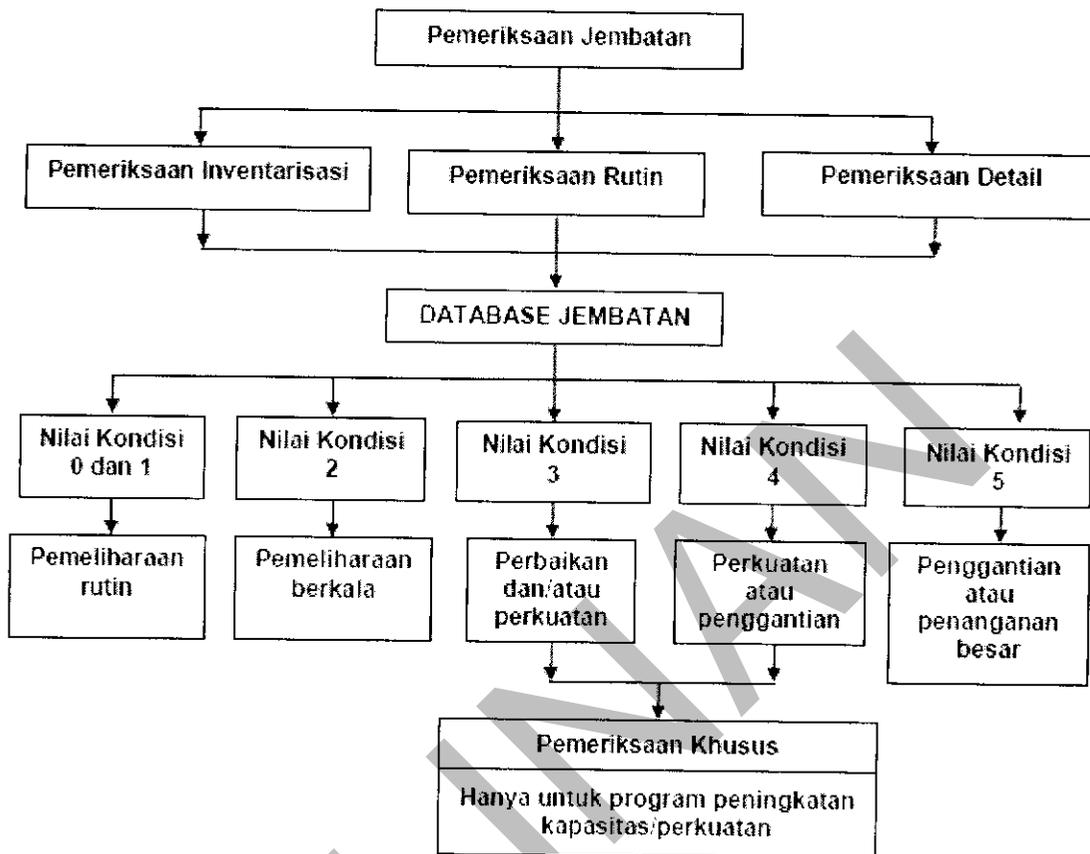
IX	PERBAIKAN YANG BERHUBUNGAN DENGAN BAHAN	77
9.1.	Perbaikan Elemen Dengan Bahan Dasar Beton	77
9.2	Perbaikan Elemen Baja	87
X	TATA CARA PEMELIHARAAN DAN REHABILITASI KERUSAKAN YANG BERHUBUNGAN DENGAN ELEMEN	104
10.1.	Umum	104
10.2.	Perbaikan Daerah Aliran sungai, Bangunan Pengamanan Gerusan Dan Daerah Timbunan	104
10.3.	Perbaikan Bangunan Bawah	127
10.4.	Perbaikan Perletakan Dan Balok Penahan Gempa	128
10.5.	Perbaikan Elemen Bangunan Atas	137
10.6.	Perbaikan Sjar Muai (<i>Expansion Joint</i>).....	144
10.7.	Fasilitas lalu – Lintas dan Utilitas	152

SALINAN

MANUAL PEMELIHARAAN JEMBATAN *CABLE STAYED*

Manual ini menjelaskan tentang prinsip umum pemeliharaan Jembatan Cable Stayed. 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 Cable Stayed.

Pada Gambar 1 disajikan skema kegiatan preservasi jembatan yang merupakan bagian dari sistem manajemen jembatan



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

Kabel Stay

Bangunan atas jembatan yang terbuat dari untaian kabel yang ditegangkan dari pylon sampai dek jembatan

3.2

Kawat Baja (Strand)

Bagian dari elemen kabel stay yang terdiri dari kawat baja (strand)

3.3

Selubung HDPE

Bagian dari elemen kabel stay yang berfungsi selubung/pembungkus dari kawat kawat baja (Strands)

3.4

Angkur Kabel Stay

Bagian dari elemen kabel stay yang berfungsi sebagai pengunci atau mengencangkan tarikan gaya kabel dari kabel stay ke gelagar

3.5

Kabel Damper

Bagian sistem dari bangunan atas jembatan yang berfungsi sebagai redaman untuk mengurangi getaran yang timbul pada struktur kabel.

3.6

Menara / Pylon

Bangunan atas jembatan yang berfungsi mentransfer gaya dari gelagar dan kabel sampai ke pondasi jembatan

3.7

Pengaku Pylon

Bagian atas jembatan yang berfungsi sebagai pengaku bagian pilon jembatan

3.8

Pondasi

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

3.9

Pile Cap

Bagian dari bangunan struktur bawah jembatan yang berfungsi menerima beban dari kolom yang kemudian akan terus disebarkan ke tiang pancang.

3.10

Balok / Gelagar Jembatan

Bagian struktur jembatan horizontal yang menahan beban utama struktur dengan tahanan momen

3.11

Pelat Lantai

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

3.12

Peredam Damper

Bagian sistem dari bangunan atas jembatan yang berfungsi sebagai redaman untuk mengurangi getaran yang timbul pada struktur jembatan

3.13

Lapis Permukaan (Aspal)

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

3.14

Mechanical Perletakan (Bearing)

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

3.15

Lock up device

Bagian sistem dari bangunan atas yang berfungsi memberikan suatu hubungan yang kaku (rigid link) antara dek jembatan dengan abutment atau pilar jembatan

3.16

Transverse Limit-Stop Block

Bagian atas jembatan yang menyatukan antara pilon dan gelagar jembatan.

3.17

Modular Expansion Joint

Bagian atas jembatan yang menyatukan segmen-segmen gelagar jembatan

3.18

Material Beton

Bagian dari struktur jembatan yang terbuat dari elemen beton seperti agregat, pasir, semen, dan air dengan proporsi tertentu

3.19

Material Baja

Bagian dari struktur jembatan yang terbuat dari elemen baja dengan mutu baja sesuai dengan standar yang digunakan

3.20

Drainase

Bagian pelengkap jembatan yang berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air pada lantai jembatan

3.21

Lampu Navigasi

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

3.22

Lampu Penerangan

Bagian pelengkap jembatan yang berfungsi sebagai alat bantu penerangan jalan jembatan.

3.23

Lighting Rods

Bagian pelengkap jembatan yang berfungsi sebagai sistem penerangan pada struktur jembatan

3.24

Power Supply

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

3.25

Trotoar

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

3.26

Travelers

Bagian pelengkap jembatan yang digunakan sebagai alat bantu untuk keperluan pemeliharaan jembatan

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

3.34

Pemeliharaan Berkala

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

3.35

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.

3.36

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

SALINAN

4. Umum

4.1. Pemeliharaan Jembatan

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

Pemeriksaan Jembatan terdiri atas enam 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 *Cable Stayed*. Panduan ini berisi standar tata cara dan pedoman yang harus diikuti dalam pelaksanaan pemeliharaan jembatan *Cable Stayed*. Suatu sistem pelaksanaan yang seragam dan memberikan sistim 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 pemeriksaan 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 Pemeliharaan Jembatan diluar Pemeliharaan Rutin dilakukan dengan menggunakan data hasil pemeriksaan jembatan. Hasil Pemeriksaan Jembatan menentukan jenis pekerjaan pemeliharaan yang diperlukan.

4.5. Pemakai Manual

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

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 jembatan.

5. Jembatan *Cable Stayed*

Jembatan *cable stayed* adalah struktur yang mempunyai sederetan kabel lurus dan memikul elemen horisontal kaku (berupa balok, rangka, atau box). Jembatan *cable stayed* terdiri dari sistem struktur berupa gelagar menerus yang didukung oleh penunjang, berupa kabel yang dibentang miring dan dihubungkan ke pylon sebagai penahan utama.

Pada setiap tahapan konstruksi Jembatan *Cable Stayed*, besarnya gaya-gaya dalam, tidak boleh melampaui kapasitas penampang. Pada tahap akhir pembebanan, perpindahan titik puncak tower dan lendutan lantai jembatan harus memenuhi yang disyaratkan.

Displacement dari puncak tower harus diusahakan sekecil mungkin dan masih dalam toleransi. Demikian pula dengan lendutan pada lantai jembatan. Dengan dicapainya lendutan yang kecil maka bidang momen dari gelagar jembatan menjadi optimum dan sedapat mungkin dapat dicapai kondisi momen positif hampir sama dengan momen negatif pada setiap peralihan tumpuan kabel. Kondisi tersebut di atas dicapai dengan mengaplikasikan gaya pratekan secara bertahap pada kabel. Sehingga pada jembatan dengan sistem *cable-stayed*, metode konstruksi akan menentukan tahapan analisa.

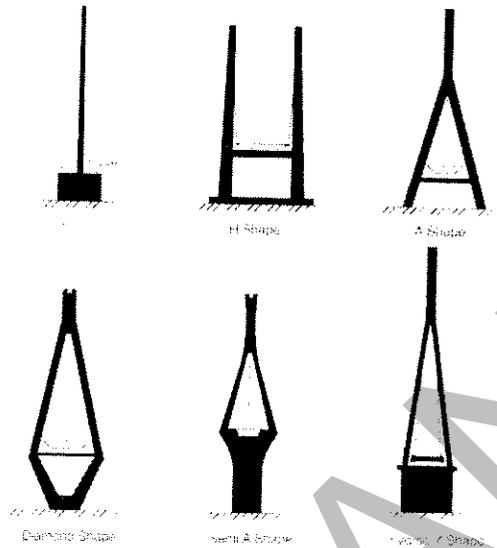
Jembatan *cable-stayed* modern menyajikan suatu sistem tiga dimensi. Secara umum, gelagar dapat terbuat dari box beton, struktur baja atau struktu komposit. Pylon jembatan dapat terbuat dari beton dan baja. Karakteristik yang penting dari struktur tiga dimensi adalah keikutsertaan konstruksi melintang untuk bekerja bersama-sama, sehingga akan dapat meningkatkan momen inersia dan dapat mereduksi tinggi geleagar jembatan.

Pada umumnya elemen utama jembatan *cable-stayed* terdiri atas gelagar, kabel, dan menara atau pylon. Masing-masing elemen mempunyai berbagai variasi tipe dan bentuk sesuai fungsinya yang diinginkan. Setiap komponen jembatan *cable-stayed* saling berhubungan satu sama lain. Kabel memikul beban dari gelagar yang menahan jalan raya beserta lalu lintasnya. Beban dari kabel tersebut selanjutnya ditransfer ke pylon dan dilimpahkan ke pondasi jembatan.

5.1 Menara atau Pylon

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

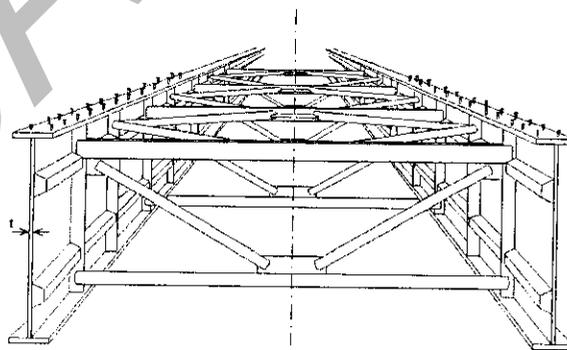
Bentuk dasar Tower Jembatan *Cable Stayed* ada beberapa macam, seperti ditampilkan pada gambar di bawah.



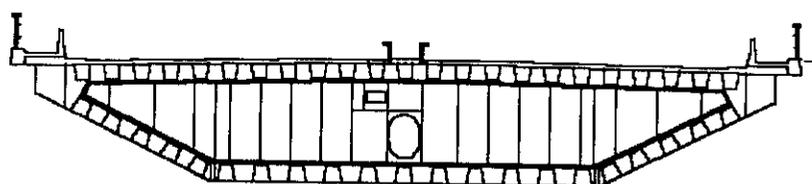
Gambar 5.1 Bentuk Dasar Pilon Jembatan *Cable Stayed*

5.2 Gelagar

Bentuk gelagar jembatan *cable-stayed* sangat bervariasi namun yang paling sering digunakan ada dua yaitu *stiffening truss* dan *solid web*. *Stiffening truss* digunakan untuk struktur baja dan *solid web* digunakan untuk struktur baja atau beton baik beton bertulang maupun beton prategang. Pada awal perkembangan jembatan *cable-stayed* modern, *stiffening truss* banyak digunakan tetapi saat ini tipe tersebut sudah jarang digunakan karena membutuhkan pabrikasi yang besar, perawatan yang relatif sulit, dan kurang menarik dari segi estetika.



Gambar 5.2 *Stiffening Truss*



Gambar 5.3 *Solid Web*

Gelagar yang tersusun dari *solid web* yang terbuat dari baja atau beton dapat berupa

- a. Gelagar pelat (*plate girder*), terdiri atas dua atau banyak gelagar,
- b. Gelagar box (*box girder*), terdiri atas satu atau susunan box yang dapat berbentuk persegi panjang atau trapesium.

Material struktur atas dapat terbuat dari beton, baja, dan komposit. Struktur atas terbuat dari beton biasanya digunakan untuk bentang sampai dengan 350 meter dengan pertimbangan biaya pelaksanaan yang lebih murah. Untuk bentang yang lebih panjang, pemakaian beton pada gelagar jembatan akan menyebabkan penambahan berat sendiri yang pada akhirnya akan mempengaruhi dimensi elemen jembatan yang lain seperti kabel, pylon, dan pondasi. Dengan pertimbangan tersebut, pada bentang yang lebih dari 500 meter umumnya digunakan gelagar jembatan baja. Diantaranya dapat digunakan material komposit baja dan beton. Kelebihan dari struktur komposit tersebut adalah kemudahan dalam hal pelaksanaan pekerjaan.

Aspek penting lainnya dari gelagar jembatan adalah kekakuan torsional. Kekakuan torsional yang baik akan menyebabkan kestabilan yang lebih baik dari jembatan terhadap beban dinamik angin.

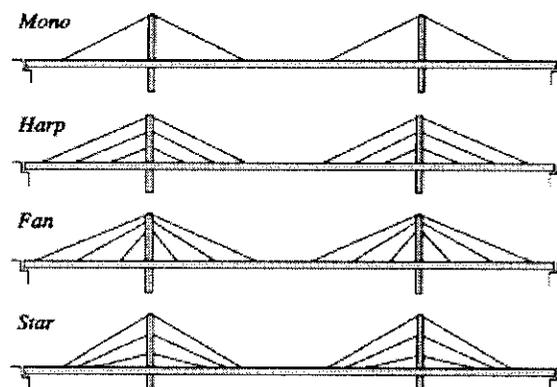
5.3 Kabel

Berkaitan dengan penempatan kabel, umumnya digunakan 2 alternatif jumlah bidang kabel yaitu

- *Single plane*
- *Double plane*

Single plan digunakan untuk jembatan dengan lebar yang relatif kecil serta jumlah lajur lalu lintas yang genap.

Pada sistim kabel *double plane*, kabel diletakan pada dua buah bidang sisi luar lebar jembatan, memencar dari tower pylon ke sisi luar jembatan. Pemencaran kabel dari puncak pylon dipilih beberapa cara pengaturan letak kabel arah longitudinal jembatan.



Gambar 5.4 Konfigurasi Kabel Jembatan Cable Stayed

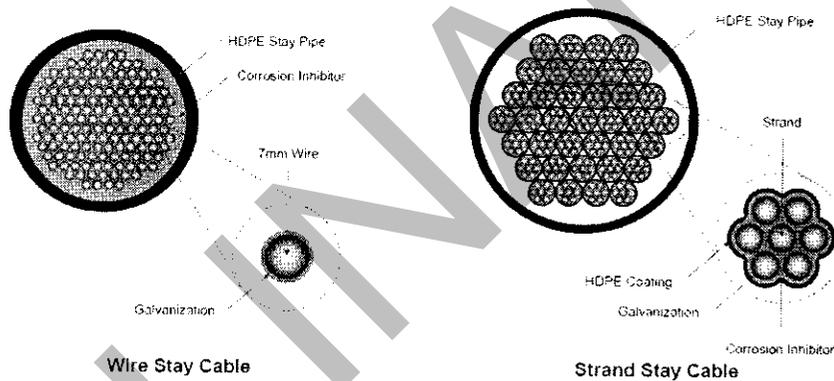
Jenis-jenis kabel yang digunakan pada jembatan *cable stayed* adalah sebagai berikut :

a. *Parallel Wire Cables*

Parallel wire strand terdiri dari kawat bulat digalvanis berdiameter 5 mm sampai 7 mm berbentuk hexagonal, dengan suatu *helix* panjang. Kawat tersebut kemudian biasanya dibungkus oleh *High Density polyethylene* (HDPE) tube.

b. *Parallel Strand Cables*

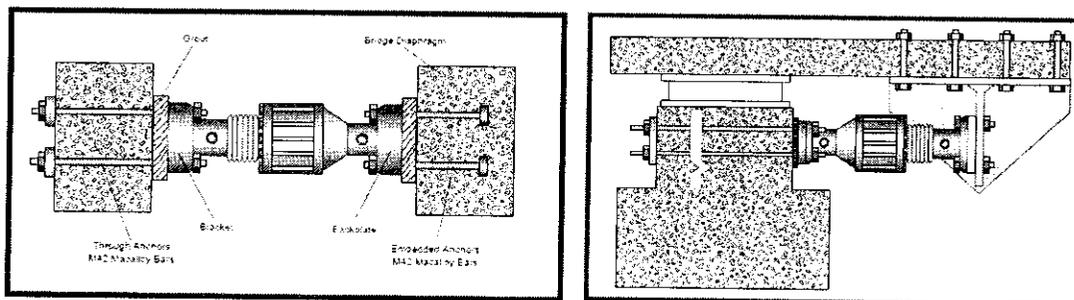
Kabel ini terdiri dari beberapa *strand*. *Strand-Strand* tersebut selanjutnya dipasang secara paralel. Setiap strand dapat terdiri dari beberapa kabel 7, 19, 37, 61, 91, atau 127 kabel.



Gambar 5.5 Tipe-Tipe Stay Cable

5.4 Lock Up Device

Fungsi dari *Lock Up device* adalah untuk memberikan suatu hubungan yang kaku (*rigid link*) antara dek jembatan dengan aabutmen 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

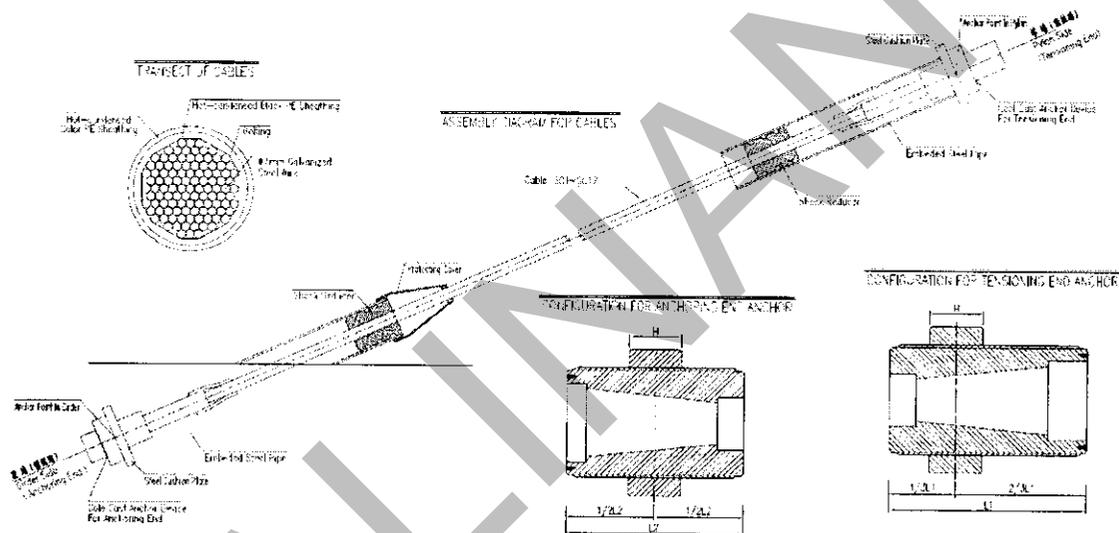


Gambar 5.6 Lock Up Device

5.5 Angkur

Ada berbagai macam sistem angkur yang digunakan untuk pada jembatan *Cable Stayed*. Secara umum, tipe angkur dapat dibagi menjadi 2 yaitu

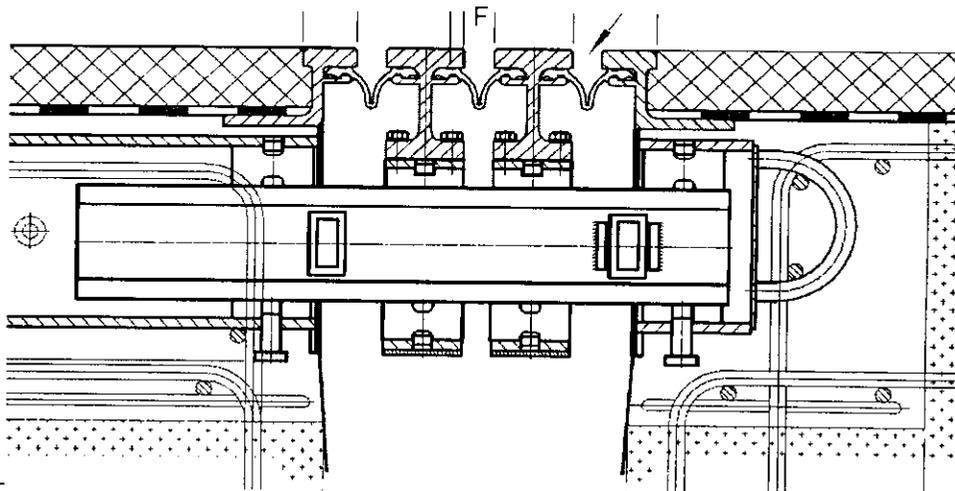
- Angkur Hidup : di ujung kabel dimana dilakukan pemberian tegangan, biasanya di pylon jembatan
- Angkur Mati : di ujung kabel dimana tidak dilakukan pemberian tegangan, biasanya di dek jembatan



Gambar 5.7 Angkur Mati (Kiri) dan Angkur Hidup (Kanan)

5.6 Modular *Expansion Joint*

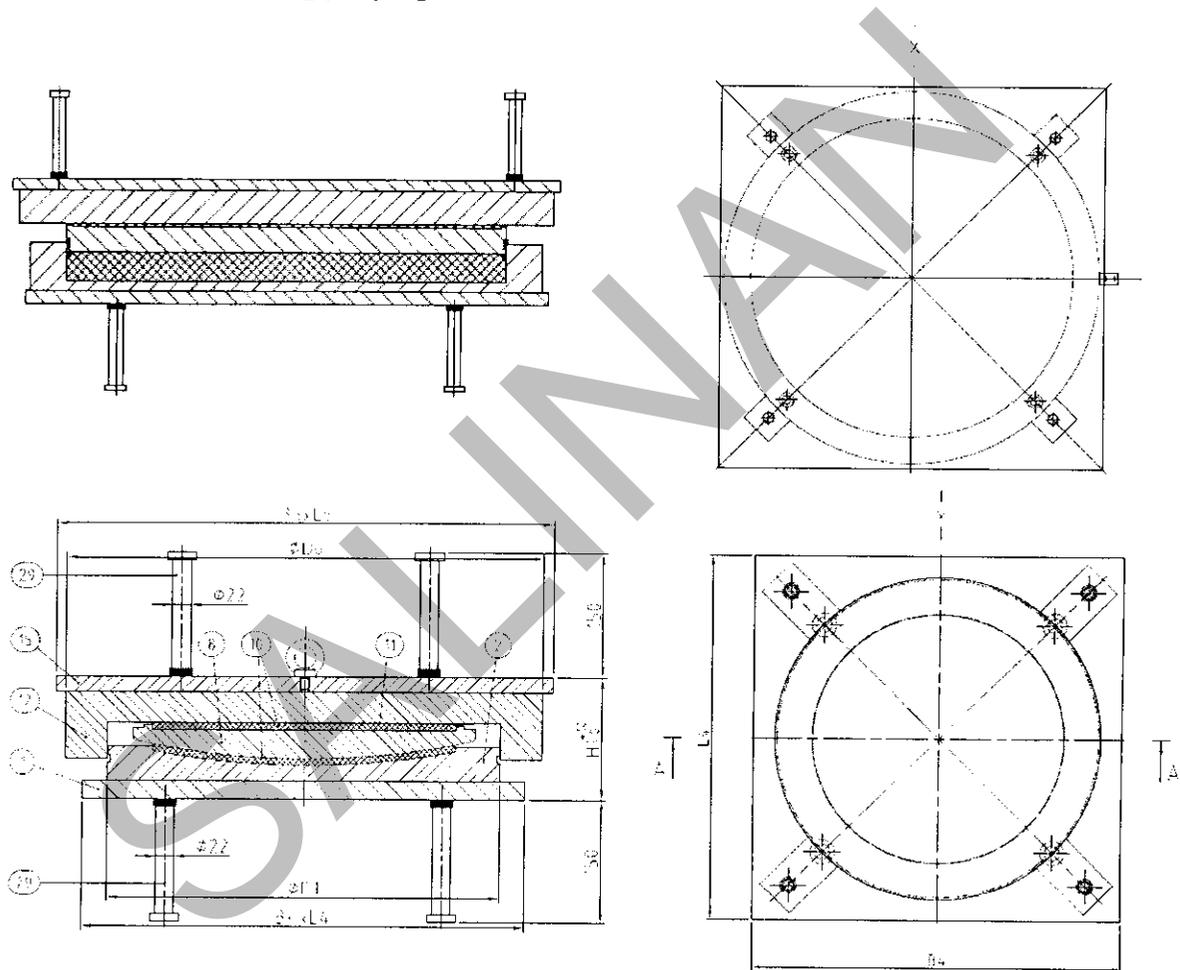
Sebagaimana umumnya Jembatan Bentang Panjang, pergerakan padadek jembatan akan selalu terjadi dan harus diakomodasi dengan baik. Untuk mengakomodasi pergerakan yang relatif besar tersebut, umumnya digunakan *Expansion Joint* tipe modular. Gambar dibawah menyajikan tipikal *Expansion Joint* tipe Modular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



Gambar 5.8 *Expansion Joint Tipe Modular*

5.7 Mechanical Bearing

Sebagaimana umumnya Jembatan Bentang Panjang, gaya-gaya pada perletakan akan memiliki magnitud 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 *pot bearing* dan *spherical bearing* umum digunakan pada jembatan bentang panjang



Gambar 5.9 *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 4.212 4.213	Tebing Sungai Aliran Air Utama Daerah Genangan Banjir
				3.220	Bangunan Pengaman	4.221 4.222 4.223 4.224 4.225 4.226 4.227 4.228 4.229	Krib/ Pengarah Arus Sungai Bottom Controller Talud Turap Fender Dinding Penahan Tanah Pengamanan Dasar Sungai Tiang Pengaman Pagar Pengaman
				3.230	Tanah Timbunan	4.231 4.232 4.233 4.234 4.235	Timbunan Jalan Pendekat Drainase – Timbunan Lapisan Perkerasan Pelat Injak Tanah Bertulang
		2.300	Bangunan Bawah	3.310	Fondasi	4.311 4.312 4.313 4.314 4.315 4.316	Tiang Pancang Fondasi Sumuran Fondasi Langsung Angkur Fondasi Balok Pelengkung Tiang Bor
				3.320	Kepala Jembatan/ Pilar	4.321 4.322 4.323 4.324 4.325 4.326 4.327 4.328 4.329 4.330 4.331 4.332 4.333	Balok Pondasi Pilar Dinding/ Kolom Dinding Penahan Tanah (Kepala Jembatan) Tembok Sayap Balok Kepala Balok Penahan Gempa/ Stoper Lateral Penunjang/ Pengaku Penunjang Sementara Drainase Dinding Tembok Kepala Balok Tiang Perletakan Lock Up Device
		2.400	Bangunan Atas	3.410	Sistem Gelagar	4.411 4.412 4.413 4.414 4.415 4.416 4.417 4.418 4.419	Gelagar Gelagar Melintang Diafragma Sambungan Gelagar Perkuatan Ikatan Angin Pelat Pengaku (Stiffener) Pelat Penguat (Cover Plata) Diafragma Baja Horizontal 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 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	
				3.480	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)
						4.490	Angkur Kabel di Dek Jembatan
						4.490	Angkur Kabel di Pylon
						4.490	Pipa Pelindung Kabel
						4.490	Sisitim Peredam Kabel
				3.490	Gelagar Boks/	4.491	Dinding Tegak Boks

					Pratekan	4.492 4.493 4.494 4.495	Dinding Bawah Boks Dinding Atas Boks Diafragma Boks Blok Angkur
				3.500	Sistem Lantai	4.501 4.502 4.503 4.504 4.505 4.506 4.507 4.508 4.509 4.510	Gelagar Memanjang Lantai Pelat Lantai (Kayu/ Beton/ Baja) Pelat baja Bergelombang Balok Tepi Jalur Ronda Kendaraan (Lantai Kayu) Trotoar/ Kerb Pipa Cucuran Drainase Lantai Lapis Permukaan Pelat Beton Acuan Lantai
				3.600	Sambungan/ Siar Muai	4.601 4.602 4.603 4.604 4.605 4.605	Sambungan/ Siar Muai baja Sambungan/ Siar Muai baja Profile Sambungan/ Siar Muai Karet Sambungan/ Siar Muai Aspal Sambungan/ Siar Muai Lain Sambungan/ Siar Tipe Modular
				3.610	Perletakan	4.611 4.612 4.613 4.614 4.615 4.616 4.617 4.618	Landasan Baja Landasan Karet Landasan Pot Bantalan Mortar/ Pelat Dasar Baut Pengikat (Angkur Gempa) Karet Penahan Gempa Lock Up Devices Transverse Limit Stop Blocl
				3.620	Sandaran	4.621 4.622 4.623 4.624	Tiang Sandaran Sandaran Horizontal Penunjang Sandaran Tembok Sandaran
				3.700	Perlengkapan	4.701 4.711 4.712 4.713 4.714 4.715 4.721 4.722 4.723 4.724 4.725 4.726 4.731 4.741 4.742 4.743 4.744 4.745	Batas-Batas Ukuran Rambu-rambu dan Tanda-tanda Marka Jalan Papan Nama Patung Parapet/ Tembok Sedada Lampu Penerangan Tiang Lampu Kabel Listrik Lampu Navigasi Penangkal Petir Lampu Aviasi Utilitas Median Traveler Dek Jembatan Traveler Pilon Jalan Inspeksi Dehumidifier
		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 Jembatan *Cable Stayed*

Berdasarkan hierarki elemen jembatan sebagaimana dijelaskan pada buku Pedoman Pemeriksaan Jembatan, elemen jembatan cable stayed adalah sebagai berikut :

Tabel 6.2 Hierarki Elemen Jembatan *Cable Stayed*

KODE	LEVEL 3	KODE	LEVEL 4
3.450	Rangka	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		
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)
		4.490	Angkur Kabel di Dek Jembatan
		4.490	Angkur Kabel di Pilon
4.490	Pipa Pelindung Kabel		
4.490	Sistim Peredam Kabel		
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 4.503 4.504 4.506 4.507 4.508 4.509 4.510	Pelat Lantai (Kayu/ Beton/ Baja) Pelat baja Bergelombang Balok Tepi Trotoar/ Kerb Pipa Cucuran Drainase Lantai Lapis Permukaan Pelat Beton Acuan Lantai
3.600	Sambungan/ Siar Muai	4.601 4.602 4.603 4.604 4.605 4.605	Sambungan/ Siar Muai baja Sambungan/ Siar Muai baja Profile Sambungan/ Siar Muai Karet Sambungan/ Siar Muai Aspal Sambungan/ Siar Muai Lain Sambungan/ Siar Tipe Modular
3.610	Perletakan	4.611 4.612 4.613 4.614 4.615 4.616 4.617 4.618	Landasan Baja Landasan Karet Landasan Pot Bantalan Mortar/ Pelat Dasar Baut Pengikat (Angkur Gempa) Karet Penahan Gempa Lock Up Devices Transverse Limit Stop Bloc
3.620	Sandaran	4.621 4.622 4.623 4.624	Tiang Sandaran Sandaran Horizontal Penunjang Sandaran Tembok Sandaran
3.700	Perlengkapan	4.701 4.711 4.712 4.713 4.714 4.715 4.721 4.722 4.723 4.724 4.725 4.726 4.731 4.741 4.742 4.743 4.744 4.745	Batas-Batas Ukuran Rambu-rambu dan Tanda-tanda Marka Jalan Papan Nama Patung Parapet/ Tembok Sedada Lampu Penerangan Tiang Lampu Kabel Listrik Lampu Navigasi Penangkal Petir Lampu Aviasi Utilitas Median Traveler Dek Jembatan Traveler Pilon Jalan Inspeksi Dehumidifier

6.3 Sistem 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

Tabel 6.3 Kerusakan Yang Berhubungan Dengan Bahan

Kode Kerusakan	Bahan dan Kerusakan
	Pasangan Batu Bata
101	Pelapukan dan retak
102	Penggembungan atau perubahan bentuk
103	Pecah atau hilangnya bahan
	Beton
201	Cacat pada beton termasuk terkelupas, sarang lebah, berongga, berpori dan kualitas beton yang jelek
202	Keretakan
203	Karat besi tulangan baja
204	Kotor, berlumut, penuaan atau pelapukan beton
205	Pecah atau hilangnya bahan
206	Lendutan
	Baja
301	Penurunan mutu cat
302	Karat pada elemen baja
303	Perubahan bentuk
304	Keretakan
305	Rusak atau hilangnya elemen baja
306	Salah penempatan komponen
307	Lepas ikatannya
308	Lepas ikatan/sambungan yang longgar
	Kabel dan Pelindung Kabel
401	Lapisan pelindung HDPE dari kabel rusak
402	Kerusakan kecil pada pelindung HDPE
403	Kerusakan besar pada pelindung HDPE
404	Penggantian sebagian atau keseluruhan kabel stay

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/ Punggembungan
	TANAH BERTULANG
531	Punggembungan 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 perkerasaan 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 terisinya sambungan
803	Bagian yang longgar/ Lepas ikatannya
805	Bagian yang hilang
806	Retak pada aspal karena perkerasaan 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

Kerusakan XXX - Lapisan Pelindung HDPE dari Kabel Rusak, Kabel tidak terlihat

Kerusakan XXX - Kerusakan Kecil pada Pelindung HDPE, Kabel terlihat

Kerusakan XXX - Kerusakan Besar pada Pelindung HDPE, Kabel terlihat

Kerusakan XXX - Penggantian Sebagian atau keseluruhan Stay Cable

Kerusakan XXX - Penggantian Seal Karet pada Modular Expansion Joint

Kerusakan XXX - Penggantian pegas gelincir dan pelat gelincir pada Modular Expansion Joint

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.

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 pada Jembatan yaitu

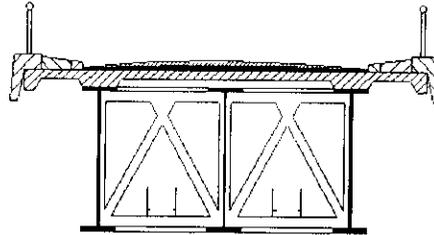
- a. Pemeriksaan Mendetail Sebelum Jembatan Beroperasi
- b. Pemeriksaan Inventarisasi
- b. Pemeriksaan Rutin
- c. Pemeriksaan Mendetail
- d. Pemeriksaan Khusus

7.1 Fasilitas untuk Pemeriksaan

Umumnya jembatan bentang panjang telah direncanakan untuk dilengkapi dengan Fasilitas untuk tujuan Pemeliharaan jembatan, seperti *inspection catwalks* dan *gondola*. Namun peralatan tersebut dirasakan masih kurang, sehingga papda Jembatan Panjang terkini dilengkapi juga dengan lift khusus dan jalan inspeksi untuk pemeriksaan menara. Hal ini sangat membantu untuk memastikan keselamatan dan kelancaran pemeliharaan jembatan bentang panjang.

Inspection path dapat digunakan untuk akses ke berbagai titik jembatan. Sejumlah jalan inspeksi utama disediakan dalam arah memanjang setiap jembatan. *Inspection path* transversal sebaiknya disediakan dalam interval sekitar 150 meter.

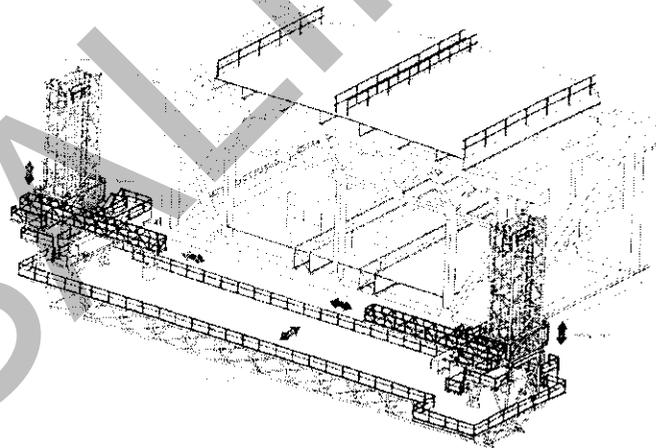
Lift untuk pemeriksaan dan pemeliharaan disediakan di menara jembatan suspensi dan jembatan cable stayed yang diperlukan untuk pemeriksaan dan perbaikan penyangga, menara, dan kabel.



Gambar 7.1 *Inspection Path* Permanen

7.1.1 Peralatan Pemeriksa Permukaan gelagar

Peralatan pemeriksa ini bergerak di bagian bawah jembatan. Peralatan ini dilengkapi dengan kendaraan yang bergerak sepanjang rel yang dipasang pada gelagar jembatan. Umumnya terbuat dari aluminium tahan korosi yang digunakan untuk meminimalkan beban mati, dan tahan terhadap korosi.



Gambar 7.2 Peralatan Pemeriksa Permukaan Gelagar Jembatan

7.1.2 Peralatan Pemeriksa Internal gelagar

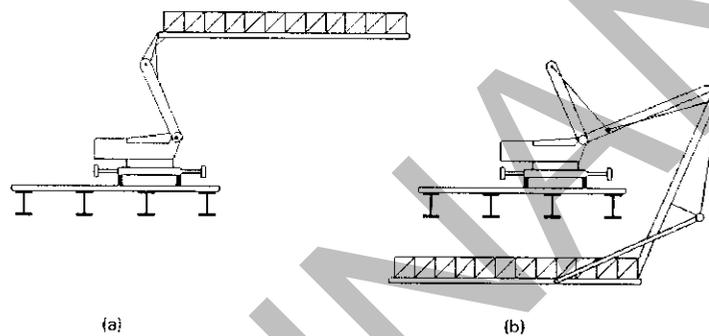
Peralatan Pemeriksaan ini dipasang di sisi internal gelagar jembatan suspensi atau *cable stayed* yang dapat bergerak ke arah sumbu jembatan. Peralatan ini biasanya terbuat dari aluminium tahan korosi.



Gambar 7.3 Peralatan Pemeriksa Internal gelagar

7.1.3 Kendaraan Khusus untuk Pemeriksaan Dek jembatan

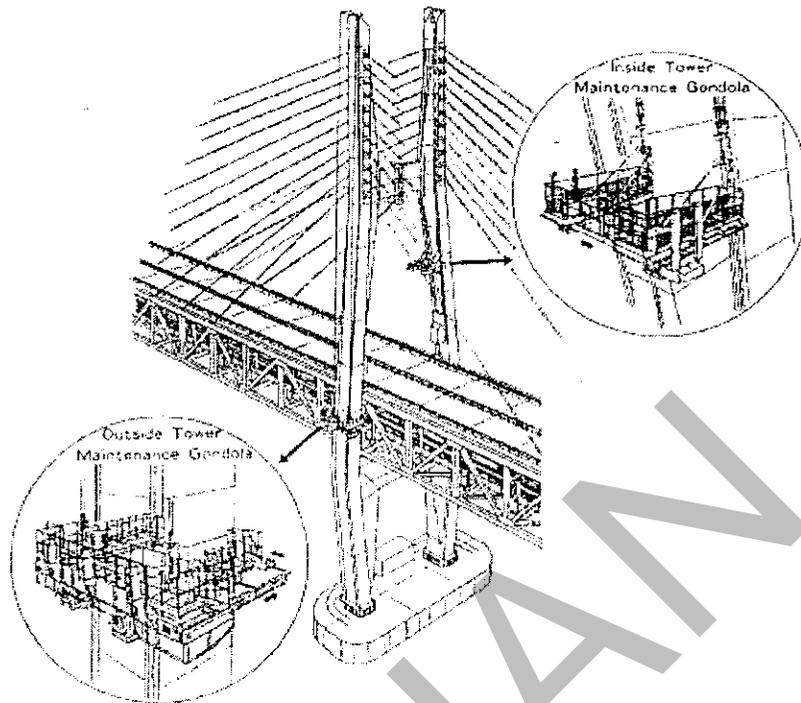
Pemeriksaan Dek Jembatan juga dapat dilakukan dengan bantuan kendaraan khusus yang memiliki lengan teleskopis sehingga mampu menjangkau lokasi di bawah dek jembatan sebagaimana disajikan pada Gambar 7.4



Gambar 7.4 Kendaraan Khusus untuk Pemeriksaan Dek jembatan

7.1.4 Peralatan Pemeriksa Pilon

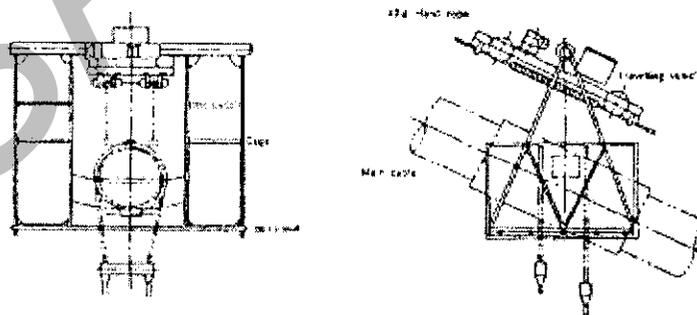
Umumnya peralatan pemeriksa pilon jembatan disediakan pada pilon jembatan cable stayed dan jembatan suspensi. Peralatan tersebut terpasang dari puncak pilon sampai dengan dasar pilon. Peralatan tersebut yang digunakan untuk pemeriksaan dan perbaikan permukaan dalam dan luar menara. Peralatan pemeriksa seperti gondola yang dapat bergerak vertikal dipasang di puncak menara. Peralatan tersebut akan bergerak sepanjang rel yang melekat pada sisi luar pilon.



Gambar 7.5 Alat Pemeriksa Pilon

7.1.5 Peralatan Pemeriksa Kabel Jembatan Suspensi

Alat Pemeriksa ini digunakan untuk pemeriksaan dan perbaikan kabel dari jembatan suspensi. *Traveler* tergantung pada *hand rope* yang berada di atas kabel utama. Berat kendaraan / *traveler* diusahakan seminimal mungkin, dengan berat sekitar dua ton. Peralatan ini memiliki motor penggerak sehingga memudahkan pemeliharaan kabel jembatan.



Gambar 7.6 Alat Pemeriksa Kabel

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 Finger Print

Persyaratan Pemeriksaan dan Pengujian Sebelum Jembatan Beroperasi

- a. Pemeriksaan Detail tersebut harus dilakukan oleh pihak yang memenuhi kualifikasi.
- b. Pemeriksaan Detail harus dilaksanakan oleh tenaga ahli profesional dengan metode teknis yang profesional dilengkapi dengan pengujian lapangan
- c. 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 cable stayed 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 pylon 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
- Untuk Jembatan Cable Stayed dan Suspensi, pengukuran gaya pada kabel perlu dilakukan.
- 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 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. Pemeriksaan ini dilaksanakan diantara pemeriksaan detail

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.

Tujuan pemeriksaan rutin adalah untuk memastikan jembatan berada dalam kondisi yang aman atau memerlukan tindakan darurat atau perawatan rutin.

Hasil pemeriksaan rutin digunakan untuk menyatakan kondisi jembatan stabil dan aman, juga melaporkan kondisi jembatan yang tidak sesuai dengan pemeriksaan detail sebelumnya.

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.
 - Periode Pemeriksaan Rutin juga ditentukan oleh kondisi lingkungan dimana jembatan tersebut berada. Pada jembatan yang terletak di lingkungan yang korosif, poluted dan dekat dengan lingkungan laut, pemeriksaan Rutin harus dilaksanakan dalam periode yang lebih pendek

Catatan hasil pemeriksaan rutin harus disimpan secara periodik disertai dengan catatan serta rekomendasi atas hasil pemeriksaan. 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 pemeriksaan dan pelaporan dapat digunakan Form Pemeriksaan Rutin.

7.4.3 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

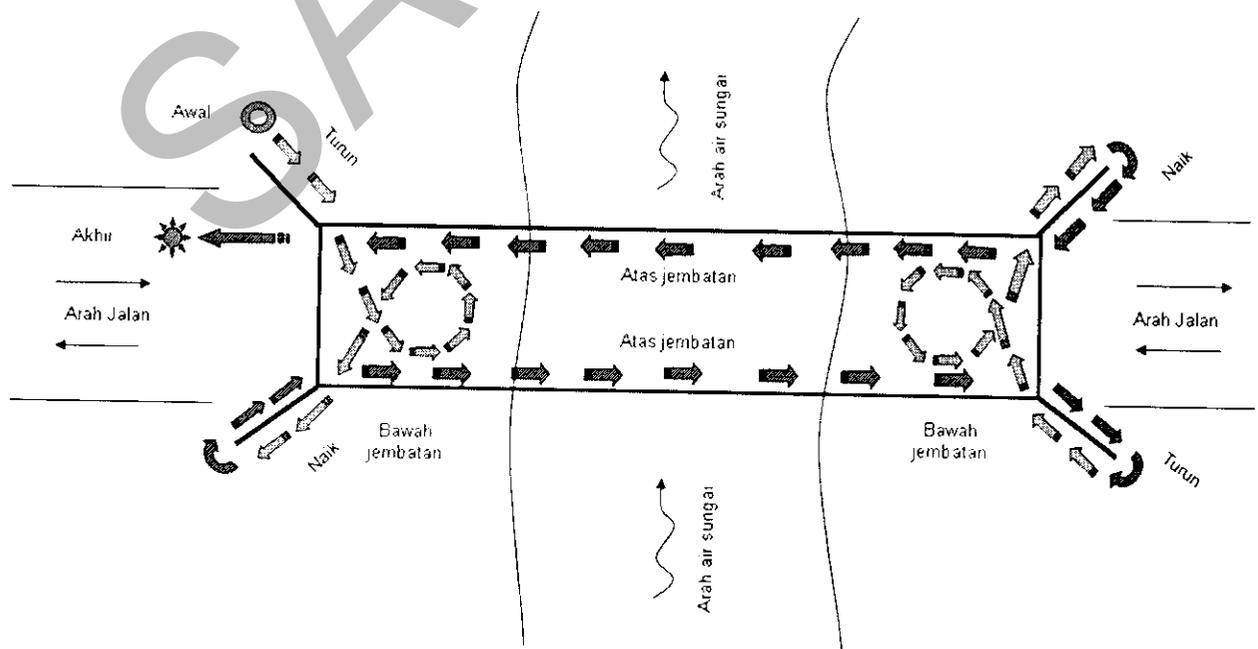
7.4.4 Urutan pemeriksaan

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. Perhatian yang lebih harus diberikan kepada elemen struktur penting dari jembatan dan elemen yang mudah mengalami kerusakan.



Gambar 7.7 Contoh Urutan Pemeriksanaan Jembatan

Urutan pemeriksaan yang umum dilakukan adalah sebagai berikut

- a. Struktur bawah
 - Tiang pancang
 - Fender
 - Perlindungan terhadap penggerusan
 - Pilar
 - Abutmen
 - Angkur
 - Footing
- b. Struktur atas
 - Elemen Utama Struktur atas
 - Perletakan
 - Elemen sekunder dan bracing
 - Utilitas
 - Dek Jembatan termasuk pelat lantai dan sambungan ekspansi
 - Jalur pejalan kaki dan railing
- c. Lain-Lain
 - Lampu Lalu Lintas
 - Penangkal Petir
 - Rambu lalu Lintas
 - Sisetim Elektrikal
 - Barrier, pintu dan peralatan pnegatur lalu lintas

Mengingat tingkat kesulitan pemeliharaan jembatan panjang, hal-hal berikut perlu dipertimbangkan

- a. Bahaya

Pemanjatan dan pekerjaan lain yang beresiko harus dilaksanakan dengan hati hati dan dengan peralatan keselamatan yang layak
- b. Cuaca

Pada kondisi angin dan suhu yang ekstrim serta hujan lebat sebaiknya pekerjaan yang memerlukan poemanjatan dan penyelaman serta yang dilakukan di air dihentikan sementara
- c. Lalu Lintas

Pemeriksaan fasilitas dan elemen yang ada di permukaan jembatan harus dilaksanakan pada kondisi yang terang dengan lalu lintas yang ringan untuk menjaga keselamatan pemeriksa dan meminimalkan gangguan pada lalu lintas

d. Jumlah pemeriksa Jembatan

Jika tim pemeriksa terdiri atas banyak orang, pelaksanaan pemeriksaan dapat dilakukan secara simultan oleh personil atau kelompok yang berbeda.

7.4.5 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 rata-rata 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 Beton	Timbulnya retak pada elemen beton
4	Elemen Baja	Karat pada material baja
5	Kabel	Kerusakan pada lapisan pelindungnya
		Kerusakan pada selubung kabel
		Timbulnya karat pada elemen kabel
6	Angkur	Adanya bagian yang longgar antara pipa angkur baja dan kabel pada bagian neoprene ujung atasnya
		Adanya korosi pada bagian angkur
		Timbulnya retak-retak pada elemen angkur
		Adanya mur-mur yang longkar pada bagian pelat soket dan bantalan angkur
		Adanya lapisan pelindung angkur yang terkelupas/rusak
7	Pilon Beton	Timbulnya retak-retak halus pada elemen beton
8	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 sekrap yang tidak ketat (longgar) pada sambungan bearing
9	Modular Expansion Joint	Elemen modular expansion joint tersumbat atau rusak

No	Elemen Jembatan	Jenis Pemeriksaan
10	Kabel Damper	Elemen kabel damper longgar/hilang
		Timbulnya korosi pada kabel damper
		Longgar pada sambungan pipa kabel
11	Seismic Damper	Elemen seismic damper longgar/hilang
		Timbulnya korosi pada seismic damper
		Longgar pada sambungan seismic damper
12	Pondasi	Timbulnya retak-retak halus pada elemen beton
13	Sistim Proteksi Katodik	Apakah Anoda Korban masih ada
14	Pile Cap	Timbulnya retak-retak halus pada elemen beton
15	Sambungan Baut	Ada bagian baut yang longgar
16	Sambungan Las	Retak pada sambungan las
17	Curb, guardrail, dan railing	Apakah ada kerusakan ?
18	Lampu bantu aviasi, lampu navigasi, dan batang penangkal petir	Apakah berfungsi dengan baik ?

7.4.6 Tindakan Darurat

Tindakan darurat adalah suatu tindakan yang harus dilakukan secara mendesak untuk memperbaiki suatu masalah. Pekerjaan tindakan darurat ini adalah tindakan yang tidak dapat ditunda lagi untuk dimasukkan ke dalam proyek rehabilitasi jembatan tahunan. Artinya, jembatan berada dalam keadaan kritis atau lalu lintas tidak dapat melalui jembatan dengan aman.

Tindakan darurat diperlukan apabila terdapat keadaan sebagai berikut :

- a. Gerusan di sekitar tanah timbunan, kepala jembatan atau pilar;
- b. Puing atau rintangan (misalnya pohon besar) yang memberikan beban horizontal yang berlebihan pada pilar atau pengendapan dan tumbuhan yang mengancam saluran air;
- c. Kolom atau Balok atau Kabel jembatan yang rusak, hilang, berubah bentuk, berkarat sedemikian rupa sehingga ada kemungkinan runtuh;
- d. Lubang pada permukaan lantai jembatan yang mungkin membuat jembatan tidak aman bagi pejalan kaki, pengguna jalan;
- e. Penurunan atau gerakan pada kepala jembatan atau pilar yang mungkin merupakan indikasi bahwa jembatan mempunyai potensi runtuh;
- f. Longsor pada daerah jalan pendekat dekat kepala jembatan.

Bila dibutuhkan suatu tindakan darurat, perincian komponen atau elemen yang membutuhkan tindakan tersebut harus dicatat dengan mencantumkan nama dan lokasi komponen atau elemen, dan alasannya.

7.5. Pemeriksaan Detail

7.5.1 Umum

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

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 Mendetail 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 :

- a. 1 tahun setelah jembatan bentang panjang beroperasi, pemeriksaan Detail pertama harus dilakukan
- b. Siklus pemeriksaan periodik umumnya adalah 3 tahun. Ahli pemeriksa jembatan harus menentukan kapan periode pemeriksaan periodik selanjutnya dilakukan (1 – 5 tahun)
- c. Periode Pemeriksaan Detail juga ditentukan oleh kondisi lingkungan dimana jembatan tersebut berada. Pada jembatan yang terletak dilingkungan yang korosif, poluted dan dekat dengan lingkungan laut, pemeriksaan Detail harus dilaksanakan dalam periode yang lebih pendek
- d. 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 periodik elemen jembatan yang sebaiknya dilakukan adalah sebagaimana disajikan pada tabel di bawah.

Tabel 7.2 Pemeriksaan Periodik/Berkala

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 Beton	Retak pada material beton
5	Elemen Baja	Karat pada Material Baja
		Retak pada Material Baja
		Tekuk atau puntiran pada Elemen Baja
		Konsentrasi tegangan dengan melihat kondisi coating pada sambungan Baja
6	Sistim pratekan pada beton	Retak yang terjadi pada daerah penganguran
		Karat dan adanya strand yang putus pada pratekan eksternal
7	Kabel	Ada bagian kawat yang putus pada kabel jembatan
		Pengukuran gaya kabel pada suhu tinggi dan rendah
8	Angkur	Ketidakstabilan pada angkur
		Perpindahan titik angkur
9	Pilon	perubahan bentuk (deformasi) dari dimensi pilon akibat susut dan rangkai pada beton
		Perpindahan (displacement) pada puncak pilon
10	Pondasi	Perubahan bentuk (deformasi) dari dimensi pondasi akibat susut dan rangkai pada beton
11	Sistim Proteksi Katodik	Apakah Sistim proteksi Katodik Masih Berfungsi
12	Perletakan	Apakah Perletakan berfungsi dengan baik
		Kerusakan pada padstone/ dudukan bearing
		Perpindahan pada elemen perletakan dari desain rencana
13	Modular Expansion Joint	Perubahan bentuk pada expansion joint
		Apakah Expansion Joint tertahan untuk bergerak
		Kondisi beton di dekat expansion joint
14	Kabel Damper	Deformasi pada ring kabel damper
15	Seismic Damper	Deformasi pada ring seismic damper
16	Pile Cap	Perubahan bentuk (deformasi) dari dimensi pondasi akibat susut dan rangkai pada beton
		Penurunan
17	Sambungan Baut	Periksa perlindungan baut terhadap korosi

18	Sambungan Las	Periksa perlindungan las terhadap korosi
19	Drainase Jembatan	Tersumbat atau tidak memadainya bukaan untuk drainase
		Adanya air yang menggenang
		Kerusakan dan sumbatan pada pipa drainase
		Endapan tanah dan pasir pada dek jembatan
20	Curb, guardrail, dan railing	Apakah ada kerusakan?
21	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 Detail,
- 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 7.5

Urutan pemeriksaan yang umum dilakukan adalah sebagai berikut

- a. Struktur bawah
 - Tiang pancang
 - Fender

-
- Perlindungan terhadap penggerusan
 - Pilar
 - Abutmen
 - Angkur
 - Footing
- b. Struktur atas
- Elemen Utama Struktur atas
 - Perletakan
 - Elemen sekunder dan bracing
 - Utilitas
 - Dek Jembatan termasuk pelat lantai dan sambungan ekspansi
 - Jalur pejalan kaki dan railing
- c. Lain-Lain
- Lampu Lalu Lintas
 - Penangkal Petir
 - Rambu lalu Lintas
 - Sisitim Elektrikal
 - Barrier, pintu dan peralatan pnegatur lalu lintas

Mengingat tingkat kesulitan pemeliharaan jembatan panjang, hal-hal berikut perlu dipertimbangkan

- a. Bahaya
- Pemanjatan dan pekerjaan lain yang beresiko harus dilaksanakan dengan hati hati dan dengan peralatan keselamatan yang layak
- b. Cuaca
- Pada kondisi angin dan suhu yang ekstrim serta hujan lebat sebaiknya pekerjaan yang memerlukan poemanjatan dan penyelaman serta yang dilakukan di air dihentikan sementara
- c. Lalu Lintas
- Pemeriksaan fasilitas dan elemen yang ada di permukaan jembatan harus dilaksanakan pada kondisi yang terang dengan lalu lintas yang ringan untuk menjaga keselamatan pemeriksa dan meminimalkan gangguan pada lalu lintas
- d. Jumlah pemeriksa Jembatan
- Jika tim pemeriksa terdiri atas banyak orang, pelaksanaan pemeriksaan dapat dilakukan secara simultan oleh personil atau kelompok yang berbeda.

7.5.6 Tindak Lanjut Hasil Pemeriksaan Detail

Dasar dari sistem pemeriksaan detail adalah penilaian kondisi komponen dan elemen menurut tingkat kerusakannya.

Untuk tujuan Pemeriksaan Detail dan evaluasi dari kondisi jembatan secara menyeluruh, struktur suatu jembatan dibagi menurut hierarki elemen yang terdiri atas 5 Level, tertinggi adalah Level 1, yaitu jembatan itu sendiri, sedangkan level terendah adalah Level 5, yaitu elemen kecil secara individual dan bagian-bagian jembatan

Pencatatan hanya dilakukan untuk elemen yang memiliki kerusakan. Hal ini dilakukan untuk menyederhanakan prosedur pemeriksaan.

Yang dimaksud dengan kerusakan adalah :

- a. kerusakan tersebut merugikan dan telah berkembang sampai tingkat yang berat, atau
- b. kerusakan tersebut membahayakan dan telah meluas,
- c. kerusakan tersebut membahayakan, telah berkembang sampai tingkat kerusakan yang berat, dan telah meluas

Ini berarti bahwa elemen-elemen yang memiliki kerusakan yang berarti akan mendapat Nilai Kondisi paling sedikit 2.

Bila suatu elemen memiliki nilai kondisi kurang dari 2 (yaitu 0 atau 1), maka elemen ini berada dalam kondisi yang baik atau memiliki cacat yang kecil dan belum meluas. Elemen seperti ini tidak memerlukan pemeliharaan atau dapat diperbaiki dalam pemeliharaan rutin.

Elemen dengan nilai kondisi 2 memiliki kerusakan kecil yang telah meluas atau kerusakan besar yang belum meluas. Elemen-elemen dengan kondisi ini membutuhkan pemantauan. Pemantauan biasanya bertujuan agar perbaikan atau pemeliharaan dilaksanakan pada masa yang akan datang

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 seriat untuk menentukan metode perbaikan seperti perkuatan, peningkatan serta perbaikan yang tepat

Pengujian 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 profesional 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 observasi 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 memenuhi 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 umum, 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.

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.
- e. 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 seperti Stay cable dan kabel suspensi utama
 - d. Pemeliharaan dan perbaikan rutin dari komponen utama Jembatan

Jenis dari perawatan dan pemeliharaan Jembatan Bentang Panjang meliputi

- e. 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

- e. 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.

- f. 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

- g. 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.

8.2.4. 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. Unit alat kontrol, terdiri dari :
 - Palu besi
 - Torque Wrench (Kunci Momen)
- g. 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 Pemetong
 - Golok
 - Ember Plastik
 - Tang Jepit & Pemetong
 - Obeng (Screw Driver)
 - Linggis
 - Troli dorong
 - Kereta Dorong
- h. Tanda Pengaman Kerja, terdiri dari :
- Kerucut (Traffic Cone)
 - Rompi Kerja
 - Papan Peringatan
 - Rambu Peringatan
 - Pita Kuning
 - Bendera
- i. Unit Alat Penggantung, terdiri dari :
- Tangga Penggantung
 - Rantai
 - Pengikat Rantai
 - Lampu Penerangan
- j. Monitoring, terdiri dari :
- Komputer Portabel (Laptop PC)
 - Kamera digital
 - Kamera Video (Handycam)

-
- Nat Tulis
 - k. Peralatan Pemeriksaan Khusus:
 - Peralatan Pengukur Gaya pada Kabel
 - Peralatan Pengukur Data Dinamik Jembatan,
 - Peralatan Pengukur Perpindahan pada Pilon,
 - Peralatan Pengukur Geometrik Jembatan
 - Torsimeter
 - Hammer test
 - Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)
 - Coating thickness
 - Ultrasonic Thickness Gauge

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. Pengujian tegangan pada bagian penting dari komponen utama jembatan yang terbuat dari baja. Pengujian tegangan dilakukan pada lokasi penting pada kondisi beban tertentu. Besarnya tegangan akan langsung didapat yang nantinya akan digunakan sebagai dasar atau referensi untuk evaluasi secara menyeluruh dari kondisi teknis jembatan. Selain itu variasi struktur dari jembatan akan dapat diketahui berdasarkan variasi tegangan yang terjadi pada titik titik penting tersebut
- d. Pengujian gaya pada Kabel
- e. Pengujian karat pada lapisan pelindung kabel, kabel, pada kepala angkur
- f. Pemeriksaan lapis permukaan jembatan, perletakan, *expansion joint*, sistim drainase, *guardrail*, penangkal petir dan fasilitas lainnya
- g. Pengujian self-vibration *characteristic* dan tingkat getaran dari jembatan

8.5.3 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 dimungkinkan 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, kabel dan perletakan. Selanjutnya perhitungan dibuat sesuai dengan spesifikasi. Setelah itu daya dukung dan persyaratan kelayakan 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 perhitunagn teoriti harus dilakukan dan hasilnya dibandingkan dengan hasil pengukuran di lapangan untuk mendapatkan penilaian yang dapat dipercaya.

Komponen dari pemeriksaan kapasitas daya dukung jembatan dalah 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 idlkaukan pengukuran langsung dengan alat yang sesuai untuk mendapatkan data seperti panjang bentang, dimensi ipenampang penting, elevasi jembatan, kekuatan material, retak, penurunan pondasi, gaya dan perpindahan dari pilon, balok, cable dan perletakan. Perhitungan struktur harus dilakuikan 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 kekakuan 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 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 diukur 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 Sistem Proteksi Katodik

Pada Jembatan yang terletak di daerah yang korosif, pondasi yang terbuat dari pipa baja yang digunakan umumnya dilengkapi dengan sistem perlindungan korosi baik berupa Pelapisan maupun dengan Sistem 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.

Sistem Proteksi katodik adalah suatu sistem 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 atukah 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 sistem proteksi katodik secara keseluruhan masih berjalan
 - Potensi yang ada antara struktur dan tanah
 - Interference testing
 - Pemeriksaan isolasi dan conductivity

Untuk sistem dengan anoda korban, pemeriksaan yang diperlukan lebih sederhana dimana untuk selang waktu 3 tahun perlu dilakukan pemeriksaan berikut

- Apakah sistem 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 penanganannya 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 disimpan.

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-pukul 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 di atas 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 di bawah 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 di bawah 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 akibat beban mati (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 ankur retak, *spalling*, bocor, dan ankur pratekan terekspose, ankur pratekan tersebut harus segera dilapis dengan cat anti karat.

8.7 Perawatan dan Pemeliharaan Pada Struktur Atas Jembatan *Cable Stayed*

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 kedepannya, 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 pangaku 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 perencana.

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 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 Stay Cable

Stay Cable adalah salah satu elemen utama di struktur jembatan. Perawatan kabel yang dilakukan dengan baik dapat menambahkan kinerja waktu masa layan dan keandalan jembatan. Untuk menjamin pelayanan dan keselamatan jembatan, pemeriksaan berkala dan pengujian harus dilakukan untuk *Stay Cable*.

Pengamatan Gaya pada Kabel :

- a. Kabel adalah salah satu elemen struktural yang paling penting dari jembatan, yang secara langsung menanggung beban jembatan. Gaya kabel merupakan faktor penting dalam menggambarkan distribusi gaya internal serta alinyemen dari jembatan. Oleh karena itu gaya kabel merupakan salah satu yang faktor penting untuk evaluasi kondisi teknis dari *stay cable*. Selama konstruksi dan periode operasional, sangat penting untuk memperoleh informasi kondisi teknis dari gaya-gaya di kabel dari waktu ke waktu.
- b. Gaya kabel harus diukur satu kali di setiap tahun. Gaya kabel yang diukur pada saat penarikan selama konstruksi harus dibandingkan dengan desain sehingga akan diperoleh hasil/informasi mengenai perubahan gaya kabel dan relaksasinya.
- c. Ada banyak metode untuk mengetahui gaya pada kabel. Berdasarkan hubungan antara tegangan dari kabel dan frekuensi alamiahnya, metode spektrum frekuensi dapat diterapkan untuk mengetahui gaya pada kabel.
- d. Selain itu dianjurkan untuk melakukan pengamatan suhu dari seluruh jembatan, defleksi gelagar utama (main stringer), dan pengamatan sambungan las dari stinger utama dan keretakan pada balok beton harus dilakukan sedemikian rupa untuk mengetahui bagaimana setiap bagian dari jembatan bekerja sehingga dapat dipastikan pengoperasian jembatan dalam kondisi normal.

Pemeliharaan dan penanganan *Stay Cable*

a. Frekuensi dan Metode Pemeriksaan

- Untuk memastikan perlindungan pada sistem kabel stay, dan mencegah kerusakan kabel pada selubung PE karena peletakan kabel atau alasan lain, pemeriksaan lengkap akan dilakukan sebelum jembatan dioperasikan.
- Perlindungan kabel sebaiknya diperiksa secara rutin dengan menggunakan pengamatan visual atau bisa juga menggunakan alat bantu sederhana. Jika ditemukan kejadian yang tidak normal, temuan tersebut harus didatakan untuk kemudian dilakukan pemeriksaan dan dievaluasi kondisi teknisnya.
- Perlindungan kabel dari karat pada kawat baja harus diperiksa pada *setiap dua tahun*, pemeriksaan dapat dilakukan dengan metode deteksi kerusakan non-destruktif. Luas efektif dari kawat baja yang berkarat harus diukur. Metode pemeriksaan yang digunakan dapat menggunakan *crawler* yang telah digunakan dalam banyak proyek. Kabel yang telah terpasang lengkap diperiksa dengan *crawler*. Jika ditemukan masalah, harus segera diambil langkah perbaikan.
- Getaran kabel harus diamati. Pencatatan kecepatan angin, arah angin dan curah hujan yang menyebabkan getaran pada kabel harus dicatat. Keefektifan dari redaman kabel harus diperiksa. Jika terjadi peredam tidak efektif maka harus segera diperbaiki.
- Pemeriksaan, pemeliharaan, dan perbaikan dari kabel harus dicatat secara detail berupa deskripsi, gambar atau video.

b. Penanganan atas kerusakan yang terjadi pada kabel harus memenuhi ketentuan berikut.

- Ketika lapisan pelindung PE kabel rusak atau terbuka, dan kerusakan PE melebihi 10% dari total, maka harus segera diperbaiki.
- Apabila permukaan lapisan pelindung kabel telah retak, dan permukaannya kering dan tidak ada air yang masuk ke dalam, dan kawat baja tidak berkarat, maka bagian yang retak harus ditutup.
- Jika kawat baja berkarat atau permukaan lembab, dan terjadi kebocoran air yang menyebabkan retak, lapisan pelindung harus dikupas sepanjang keretakan untuk membuat kawat baja terbuka. Setelah karat dihilangkan dan kabel telah kering selanjutnya pemberian lapisan tahan karat akan dilakukan.
- Ketika pada kawat baja kabel yang rusak atau putus (melebihi 2%) dari total luas kawat baja kabel, atau kawat baja yang berkarat melebihi 10%, maka kabel tersebut harus diganti.

8.7.4 Angkur *Stay Cable*

Setelah Angkur dari kabel selesai dipasang, perlindungan terhadap karat harus diberikan pada permukaan mur, permukaan mangkok angkur, dan bagian dalam dari sekrup.

Pemeriksaan angkur stay cable dilakukan dengan cara berikut

-
- a. Kepala angkur yang ada di pylon dan di dek jembatan harus diperiksa dan diperbaiki setiap enam bulan sekali. Pemeriksaan umumnya dilakukan secara visual
 - b. Mangkok dari angkur, undakan sekrup, dan mur yang terletak di luar dari mangkok angkur tidak boleh berkarat dan mengalami deformasi. Pelat dari angkur tidak boleh mengalami kerusakan.
 - c. Dudukan dari bantalan angkur tidak boleh berkarat, mengalami perpindahan dan berdeformasi. Kotak angkur pada ujung tidak boleh mengalami karat dan deformasi. Pelat baja yang terpasang pada gelagar jembatan tidak boleh berkarat dan berdeformasi. Beton yang terdapat disekeliling plat baja tidak boleh mengalami retak, spalling dan kebocoran oleh air.

Pemeliharaan angkur stay cable dilakukan sebagai berikut

- a. Selama jembatan beroperasi, jika ditemukan pelumas dari pelindung korosi angkur mengering, retak dan menua, harus dilapis kembali dengan pelumas pelindung korosi
- b. Jika diketahui bahwa air telah menembus sampai kepala angkur di gelagar jembatan, maka lapisan pelindung korosi dari selongsong kabel pada ujung di gelagar beserta material seal nya harus diperbaiki untuk mencegah kebocoran air
- c. Retak yang terjadi pada struktur kotak dari angkur harus segera ditangani dengan perkuatan
- d. Jika beton disekitar pelat baja tekan pada daerah angkur di pylon terkelupas dan retak, maka beton yang terlepas tersebut harus segera di bersihkan, selanjutnya tinggak kerusakan perlu segera diperiksa.
- e. Jika karat pada tulangan di dalamnya mengakibatkan spalling pada beton, tulangan tersebut harus dibersihkan dari karat. Beton yang rusak harus segera dibobok, dibersihkan dan diperbaiki. Jika, undakan sekrup dari mangkok angkur, dan mur mengalami deformasi dan retak, maka pemeriksaan dengan flaw detection harus dilakukan untuk mengukur gaya pada kabel disertai dengan evaluasi teknis. Selanjutnya perbaikan harus segera dilakukan

8.7.5 Peredam Getaran Kabel

Peredam Getaran Kabel terdiri atas elemen internal dan *eksternal*. Peredam *eksternal* terletak diluar saluran kabel dan dihubungkan dengan dek jembatan, untuk mengurangi getaran yang terjadi. Peredam *internal* terpasang di dalam saluran kabel di ujung pylon dan ujung *gelagar* utama (main stringer). Di dalam saluran kabel, peredam *internal* dijepitkan pada kabel untuk agar getaran kabel dapat dikurangi

Pemeliharaan Peredam getaran kabel adalah sebagai berikut

- a. Peredam Internal harus diperiksa satu kali setiap satu tahun. Pemeriksaan dilakukan dengan terlebih dahulu melepaskan lapisan *waterproofing*. Bahan busa (*foaming*) dalam *waterproofing* digunakan untuk mencegah kelembaban, gas berbahaya atau bahan asing masuk ke dalam kabel. Setelah jembatan dioperasikan, bahan busa harus diperiksa untuk mengetahui apakah ada pecahan atau kebocoran. Jika ditemukan masalah, maka harus segera

dilakukan tindakan perbaikan. Jika karet dari peredam internal rusak, maka peredam getaran kabel tersebut harus segera di ganti.

b. Peredam *eksternal* harus diperiksa secara berkala, dan segera diperbaiki jika terjadi kerusakan. Item utama dalam pemeliharaan peredam adalah sebagai berikut.

- Pemeriksaan dan pemeliharaan lapisan perlindungan korosi

Kerusakan pada lapis perlindungan korosi di permukaan peredam dan karat dari elemen baja diperiksa secara visual dan sentuhan. Item yang akan diperiksa termasuk warna lapisna pelindung, kerusakan lapisan pelindung, pengelupasan, retak, spalling dan karat. Jika ditemukan bahwa lapisna pelindung mengalami kerusakan dan spalling, maka daerah yang mengalami kerusakan tersebut harus segera dibersihkan untuk kemudian diberi lapisan pelindung kembali. Jika elemen struktural baja berkarat, maka karat tersebut harus dibersihkan terlebih dahulu dan kemudian diberi lapisan pelindung kembali.

- Pemeriksaan sambungan las dan perawatan nya

Sambungan las untuk peredam getaran kabel harus diperiksa. Jika ditemukan retak pada sambungan las harus dilakukan perbaikan oleh tenaga las profesional untuk mencegah pengembangan keretakan.

- Pemeriksaan sambungan baut dan bantalan karet dan perbaikan nya

Sambungan baut dari peredam harus diperiksa secara berkala. Jika sambungan baut tersebut kendur, harus segera dikencangkan atau dilakukan pergantian baut. Bantalan karet peredam di dalam blok tersebut harus diperiksa secara berkala. Jika pecah atau terkelupas, maka harus segera dilakukan pergantian.

- Pemeriksaan dimensi dan deformasi

Hanya peredam yang dipasang pada lokasi yang tepat yang dapat bekerja secara efektif. Oleh karena itu, posisi instalasi dan deformasi dari peredam harus sering diperiksa terhadap getaran kabel dan pemeriksaan dilakukan satu kali setiap satu tahun.

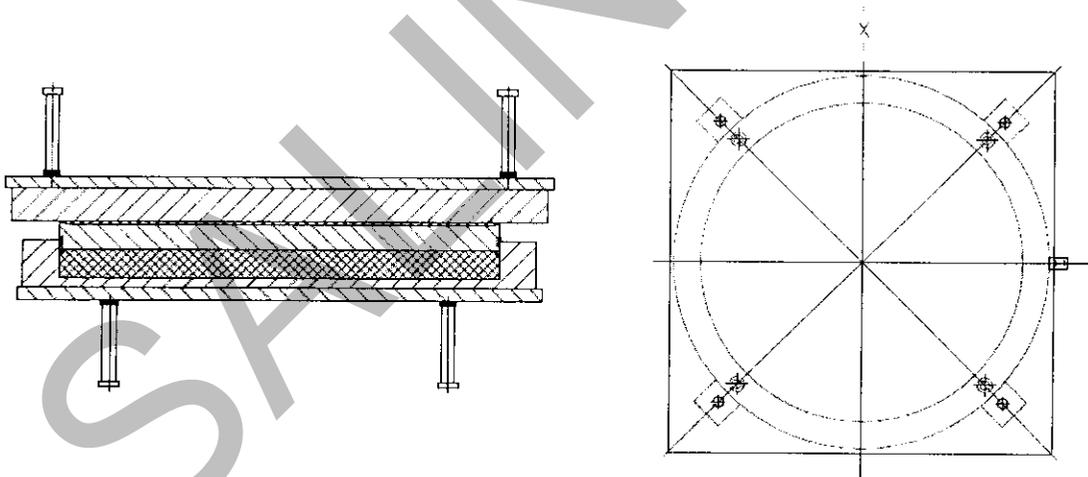
8.7.6 Mechanical Perletakan (*Bearing*)

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 pada kondisi dimana tegangan dan deformasi berada pada batas yang diijinkan. Untuk itu perlu dilakukan inspeksi dari kinerja perletakan seperti kondis tegangan dari perletakan dan posisi awal perletakan seketika setelah bearing bekerja. Hasil inspeksi awal tersebut akan digunakan sebagai catatan asli dari kondisi perletakan dalamkeadaan normal.
- Secara umum, sebelum inspeksi dilakukan, perletakan harus benar-benar bersih dan hasil pemeriksaan harus dicatat.

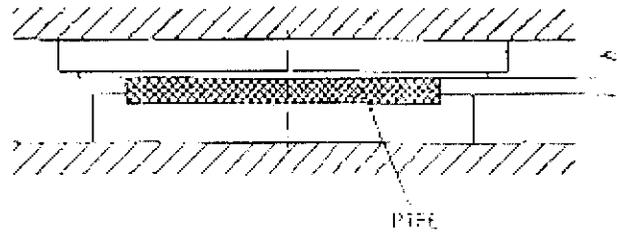
- Selama pemeriksaan, perletakan harus diperiksa terlebih dahulu apakah mengalami kerusakan (termasuk pada lapisan pelindung korosi). Jika tidak ditemukan kerusakan, serta bearing berada pada rentang normal, posisi aktual dari bearing harus dicatat. Jika memungkinkan, kondisi bisang gelincir harus diperiksa. 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 cacat 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

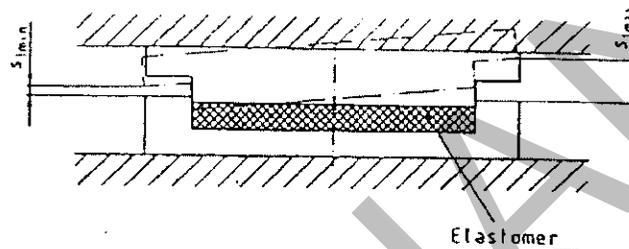
b. Aturan dalam inspeksi dan evaluasi dari perletakan

- 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

8.7.7 Pemeliharaan *Transverse limit-stop block*

Kotoran atau material asing yang ada di sekitar *transverse limit-stop rubber block* di antara pilon 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.

8.7.8 Pemeliharaan *Lock Up Device*

Pemeliharaan *Lock Up Device* dilakukan sebagai berikut

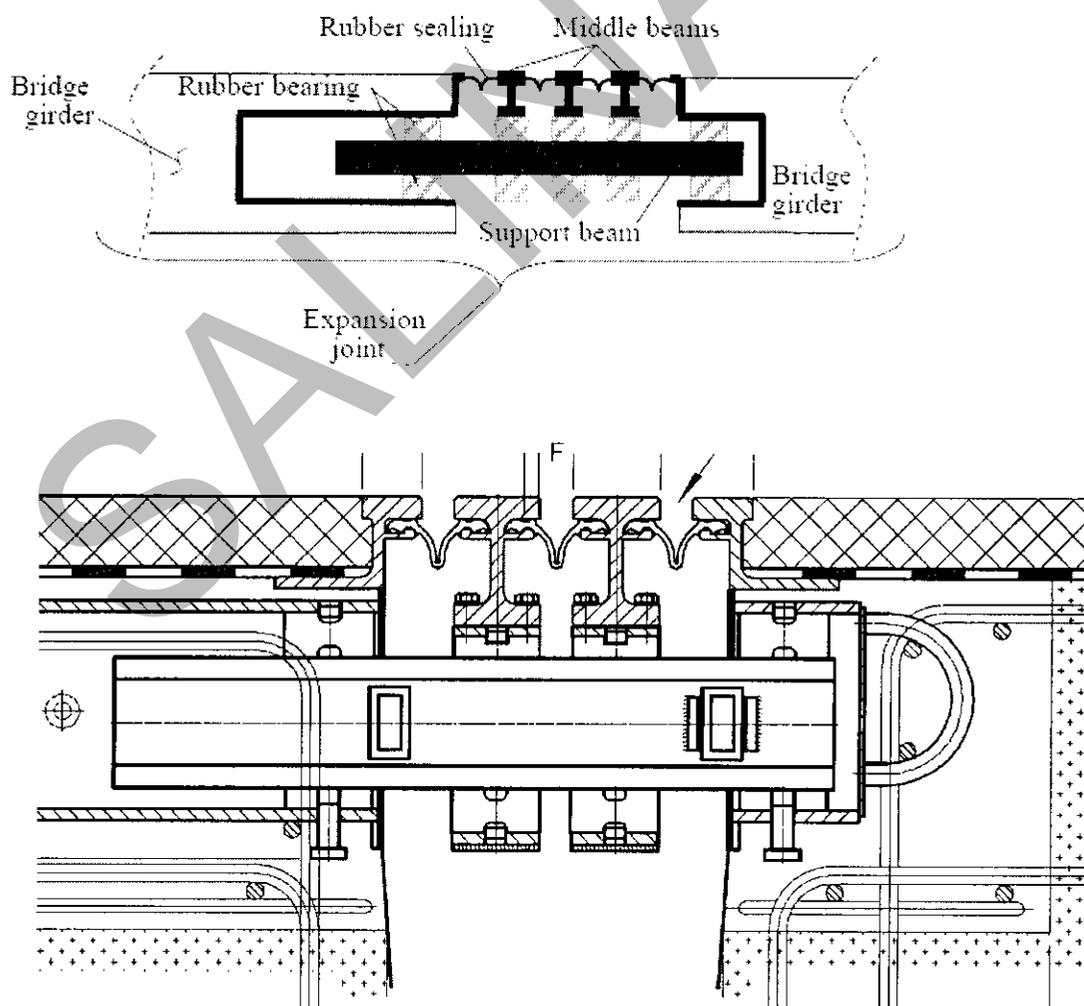
- Lock Up Device* harus senantiasa berada dalam keadaan bersih, terbebas dari kotoran
- Sambungan-sambungan abut dan angkur dari *Lock Up Device* harus diperiksa dan harus selalu berada dalam keadaan kencang.
- As dari sendi yang ada di dalam bracket harus diperiksa dan berikan lubrikan/gemuk jika diperlukan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

8.7.9 Pemeliharaan *Expansion Joints Modular*

- Perawatan umum dan pemeliharaan dari expansion joints 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 pergantian *expansion joint* yang baru dengan tipe dan jenis yang sama dengan yang sebelumnya.
- c. Pergantian *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 direncanakan 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*

8.7.10 Fasilitas pendukung dan lain-lainnya

8.4.10.1 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 pylon, 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

8.7.10.2 Batang Penangkal Petir (*Lightning Rods*)

Lightning rods di bagian atas pylon 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.

8.7.10.3 Sistem tenaga listrik, sistem penerangan pelat, dan sistem penerangan pada pylon dan box girder.

- a. Diagram untuk sistem *power supply*, sistem pencahayaan di dek jembatan, dan sistem pencahayaan di dalam pylon 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.

8.7.10.4 *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.

8.7.10.6 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 pengecatatan 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

9. Perbaikan Yang Berhubungan Dengan Bahan

Bagian ini menguraikan mengenai tata cara /prosedur penanganan kerusakan yang berkaitan dengan bahan. Uraian mengenai cara-cara perbaikan mengikuti sistim penomoran elemen dan kerusakan seperti dijelaskan dalam buku Panduan Pemeriksaan jembatan dan demikian juga mengenai penilaian kondisi.

9.1. Perbaikan Elemen Dengan Bahan Dasar Beton

Terdapat tiga macam jenis beton yang berbeda yang dipakai untuk konstruksi jembatan

- a. Beton tidak bertulang
- b. Beton Bertulang
- c. Beton Pratekan

Elemen dengan beton pratekan biasanya terdapat pada bagian gelagar jembatan dan sering juga digunakan untuk pilar jembatan panjang. Perbaikan pada pemeliharaan hanya dibatasi untuk bahan beton. Jadi untuk perbaikan bahan beton akan ditangani seperti penanganan bahan beton

Jika bagian kabel pratekan terlihat, maka harus segera dilaporkan kepada otoritas yang berwenang untuk segera dilakukan pemeriksaan khusus untuk meentukan jenis kerusakannya.

Masalah yang terjadi pada beton bertulang umumnya disebabkan aoleh air dan udara yang merembes masuk kedalam beton yang emnyebabkan berkaratnya besi tulangan. Air dan udara juga dapat membawa zat kimia kedalam beton yang dapat merusak beton dan/atau menyebabkan besi tulangan lebih cepat berkarat (misalnya air asin, sulfir, dll)

Cara terbaik untuk melindungi beton bertulang adalah dengan menjaga sekering mungkin dan mencegah terjadi keretakan.

Pada umumnya cata yang kedap air atau suatu lapisan tipis tidak diperlukan untuk beton yang berkualitas baik dan dapat mendingi besi tulangan dengan baik jika selimut beton memiliki ketebalan minimum 30 mm sampai 50 mm untuk daerah pantai

Biasanya banyak digunakan plesteran untuk melindungi permukaan beton. Jika hal tersebut dikerjakan dengan baik dan tepat, maka metode tersebut dapat menjadi suatu metode perlindungan yang efektif

9.1.1 KERUSAKAN 201 - Kerusakan Beton

Perbaikan kerusakan beton mencakup masalah-masalah sebagai berikut :

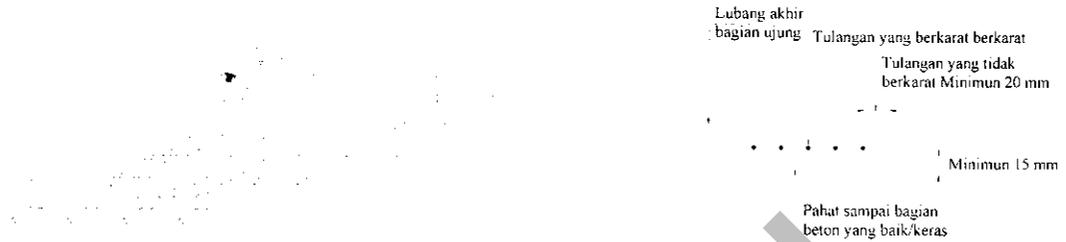
- Kerontokan beton
- Beton keropos
- Beton yang berrongga

- Mutu beton yang jelek
- Beton yang tidak padat

CARA PENANGANAN:

- (1) Buang/lepaskan semua bagian beton yang lepas dan rusak sampai bagian betonyang baik terlihat dan dalam keadaan bersih.
- (2) Usahakan melepaskan beton sampai ± 15 mm dibelakang besi tulangan agar didapat ikatan yang baik.
- (3) Bersihkan semua karat yang ada pada besi tulangan
- (4) Jika terdapat besi tulangan yang diamturnya hilang lebih dari 20%, lakukan pergantian dengan tulangan yang baru.
- (5) Pakailah bahan perekat pada permukaan yang kering dengan bahan yang disetujui.
- (6) Pasanglah dan bentuklah beton baru untuk mendapatkan selimut beton yang sesuai dengan menggunakan bahan yang disetujui.

Langkah 1
Bukalah semua besi tulangan yang berkarat (pahat/buang)
bagian beton yang jelek dengan palu dan pahat



Langkah 2
Bersihkan karat dari besi tulangan dan bagian
beton yang dapat lepas, debu, dll dari permukaan beton

Langkah 3
Lindungi permukaan besi tulangan dari karat
yang dapat terjadi dengan lapisan pelindung

Langkah 4
Isi lubang tadi dengan mortar khusus (usahakan tetap lembab
selama 3 hari)

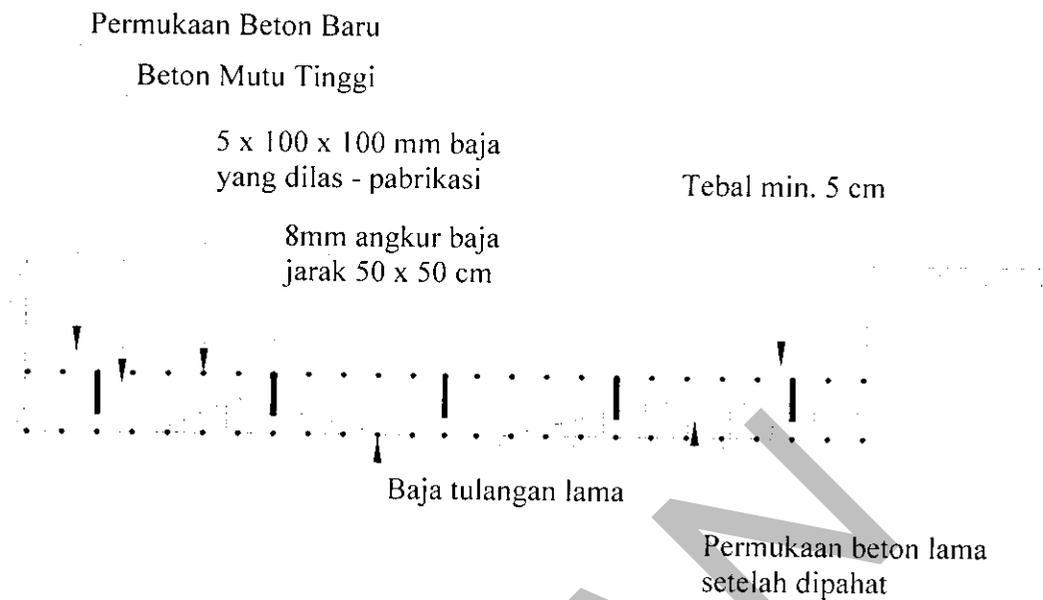
Gambar 9.1. Langkah – langkah Perbaikan Beton

Catatan :

- Jika besi tulangan tidak terlihat dan beton hanya mengalami sedikit kerusakan, maka plesteran saja sudah cukup untuk memperbaikinya. Permukaan harus dibersihkan dan dilembabkan untuk memudahkan pengikatan beton lama dengan beton baru.
- Jika ketebalan tambalan lebih dari 40 mm, disarankan agar ditambahkan jaring kawat halus (wire mesh) yang ditempelkan pada permukaan beton yang lama sebelum beton yang baru ditambahkan. Jaring kawat tersebut akan memberikan daya rekat dan kekuatan yang lebih baik pada tambalan tadi.
- Disarankan agar menggunakan epoxy beton halus sebagai bahan untuk pembentukan kembali elemen struktur baru yang mempunyai ketebalan melebihi 40 mm atau dimana besi tulangan terlihat.

Jika beton yang rusak mencakup seluruh permukaan lantai beton jembatan maka jalan yang terbaik untuk memperbaikinya adalah membongkar semua beton yang rusak tersebut dan menggantinya dengan beton baru dengan cara sebagai berikut :

- Semua beton yang hancur sekitar besi tulangan yang sudah berkarat dan pada bagian beton yang jelek harus dibongkar dan besi tulangan dibersihkan kemudian diberi lapisan sebagaimana dijelaskan pada bagian ini.
- Kemudian, sisa permukaan tadi dikasarkan dengan pahat. Kemudian dibor lubang-lubang pada lantai beton lama agar dapat memasukkan kawat angker (diameter 8 mm) yang kemudian dicor dengan adukan khusus dengan jarak dari as ke as 500 x 500 mm. Angker khusus ini sekarang sudah terpasang yang kemudian diberi lem epoxy yang sudah disediakan.
- Kemudian, seluruh bidang diperkuat dengan tulangan jaring (wire mesh) berukuran 5x100x100 mm, dan cor kan lapisan beton baru yang berkualitas tinggi (kekuatan minimum 27,5 MPa) dengan ketebalan minimum 50 mm (lihat Gambar 8.3) diatas beton lama.
- Beton tersebut harus dipadatkan dengan vibrator yang sesuai.
- Permukaan beton baru tersebut harus diusahakan tetap lembab paling sedikit selama 7 hari.



Gambar 9.2. Potongan Melintang Perbaikan Lantai

9.1.1.1 Beton Keropos

Perbaikan dan penanganan secara umum untuk beton yang keropos dilaksanakan sama seperti pada beton yang rontok. Jika sudah terdapat rembesan lantai beton akibat beton yang keropos, maka harus dilakukan beberapa hal berikut ini :

- (1) Kupaslah lapisan aspal pada permukaan jalan dan bersihkan dengan baik bagian atas lantai beton tersebut.
- (2) Kerjakan penginjeksian pada daerah beton yang berpori-pori kurang padat atau beton yang keropos.
- (3) Berilah lapisan kedap air (waterproofing) diatas daerah beton yang kurang padat tadi.
- (4) Lakukan pekerjaan lapisan perkerasan kembali.

Jika terjadi suatu rembesan/bocoran air pada dinding penahan tanah atau kepala jembatan, hal ini mungkin diakibatkan oleh kurangnya lubang saluran air dinding atau tersumbatnya lubang saluran air dinding tersebut.

Perbaikan/pembersihan lubang saluran air atau pembuangan air dapat mengurangi tekanan air yang ada dibelakang dinding dan juga mengurangi penguapan air melalui dinding beton. Apabila dibuat lubang saluran air tambahan dengan cara mengebor dinding, apabila pengeboran lubang tersebut memotong besi tulangan maka harus dilakukan penutupan besi tulangan untuk menghindari terjadinya karat pada besi tulangan. Besi tulangan yang terlihat terkelupas harus dilapisi dengan bahan epoxy pengisi retak beton guna mencegah karat yang akan terjadi.

9.1.2. KERUSAKAN 202 - Keretakan Beton

Sebelum pekerjaan perbaikan dimulai, perlu diperiksa terlebih dulu apakah yang menyebabkan keretakan dan jika perlu adakan penggantian bagian yang mengalami keretakan tersebut dengan mempertimbangkan agar kemungkinan-kemungkinan retak dihindari.

Beberapa pertanyaan harus dijawab terlebih dulu yaitu :

- Apakah yang menyebabkan keretakan ?
- Apakah didapati pergerakan pada keretakan tersebut?

Keretakan mungkin terjadi karena :

- Adanya beban yang berlebihan pada bagian tersebut. Dalam hal ini harus dilakukan perkuatan atau pembatasan muatan.
- Tidak samanya penurunan yang terjadi. Dalam hal ini, apabila penurunan atau settlement tidak berhenti maka harus diadakan pencegahan penurunan selanjutnya dengan memperkuat pondasi.
- Susut, terutama pada lantai beton,
- Mutu beton yang rendah pada lantai beton.

9.1.2.1 Bagian Non Struktural dan Retak Non Struktural

CARA PENANGANAN :

Jika retak tersebut lebih kecil dari 0,5 mm lebarnya :

- (1) Bersihkan retak tersebut dengan menggunakan sikat dan kemudian ditiup dengan angin yang bertekanan.
- (2) Tutup retak tersebut dengan adukan semen yang encer.

Jika lebar retak antara 0,5 mm sampai 3 mm :

- (1) Bentuklah pada bagian retak seperti huruf V sampai kedalaman kurang lebih 5 mm kemudian bersihkan bagian tersebut.
- (2) Gunakan perekat/epoxy yang telah disetujui kemudian dilapiskan pada sisi bagian V tadi.
- (3) Kemudian tutup bagian V tadi dengan adukan semen atau epoxy.

9.1.2.2 Elemen Struktural

CARA PENANGANAN :

Jika retak yang ada terus berkembang dan bertambah lebar maka harus dicari penyebabnya dan kemudian penyebab keretakan tersebut harus dihilangkan. Misal terjadinya keretakan pada gelagar yang disebabkan adanya penurunan/settlement pada jalan pendekat yang mengakibatkan adanya gaya kejut tambahan, atau gelagar beton yang retak pada daerah

gaya lintang yang diakibatkan oleh adanya penurunan/settlement pada kepala jembatan maka harus dilakukan penanganan kerusakan kepala jembatan terlebih dahulu.

Jika terdapat retak pada daerah gaya lintang atau momen maksimum, maka elemen harus diperkuat atau beban dikurangi.

Kriteria-kriteria keretakan pada elemen beton yang fungsinya struktural dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

a. Kriteria I :

- Lebar retak berkisar antara 0,1 mm sampai 0,25 mm dan mencakup daerah kurang dari 30% dari luas elemen yang bersangkutan.
- Tidak terjadi rembesan atau adanya bocoran air.
- Mutu beton lantai tidak kurang dari 22,5 MPa
- Mutu beton pada gelagar, kepala jembatan, pilar tidak kurang dari 17,5 MPa
- Nilai kondisi elemen yang bersangkutan adalah 2.

b. Kriteria II :

- Lebar retak kurang dari 2 mm dan mencakup daerah kurang lebih 50% dari luas elemen yang bersangkutan
- Tidak terjadi rembesan atau adanya bocoran air
- Diperlukan suatu perkuatan yang disebabkan terjadinya beban yang berlebihan yang tidak dapat diterima oleh lantai atau gelagar akibat mutu beton yang tidak sesuai dengan persyaratan
- Mutu beton lantai tidak kurang dari 22,5 MPa.
- Mutu beton gelagar, kepala jembatan, pilar tidak kurang dari 17,5 MPa.
- Nilai kondisi elemen yang bersangkutan adalah 3.

c. Kriteria III :

- Lebar retak lebih besar dari 2 mm dan mencakup daerah lebih dari 50% luas elemen tersebut
- Terjadi rembesan atau adanya bocoran air
- Mutu beton lantai kurang dari 22 MPa
- Mutu beton gelagar, kepala jembatan, pilar kurang dari 17,5 MPa.
- Nilai kondisi elemen yang bersangkutan adalah 4 atau 5

Prosedur perbaikan untuk menangani keretakan beton tergantung pada jenis kriteria masing masing elemen. Jenis penanganan sesuai dengan kriteria adalah sebagai berikut :

- a. Kriteria I - perbaikan keretakan dengan metoda suntikan bahan perekat epoxy sehingga beton dapat berfungsi kembali dan menjadi satu kesatuan kembali serta berfungsi sebagaimana mestinya.

- b. Kriteria II - perbaikan keretakan dengan menggunakan metoda suntikan bahan perekat epoxy ditambah dengan perkuatan untuk menahan gaya momen atau gaya lintang yang tidak dapat ditahan lagi oleh elemen yang bersangkutan. Perkuatan tersebut dapat berupa pelat baja yang direkatkan pada bagian bawah pelat lantai atau balok, biasanya pelat tersebut berfungsi untuk menahan gaya momen atau gaya lintang yang berlebihan, perkuatan tersebut dapat juga berupa menambah balok baja atau gelagar pada bagian bawah lantai hal ini disebabkan adanya momen yang berlebihan yang tidak dapat ditahan oleh lantai, hal ini berfungsi untuk memperkecil bentangan yang ada.
- c. Kriteria III - dalam hal ini mutu beton sudah tidak dapat dipertanggung jawabkan lagi, lebar keretakan juga sudah melampaui batas yang dapat diperbaiki, sehingga apabila keadaan ini terjadi maka beton pada elemen yang bersangkutan harus dibongkar untuk kemudian dipasang kembali dengan beton yang sesuai persyaratan dan ukuran serta bentuknya seperti aslinya dengan mempertimbangkan sebab-sebab terjadinya keretakan sebelumnya. Apabila terjadi sambungan antara permukaan beton lama dan beton baru maka hal tersebut dapat ditangani sesuai dengan penanganan kerontokan pada beton dengan no. kerusakan 201.

Rekomendasi penanganan perbaikan retak dengan cara suntikan epoxy adalah sebagai berikut :

- (1) Bersihkan semua jenis kotoran, bekas beton yang tidak sempurna atau sejenisnya yang menyebabkan terjadinya kontaminasi pada retak dengan menggunakan sikat kawat atau gerinda pada daerah selebar kurang lebih 5 cm sepanjang retakan tersebut. Jika terdapat minyak gemuk pada bagian tersebut harus dibersihkan dengan thinner.
- (2) Pasangkan pipa penyuntik ditengah-tengah permukaan yang retak dengan menggunakan bahan penutup (seal). Jarak setiap perletakan pipa penyuntik tergantung pada lebar dan dalamnya retak.
- (3) Tutupi sepanjang jalur retakan antara alat penyuntik dengan menggunakan bahan penutup (seal) atau pasta epoxy dengan lebar 5 cm dan tebal 3 mm yang ditunggu sampai mengeras.
- (4) Pasang alat penyuntik dengan kuat pada pipa penyuntik kemudian pompakan bahan epoxy kedalam alat penyuntik dengan suatu tekanan yang tertentu sesuai dengan spesifikasi bahan,
- (5) Setelah selesai penyuntikan dan bahan epoxy mengering dalam waktu yang tertentu, kemudian lepaskan kembali alat-alat suntikan dan bersihkan kembali bahan-bahan penutup retakan.
- (6) Bersihkan permukaan beton sepanjang retakan yang diperbaiki dengan menggunakan gerinda atau dengan melembutkan bahan penutup dengan api dan mengelupaskannya.

Catatan :

Semua spesifikasi yang disyaratkan oleh pabrik pembuat bahan epoxy atau bahan perekat untuk retak harus diikuti.

Bentuk keretakan lain yang seringkali ditemui adalah jenis retak yang tidak beraturan dan pada umumnya dijumpai pada lantai beton jembatan.

Jika yang retak hanya sebagian saja, maka penanganannya dapat dilakukan dengan cara penanganan retak sebagian atau pada mutu beton yang rendah, lihat penanganan untuk kerusakan no.201. Jika lalu-lintas pada jembatan tidak dapat ditutup maka perbaikan dilaksanakan dengan cara penanganan dengan mempergunakan bahan yang tidak terpengaruh oleh gerakan dan goyangan yang ditimbulkan oleh beban lalu-lintas dan juga bahan tersebut harus cepat mengering dalam waktu yang tertentu. Biasanya jenis bahan perekat tersebut mempunyai harga yang mahal, tetapi mempunyai keuntungan tanpa menutup lalu - lintas yang ada. Dalam hal ini direksi harus memperhitungkan mana yang lebih ekonomis dalam penggunaan bahan perekat.

9.1.3 KERUSAKAN 203 - Karat Besi Tulangan Dalam Beton

CARA PENANGANAN :

- (1) Bersihkan karat yang ada pada besi tulangan
- (2) Jika setelah dibersihkan ternyata luas tulangan berkurang hingga 20% maka pada bagian tersebut harus ditambah tulangan yang baru dengan panjang sambungan kurang lebih 300 mm pada masing-masing ujungnya dengan menyambungkannya secara mekanis atau las yang baik sehingga perpindahan gaya yang ada tetap terjamin dengan baik. Posisi sambungan atau bagian sambungan harus ditempatkan diluar daerah dimana besi tulangan yang berkarat tersebut. Mungkin perlu membongkar sebagian beton agar terlihat besi tulangan yang tidak berkarat guna penyambungan tersebut.
- (3) Setiap besi tulangan yang mengucut harus dipotong paling sedikit 20 mm dibawah permukaan beton kemudian beton diperbaiki sesuai dengan Kerusakan no 201.

9.1.4 KERUSAKAN 204 - Beton Yang Aus Atau Lapuk Karena Cuaca

Perlu diadakan penilaian untuk menetapkan apakah elemen tersebut perlu diganti jika kerusakan sudah mulai menyeluruh.

CARA PENANGANAN :

Jika penyebab kerusakan adalah karena reaksi kimiawi atau penggaraman maka diperlukan pengujian untuk menetapkan luas dan dalamnya daerah yang terkena untuk kemudian dapat ditentukan banyaknya pembongkaran.

Jika kerusakan disebabkan karena terjadinya karbonasi dan kedalamannya tidak lebih dari 25mm, maka dapat dilakukan pelapisan dengan bahan yang direkomendasikan pada bagian luar beton.

Kerusakan lain akibat keausan beton diperbaiki dengan cara seperti pada kerusakan 201.

9.1.5. KERUSAKAN 205 - Pecah Atau Hilangnya Sebagian Elemen Beton

CARA PENANGANAN :

- (1) Angkatlah elemen yang mengalami kelebihan gaya tersebut akibat pecahnya atau hilangnya sebagian dari elemen tersebut.
- (2) Gantilah bagian yang pecah tersebut dengan bahan yang sesuai spesifikasinya atau yang serupa/sama dengan bentuk dan ukuran yang ditetapkan dalam spesifikasi aslinya.
- (3) Bilamana bagian yang pecah tersebut memerlukan penggantian, maka hubungan antara permukaan yang baru dan yang lama harus ditangani sebagaimana diuraikan pada perbaikan pada kerusakan 201.

9.1.6. KERUSAKAN 206 - Elemen Beton Yang Melendut

Penyebab melendutnya beton mungkin adalah :

- Beban yang berlebihan
- Kecelakaan
- Acuan beton bergerak pada saat pengecoran.

9.1.6.1 Beban yang berlebihan

CARA PENANGANAN:

Bilamana terjadi lendutan akibat beban yang berlebihan, maka diperlukan pemeriksaan khusus untuk menentukan luas/volume kerusakan. Hindarkan beban yang berlebihan dengan cara mengadakan pembatasan muatan.

Bagian yang mengalami gaya yang berlebihan harus diperkuat, diganti atau diperbaiki.

Lendutan yang terjadi pada elemen beton akibat beban yang berlebihan biasanya terjadi karena adanya keretakan atau pecah/hancurnya elemen tersebut. Perbaikan mengikuti kode kerusakan 201 atau 202.

9.1.6.2 Kecelakaan

CARA PENANGANAN:

Kerusakan karena kecelakaan seringkali terjadi pada sandaran. Sandaran yang rusak biasanya diganti sehingga tetap dapat menahan apabila terjadi kecelakaan lagi.

Jenis kerusakan lain akibat kecelakaan yang mengakibatkan lendutan, biasanya diperbaiki sesuai dengan kerusakan akibat beban yang berlebihan (contoh beban yang berat sekali jatuh dari truk pengangkut yang menyebabkan lendutan pada gelagar dan lantai)

9.1.6.3 Acuan yang bergerak pada saat pengecoran

Jika acuan / bekisting (*formwork*) berubah bentuk atau bergerak pada saat beton belum mengeras dan mengakibatkan terjadinya keretakan dari elemen yang bersangkutan maka hal tersebut dimasukkan dalam masalah beban yang berlebihan.

Jika tidak terlihat adanya lendutan yang berlebihan maka tidak diperlukan perbaikan atau suatu tindakan.

9.2 Perbaikan Elemen Baja

Baja akan berkarat apabila tidak dilindungi terhadap udara dan air, oleh sebab itu baja harus dilindungi terhadap terjadinya karat dengan cara pengecatan atau galvanisasi.

Lapisan pelindung/pengaman cat atau galvanis mempunyai umur yang terbatas. Umur lapisan pelindung tersebut tergantung dari beberapa faktor antara lain :

- Ketebalan cat (atau galvanisasi)
- Keberadaannya terhadap udara laut atau bahan kimia lainnya (dari pabrik)
- Keberadaannya terhadap air atau adanya uap air yang terjebak (pada sambungan dan sebagainya).

Daya tahan sistem lapisan pelindung baja ini pada umumnya :

- Permukaan yang digalvanis dengan cara *hot-dipped* dapat bertahan sekitar 15 - 20 tahun.
- Permukaan yang dicat (dipabrik) dapat bertahan sekitar 10 - 15 tahun
- Permukaan yang dicat (di lapangan) bertahan sekitar 10 tahun.

Pengecatan ulang biasanya paling lama adalah sekitar 7 - 10 tahun (tetapi yang paling baik adalah antara 5 - 7 tahun dan hal ini disarankan bagi jembatan-jembatan rangka baja yang dipasang di Indonesia. Siklus waktu tersebut mungkin harus dikurangi apabila jembatan tersebut berada pada daerah pantai.

Pengecatan yang dilakukan disarankan sesuai dengan uraian untuk kerusakan 301.

Bagian struktur baja yang sudah berkurang luas efektifnya yang disebabkan adanya karat harus dipotong dan diganti dengan baja baru yang mempunyai ukuran yang sama dan dilas serta diberi pengaku atau perkuatan dengan pemasangan plat sebagaimana diuraikan untuk kerusakan 302.

Bagian-bagian struktur baja yang retak harus diperbaiki sebagaimana diuraikan untuk kerusakan 305.

Bagian-bagian struktur baja yang rusak (bengkok) akibat adanya beban yang berlebihan harus diperbaiki dengan mengadakan perkuatan sebagai berikut

- Penambahan plat pengaku dengan mengelas (pada flens bagian bawah)
- Mengganti bagian struktur baja tersebut dengan yang baru dengan kekuatan yang

lebih.

- Menambah struktur baja lain
 - Membuat perkuatan dengan kabel prategang pada bagian bawah jembatan
- Hal tersebut diatas akan diuraikan pada kerusakan 303.

Sebelum pekerjaan perbaikan dilakukan, harus diadakan terlebih dulu pemeriksaan khusus untuk menentukan jenis perkuatan yang akan dilaksanakan secara tepat atau diadakan suatu sokongan sementara pada tempat yang tepat pula selama pekerjaan perbaikan tersebut dilaksanakan.

Semua bagian-bagian atau elemen jembatan yang baru yang akan dipasang maka harus dilakukan penanganan permukaan sebagaimana diuraikan pada kerusakan 301.

Paku keling yang longgar harus diganti. Baut dan paku keling yang berkarat atau pecah harus diganti dengan baut yang baru (dengan ukuran yang sama). Baut mutu tinggi apabila longgar tidak boleh dikencangkan melainkan harus diganti.

Bagian las yang pecah harus dipotong dan diganti dengan yang baru (dengan ukuran yang sama).

Perkuatan ikatan dapat dilakukan dengan jalan mengadakan pengeiasan pelat baja pada tempat yang tepat.

Perkuatan pada pilar baja dapat dilakukan dengan cara membuat pengaku melintang pilar.

Jika turap baja berkarat maka turap baja tersebut harus dibersihkan dan dicat dengan sistem cat yang mengandung aspal.

Apabila pilar baja rusak berat akibat karat pada permukaan air maka hal tersebut dapat diperbaiki dengan jalan pemasangan selimut beton bertulang. Bagian selimut beton tersebut harus masuk kurang lebih 0,5 meter dibawah permukaan dasar sungai sampai kurang lebih 30 cm diatas muka air banjir terbesar.

9.2.1. KERUSAKAN 301 - Penurunan Mutu Lapisan Pelindung Terhadap Karat

Penurunan mutu lapisan pelindung ini dapat disebabkan oleh :

- Umur
- Lingkungan yang memungkinkan terjadinya karat
- Lapuk
- Kecelakaan
- Penanganan yang buruk pada waktu awal.
- Kekerasan/tangan jahil

CARA PENANGANAN :

Penanganan lapisan pelindung baja akan sangat tergantung pada :

- Besarnya masalah
- Lingkungan

- Tersedianya sumber-sumber produksi lapisan pelindung
- Jenis lapisan pelindung yang sudah ada

Tabel 9.1. Nilai Kondisi Kerusakan Pada Baja Dan Cara Penanganannya

Nilai Kondisi	Penganganan yang direkomendasikan
Kerusakan dengan nilai 1-2	<p>Kerusakan yang ada terbatas dan tidak parah. Permukaan pelindung harus dibersihkan dan dilakukan pengecatan sebagai bagian dari Pemeliharaan Rutin</p> <p>Pembersihan dapat dilakukan dengan cara mencuci dan hanya pada bagian yang berkarat saja dilakukan penyikatan dengan sikat kawat.</p> <p>Pengecatan dapat dilakukan dengan kuas. Cat yang dipakai merupakan suatu cat yang mempunyai cat dasar yang sederhana dan cat akhir sebagai berikut :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cat dasar : Jenis alkyd zinc chromate Ketebalan 40 mikron (minimum) • Cat akhir : Jenis Alkyd enamel Ketebalan 50 mikron (minimum) <p>Dapat pula digunakan system cat yang lain untuk lingkungan yang tertentu pula</p>
Kerusakan dengan nilai 3-4	<p>Masalahnya bersifat umum dan karat yang terjadi sudah nilai 3-4 berpengaruh terhadap kekuatan baja. Pekerjaan tersebut kini bukan tanggung jawab pemeliharaan rutin jembatan lagi kecuali sandaran dan tiang sandarannya yang rusak. Sandaran yang rusak harus ditangani sebagaimana diuraikan pada pemeliharaan rutin.</p>
Kerusakan dengan nilai 4-5	<p>Keadaan umum elemen-elemen harus diperiksa. Jika nilai kerusakan yang disebabkan oleh karat menjadi besar, maka seluruh bagian tersebut harus diganti daripada dipelihara. Jika nilai kerusakannya agak kurang maka bagian tersebut harus diperbaiki (jika diperlukan) dan penanganan lapisan pelindung permukaan seperti yang akan diuraikan berikut ini.</p>

(1) Metoda Penyiapan Permukaan

Pertama-tama harus dilakukan pembersihan dengan cara mencuci dan menyikat dengan menggunakan salah satu dari yang diuraikan berikut ini :

- Sikat kawat yang dapat berputar secara mekanis
- Alat penembak pneumatic runcing
- Pembersihan dengan teknik pemanasan api
- Pembersihan dengan sikat kombinasi dengan semprotan - di lapangan
- Pembersihan dengan sikat kombinasi dengan semprotan -di bengkel

Untuk semua cara pembersihan tersebut, harus diperhatikan kebutuhan nilai pembersihan dalam hal penyiapan permukaan dengan tidak menyebabkan kerusakan pada permukaan baja atau bagian lainnya

Pencegahan yang harus dilakukan meliputi

- *Sikat kawat*, dan alat penembak - pembersihan yang terlalu lama pada satu tempat akan menimbulkan goresan pada permukaan.
- *Pembersihan dengan pemanasan api* = Penggunaan api untuk membersihkan harus dikendalikan agar hanya cat saja yang menjadi lunak atau mulai terkelupas. Titik pembakaran tidak boleh tetap pada satu tempat saja sebab dapat mengakibatkan baja menjadi panas dan mulai meleleh.
- *Pembersihan dengan semprotan abrasif* - Pasir yang berlebihan dapat mengakibatkan permukaan baja menjadi kasar dan sesuai dengan yang diharapkan. Jika bahan abrasif akan dikeringkan dengan cara pemanasan api, kemudian harus diperiksa apakah ada bahan yang masih mengandung minyak yang tersisa. Permukaan yang berminyak tidak akan secara baik menyerap cat dasar. Pembersihan dengan semprotan bahan abrasif, merupakan suatu pekerjaan yang berbahaya, orang yang memegang ujung selang semprotan pada waktu melaksanakan pekerjaan pembersihan jembatan memerlukan perlindungan khusus.

Dalam segala keadaan, harus dilakukan pengecatan dengan cat dasar segera setelah dilakukan persiapan permukaan dan pembersihan untuk mencegah terjadinya karat. Pengecatan permukaan harus dilakukan pada hari yang sama dengan pekerjaan pembersihan permukaan.

(2) Sistem Pengaplikasian Cat

Cat dapat diaplikasikan dengan menggunakan :

- Kuas digunakan untuk pekerjaan *pemeliharaan rutin*
- Penyemprotan udara - untuk pekerjaan menengah

- Penyemprotan dengan hampa udara - balk digunakan untuk pekerjaan besar dimana bidang datar yang akan dicat berupa permukaan yang cukup luas (contoh Jembatan Gelagar Baja Jepang)

(3) Sistem Pengecatan

Untuk lingkungan yang normal :

- Lapisan ke 1 : 40 mikron, cat dasar alkyd sinc chromate
- Lapisan ke 2 : 40 mikron, lapisan dasar alkyd
- Lapisan ke 3 : 35 mikron, lapisan enamel alkyd
- Lapisan ke 4 : 35 mikron, lapisan enamel alkyd

Ketebalan lapisan cat kering akhir minimum 150 mikron.

Untuk lingkungan yang agresif, seperti pada daerah lingkungan berair asin maka sistem pengecatan jenis lain yang harus dipakai.

Disarankan agar lapisan dasar epoxy mempunyai ketebalan minimum 150 mikron pada permukaan baja yang sudah dibersihkan sebagaimana diuraikan diatas dan satu atau dua lapisan *chlorinated rubber* masing-masing dengan ketebalan 100 mikron dan 125 mikron untuk pemakaian pada lingkungan berair asin.

Sistem pengecatan yang baru harus sesuai dengan sistem pengecatan yang sudah ada.

9.2.2 KERUSAKAN 302 - Karat Pada Elemen Baja

CARA PENANGANAN :

Bersihkan secara menyeluruh semua permukaan yang berkarat untuk menentukan luas penampang yang rusak/hilang dari komponen jembatan.

Jika luas kerusakan kurang dari 15% maka bagian tersebut harus dibersihkan seluruhnya dan dicat sebagaimana diuraikan pada kerusakan 301.

Jika luas kerusakan melebihi 15% maka diperlukan pemeriksaan khusus untuk menentukan dengan tepat strategi pemeliharaan. Cara berikut ini dapat diikuti :

(1) Pembentukan Kembali

Jika daerah cakupannya kecil (kurang dari 200 mm panjangnya) maka kerusakan tersebut dapat diperbaiki dengan mengembalikan pada bentuk semula dengan teknik pengelasan yang sesuai. Proses pengelasan harus berpadanan dengan tipe baja aslinya. Semua bahan-bahan yang menderita kerusakan harus dibersihkan secara menyeluruh sebelum dilakukan pengelasan.

(2) Perkuatan Bagian Yang Lemah

Perkuatan bagian yang lemah dapat dilaksanakan dengan menambahkan pelat baja atau menambah gelagar tambahan untuk dapat memikul beban.

Harus diperhatikan dengan adanya penambahan pelat atau gelagar benar-benar pada tempat yang sesuai dan benar-benar dapat memikul beban serta tidak melemahkan bagian yang aslinya, misalnya membor lubang baut tambahan untuk sambungan.

(3) Penggantian

Penggantian bagian yang rusak harus mengembalikan bagian tersebut pada kapasitas beban rencana semula.

Harus diperhatikan pada waktu diadakan penggantian, apakah penunjang sementara yang dibuat betul-betul cukup kuat untuk menahan jembatan pada waktu satu bagian dipindahkan dan dipasang bagian yang baru. Hal tersebut memerlukan perencanaan yang khusus dan bahkan jembatan harus ditutup selama perbaikan.

9.2.3. KERUSAKAN 303 - Deformasi Pada Elemen Baja (Perubahan Bentuk)

Penanganan hal tersebut sangat beraneka ragam (bervariasi) tergantung pada :

- Bagian tersebut merupakan bagian non struktural seperti sandaran.
- Bagian tersebut merupakan bagian yang struktural seperti batang tepi atas rangka
- Perubahan bentuk setempat misalnya adanya bengkokan sedikit pada flans batang diagonal rangka
- Perubahan bentuk yang sifatnya menyeluruh atau pada tempat tertentu pada beberapa lokasi

Perubahan bentuk atau deformasi ini menjadi sangat kritis masalahnya apabila elemen yang mengalami deformasi tersebut berada dalam kondisi tertekan atau mengalami momen. Deformasi yang terjadi yang disebabkan oleh adanya gaya tarik tidak berbahaya.

CARA PENANGANAN :

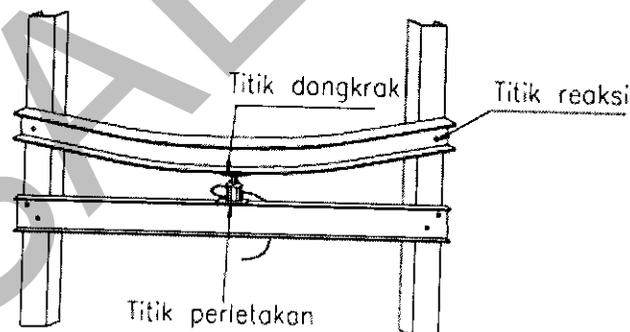
Tabel 4.2. Pendaian Kondisi pada Elemen Baja dan cara Penanganannya

Tipe Elemen	Nilai kondisi	Penanganan yang direkomendasikan
Non Struktural	Nilai kondisi > 2	Perkuatan atau penggantian – tergantung mana yang lebih ekonomis
Struktural	Nilai kondisi 1	Dipantau saja
	Nilai kondisi 2 atau 3	Perbaikan, penunjang, perkuatan, penggantian
	Nilai kondisi 4 atau 5	Penggantian

Perbaikan pada umumnya merupakan pekerjaan meluruskan komponen. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan tekanan atau pemanasan dengan panas tertentu yang diijinkan atau kombinasi dari keduanya.

Apabila digunakan dengan cara penekanan, harus diperhatikan agar tidak terjadi kerusakan pada bagian lain pada titik pendongkrakan/penekanan atau pada titik adanya reaksi atau pada titik perkuatan dimana diadakan proses penekanan. Contoh dari tiga titik dimana diadakan penekanan dapat dilihat pada Gambar 4.1..

Jika diusulkan menggunakan cara pemanasan, harus dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu terhadap bajanya, apakah panas tersebut akan mempengaruhi sifat-sifat baja tersebut. Dalam hal ini mungkin diperlukan pendapat seorang metalurgi tentang bagaimana cara pemanasan atau pendinginan baja tersebut.



Gambar 9.3. Pelurusan komponen baja

Penunjang atau penopang akan mempengaruhi panjang bentangan efektif dari elemen tersebut. Contoh penunjang adalah sebagai berikut :

- Menunjang gelagar yang melendut atau balok kepala melintang antara dua perletakan.
- Menunjang ikatan angin ujung yang rusak pada rangka baja untuk menghentikan penurunan.

Perkuatan dapat dilaksanakan untuk jenis pekerjaan perbaikan yang sementara maupun tetap apabila adanya suatu komponen yang mengalami lendutan. Jika lendutan yang terjadi pada komponen tersebut akibat adanya beban yang berlebihan, maka beban yang berlebihan tersebut harus dihilangkan terlebih dahulu sebelum diadakan perkuatan.

Bilamana lendutan yang terjadi akibat rusaknya komponen karena tertabrak/kecelakaan (misalnya batang vertikal pada rangka baja), sambungan harus sesuai dengan beban yang harus disalurkan melewati bagian rusak tadi.

Penggantian akan mengembalikan elemen tersebut pada kapasitas struktural semula. Bagi elemen-elemen yang kritis seperti gelagar atau komponen rangka baja yang utama maka aspek yang paling berbahaya dari pekerjaan adalah pada waktu pemindahan komponen yang rusak dan pemasangan yang baru. Tahap ini mungkin memerlukan suatu perencanaan yang khusus dan penutupan sebagian atau seluruh jembatan atau kedua-duanya selama berlangsungnya pekerjaan. Jika keadaan mengharuskan jembatan harus terbuka untuk lalu lintas maka lebih baik membuat suatu perkuatan pada elemen/komponen yang rusak tadi dari pada harus menggantinya, misalnya menempatkan gelagar baru disamping gelagar yang sudah ada dan membiarkan gelagar yang lama tetap pada tempatnya.

9.2.4. KERUSAKAN 304 – Retak Pada Elemen Baja

CARA PENANGANAN :

Beberapa penanganan Umum terhadap baja yang retak adalah sebagai berikut

(1) Menghilangkan Gaya Dengan Membor Lubang

Cara/metoda ini hanya dipakai untuk keretakan yang kecil saja tetapi memerlukan pemantauan setelah dilakukan pengeboran (misalnya setiap enam bulan sekali).

Setelah menemukan ujung retak, maka periksalah setiap sisi bagian tersebut untuk menemukan celah yang terpanjang. Lubangilah dengan tepat ujung yang retak, kemudian bor, ratakan dan kemudian dicat. Lubang bor tadi disarankan berdiameter 20 mm.

(2) Perbaiki Retak Dengan Pengelasan

Perbaikan jenis ini merupakan perbaikan yang paling umum dilakukan pada keretakan baja. Keretakan tersebut dapat dibentuk dan ditangani sebagai las sambungan. Cara pengelasan dengan kawat las harus sepadan dengan baja yang ada. Ukuran dari las harus paling sedikit sama padatnya dengan bagian asli yang retak.

(3) Perbaiki Retak Dengan Plat Penutup

Plat penutup dipakai untuk memperkuat elemen yang rusak. Pengelasan sebagaimana diuraikan diatas dapat juga dipergunakan jika ingin mendapat hasil yang terbaik. Jika dilakukan pengelasan, maka lasnya harus rata sehingga mudah dilakukan pengecatan dan plat penutup tepat menutupi daerah yang bersangkutan. Plat penutup biasanya dilekatkan dengan cara pengelasan atau dengan baut.

(4) Penggantian atau Perkuatan

Elemen baja yang retak dapat diperbaiki dengan memperkecil beban yang dipikul. Hal ini dapat dilakukan dengan menaruh balok penunjang. Balok penunjang lain dapat diletakkan disamping elemen yang rusak guna menampung semua atau sebagian beban yang ada. Penggantian elemen yang rusak merupakan metoda perbaikan yang paling baik dan pasti tetapi mungkin harus menghentikan lalu-lintas yang lewat di jembatan selama proses penggantian tersebut berlangsung.

9.2.5. KERUSAKAN 305 - Rusak Atau Hilangnya Elemen Baja

CARA PENANGANAN :

Jika elemen tersebut Masih diperlukan maka harus diadakan penggantian atau perbaikan.

Jika elemen baja tersebut yang pecah/rusak akan diperbaiki, maka teknik perbaikan berikut dapat dipergunakan :

- Pengelasan, pemasangan baut atau paku keling pada bagian yang baru
- Perkuatan atau meringankan beban yang dipikul oleh bagian yang pecah/rusak.
- Penggantian bagian yang rusak.

Untuk detail penanganan, dapat dilihat pada KERUSAKAN 304.

9.2.6. KERUSAKAN 306 - Salah Penempatan Komponen

CARA PENANGANAN :

Jika pemasangan elemen yang salah tersebut menimbulkan masalah maka hal itu harus diganti atau diperkuat. Hal ini sangat penting artinya untuk jembatan rangka baja. Diperlukan suatu penyelidikan secara khusus untuk menetapkan seberapa luas perkuatan yang dimaksud.

(1) Perkuatan

Jika elemen baja yang salah tadi akan diperkuat, maka harus diperhatikan dengan baik teknik pengelasan, pemasangan baut dan paku keling.

(2) Pengelasan

Jika dipasang penambahan cover plate atau pengaku pada elemen maka permukaan yang akan disambungkan harus terlebih dahulu dibersihkan dan dicat. Pengelasan akan memberikan kekuatan dalam hal pemindahan. gaya pada bagian tambahan tersebut.

(3) Pemasangan baut atau paku keling

Lubang baut atau paku keling harus dibor sedemikian rupa dengan tepat dan baut atau paku keling harus pas dengan lubang tersebut sehingga tidak mungkin terjadi

pergeseran sebelum bagian yang baru dapat memikul beban. Apabila dipakai baut, maka baut tersebut harus merupakan baut dengan mutu tinggi dan harus dikencangkan dengan tepat.

(4) Penggantian

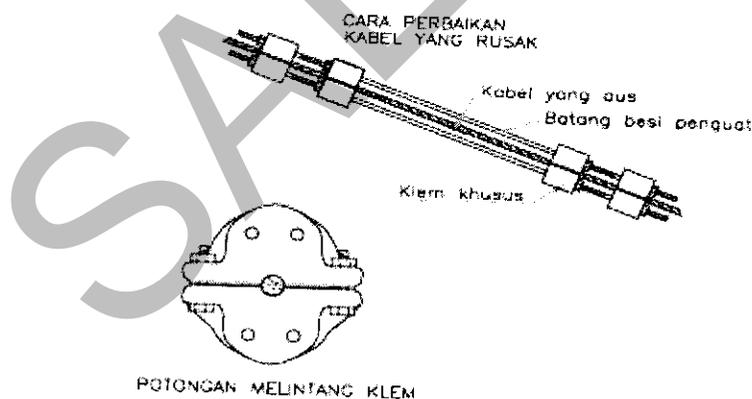
Bila diusulkan penggantian elemen baja maka perlu dibuat suatu ketentuan/batasan khusus untuk lalu-lintas yang akan lewat di jembatan dan guna menunjang konstruksi yang ada, sementara bagian yang lama dilepas dan diganti dengan bagian yang baru. Hal ini memerlukan suatu perencanaan khusus.

9.2.7. KERUSAKAN 307 - Kabel Jembatan Gantung Yang Aus/Mulai Lepas Ikatannya

CARA PENANGANAN :

- (1) Laksanakan pemeriksaan khusus untuk menetapkan dengan tepat besarnya kerusakan.
- (2) Jika kurang dari 5% dari strands yang rusak, jepitlah dengan klem pada kedua sisi kabel tersebut untuk menahan beban. Periksalah agar batang besi cukup panjang sehingga daerah yang lemah tadi betul-betul tertolong.
- (3) Jika lebih dari 5% dari strands yang rusak/aus/ mulai lepas dari ikatannya, maka kabel tersebut harus diganti.

Cara penggantian kabel pemikul jembatan gantung harus direncanakan dengan hati-hati. Harus diperhatikan bilamana beban sedang dialihkan dari kabel yang lama ke kabel yang baru.



Gambar 9.4. Perbaikan Tarik pada kabel yang aus

9.2.8. KERUSAKAN 308 - Ikatan/Sambungan Yang Longgar

9.2.8.1 Baut atau paku keling

CARA PENANGANAN :

Bilamana suatu elemen ini longgar, maka hal tersebut harus dikencangkan. Jika elemen tersebut merupakan elemen dengan mutu tinggi maka baut yang longgar tadi harus dibuang dan diganti dengan yang baru.

Bilamana sambungan paku keling longgar maka paku keling yang longgar tadi harus diganti dengan yang baru atau dengan baut mutu tinggi.

Jika lubang baut atau paku keling menjadi besar diameternya karena adanya pergerakan elemen yang longgar tersebut maka lubang tersebut harus diperbesar sampai adanya ukuran baut atau paku keling yang akan dipakai.

9.2.8.2 Sambungan Las

CARA PENANGANAN :

Jika elemen yang longgar tersebut karena las yang pecah, maka ujung bahan yang ada harus dibersihkan, dipersiapkan kembali untuk diadakan pengelasan kembali. Jika kerusakan yang terjadi diperkirakan akan berulang kembali maka disarankan agar dibuat rencana yang khusus untuk hal ini.

9.2.9 Kerusakan pada Stay Cable

Kerusakan pada Sta Cable dapat berupa

- a. Kerusakan pada HDPE pelindung kabel
- b. Kerusakan pada sebagian atau keseluruhan Stay Cable

Untuk Jembatan-jembatan tertentu, tipe serta teknologi kabel yang digunakan memungkinkan untuk dilakukan penggantian sebagian atau keseluruhan dari Stay Cable yang rusak. Jika teknologi kabel yang digunakan tidak memungkinkan untuk dilakukan penggantian sebagian, biasanya perencana jembatan pada tahap perencanaan telah memperhitungkan kemungkinan untuk melepas 1 kabel secara menyeluruh.

Penggantian keseluruhan Stay Cable harus direncanakan dengan hati-hati dengan memperhatikan dokumen perencanaan apakah kondisi pada saat penggantian dilakukan telah diperhitungkan dalam perencanaan jembatan untuk menjamin proses penggantian tidak membahayakan struktur jembatan.

9.2.9.1 Kerusakan 401 - Lapisan Pelindung HDPE dari Kabel Rusak, Kabel tidak terlihat

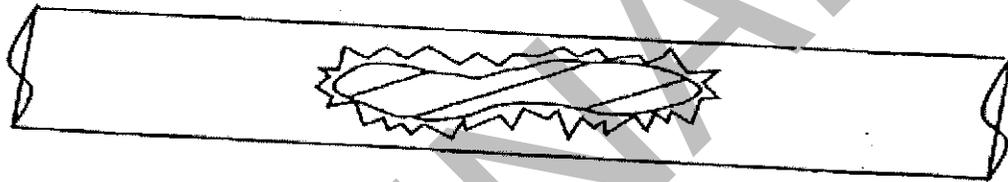
CARA PENANGANAN :

- (1) Bersihkan bagian yang rusak dari selubung HDPE menggunakan cutter
- (2) Bersihkan bagian disekitarnya dengan menggunakan amplas agar memberikan daya lekat yang lebih baik
- (3) Gunakan PE copolymer based adhesive dalam bentuk Coating Repair Stick
- (4) Panaskan selongsong HDPE hingga 60 derajat dengan hot air welder untuk menjamin bahwa HDPE dan PE copolymer absed adhesive memiliki suhu yang sama.
- (5) Lelehkan Coating Repair Stick di lokasi yang rusak
- (6) Rapikan permukaan dari selubung HDPE yang barus diperbaiki dan berikan lapis pelindung yang sesuai

9.2.9.2 Kerusakan 402 – Kerusakan Kecil pada Pelindung HDPE, Kabel terlihat

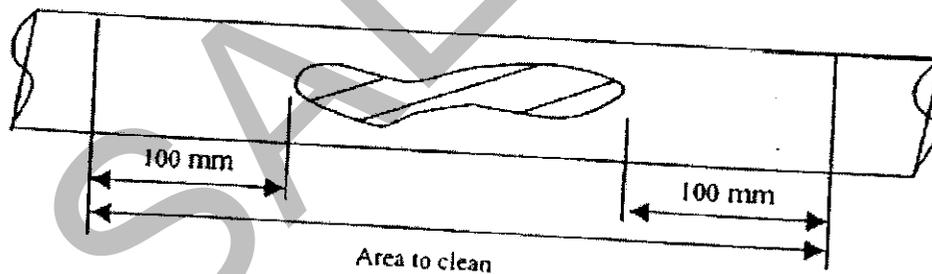
CARA PENANGANAN :

- (1) Bersihkan bagian yang rusak dari selubung HDPE menggunakan cutter



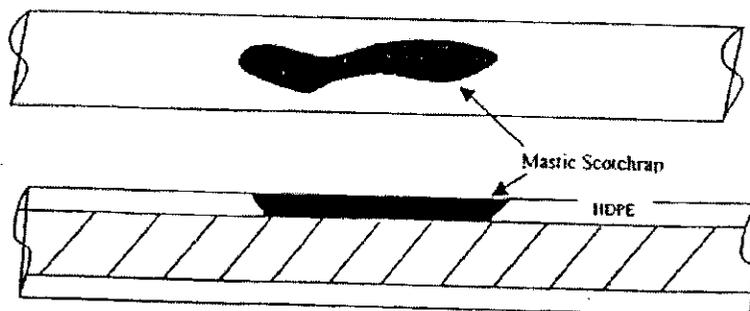
Gambar 9.5 Selubung HDPE yang rusak

- (2) Bersihkan kawat sepanjang 100 mm di setiap bagian yang rusak menggunakan kain yang bersih



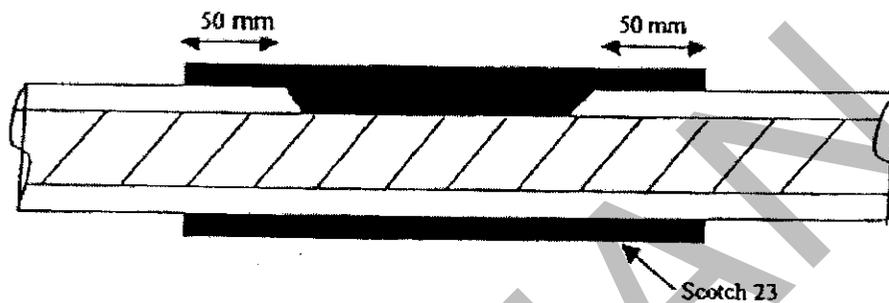
Gambar 9.6 Panjang Selubung HDPE yang harus dibersihkan

- (3) Tambah bagian selubung yang telah di cutter dengan material pengisi/dempul khusus untuk melapisi bagian yang rusak sehingga kembali ke bentuk selubung awal



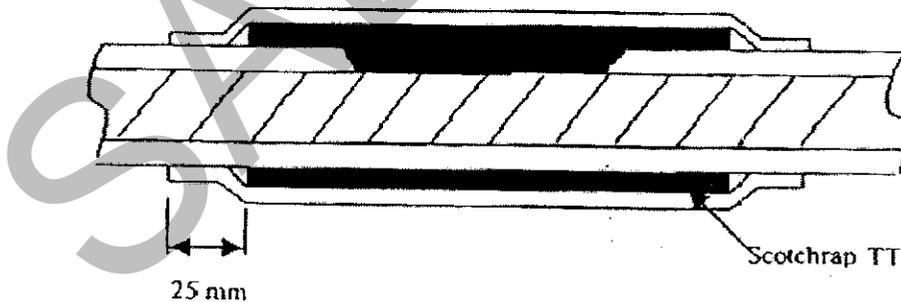
Gambar 9.7 Pengisian Bagian Yang Rusak dengan Dempul Khusus

- (4) Sebagai lapis pertama, bungkus selubung kabel dengan menggunakan pita karet penyambung / rubber splicing tape lakukan pengangkuran mulai dari 50 mm dari kerusakan, tarik sekuat-kuatnya pita karet penyambung (pita tersebut akan mengalami perubahan warna dari hitam ke abu-abu) untuk membungkus selongsong kabel. Setiap lilitan harus memiliki overlapping setengah dari lilitan sebelumnya. Lilitan diberikan sampai 50 mm dari titik ujung bagian yang mengalami kerusakan. Setelah itu dilakukan pelapisan ulang untuk mendapatkan 2 lapis pita karet penyambung.



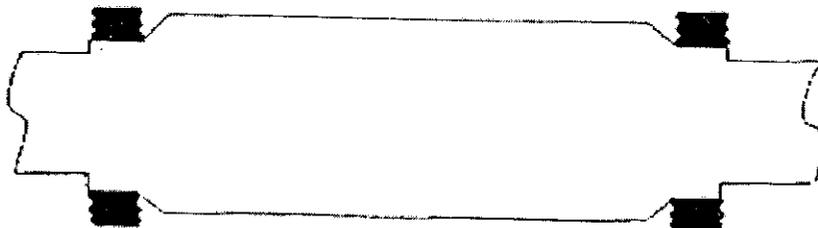
Gambar 9.8 Rubber Slicing pada bagian yang diperbaiki

- (5) Sebagai lapis ke dua, dengan menggunakan pita pelindung korosi / all weather corrosion protection tape dimulai dari 75 mm dari ujung kerusakan tarik sekuat-kuatnya pita pelindung tersebut pada saat melakukan lilitan. Setiap lilitan harus memiliki overlapping setengah dari lilitan sebelumnya. Lilitan diberikan sampai 70 mm dari titik ujung bagian yang mengalami kerusakan. Tunggu 30 detik sampai pita menjadi longgar dan tidak ada tegangan.



Gambar 9.9 Pemberian Pita Pelindung Korosi

- (6) Pada ujung-ujung pita yang dililitkan dilakukan pengikatan dengan memberikan 3 lapis lilitan pita vinil elektrik/Vinyl Electrical Tape



Gambar 9.10 Pengikatan Dengan Pita Vinil

9.2.9.3 Kerusakan 404 – Kerusakan Besar pada Pelindung HDPE, Kabel terlihat

CARA PENANGANAN :

- (1) Bersihkan daerah yang mengalami kerusakan dan potong serta lepaskan segmen selongsong HDPE yang rusak dengan menggunakan cutter. Pastikan pemotongan dilakukan dengan bersih dan rapi.
- (2) Bersihkan kabel sepanjang 100 mm dari ujung kerusakan dengan kain penyerap minyak
- (3) Bersihkan kabel dengan kalin yang ebrsih dan kering
- (4) Ambil selongsong HDPE yang baru dengan oanjang kurang 5 mm dari selaongsong kabel yang telah dibongkar. Potong selongsong yang baru tersebut secara longitudinal menjadi 2 bagian
- (5) Bersihkan selongsong HDPE dengan kain penyerap minyak
- (6) Pangan selongsong HDPE yang baru di lokasi yang rusak
- (7) Amplas bagian pertemuan dari selongsong HDPE lama dan baru agar memebrikan daya lekat yang lebih baik.
- (8) Panaskan selongsong HDPE hingga 60 derajat dengan hot air welder untuk menjamin bahwa HDPE dan PE copolymer absed adhesive memiliki suhi yang sama.
- (9) Lelehkan Coating Repair Stick di lokasi sambungan antara selongsong HDPE lama dan baru
- (10) Rapikan permukaan dari selubung HDPE yang barus diperbaiki dan berikan lapis pelindung yang sesuai



Gambar 9.11 Perbaikan Kerusakan Besar pada Selubung HDPE

9.2.9.3 Kerusakan 403 - Penggantian Sebagian atau keseluruhan Stay Cable

Prosedur ini ditujukan untuk penggantian satu strand dan juga untuk keseluruhan strand dalam suatu selongsong stay cable. Ketika beberapa strand harus diganti, maka dibutuhkan pergantian dari satu bundel.

CARA PENAGANAN :

(1) Pekerjaan Persiapan

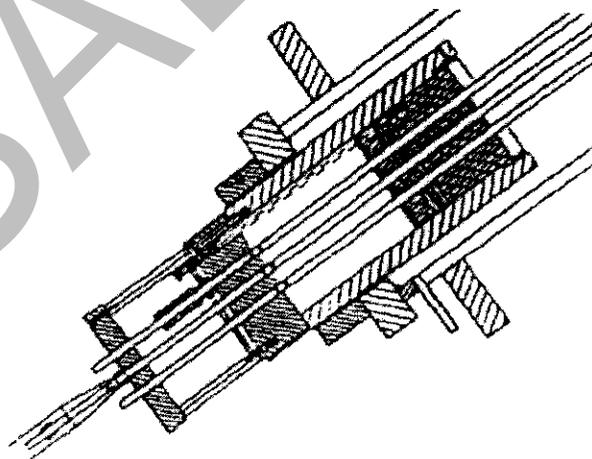
- Lepaskan Selongsong pelindung kabel / anti vandalism tube secara perlahan menggunakan alat pengangkat dari pylon atau menggunakan crane dengan tali yang diikatkan pada yang terhubung selongsong pelindung kabel. Selongsong pelindung dan selongsong kabel HDPE biasanya menumpu di dek jembatan dengan mekanisme tertentu
- Lepaskan alat deviator di bagian atas dan bawah
- Lepaskan alat peredam kabel jika ada
- Lepaskan tutup dan isi dari wax

(2) Pelepasan Satu Strand

Strand harus di lepaskan dari angkur dengan monostrand jack. Diperlukan panjang strand yang cukup pada untuk dapat melakukan proses pelepasan. Penyambungan dengan coupler dapat dilakukan untuk memperpanjang strand.

Strand yang akan diganti akan dipisahkan dari bundelnya di bagian jendela bawah/bottom window (anatar tabung form work dan tabung pelindung kabel) dengan penjepit kayu yang tipis atau dengan penjepit sisir dan selubung pembungkus haru dibukun sepanjang 1 m.

Alat pelepas harus dipasang pada strand, dan kawat operator harus menahan gaya pada strand dengan jepitan. Gaya tersebut di catat pada formulir yang telah disediakan. Strand di lepas dengan dengan menutup jack. Beberapa kali pergerakan dari jack diperlukan untuk pelaksanaannya tergantung dari keadaan di lapangan.



Gambar 9.12 Pelepasan strand dengan *monostrand jack* pada angkur hidup

(3) Pergantian dan Pemasangan kembali

Strand harus dipisahkan dari bundel. Selanjutnya strand dijepit menggunakan penjepit lateral.

Bagian bawah strand harus disambung dengan tali dan strand tersebut harus ditarik dari angkur yang ada di dek jembatan

Sebuah winch rope harus disambungkan ke bagian atas strand yang ada di angkur pada pylon. Strand tersebut selanjutnya ditarik melalui bagian bawah dari ruang kerja / working window. dan kawat yang akan diganti kemudian di tarik ke bawah.

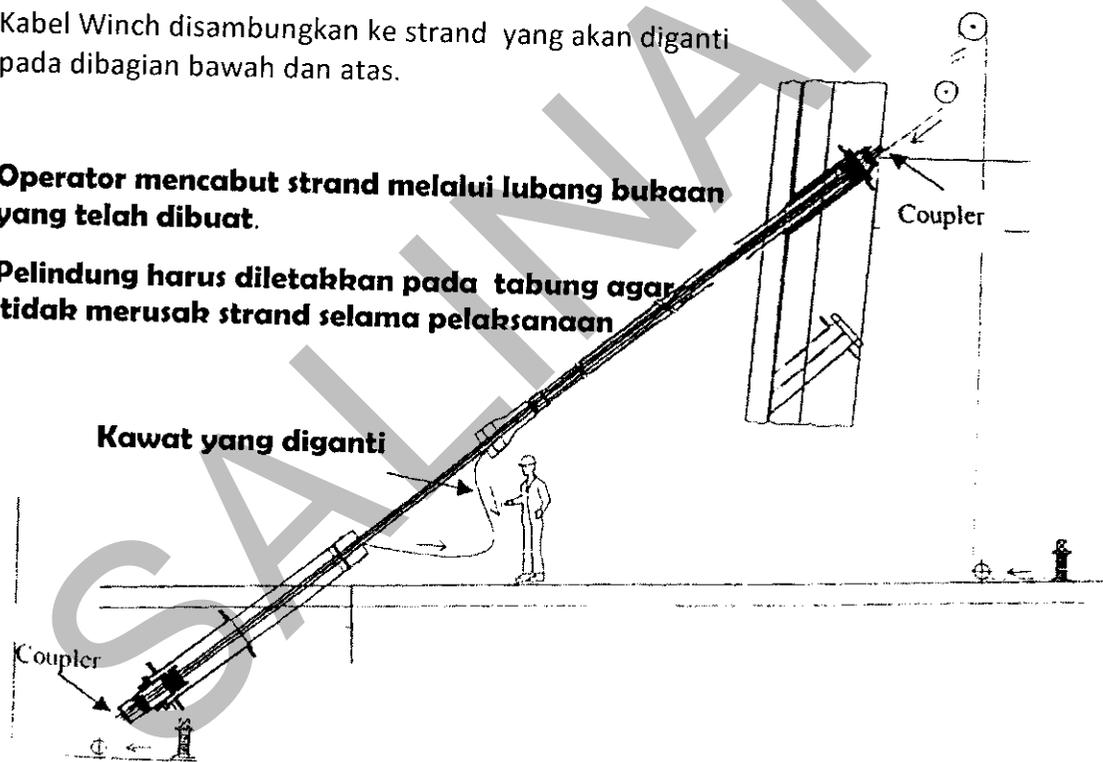
Strand yang baru, yang sebelumnya di tempatkan pada dek, di tarik menggunakan winch rope, untuk kemudian di tarik sampai pada posisi angkur di pylon. Ujung bagian bawah strand dihubungkan dengan tali dan di tarik masuk melalui angkur di dek jembatan.

Strand yang baru kemudian di jepit kan pada kedua ujung angkur dan diberikan gaya tarik sesuai dengan perencanaan.

Kabel Winch disambungkan ke strand yang akan diganti pada dibagian bawah dan atas.

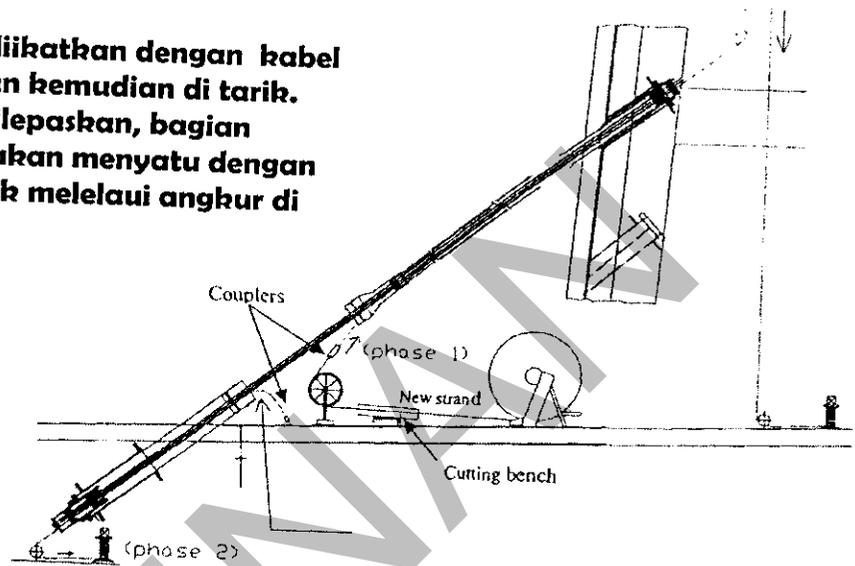
Operator mencabut strand melalui lubang bukaan yang telah dibuat.

Pelindung harus diletakkan pada tabung agar tidak merusak strand selama pelaksanaan



Gambar 9.13 Teknik Pergantian Strand

Strand baru ini diikatkan dengan kabel winch di atas dan kemudian di tarik. Ketika jepitan dilepaskan, bagian bawah dari tali akan menyatu dengan strand dan ditarik melalui angkur di dek jembatan.



Gambar 4.79.14 Pergantian dan Pemasangan Kembali Kawat Strand

10. Tata Cara Pemeliharaan Dan Rehabilitasi Kerusakan Yang Berhubungan Dengan Elemen

10.1. Umum

Bagian ini menguraikan mengenai detail dari prosedur dan tata cara pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala dan rehabilitasi elemen-sesuai dengan kerusakannya seperti diuraikan dalam Panduan Pemeriksaan Jembatan.

Akan diuraikan prosedur pemeliharaan dan perbaikan kerusakan untuk eleme-elemen dibawah ini:

- Daerah aliran sungai, pengamanan scouring, timbunan,
- Bangunan bawah
- Perletakan dan balok penahan gempa
- Elemen bangunan atas
- Lantai kendaraan dan trotoar
- Siar muai /Expansion joints
- Rambu-rambu dan kelengkapannya.

10.2. Perbaikan Daerah Aliran sungai, Bangunan Pengamanan Gerusan Dan Daerah Timbunan

10.2.1. Umum

Pasal ini akan menguraikan mengenai jenis penanganan yang direkomendasikan sesuai dengan cara penanganan jenis kerusakan tertentu yang berhubungan dengan daerah aliran sungai, bangunan pengamanan gerusan (scouring) dan daerah timbunan.

10.2.2. Perbaikan dan pengamanan daerah aliran

Scouring/pengikisan pada dasar dan tanggul/tebing sungai merupakan suatu masalah yang serius karena dapat menyebabkan keruntuhan-jembatan

Pengikisan/scouring pada dasar sungai pada umumnya akan terjadi apabila kecepatan aliran sungai bertambah besar hingga aliran sungai dapat mengakibatkan hanyutnya material yang

berada pada dasar sungai. Scouring pada dasar sungai seringkali terjadi disekitar pilar atau kepala jembatan.

Metoda pengamanan yang terbaik adalah memasang penahan yang sesuai. Penahan dapat terbuat dari batu yang besar, baja atau semacam pagar kayu (antara tiang-tiang kayu diisi batu) atau dengan membuat *check dam* (*bottom controller*).

Material yang dipakai sebagai pengamanan dasar sungai harus merupakan material padat dan cukup berat sehingga tidak dapat bergeser pada waktu banjir.

Bangunan pengaman sungai dilaksanakan juga sebagai pengarah aliran sungai. Cara yang paling umum dilakukan untuk mengarahkan aliran sungai adalah:

- Bangunan pengamanan (krib) yang melintang sungai untuk memperlambat atau membelokkan arus aliran sungai.
- Bangunan pengamanan (krib) memanjang.

10.2.2.1. KERUSAKAN 501 - Pengendapan/Pendangkalan

Pengendapan atau pendangkalan sungai dapat mengakibatkan :

- Alur sungai menjadi sempit maka dapat mengakibatkan terjadinya afflux yang berlebihan.
- Arah aliran normal sungai dapat membahayakan tebing sungai, tanah timbunan atau struktur jembatan.

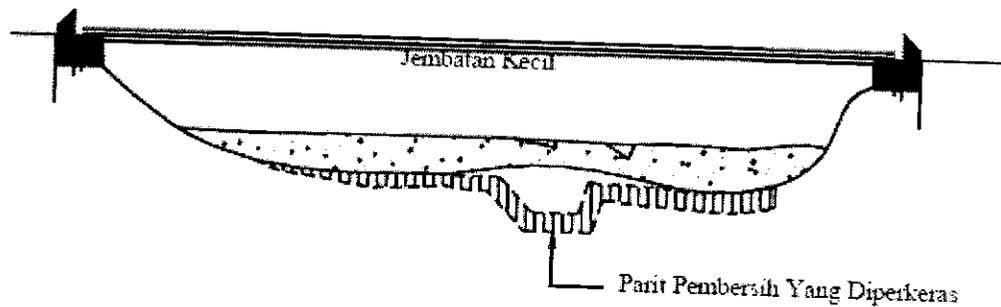
CARA PENANGANAN :

Keruklah endapan lumpur yang terjadi guna mengembalikan sungai tersebut pada bentuk yang seharusnya.

Periksalah daerah terjadinya degradasi pada bagian hulu jembatan untuk menstabilkan. Hal ini memerlukan penyelidikan secara khusus dan mungkin melibatkan instansi lain.

Jika arah aliran sungai menyamping dalam timbunan, gunakan krib, bronjong, dinding penahan tanah, turap atau cara-cara pengamanan lainnya guna mengamankan daerah yang penting, misalnya daeran tanah timbunan atau pilar.

Buatlah pelantaian yang rendah pada dasar sungai yang berupa parit supaya sungai dapat menghilangkan endapan yang terjadi dengan arus aliran sungai yang ada. Hal ini dapat dipakai untuk sungai-sungai yang kecil. Lihat Gambar 5.1. untuk detailnya.



Gambar 10.1. Pelantain Dasar Sungai Guna Pembersihan

10.2.2.2. KERUSAKAN 502 - Penumpukan Sampah Dan Hambatan

Kerusakan ini mencakup masalah-masalah sebagai berikut:

- Penumpukan sampah yang terjadi akan menambah gaya horisontal pada struktur.
- Penumpukan sampah pada alur sungai mengakibatkan terhalangnya arus aliran sungai atau merubah arah aliran sungai.
- Bagian-bagian bekas pembongkaran jembatan yang masih berada pada daerah alur sungai mengakibatkan terhalangnya dan tertahannya arus aliran sungai yang kemudian menyebabkan terjadinya penggerusan pada daerah timbunan, tebing sungai atau pada pondasi jembatan.

CARA PENANGANAN :

Semua sampah dan semua penghalang yang menyebabkan masalah harus dibuang dari daerah alur sungai.

Pembersihan sampah, umumnya dilaksanakan oleh bagian pemeliharaan rutin. Harus diperhatikan bahwa tidak terjadi kerusakan akibat adanya batang pohon yang besar pada jembatan.

Dalam banyak hal pembersihan elemen bekas jembatan lama dicakup oleh pemeliharaan rutin dan memerlukan alat besar atau crane untuk membersihkan elemen-elemen bekas jembatan. Jika digunakan bahan peledak untuk membuat elemen bekas jembatan tua tersebut menjadi bagian-bagian yang kecil, harus diperhatikan agar tidak menimbulkan kerusakan terhadap jembatan yang baru atau pemakai jembatan.

10.2.2.3. KERUSAKAN 503 – *Scouring* / Penggerusan

CARA PENANGANAN :

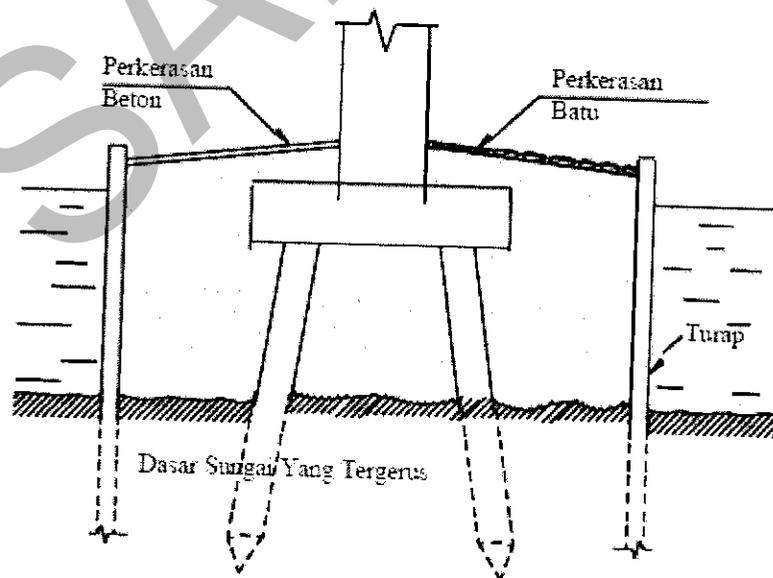
Scouring dapat dikendalikan dengan menggunakan berbagai cara pemilihan cara/metode tertentu tergantung pada kondisi dan situasi yang ada.

Beberapa cara penanggulangan diuraikan pada Tabel 10.1. berikut ini.

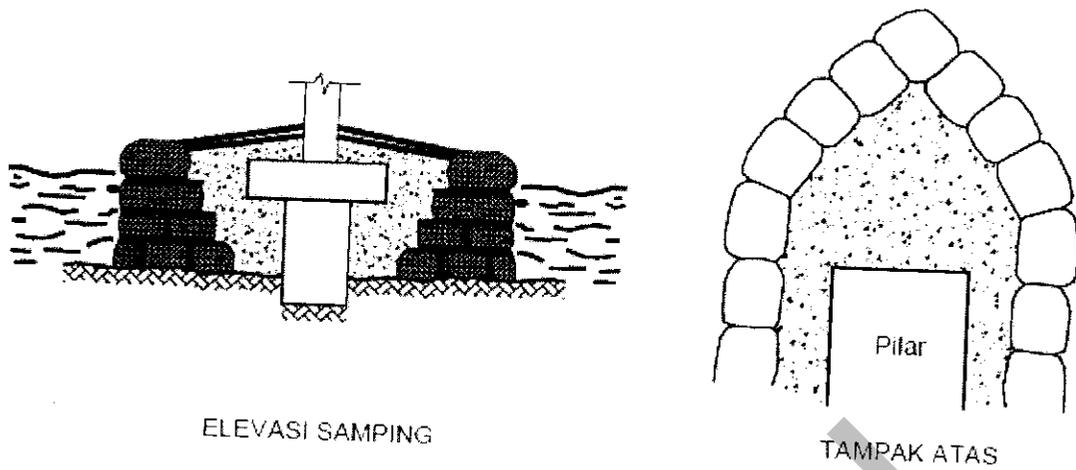
Tabel 10.1. Cara penanganan pengaman gerusan

Tipe	Kecocokan penggunaan
------	----------------------

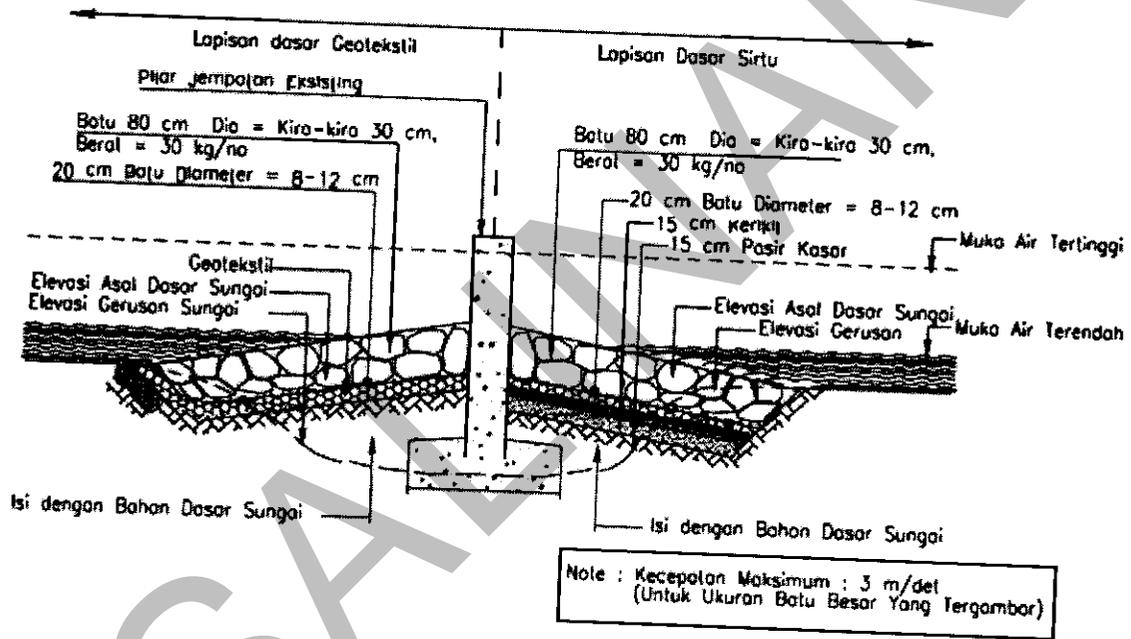
Turap	Air sungai yang dalam dan/atau tanah lunak. Gunakan sebagai pengamanan fondasi atau bangunan bawah.
Bronjong	Air sungai yang dangkal dan fondasi yang kokoh.
Dinding beton	Air sungai yang dangkal dan fondasi yang kuat dimana aliran air dapat dipindahkan selama pelaksanaan.
Krib	Dekat tebing untuk penamanan tebing dan mengarahkan aliran sungai
Bottom Controller pengaman dasar suntai	Untuk terjadinya degradasi yang tidak terlalu dalam dan dibuat melintang penuh sebar sungai. Dapat dibuat dari beton, bronjong, pemagaran ganda dengan pengisian batu diantaranya, turap dan lain-lain.
Tipe	Kecocokan penggunaan
Pembuatan perkerasan alur pembersih	Aliran sungai yang dangkal tempat aliran sungai dapat dipindahkan selama pelaksanaan. Biasanya hanya digunakan pada jembatan dengan bentang kecil.
Tetrahedron	Jika terjadi lubang akibat gerusan dan gunanya untuk mencegah erosi.
Rip-rap/pasangan batu besar	Untuk melindungi fondasi disekeliling pilar



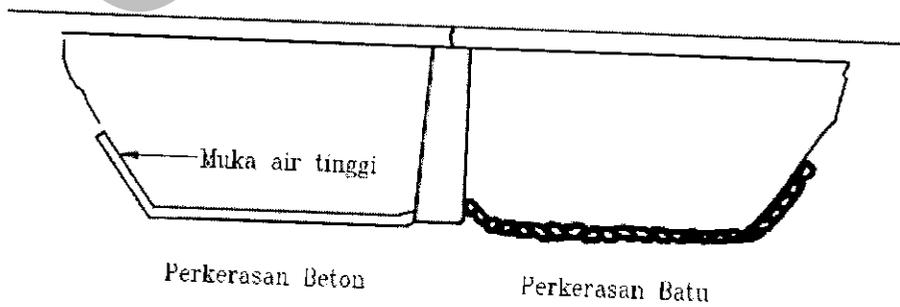
Gambar 10.2. Turap



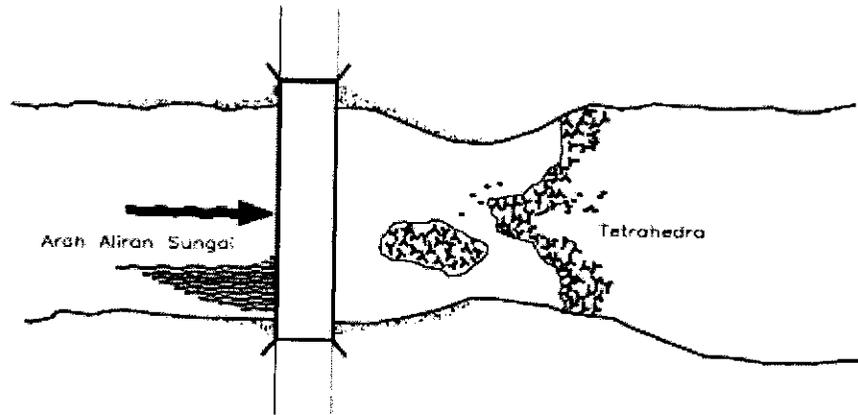
Gambar 10.3. Bronjong



Gambar 10.4. Rip-rap atau pasangan Batu Besar



Gambar 10.5. Pembuatan Perkerasan Lantai Dengan Beton atau Batu Besar



Gambar 10.6. Tetrahedra untuk Menahan Gerusan Arah Hilir Sungai

Bilamana digunakan batuan yang besar, maka harus digunakan lapisan geotextile sebagai lapisan dasarnya guna melindungi hanyutnya material halus dibawah batuan.

URAIAN:

Pagar yang tegak dan rendah dibangun dalam alir sungai sepanjang tebing sungai dan tegak lurus aliran sungai. Pagar ini merupakan jajaran tiang dan penahan horizontal tetapi ada bentuk lain juga yang efektif. Biasanya struktur ini mempunyai luas bidang kurang dari 50% untuk menahan aliran sungai.

Bangunan ini dapat memperlambat aliran yang menyebabkan menyumbatnya sedimen dan membentuk tebing sungai baru dalam alur sungai.



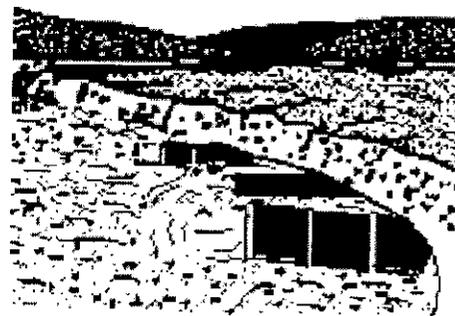
(a) Penahan yang dapat tembus

URAIAN:

Bagian yang tembus air biasanya merupakan tiang – tiang pancang dan kayu yang dipasang pada dasar sungai, yang dibangun menonjol dari tebing sungai dan tegak lurus aliran sungai.

Perbedaan dari penahan ini dari krib adalah lebih pendek (tidak panjang) dari lebih tinggi dari penahan, dan fungsinya lebih diarahkan pada pengaman tebing.

Krib bekerja sebagai penghalang aliran sungai pada daerah yang akan direklamasi yang mengarah pada pengendapan material.



(b) Krib yang dapat tembus

URAIAN:

Struktur yang tidak tembus air dibangun dalam dasar sungai, menonjol dari tebing sungai umumnya tegak lurus terhadap aliran.

Strukturnya biasanya kaku (misalnya tiang pancang dan dinding panel) atau fleksibel (misalnya dinding batu, balok beton yang lepasan, dan bronjong)

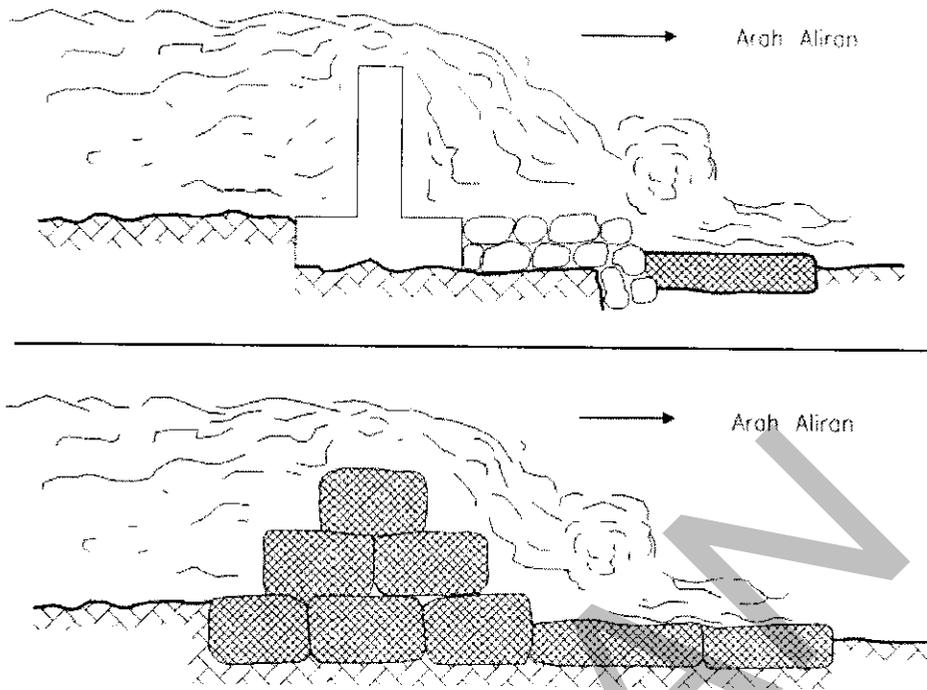
Krib menghalangi aliran pada daerah yang akan diperbaiki, mengakibatkan pengendapan meterial dan tumbuhnya tumbuhan.



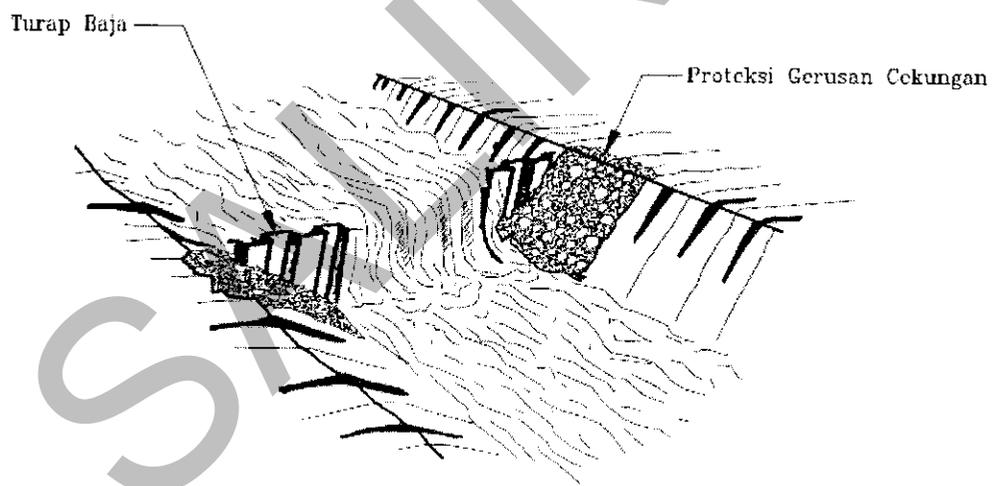
(c) Krib yang tidak dapat tembus

Gambar 10.7. Krib dan Penghalang

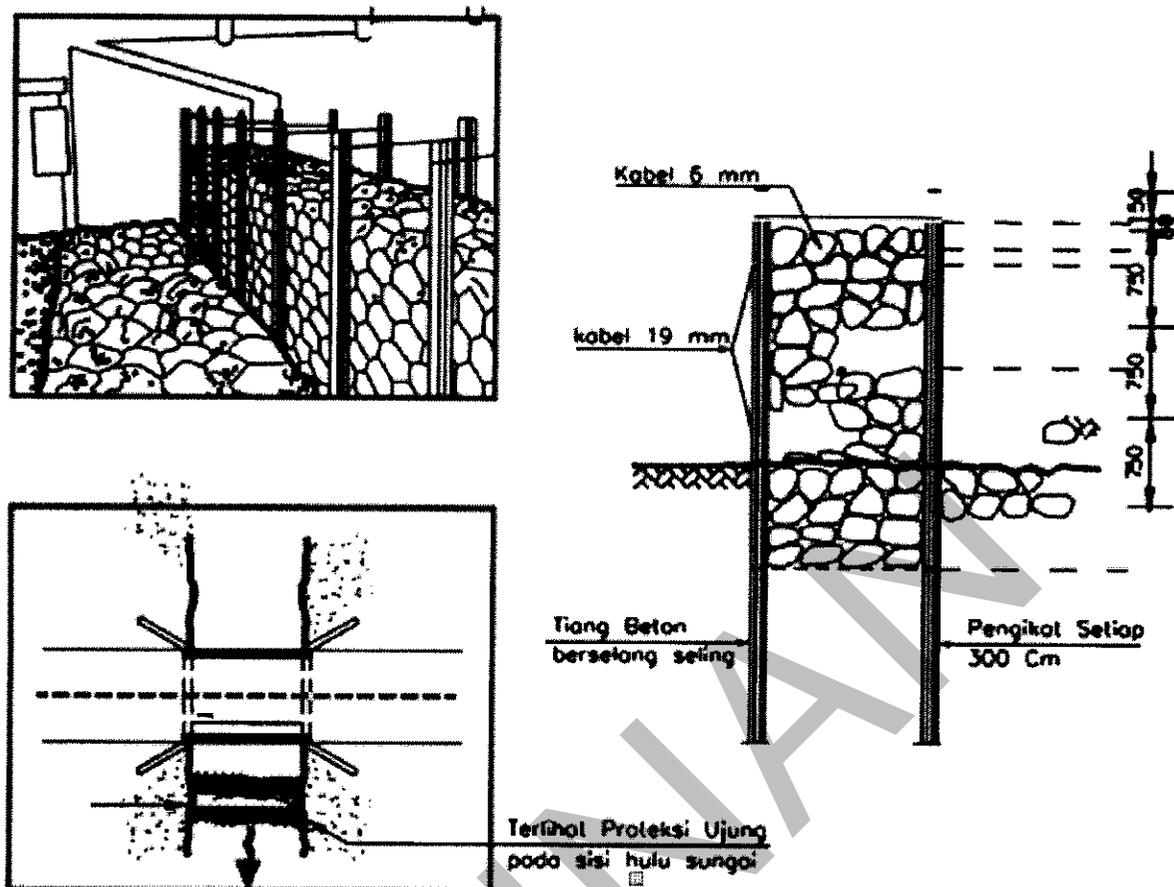
SALINAN



Gambar 10.8. Pengamanan Dasar Sungai - Dinding Beton dan Dinding Bronjong



Gambar 10.9. Pengamanan dasar sungai - Turap Baja



Gambar 10.10. Pengamanan Dasar Sungai - Pagar Ganda dengan isian batu

10.2.2.4. KERUSAKAN 504 - Afflux Yang Berlebihan

Masalahnya dapat berkembang apabila tidak cukupnya bukaan pada daerah alur sungai di jembatan (biasanya hal ini terjadi pada waktu diadakan penyelidikan dan perencanaan) atau adanya hambatan pada alur sungai tersebut.

Perbedaan ketinggian air di hulu dan di hilir sungai pada jembatan. Perbedaan ini disebut "afflux". Apabila besarnya/tingginya *afflux* ini berlebihan, maka kecepatan aliran sungai dapat bertambah dan sering mengakibatkan scouring.

CARA PENANGANAN :

Jika ketinggian *afflux* tersebut melebihi tinggi ruang batas aliran sungai yang mengakibatkan timbulnya hambatan maka masalah ini harus ditangani sesuai dengan kerusakan no. 502.

Jika hambatan tersebut bukan disebabkan oleh adanya sampah yang menumpuk atau adanya *afflux* yang berlebihan, maka untuk mengatasi masalah tersebut harus diadakan penyelidikan khusus.

Dengan tidak mengurangi adanya penyelidikan secara khusus, metoda yang cukup memuaskan untuk menangani masalah *afflux* ini adalah menambah bentangan jembatan atau memperbaiki karakter aliran sungai di bawah jembatan.

Sungai atau kanal dapat mengakibatkan kerusakan pada jembatan dalam berbagai bentuk yaitu :

- Adanya pengkaratan pada baja dan/atau elemen beton yang berada di dalam sungai.
- Benda-benda hanyutan dapat merusak atau menghancurkan pilar atau tiang pancang.
- Banjir mengakibatkan jembatan tidak dapat dilalui dan berbahaya.

Banjir yang melanda bangunan atas jembatan dapat terjadi apabila bukaan dibawah jembatan terlalu kecil/sempit. Dalam keadaan yang demikian, diperlukan bentangan jembatan yang lebih panjang atau membuat tambahan bentang pada jembatan yang sudah ada atau membuat gorong-gorong baru disamping jembatan yang sudah ada untuk menghindari pengaruh banjir.

- Scouring pada dasar dan tanggul sungai.

10.2.3. Timbunan dan Pondasi

Bilamana pondasi mengalami kerusakan maka cara perbaikan pada beton, baja atau kayu dapat dipakai.

Jika tanah timbunan memerlukan perbaikan maka harus dilakukan perbaikan timbunan dengan tanah yang baik, padatkan dengan *vibrator roller* yang sesuai dan kemudian bangunan pengaman pada daerah timbunan dapat dibangun kembali. Pengamanan semacam ini mungkin memerlukan suatu filter yang dipasang. Jika terjadi *scouring* lebih lanjut maka diperlukan suatu pertimbangan untuk menambah bangunan pengaman. Teknik perbaikan timbunan secara garis besar diuraikan pada Tabel 5.2.

Beberapa metoda pengamanan yang dapat digunakan adalah sebagai berikut

- Pemasangan talud batu kosong
- Pemasangan talud beton
- Pemasangan dinding dengan bronjong
- Penanaman, tanaman yang rapat pada lereng

Bilamana dilakukan cara pengamanan permukaan maka perlu dibuat pengamanan dengan konstruksi yang lebih dalam daripada terjadinya *scouring* yang diharapkan. Pada umumnya, ujung talud selebar 800 mm dan paling sedikit digali 1 meter dalamnya yang kemudian diisi dengan batu. Jika dilakukan pemasangan permukaan talud beton maka perlu dibuat lubang drainase dinding dengan jarak yang tertentu dan teratur.

Harus diperhatikan agar tidak terjadi *scouring* kembali. Jika diperlukan penambahan lapisan geotextile dapat dihamparkan pada tebing sebagai lapisan dasar.

Dinding bronjong (gabion) harus dipasang sesuai dengan buku petunjuk pemasangan bronjong.

Tabel 10.2. Garis Besar Teknik Pengaman Tebing

Strategi Teknik	Pengamanan lereng secara langsung	
	Pengamanan fleksibel	Pengamanan kaku
Jenis pengaman	<ul style="list-style-type: none"> - pasangan batu kosong - kawat anyaman - bronjong - tanaman 	<ul style="list-style-type: none"> - turap baja - tiang atau dinding - Penahan tanah beton - bronjong yang diperkuat
Uraian	Material yang dipakai berguna sebagai pengaman tebing dan melindungi tebing serta mengamankan terhadap gerusan	Pengaman yang bersifat struktur yang berfungsi sebagai pengaman tebing longsornya tanah timbunan dan gerusan yang terjadi.
Kajian	<p>Fleksibel berarti masih terjadi sedikit pergerakan dengan toleransi tidak terjadi longsor penuh.</p> <p>Bronjong dapat dipakai untuk masalah pengikisan pada bagian atas tanah timbunan yang tidak dilindungi.</p> <p>Perlindungan yang fleksibel pada umumnya merupakan suatu teknik yang mudah dilaksanakan dengan pembiayaan yang kecil serta bahan-bahannya mudah didapat</p> <p>Setiap bentuk pengamanan flesibel harus didesain dengan hati-hati. Pengikisan pada bagian ujung atau bawah struktur merupakan hal yang umum.</p>	<p>Talud bronjong berbeton merupakan suatu penanganan yang mahal. Biasanya hanya digunakan bila panjang yang kecil saja dipakai untuk melindungi aset-aset penting, misalnya pada kepala jembatan.</p> <p>Digunakan apabila terjadi penggerusan pada ujung suatu struktur</p> <p>Kaku : setiap pergerakan mengarah pada suatu kegagalan. Jadi harus direncanakan supaya kuat menahan gaya dari segala arah.</p>
Penyebab kelongsoran	<ul style="list-style-type: none"> - Pengikisan bagian ujung struktur - Tidak sesuainya ukuran pasangan batu kosong - Tidak cukupnya drainase dinding - Pengikisan bronjong - Tidak cukupnya material endapan di daerah hilir 	Pengikisan / scouring pada bagian ujung bawah struktur yang diikuti dengan kelongsoran struktur tersebut
Kesimpulan	Penggunaan yang luas apabila bahan tersedia	Cocok untuk pengamanan kepala jembatan. Penerapan yang terbatas apabila terletak jauh dari kepala jembatan. Biaya umumnya terbatas untuk tanah timbunan yang rendah

10.2.3.1. KERUSAKAN 511 - Material Bangunan Pengaman Yang Hilang

CARA PENANGANAN :

- (1) Perbaiki setiap bagian yang rusak pada bangunan pengaman.
- (2) Periksa apakah ada gerusan yang terjadi lagi dan harus diperbaiki juga.
- (3) Jika penanganan bangunan pengaman yang sudah ada tidak memenuhi syarat, pertimbangkanlah sistem lain yang lebih baik untuk mengendalikan permasalahannya.

10.2.3.2. KERUSAKAN 521 - Scouring Pada Timbunan

Scouring pada daerah timbunan atau tebing sungai dapat disebabkan oleh :

- Arus sungai dengan kecepatan tertentu yang mengikis tebing sungai.
- Air permukaan dari jalan yang menyebabkan scouring pada daerah tanah timbunan pada waktu bergerak menuju sungai akibat tidak adanya parit pembuangan air yang baik.
- Adanya penghalang di sungai yang mengakibatkan aliran sungai berubah menuju daerah tebing sungai.

Setiap keadaan memerlukan pemeriksaan khusus untuk menetapkan penanganan secara menyeluruh yang paling baik untuk daerah tersebut.

CARA PENANGANAN :

Semua pekerjaan yang termasuk dalam kategori ini dilaksanakan dalam pekerjaan Rehabilitasi dan Perbaikan Besar.

Untuk melindungi kepala jembatan dan daerah tanah timbunan hendaknya diikuti beberapa prosedur umum berikut ini:

- (1) Dasar sistem bangunan pengaman diletakkan pada dasar yang padat dan stabil pada ke dalam minimum 500 mm.
- (2) Ujung sistem bangunan pengaman harus benar-benar terikat pada tebing sungai sehingga tidak akan terjadi scouring pada bagian ujung belakang timbunan.
- (3) Ujung system bangunan pengaman harus lebih panjang minimum 5 meter diluar daerah pengaruh scouring yang terjadi.
- (4) Sistem tersebut hendaknya dibangun sesuai dengan spesifikasi dari pabrik atau atas dasar perencanaan, batu isian harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

Untuk arus sungai dengan arus yang deras :

- (1) Memasang dinding beton bertulang pada tebing sungai
- (2) Menempatkan batu besar (tidak kurang dari 20 kg) pada sepanjang tebing sungai yang terkena scouring.

- (3) Membuat pasangan batu kosong pada tebing sungai yang mengalami scouring.
- (4) Meletakkan bronjong diatas daerah tebing yang terkena scouring. Bronjong ini dapat juga dipakai sebagai dinding penahan tanah pada tebing yang curam.
- (5) Penanaman tanaman untuk mengikat tanah pada tebing sungai.
- (6) Membuat dinding penahan tanah dari beton bertulang.
- (7) Turap biasanya turap baja.
- (8) Pemasangan tiang pemecah energi arus sungai di tebing.
- (9) Krib untuk mengarahkan aliran sungai

Untuk air permukaan dari badan jalan

- (1) Buatlah selokan samping atau daerah penangkap air berumput yang mengarahkan air dari badan jalan ke sungai.

Untuk penghalang di sungai yang membahayakan tebing

- (1) Buanglah penghalang tersebut - bila penghalang tersebut merupakan bekas pilar jembatan lama maka pekerjaan tersebut memerlukan alat berat untuk membuangnya.

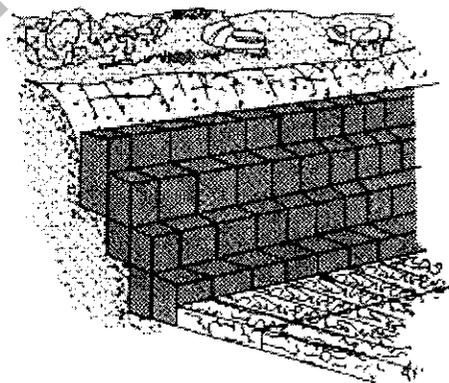
Gambar 10.11 sampai 10.18 menyajikan berbagai jenis penanganan

URAIAN:

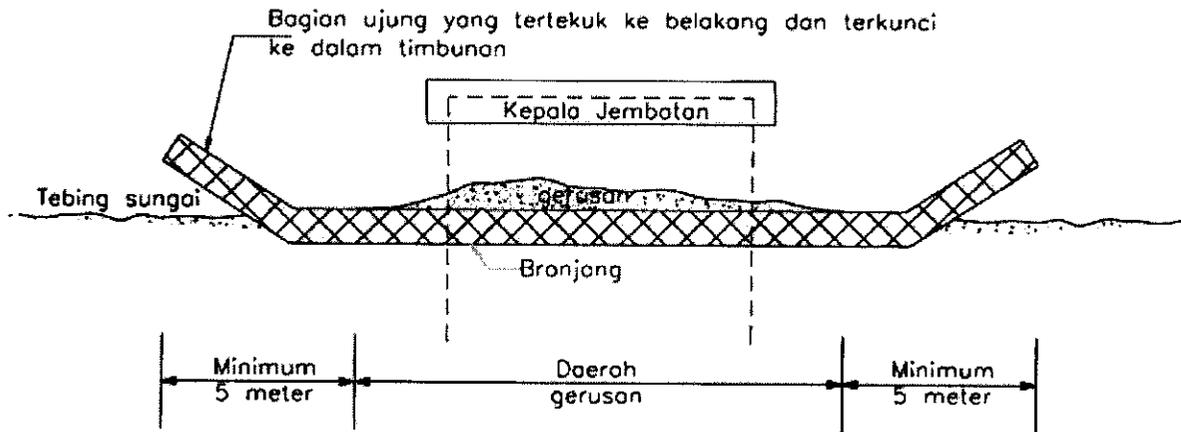
Bangunan terbuat dari kawat anyaman yang sudah digalvanis dan kemudian diisi batu atau batuan sungai yang diletakkan di atas atau bersebelahan dengan dasar sungai untuk mencegah gerusan pada dasar sungai atau tebing.

Biasanya untuk mencegah gerusan dari bawah terhadap pekerjaan pengaman tebing lain.

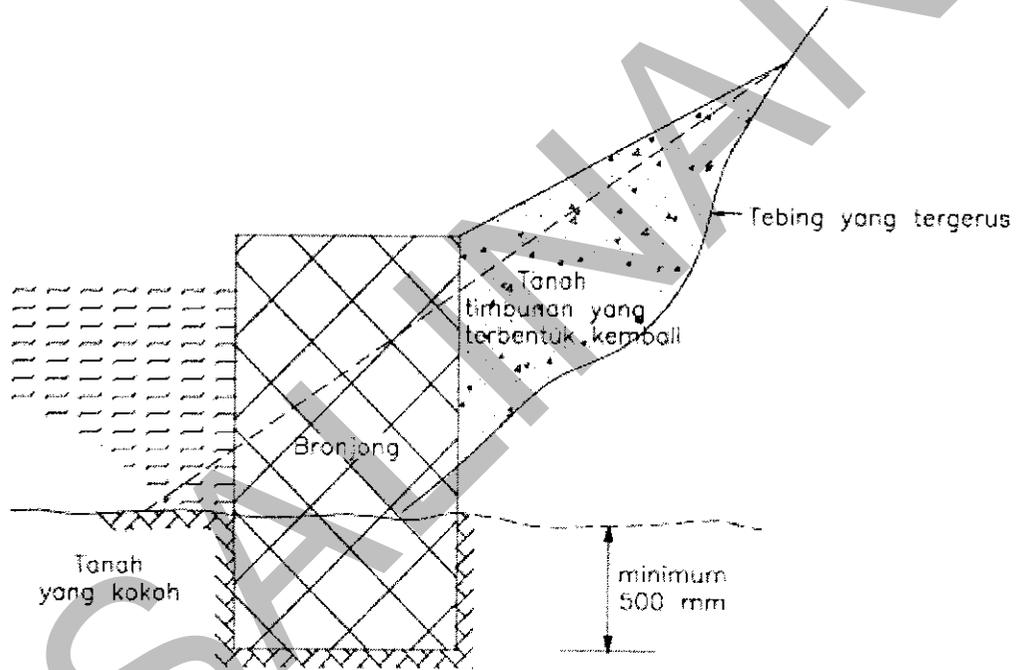
Pemasangan kawat bronjong bertujuan untuk mengurangi gerusan yang akan terjadi dan menyediakan pengaman.



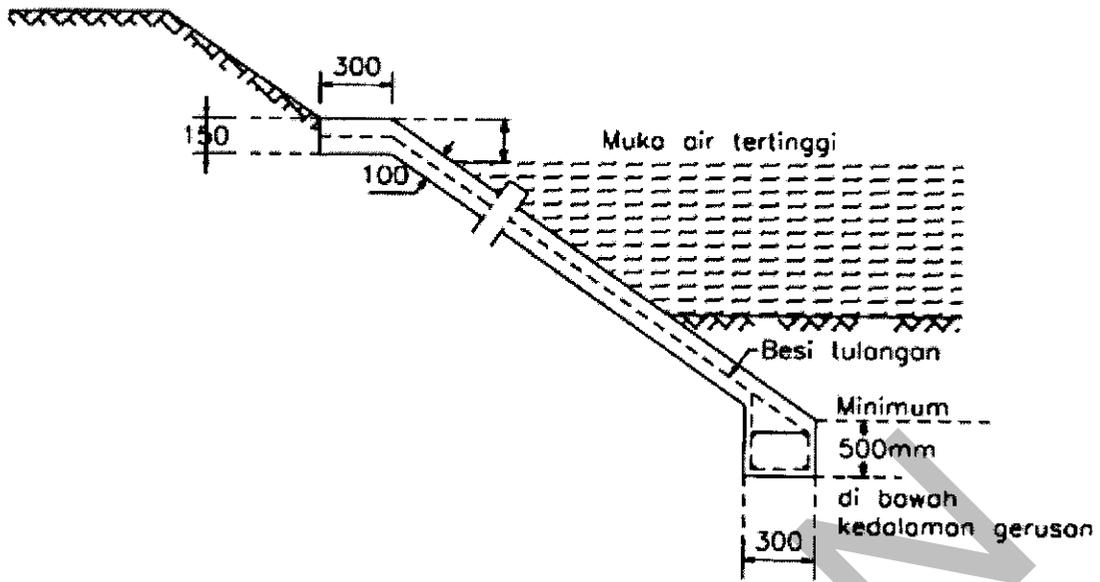
Gambar 10.11. Bronjong sebagai Bangunan Pengaman Scouring



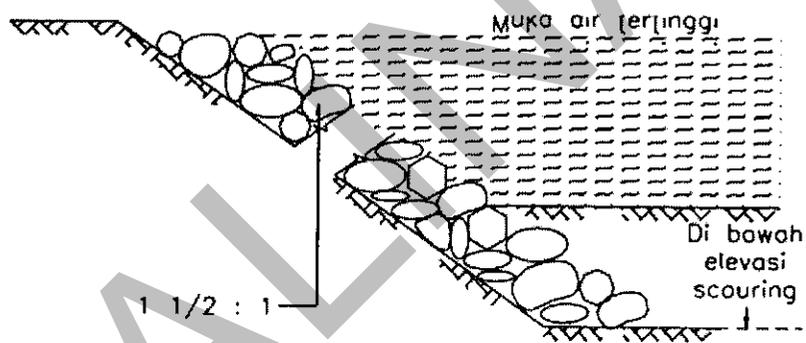
Gambar 10.12. Denah Pemakaian Bronjong untuk Penanganan scouring tanah timbunan



Gambar 10.13. Potongan Melintang Penanganan dengan Bronjong



Gambar 10.14. Dinding Beton Bertulang Sebagai Pengaman Tebing

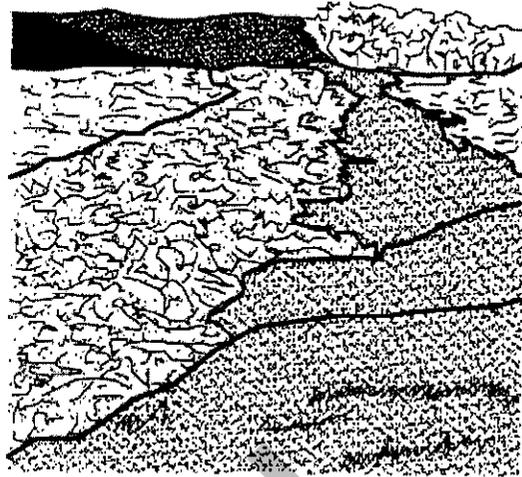


Gambar 10.15. Pasangan Batu Kali Sebagai Pengaman Tebing

URAIAN:

Batu pilihan dengan ukuran tertentu dipasang pada tebing sungai untuk:

- memberikan pengaman fisik pada tanah tebing terhadap erosi air sungai yang mengalir; dan
- memberikan tahanan pada tebing sungai terhadap kerusakan berat.



Mungkin diperlukan lapisan geotekstil antara pasangan batu kosong dan tanah tebing

(a) Pasangan Batu kosong sebagai pengaman tebing

URAIAN:

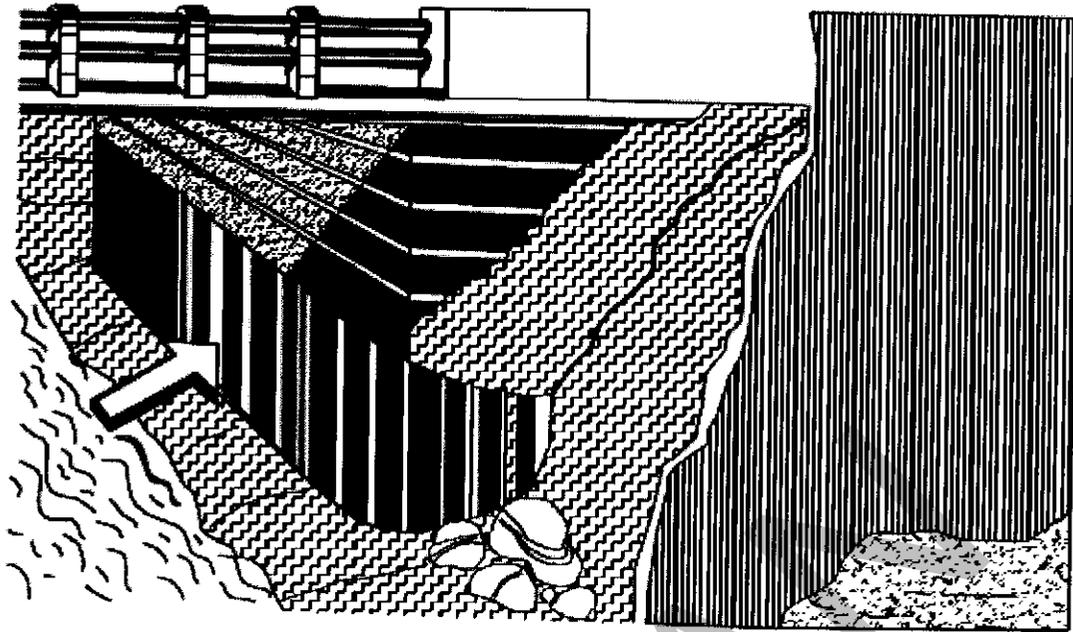
Tanaman dapat pula berfungsi sebagai mekanisme stabilisasi utama atau pengarah pada jenis pekerjaan stabilisasi lainnya. Hal ini sangat penting terutama untuk menstabilkan daerah reklamasi.

Pertumbuhan tanaman dapat dibiarkan berkembang alami di daerah yang cocok atau dapat juga ditanam dan dipelihara untuk tujuan tertentu

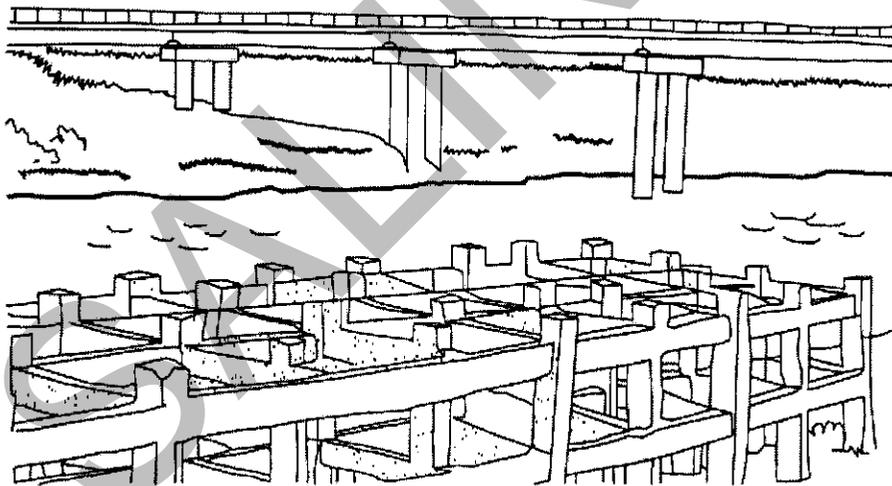


(b) Tanaman sebagai pengaman tebing terhadap erosi

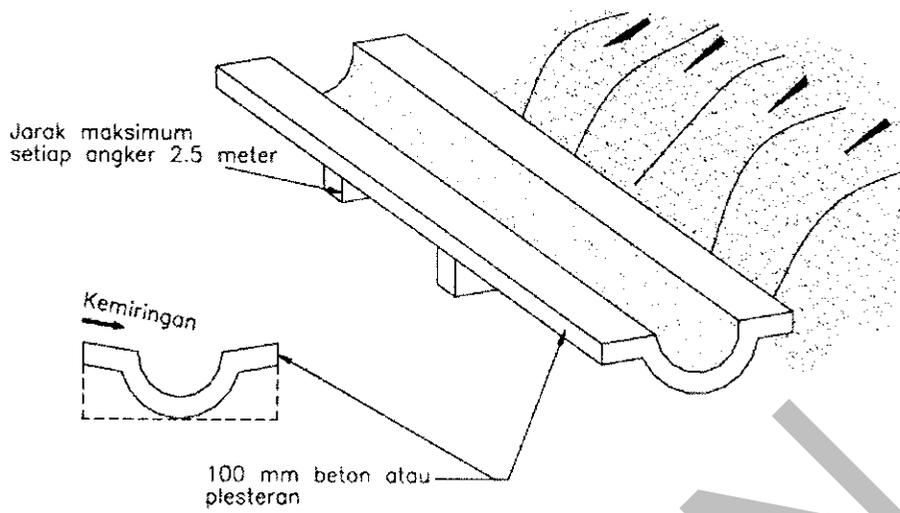
Gambar 10.16. Pengamanan Tebing



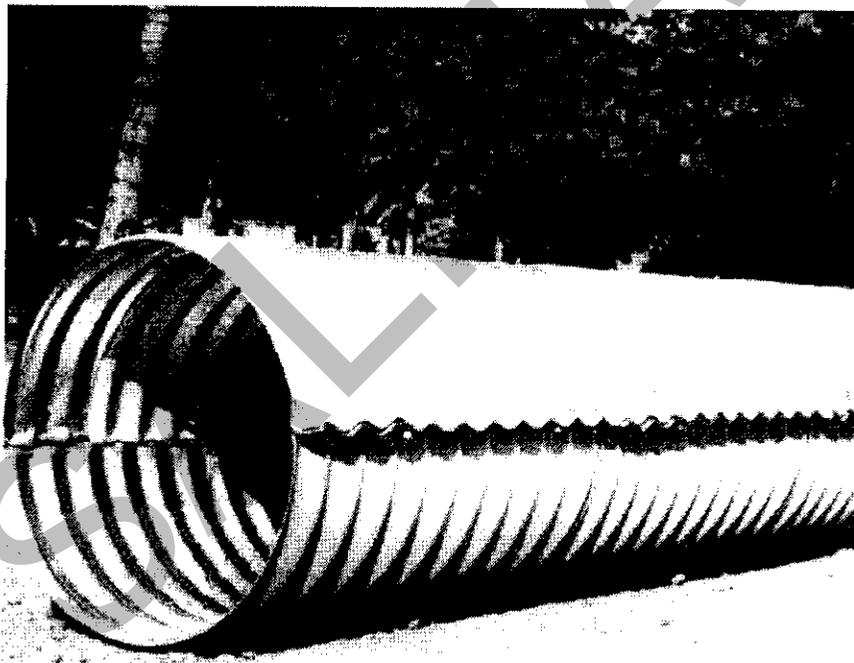
Gambar 10.17. Pengamanan Dengan Turap



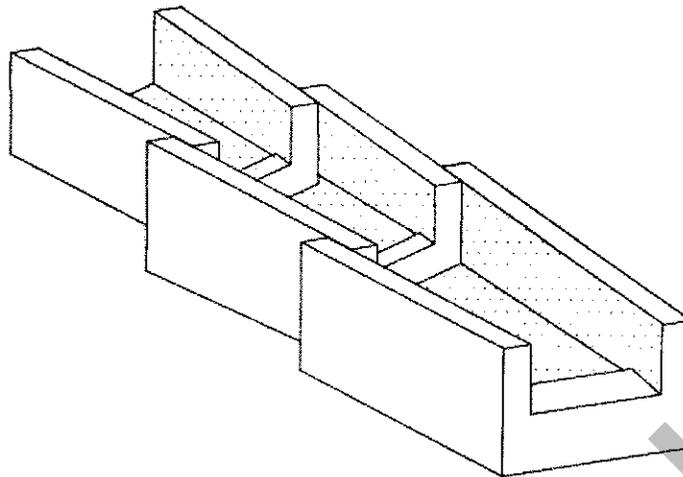
Gambar 10.18. Pemecah Energi Arus Sungai



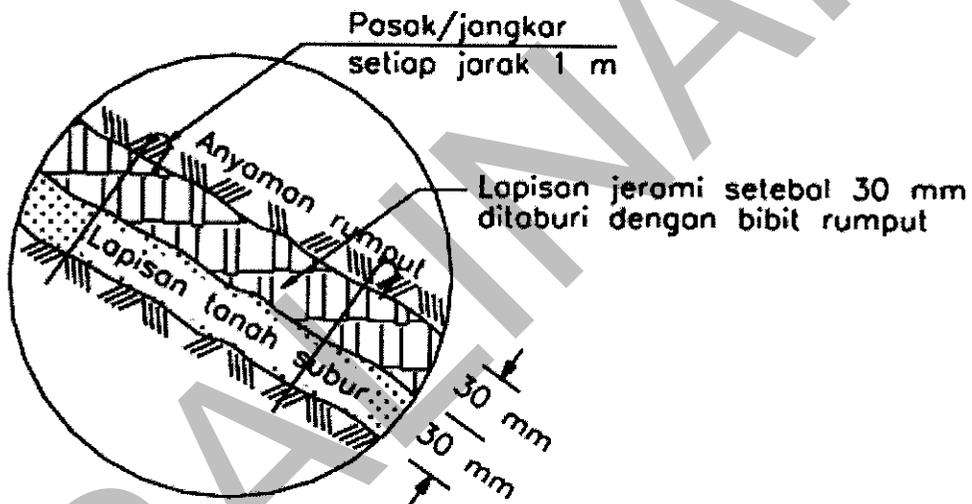
Gambar 10.19. Drainase Beton atau Pasangan Batu



Gambar 10.20. Saluran Lingkaran Baja Bergelombang



Gambar 10.21. Drainase Beton Pracetak



Gambar 10.22. Pengamanan Tebing dengan Rumput

10.2.3.3. KERUSAKAN 522 - Tanah Timbunan Yang Retak Atau Menggembung

Kerusakan pada tanah timbunan mencakup tiga masalah utama yang pada dasarnya memerlukan penanganan yang sama. Hal tersebut adalah

- Keretakan timbunan
- Penurunan/settlement timbunan
- Peggembangan timbunan

a. Keretakan Timbunan

Keretakan dapat dibagi menjadi dalam dua kelompok yaitu

- Keretakan kecil pada lapisan perkerasan
- Keretakan akibat konsolidasi dan pemadatan yang terjadi pada tanah timbunan, kelongsoran tebing, pergerakan secara umum dan lain-lain.

CARA PENANGANAN :

- Keretakan ringan pada lapis permukaan
Menutup keretakan pada lapisan perkerasan untuk mencegah terjadinya perembesan air dan biasanya menggunakan aspal untuk rhenutup bagian ini.
- Keretakan yang cukup besar
Keretakan ini menunjukkan adanya konsolidasi tanah timbunan dan pergerakan bidang gelincir yang merupakan masalah yang berbahaya. Hal tersebut memerlukan pengetahuan seorang ahli untuk menentukan jenis penanganan yang terbaik. Dimana terdapat gerakan yang mencurigai, harus segera meminta dilakukannya pemeriksaan khusus.

b. Penurunan timbunan

Ada tiga jenis masalah penurunan timbunan ini

- Penurunan karena pemadatan jalan pendekat disekitar kepala jembatan
Hal ini merupakan masalah yang kecil yang dapat mengakibatkan beban kejut yang berarti pada bangunan atas jika tidak segera ditangani. Bagian pemeliharaan rutin harus meratakan jalan pendekat agar kendaraan dapat dengan nyaman masuk ke jembatan tanpa menimbulkan tambahan gaya kejut. Biasanya pekerjaan ini dilakukan dengan memasang premixed aspal
- Penurunan karena proses konsolidasi dan pemadatan tanah timbunan
Konsolidasi dan pergerakan bidang gelincir merupakan hal yang berbahaya yang memerlukan pengetahuan khusus guna menentukan jenis penanganan yang terbaik. Jika terjadi pergerakan yang mencurigakan maka harus segera dilakukan pemeriksaan khusus.

Perbaikan hendaknya dilaksanakan sebagaimana diuraikan pada penanganan keretakan.

Perbaikan pekerjaan yang akan dilakukan oleh bagian rehabilitasi dan perbaikan besar adalah jenis-jenis penanganan yang meliputi :

- Meratakan timbunan guna mengimbangi kelongsoran yang terjadi.
 - Tambahkan bentangan baru untuk menghindari kelongsoran.
 - Pancangkan tiang pancang di sepanjang ujung daerah longsor atau tanah lunak untuk menahan gerakan yang terjadi (agar efektif tiang-tiang tersebut harus dipancang sampai dibawah batas bidang gelincir.
 - Usahakan pemadatan dengan cara drainase vertikal atau drainase pasir
- Pergerakan tanah seperti adanya gerakan pada daerah bidang gelincir

Penggembungan pada timbunan biasanya disebabkan adanya pergerakan tanah seperti kelongsoran tebing, longsor sesuai dengan bidang gelincir, tanah timbunan tidak baik dan sebagainya.

d. Kelongsoran

- **Kelongsoran tebing dan penggembungan**

Masalah ini dapat menyebabkan berkurangnya lebar badan jalan jika tidak segera ditangani. Pemeliharaan rutin harus meratakan kembali badan jalan tersebut dengan kemiringan yang sesuai. Tebing yang miring kemudian ditanami dengan tumbuhan. Harus dibuat drainase permukaan jalan yang baik.

- **Penggembungan lainnya yang berarti**

Penggembungan lainnya yang berarti dapat menunjukkan adanya gerakan pada bidang gelincir atau gerakan biasa dari tanah timbunan dan hal ini merupakan masalah yang berbahaya. Hal ini memerlukan pengetahuan seorang ahli untuk menentukan jenis penanganan yang terbaik. Bilamana gerakan yang demikian dicurigai, segera lakukan pemeriksaan khusus.

Pekerjaan perbaikan hendaknya dilakukan sesuai dengan uraian pada keretakan

10.2.3.4. KERUSAKAN 531 - PERMUKAAN TANAH BERTULANG YANG MENGGEMBUNG

Penggembungan pada dinding tanah bertulang merupakan suatu hal yang berbahaya. Penggembungan ini dapat disebabkan oleh masalah berikut :

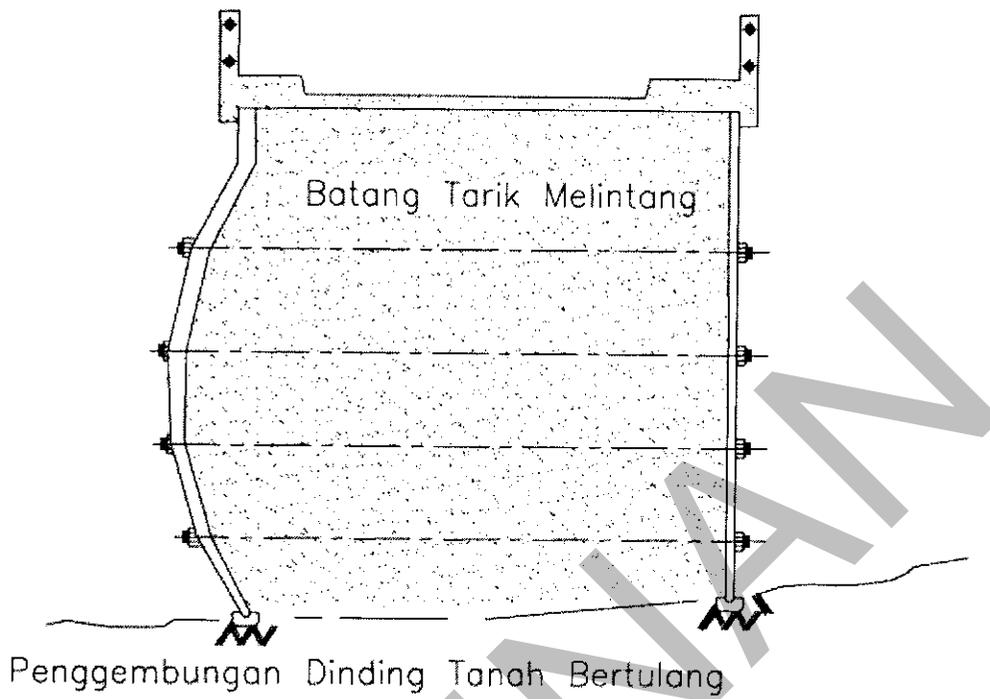
- Sambungan pada strip/plat baja rusak atau patah.
- Strip plat baja lepas dari tanah timbunan. Hal ini mungkin disebabkan karena tanah timbunan yang dipakai berkualitas rendah dan kadar air yang ada dalam tanah timbunan berfungsi sebagai pelumas yang mengakibatkan lepasnya plat baja tersebut.

CARA PENANGANAN :

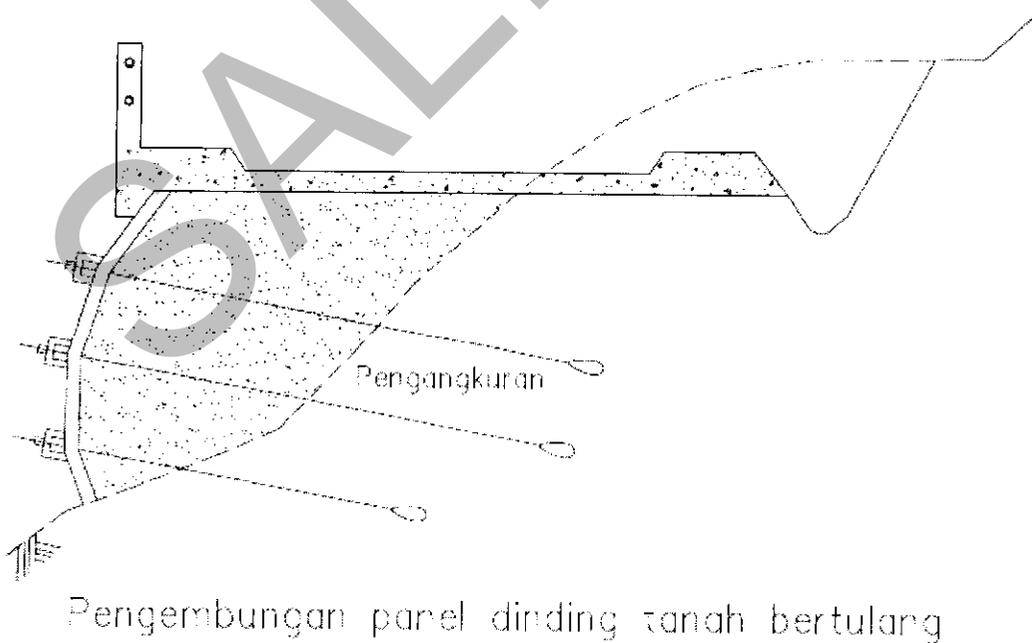
Diperlukan pemeriksaan khusus untuk menyelidiki penyebab yang terjadi. Biasanya tanah timbunan tersebut harus dibongkar terlebih dahulu sehingga daerah yang rusak dapat diperbaiki.

Dalam keadaan khusus, jika kerusakan hanya terbatas pada daerah yang kecil saja dan harus tetap membuka jalan untuk lalu lintas, maka mungkin dengan cara membor melintang jalan

sampai pada daerah tanah yang lembab sehingga tidak terjadi lagi pengembangan. Beberapa cara perbaikan digambarkan pada gambar 10.23 dan 10.24.



Gambar 10.23 - Perbaikan Dengan Menggunakan Batang Tarik Melintang



Gambar 10.24 - Perbaikan dengan Pengangkeran

10.2.3.5. Kerusakan 532 - Retak, Rontok Atau Pecahnya Tanah Bertulang

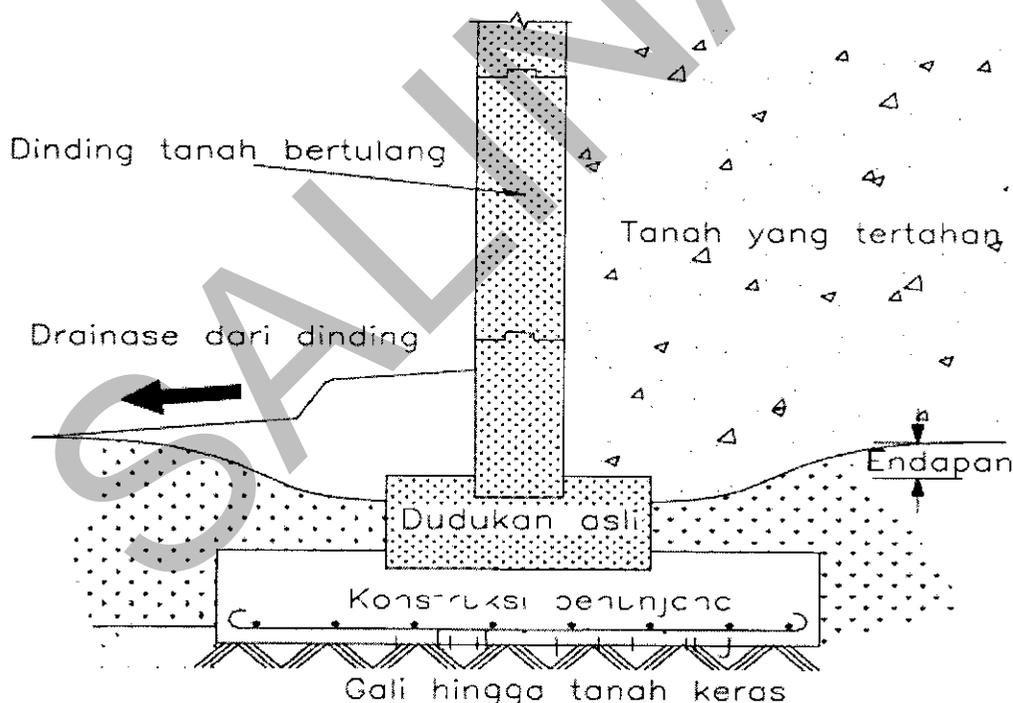
Retak, rontok atau pecahnya dinding tanah bertulang biasanya disebabkan oleh salah satu masalah berikut ini :

- Kerusakan pada awal pembangunan
- Sedikit pergerakan pada fondasi
- Kecelakaan atau tindakan kekerasan

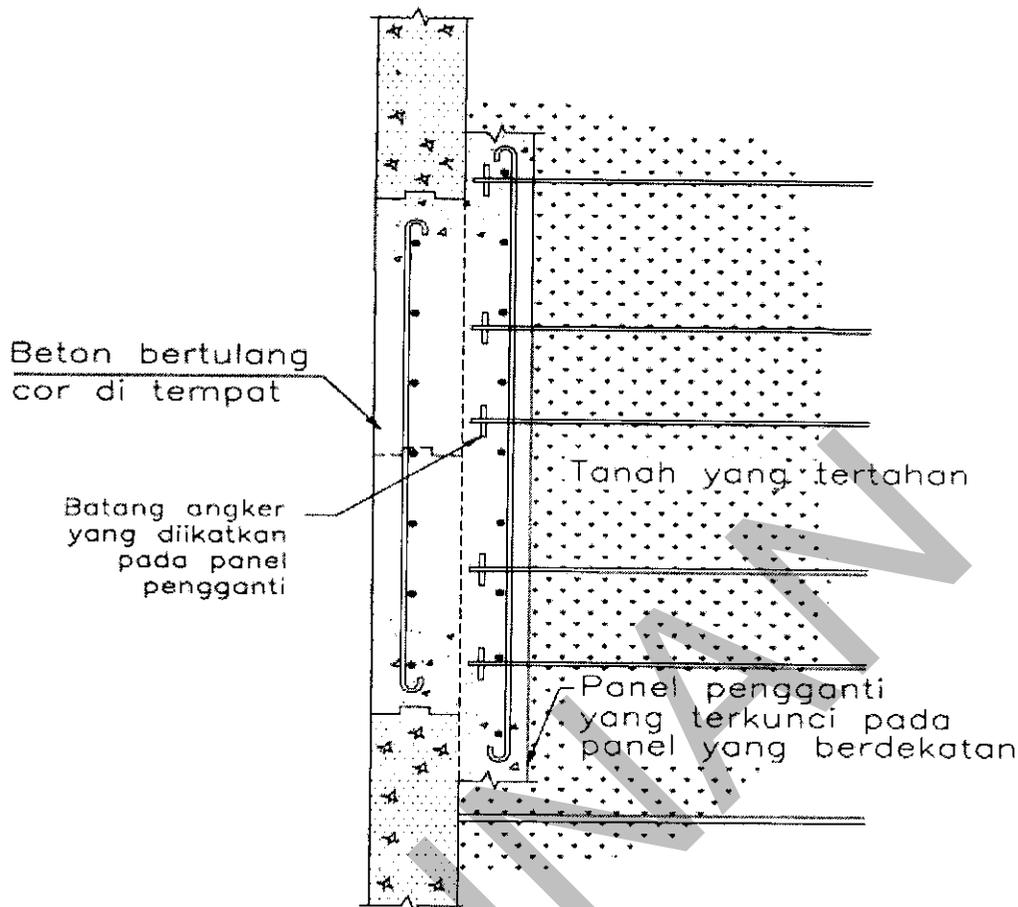
CARA PENANGANAN :

Jika terjadi gerakan pada pondasinya maka diperiukan pemeriksaan khusus untuk menyelidiki dengan tepat penyebabnya dan jenis penanganan yang terbaik, dengan mengikat daerah yang menurun merupakan penanganan yang terbaik jika hal tersebut hanya terbatas pada luas daerah yang kecil saja. Lakukan pengeluaran air dari daerah yang lembab. Gambar 10.25 menunjukkan contoh konstruksi penunjang.

Jika terdapat beberapa panel yang rusak mungkin diperlukan untuk mengganti panel tersebut, ikatkan kawat tulangan pada kaitan atau sangkutan dan buatlah panel baru. Permukaan yang baru harus dipasang di belakang panel yang masih baik. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.26.



Gambar 10.25- Penunjang Dinding Tanah Bertulang



Gambar 10.26. Penggantian Panel Tanah Bertulang

10.3. Perbaikan Bangunan Bawah

Pasal ini menguraikan mengenai perbaikan blok anker dan kerusakan yang berkaitan dengan pergerakan pada kepala jembatan/pilar.

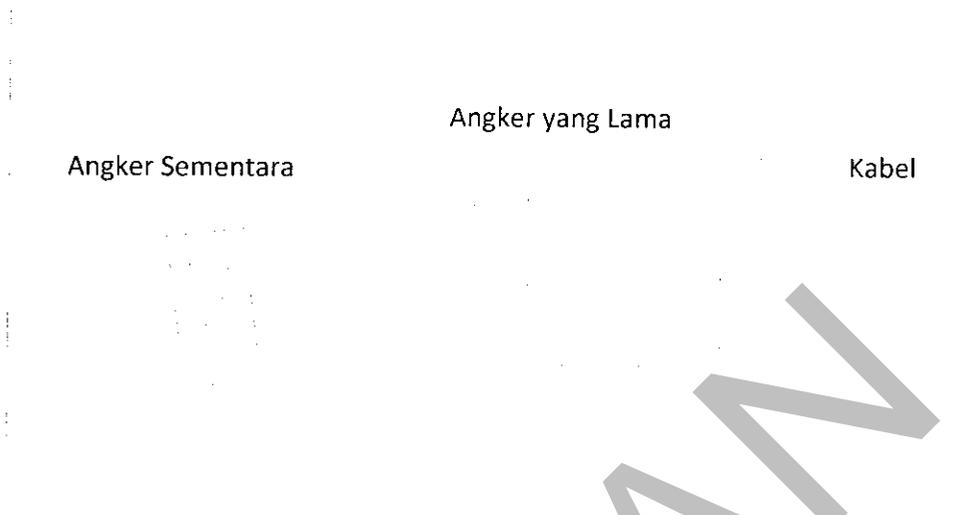
10.3.1. KERUSAKAN 541 - Anker Yang Tidak Stabil

Anker biasanya merupakan bagian dari jembatan gantung. Tetapi Anker dapat digunakan untuk menjaga kestabilan kepala jembatan.

CARA PENANGANAN :

- (1) Masalah yang demikian memerlukan pemeriksaan dan desain khusus untuk perbaikannya. Pekerjaan perbaikan dan desain harus dilakukan sesegera mungkin.
- (2) Tindakan sementara dapat dilakukan untuk menahan anker yang tidak stabil ini dengan mengikatnya kembali pada suatu bagian yang agak jauh dari sungai dan sejajar dengan kabel anker (lihat gambar 10.27).
- (3) Anker yang sudah ada seharusnya tidak dipotong meskipun sudah dipasang anker sementara.

- (4) Angker sementara dapat diikatkan dengan angker lama ataupun pada kabel. Jika dikaitkan pada kabel maka perlu diperhatikan untuk menjamin pemindahan beban betul-betul efektif dan tidak ada kerusakan terhadap kabel.



Gambar 10.27. Pemasangan Angker Sementara

10.3.2. KERUSAKAN 551 - Pergerakan Kepala Jembatan Atau Pilar

CARA- PENANGANAN :

Diperlukan pemeriksaan khusus untuk menentukan penyebab dan penanganan akibat pergerakan yang terjadi pada kepala jembatan dan pilar. Beberapa cara penanganan adalah sebagai berikut :

- (1) Kurangi tekanan tanah, jika perlu tanah dibuang
- (2) Tahan gerakan melintang dengan kabel pengikat jika mungkin. Angker harus kuat dan kabel ditegangkan dengan wartel muur.
- (3) Buat pondasi tambahan untuk mendukung beban.

10.4. Perbaikan Perletakan Dan Balok Penahan Gempa

Pasal ini menguraikan mengenai perbaikan kerusakan yang berhubungan dengan perletakan dan balok penahan gempa.

Perletakan dan bagiannya harus dibersihkan secara teratur terhadap kotoran dan tumbuhan yang tumbuh disekitarnya. Perletakan baja harus dijaga terhadap karat dan dicat seperti diuraikan pada kerusakan 301, dan ben pelumasan seperti pada kerusakan 601.

Mortar landasan yang hancur, retak atau tidak rata harus diperbarui dengan adukan epoxy yang cocok dengan terlebih dahulu membersihkan adukan yang rusak tadi, cara pembersihan permukaan dan mengeringkannya harus sesuai dengan petunjuk yang diberikan oleh pabrik pembuat epoxy mortar khusus tersebut.

10.4.1. KERUSAKAN 561 - Penahan Gempa Yang Longgar Atau Hilang

Sebagian besar jembatan rangka baja yang baru mempunyai penahan gempa. Kadangkadang, sebagian atau bahkan tidak ada sama sekali penahan gempanya yang karena tidak dipasang sejak awal pembangunannya.

Jika tidak ada penahan gempa, periksalah gambar aslinya untuk meyakinkan apakah perlu penahan gempa atau tidak. Jika ya, maka pasanglah penahan tersebut atau bagian yang hilang sesuai dengan desain semula.

Landasan penahan gempa kadang kala menjadi longgar sebab pelaksanaan yang kurang baik. Kerusakan ini dapat disebabkan hilangnya baut angker penahan atau hilangnya karet penahan yang seharusnya ada pada bagian diantara balok penahan gempa dengan bangunan atas.

CARA PENANGANAN :

- (1) Gantilah baut penahan yang hilang atau kencangkan apabila longgar.
- (2) Pasanglah karet penahan gempa yang baru apabila karet penahan gempa tersebut rusak atau hilang.

Jika karet penahan gempa tersebut masih ada pada tempatnya tetapi terdapat suatu gap antara landasan karet tersebut dengan bangunan bawah, maka gap tersebut harus diperbaiki dengan mengisikan mortar hingga jarak tertentu seperti yang disyaratkan pada Panduan pemasangan bangunan atas. Lihat Gambar 5.28.).



Gambar 10.28. Perbaikan Balok Penahan Gempa

10.4.2. KERUSAKAN 601 - Landasan Yang Tidak Dapat Bergerak

Landasan/perletakan yang tidak dapat bergerak disebabkan oleh :

- Korosi dan menempelnya permukaan logam

- Baut penahan bawah yang terlalu panjang sehingga menahan pergerakan yang seharusnya terjadi.
 - Baut pada landasan rol terlalu kencang
 - Tidak cukupnya tempat untuk bergerak antara dinding kepala jembatan dengan lantai bangunan atas akibat tidak sempurnanya pelaksanaan atau akibat Bergeraknya (mendorong) tanah timbunan yang berada dibelakang kepala jembatan.
- a. **Karat dan penyatuan**
CARA PENANGANAN :
 Permukaan yang kelihatan harus selalu dibersihkan dan diberi pelumas - lihat penanganan untuk kerusakan 607
- b. **Terganjalnya/tertahannya landasan**
CARA PENANGANAN :
 Material yang mengganjal harus dihilangkan untuk menjamin agar landasan dapat berfungsi dengan baik. Jika baut pengikat terlalu panjang, maka baut tersebut harus dipotong agar terdapat kelonggaran sekitar 20 mm antara permukaan.
- c. **Baut pengikat yang terlalu kencang**
CARA PENANGANAN :
 Jika baut pengikat bawah terlalu kencang maka baut tersebut harus dilonggarkan agar landasan dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya. Jika landasan tersebut terbuat dari baja maka berilah pelumas.
- d. **Tidak cukupnya tempat/ruang bebas yang tidak memadai**
CARA PENANGANAN :
 Jika masalahnya disebabkan oleh pelaksanaan yang jelek maka dinding antara harus dipahat kurang lebih 10 mm untuk memberikan kelonggaran bergerak. Jika selimut besi tulangan terlalu tipis mungkin diperlukan *sealant* (lem) pada permukaan yang dipahat.
 Jika masalahnya disebabkan oleh Bergeraknya bangunan bawah, maka diperlukan pemeriksaan khusus untuk menentukan jenis penanganan secara menyeluruh terhadap jembatan tersebut.

10.4.3. KERUSAKAN 602 - Kedudukan Landasan Yang Tidak Sempurna

Kedudukan landasan yang tidak sempurna biasanya diakibatkan karena pelaksanaan yang tidak baik

CARA PENANGANAN :

Bilamana kerusakan disebabkan oleh pelaksanaan yang jelek maka dapat dipilih cara-cara berikut ini sebagai penanganannya :

- (1) Pompakan resin epoxy untuk mengisi lubang antara dudukan beton atau baja dengan landasan karat.

- (2) Angkatlah bangunan atas dan dudukan landasan pada tempatnya. Hal ini dapat mencakup pengerjaan kembali permukaan menjadi benar-benar horisontal dengan melapisi dengan resin epoxy mutu tinggi dan memasang kembali landasan baja.

Bila kerusakan disebabkan oleh gerakan bangunan bawah maka hal ini membutuhkan pemeriksaan khusus untuk menetapkan jenis penanganan secara menyeluruh yang terbaik untuk jembatan.

10.4.4. KERUSAKAN 603 - Mortar Landasan Yang Retak Atau Rontok

Penanganan akan mengikuti prinsip-prinsip berikut :

- Kerontokan beton - kerusakan no. 201
- Beton retak - kerusakan no. 202

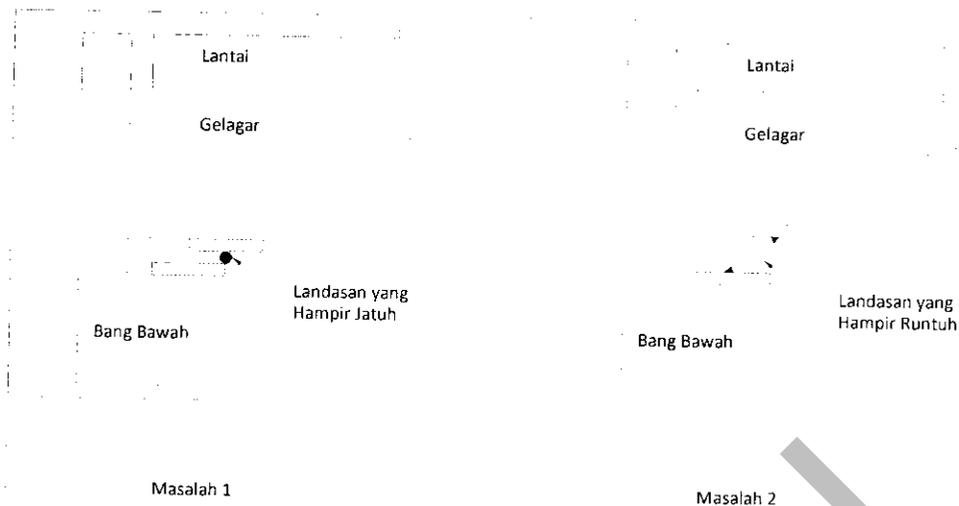
Jika nilai kerusakan adalah 4 atau 5 maka mortar landasan harus diganti. Disarankan untuk mengikuti prosedur berikut ini :

- (1) Gelagar *dijack* (diangkat) dan ditempatkan pada posisinya.
- (2) Mortar landasan lama keluarkan dari tempatnya sampai ada antara sekitar 20 mm dibawah Hens gelagar melintang.
- (3) Bagian yang disiapkan lapisi dengan bahan perekat yang telah disetujui
- (4) Kemudian mortar yang baru dapat dipasang dengan menggunakan adukan mutu tinggi, yang mempunyai kekuatan tekan sekitar 400 kg/cm^2 dalam waktu 7 hari. Permukaan bagian atasnya harus benar-benar rata.
- (5) Mortar baru harus dirawat (curing) paling sedikit selama 7 hari.
- (6) Landasan dan gelagar diturunkan dengan hati-hati pada posisinya.

5.4.5. KERUSAKAN 604 - Landasan Yang Mengalami Deformasi Yang Berlebihan

Gerakan yang berlebihan dapat terjadi sebagai berikut :

- Landasan baja masalah yang terburuk adalah bila gerakan yang berlebihan tersebut dapat meruntuhkan landasan.
- Landasan karet terjadi deformasi.



Gambar 10.29. Pergerakan Yang Berlebihan Pada Landasan

a. Landasan baja

Masalah dapat disebabkan oleh :

- Pelaksanaan awal yang jelek
- Getaran pada struktur membuat landasan bergerak keluar dari posisinya
- Bergeraknya bangunan bawah

CARA PENANGANAN :

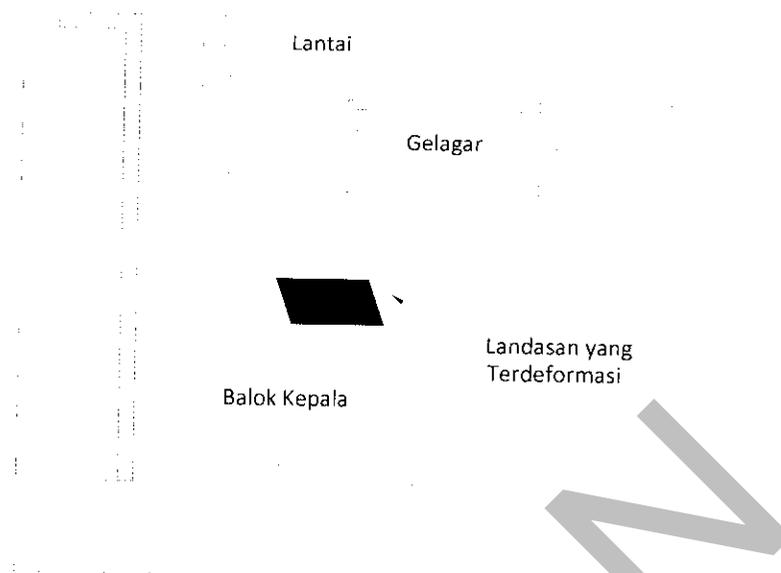
Jika masalahnya disebabkan oleh pelaksanaan awal yang jelek atau getaran pada bangunan atas maka angkatlah bangunan atas dan kembalikan landasan pada posisi semula (jika mungkin) dan pasang pengikat (mungkin baut) sehingga landasan tidak dapat keluar lagi dari tempatnya.

Jika gerakan bangunan bawah menyebabkan landasan bergerak secara berlebihan, maka diperlukan pemeriksaan khusus. Jika keruntuhan tidak dapat lagi dihindarkan maka harus dipasang penunjang sementara.

b. Landasan karet elastomer

Kerusakan yang terjadi dapat diketahui dengan melihat adanya suatu pergeseran yang berlebihan pada landasan. Gambar landasan elastomer yang bergeser dapat dilihat pada gambar 10.30

Kerusakan dapat terjadi karena teknik pelaksanaan yang jelek ketika pemasangan elemen bangunan atas atau pergerakan bangunan bawah.



Gambar 10.30. Landasan Yang Mengalami Deformasi

CARA PENANGANAN

Jika masalahnya adalah teknik pelaksanaan yang jelek, maka elemen utama bangunan atas yang berada diatas landasan yang berubah bentuk tersebut harus diangkat sehingga landasan tersebut kembali pada bentuk semula.

Jika masalahnya disebabkan oleh pergerakan bangunan bawah maka diperlukan pemeriksaan khusus untuk menentapkan jenis penanganan secara menyeluruh yang terbaik untuk jembatan tersebut.

c. Landasan Mekanik / Pot Bearing

Masalah dapat disebabkan oleh :

- Pelaksanaan awal yang jelek
- Getaran pada struktur membuat landasan bergerak keluar dari posisinya
- Bergeraknya bangunan bawah

CARA PENANGANAN :

Jika masalahnya disebabkan oleh pelaksanaan awal yang jelek atau getaran pada bangunan atas maka angkatlah bangunan atas dan kembalikan landasan pada posisi semula (jika mungkin) dan pasang pengikat (mungkin baut) sehingga landasan tidak dapat keluar lagi dari tempatnya.

Jika gerakan bangunan bawah menyebabkan landasan bergerak secara berlebihan, maka diperlukan pemeriksaan khusus. Jika keruntuhan tidak dapat lagi dihindarkan maka harus dipasang penunjang sementara.

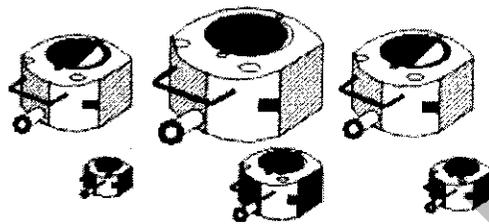
d. Penggantian landasan/peletakan

Penggantian dilakukan dengan cara mengangkat gelagar dan mengganti landasan yang rusak dengan yang baru. Mungkin diperlukan untuk mengangkat sebagian gelagar

lainnya disamping gelagar dimana terdapat landasan yang rusak, untuk mendistribusikan beban pada beberapa titik dan dongkrak serta menghindarkan kerusakan terhadap bagian lainnya dari struktur.

Untuk struktur atas yang relatif ringan, Flat Jack khusus sebagaimana disajikan pada Gambar 10.31 dapat digunakan. Dongkrak tersebut cocok untuk ruang yang sempit antara gelagar dan balok kepala pada jembatan.

Pada Jembatan bentang panjang dimana struktur atas adalah sangat berat dan terletak jauh diatas pile cap, metode penggantian perletakan sebagaimana disajikan pada Gambar 10.32 dapat digunakan



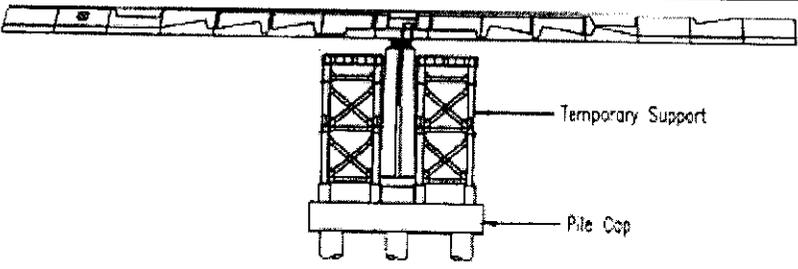
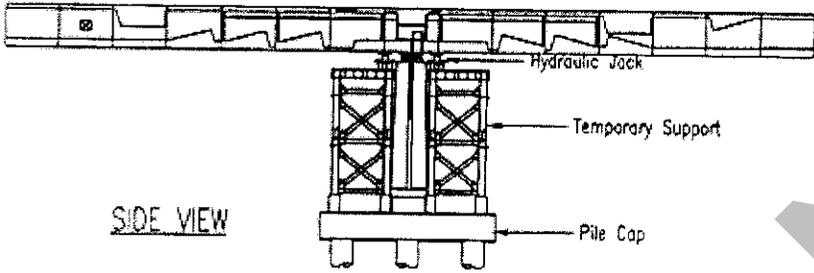
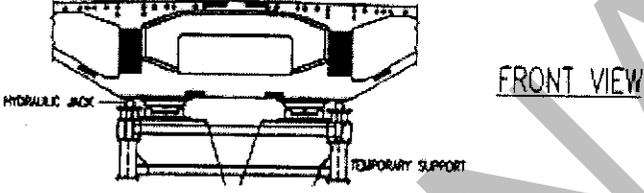
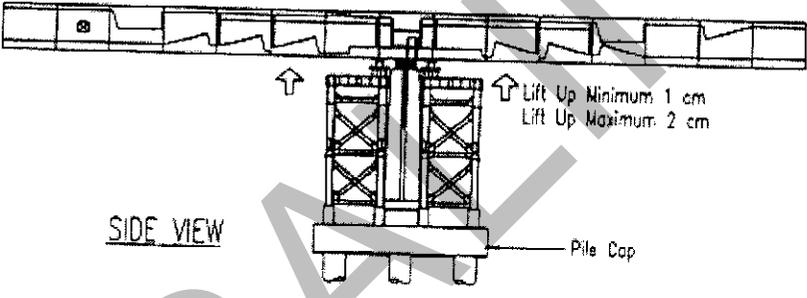
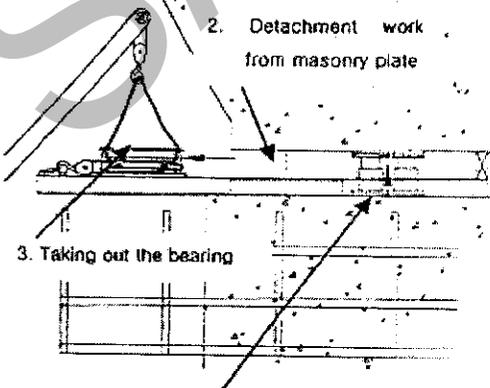
URAIAN:

Dongkrak datar (*flat jack*) dapat ditempatkan pada ruang kerja yang sempit untuk pengangkatan sementara perubahan alinyemen dan penyesuaian.

Dimensinya yang kompak, kemampuan tonase yang tinggi, siklus pengembalian yang cepat serta mudah dipindah-pindah dan sangat berguna sekali untuk pekerjaan pemeliharaan jembatan.

Kemampuan dongkrak pada umumnya berkisar antara 5 sampai dengan 150 ton dengan kapasitas efisien 80% terhadap kapasitas total dongkrak, dan ruang yang diperlukan untuk memasukkan dongkrak tersebut bervariasi antara 40 mm hingga 115 mm.

Gambar 10.31. Flat Jack

	<p>Lakukan pemasangan penyangga sementara diatas pilecap. Dimensi dan system pemasangan harus dikerjakan oleh seorang engineer yang berpengalaman.</p>
	<p>Letak kan Hydraulic jack diatas tiang penyangga sementara. Kapasitas hydraulic jack harus diperhitungkan terlebih dahulu.</p>
	
	<p>Dongkrak hydraulic dengan maksimum pengangkatan sebesar 2cm dan minimum 1 cm</p>
	<p>Keluarkan landasan yang rusak dan lakukan pergantian dengan yang baru.</p>

Gambar 10.32. Metode pergantian Landasan pada Jembatan Bentang Panjang

10.4.5. KERUSAKAN 605 - Landasan Jembatan Yang Rusak - Aus, Pecah Atau Hilang, Sobek, Retak

Kerusakan pada landasan dapat diakibatkan oleh

- Kualitas bahan yang jelek
- Umur
- Tekanan yang berlebihan baik tegak lurus maupun melintang
- Penanganan yang buruk
- Kecelakaan

CARA PENANGANAN :

Jika nilai kerusakan lebih besar dari 3 maka gantilah landasan tersebut sesuai dengan uraian pada kerusakan 604.

10.4.6. KERUSAKAN 606 - Bagian Landasan Yang Longgar

Jika baut longgar maka baut tersebut harus dikencangkan kembali sesuai dengan spesifikasi aslinya. Jika tidak dapat dikencangkan lagi maka baut tersebut harus diganti.

Jika landasan rol, rocker pada jembatan Bailey atau axle pin longgar atau salah tempat maka bagian tersebut harus dikembalikan pada tempatnya semula dan diikat dengan pengikat agar tidak terjadi lagi perpindahan tempat.

10.4.7. KERUSAKAN 607 - Landasan Logam Yang Kering

Kerusakan ini berpengaruh pada landasan logam yang berfungsi sebagai sendi, landasan rocker pada jembatan sementara atau plat gelincir.

Kerusakan ini mencakup :

- Terikatnya bagian-bagian yang seharusnya dapat bergerak
 - Kerusakan pada permukaan logam
 - Pengkaratan
- a. **Permukaan bergerak**

CARA PENANGANAN :

- (1) Bersihkan semua permukaan yang terlihat
- (2) Ben pelumas semua permukaan yang bergerak dengan gemuk tebal atau petroleum jelly.
- (3) Catatlah semua permukaan landasan yang tidak bergerak - rujuk pada kerusakan no. 301 untuk penanganannya.

b. Landasan sendi

Kebanyakan landasan bergerak dilumasi dengan cara melalui nipel pelumasan. Landasan yang demikian perlu diberi gemuk paling sedikit sekali setahun. Gemuk harus dipompa ke dalam hingga gemuk tersebut keluar dari ujung lain landasan.

Jika nip dan gemuk tersumbat atau rusak maka harus diganti.

10.5. Perbaikan Elemen Bangunan Atas

Bagian ini menguraikan penanganan yang dianjurkan untuk kerusakan yang berhubungan dengan bangunan atas jembatan - lantai, rangka, gelagar, drainase, lantai, lapisan permukaan, trotoar dan kerb.

10.5.1. KERUSAKAN 701 - Pergerakan Expansion Joint Yang Berlebihan

Perbedaan pergerakan vertikal yang berlebihan merupakan masalah karena sambungan sulit ditahan pada tempatnya. Perbedaan gerakan dapat terjadi antara pelat lantai beton dan antara bagian dari bagian-bagian pracetak.

CARA PENANGANAN :

Tergantung pada pemeriksaannya, penyelesaian yang memungkinkan meliputi

- (1) Menyambung dengan dowel dan ikatlah dua belah pihak menjadi satu
- (2) Pasanglah joint yang fleksibel pada celahnya
- (3) Memasang balok penopang dibawah gelagar atau pelat lantai untuk mengurangi lendutan yang terjadi.

Penanganan tersebut diatas dilakukan oleh bagian proyek rehabilitasi.

10.5.2. KERUSAKAN 702 - Lendutan Yang Berlebihan Pada Pelat Lantai

Lendutan yang berlebihan dapat terjadi secara vertikal maupun horisontal dan dapat terjadi pada rangka, gelagar, pelat dan lantai. Jembatan yang berada pada tikungan lebih mudah mengalami lendutan horisontal.

a. Gelagar dan Rangka

CARA PENANGANAN :

Menyokong rangka atau gelagar beton memerlukan pengecekan desain untuk menjamin bahwa adanya perubahan gaya struktur tidak mengalami kerusakan dan aman.

Menyokong elemen kayu biasanya aman karena kayu pada umumnya akan menyebarkan gaya secara merata.

b. Pelat dan lantai beton

Kebanyakan lendutan yang terjadi pada pelat atau lantai beton timbul dikarenakan masalah lain dan memerlukan penelitian secara khusus oleh orang yang ahli dalam bidangnya.

c. **Lendutan horisontal**

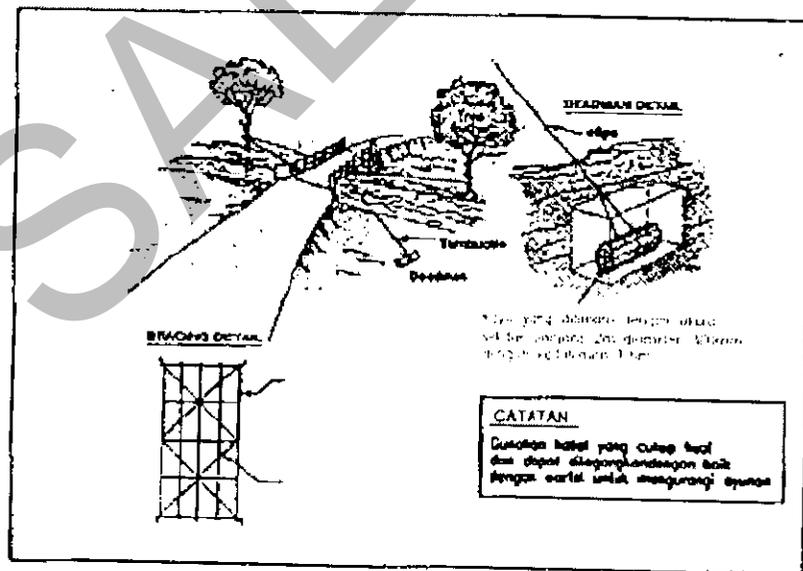
Banyak jembatan rangka dan jembatan kayu mengalami lendutan horisontal yang berlebihan. Hal ini disebabkan oleh :

- Buruknya pemasangan elemen yang seharusnya sejajar pada waktu awal pelaksanaan.
- Longgarnya sambungan yang mengakibatkan jembatan berayun.
- Memburuknya material atau lapuk yang mengakibatkan struktur tidak sekuat seperti semula.
- Kurangnya diafragma atau rangka melintang antara gelagar atau jembatan kayu.

Untuk menahan lendutan lebih lanjut maka jembatan tersebut dapat ditahan sebagaimana terlihat pada Gambar 10.33. Kabel penahan dapat dikaitkan pada titik kurang lebih sepertiga bentangan dan dibuat sekencang mungkin dengan menggunakan *wartel muur*. Kabel penahan tersebut perlu diangker dengan rapi dengan mengikatkan pada benda yang stabil misalnya pohon besar atau anker yang ditanamkan pada suatu blok yang besar dan stabil atau blok anker kayu yang ditanam cukup dalam dan besar untuk menghindarkan gerakan dalam tanah.

Mungkin untuk mengurangi sebagian dari lendutan yang terjadi dapat dengan memperkencang wartel kabel tersebut.

Menambah ikatan angin horisontal bawah untuk memperkuat jembatan rangka atau gelagar.



Gambar 10.33. Perkuatan untuk menahan lendutan horisontal

10.5.3. KERUSAKAN 711 - Pipa Cucuran Dan Drainase Yang Tersumbat

Kerusakan ini mencakup tersumbatnya :

- Lubang drainase dinding pada dinding kepala jembatan, penahan tanah, dinding pilar berlubang dan dinding pelengkung.
 - Pipa cucuran yang melalui lantai
 - Drainase permukaan lantai
- a. **Drainase dinding**

CARA PENANGANAN :

Lubang rembesan dinding harus diperiksa setiap tahun dan dibersihkan jika perlu. Kegiatan ini harus dilakukan sebagai bagian dari pekerjaan pemeliharaan rutin.

Jika tidak ada lubang rembesan dinding dan plesteran dinding lembab serta keretakan terjadi pada dinding maka mungkin diperlukan lubang rembesan dinding. Hal ini dapat dikerjakan sebagai bagian dari kegiatan perbaikan kecil secara berkala.

Bila dibuat lubang rembesan dinding dengan membor dinding untuk mengurangi tekanan, perlu diperhatikan agar menutup setiap tulangan beton yang terbuka untuk menghindarkan dari karat. Hal ini dapat dikerjakan dengan pelapisan besi tulangan dengan epoxy pengisi retak.

b. **Pipa cucuran**

CARA PENANGANAN :

Pipa cucuran harus dijaga supaya tetap bersih oleh pemeliharaan rutin. Pipa cucuran tersebut hendaknya diperiksa paling sedikit sekali dalam empat bulan untuk menjamin berfungsi dengan efisien.

Pada banyak jembatan Rangka Baja Calender Hamilton (RBU), 50% dari pipa cucuran ditempatkan langsung diatas ikatan angin bawah. Ujung pipa cucuran ini harus dipindahkan agar tidak terjadi penumpukan kotoran dan berkaratnya ikatan angin bawah. Pekerjaan ini harus dicakup dalam *program rehabilitasi jembatan*.

c. **Drainase lantai**

CARA PENANGANAN :

Pekerjaan pemeliharaan rutin bertanggung jawab untuk menjaga agar semua sampah dan bahan lainnya tidak menyumbat pipa cucuran pada permukaan lantai. Jika lapisan aspal menghalangi air (genangan) mengalir ke dalam pipa cucuran maka hal itu harus dibersihkan agar air dapat mengalir dan permukaan lantai menjadi kering.

10.5.4. KERUSAKAN 712 - Hilangnya Material Pipa Cucuran Dan Drainase Lantai

Bilamana material pipa cucuran sudah lapuk, aus dan tidak berfungsi dengan baik, maka hal ini harus diperbaiki. Dalam beberapa hal, ujung lubang pipa cucuran berkarat dan tidak

dapat mengalirkan air dibawah elemen-elemen lantai jembatan. Dalam hal ini lubang pipa cucuran harus diperpanjang paling sedikit 100 mm dibawah gelagar atau batang tepi bawah. Perbaikan ini dilaksanakan oleh bagian perbaikan kecil berkala.

10.5.5. Perbaikan Lapisan Pelindung Permukaan Jalan Dan Trotoir

Pada bagian atas jembatan (beton atau kayu) diberi lapisan aspal untuk melindungi beton atau kayu. Supaya lapisan pelindung ini bermanfaat maka lapisan pelindung tersebut harus tetap dijaga agar menyatu. Aspal atau lapisan yang disemprotkan sifatnya berpori dan karenanya air dapat rembes melalui lapisan permukaan tersebut. Jika kemiringan lapisan permukaan ini cukup maka air yang berada pada permukaan aspal tersebut dapat mengalir dengan baik diatas aspal.

Pekerjaan pemeliharaan yang berikut harus dilakukan jika ditemukan air merembes atau terjadi genangan di permukaan :

- Kemiringan melintang aspal dan bentuk drainase bebas harus dipasang ulang atau dijaga.
- Lapisan aspal yang sudah usang harus diganti kemudian permukaan dilapis ulang secara teratur pada waktu tertentu.
- Permukaan yang berlubang, pecah atau terkelupas harus diangkat atau dipotong dan pasang aspal yang baru
- Permukaan yang melendut, meskipun dangkal harus diperbaiki
- Retak-retak harus dilapisi

Pekerjaan tersebut diatas harus dilakukan sesuai dengan spesifikasi dan petunjuk pekerjaan pemeliharaan jalan Bina Marga.

Bahu jalan yang tidak tertutup pada jembatan tidak dikehendaki karena hal itu akan menyimpan uap air. Jika mungkin bahu jalan tersebut harus dilapisi. Jika tidak mungkin, maka harus dibuat drainase pada bahu jalan agar tidak ada uap air yang terjebak didalam struktur bahu jalan tersebut.

10.5.5.1. KERUSAKAN 721 - Lapisan Permukaan Yang Licin

Masalah ini dapat menjadi berbahaya apabila jembatan tersebut terletak pada tikungan dan lapisan permukaannya aspal yang licin atau pada jembatan lantai kayu yang mempunyai lantai kayu polos memanjang.

CARA PENANGANAN :

Penanganan untuk permukaan yang licin harus dikerjakan oleh pekerjaan Pemeliharaan rutin.

Cara penanganan untuk lantai kendaraan yang licin dapat dipilih salah satu dari cara-cara berikut ini:

- (1) Kasarkan permukaan. Untuk lapis permukaan beton dapat dikasarkan dengan alat seperti gergaji beton tetapi harus yakin terlebih dahulu apakah selimut beton bagian atas tersebut mencukupi untuk diadakan lagi pengkasaran dengan cara tadi sebab

kalau tidak hal tersebut dapat menimbulkan masalah lain yaitu timbulnya karat pada besi tulangan yang terlihat akibat pengkasaran tadi.

- (2) Pekerjaan pengkasaran permukaan tadi dilakukan dengan membuat garis-garis dengan jarak 80 mm dengan kedalaman 5 mm. Garis pengkasaran tadi dibuat melintang jembatan atau berlawanan dengan arah lalu-lintas.
- (3) Pelapisan ulang lantai dengan lapisan yang lebih mempunyai daya geser yang baik. Hal ini dapat dilaksanakan dengan :
 - Lapisan dengan satu ukuran kerikil halus yang disemprotkan -biasanya tidak mahal dan lalu lintas yang terganggu juga tidak lama. Pemilihan agregat sangat penting apabila dipilih cara demikian, agregat tersebut harus merupakan jenis PSV (*Polished Stone Value*).
 - Penggunaan epoxy anti slip - harganya cukup mahal dan memerlukan alat yang khusus. Biasanya pabrik pembuat epoxy tersebut akan melengkapi spesifikasi untuk pekerjaan.
 - Mengganti lapisan aspal yang sudah ada mahal dan mengakibatkan gangguan pada lalu lintas. Lebih ekonomis jika sedang ada pekerjaan pelapisan ulang jalan dan jembatan termasuk dalamnya. Jika hal ini merupakan suatu masalah, maka lapisan aspal yang lama harus dibuang terlebih dulu. Perhatikan pada sambungan di expansion joint.

10.5.5.2. KERUSAKAN 722 - Lapisan Permukaan Yang Berlubang, Kasar, Atau Retak

a. Permukaan yang berlubang

CARA PENANGANAN :

Masalah permukaan yang berlubang biasanya masuk dalam pekerjaan pemeliharaan rutin. Setiap lubang pada permukaan lantai aspal atau kerikil harus dibersihkan, sisinya dilapisi dengan bituminous primer (lapisan aspal dasar) dan kemudian diisi lalu dipadatkan dengan bahan yang sesuai.

Jika lubang tersebut pada permukaan lantai beton, maka diperlukan pemeriksaan khusus apabila besi tulangnya terlihat. Pemeriksaan khusus tersebut akan menentukan apakah pelat lantai tersebut secara struktur rusak. Jika lubang tersebut tidak mengakibatkan terlihatnya besi tulangan, maka kerusakan ini dapat diperbaiki dengan cara penanganan kerusakan kerontokan beton - lihat kerusakan no. 201.

b. Permukaan yang kasar

CARA PENANGANAN :

Kerusakan ini mencakup lantai jembatan dan jalan pendekat dalam jarak 15 meter untuk setiap arah jembatan. Masalah permukaan yang kasar untuk perbaikannya masuk dalam pekerjaan pemeliharaan rutin.

Adanya kekasaran pada permukaan aspal, kerikil atau lantai beton harus diratakan. Hal ini dapat dilakukan dengan jalan :

- Meratakan dengan perata jalan atau grader

- Memahat bagian yang menonjol dengan pneumatic atau dengan tangan.
- Digurinda (kalau beton) dengan mesin gurinda
- Pelapisan ulang dengan aspal
- Mengganti lapisan yang kasar

Jika mengadakan pelapisan ulang dengan aspal, perhatikan apakah tebal lapisan perkerasan diatas lantai masih memungkinkan dan tidak berlebihan

c. Permukaan yang retak

CARA PENANGANAN :

Masalah keretakan pada lapisan permukaan biasanya ditangani oleh bagian pemeliharaan rutin.

Jika keretakan yang terjadi pada bagian expansion joint, maka material yang retak harus dibuang, kemudian joint tersebut diperbaiki (lihat perbaikan expansion joint), dan lapisan permukaan dikembalikan pada kondisi semula.

Jika keretakan berhubungan dengan kerusakan sambungan lantai, maka harus dilakukan

- Dilapisi dengan bitumastic material (jika kecil)
- Tangani seperti penanganan lubang pada permukaan jika keretakan yang terjadi lebar atau besar
- Tangani seperti pada lapisan perkerasan yang bergelombang seperti kerusakan 723 jika yang terjadi adalah retak buaya atau retak yang tidak beraturan.

10.5.5.3 KERUSAKAN 723 - Lapisan Permukaan Yang Bergelombang

Permukaan yang bergelombang sering kali berhubungan dengan jembatan yang mempunyai tanah timbunan diatas struktur beton atau pasangan batu kali (misalnya jembatan lengkung) atau dimana terdapat lapisan aspal yang berlebihan diatas lantai beton.

a. Timbunan yang bergelombang

CARA PENANGANAN :

Galilah material yang lunak, keringkan daerah yang bersangkutan jika mungkin dan isi kembali dan padatkan dengan material yang baik. Lapsi kembali dengan lapisan perkerasan yang sesuai dengan lapisan perkerasan yang sudah ada.

b. Aspal yang bergelombang karena terlalu tebal

CARA PENANGANAN :

Buang semua aspal yang terlalu tebal dan bergelombang atau aspal yang bermutu jelek. Gantilah dengan aspal yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga dan sesuaikan elevasinya dengan elevasi rencana jembatan semula.

10.5.5.4. KERUSAKAN 724 - Tebal Lapisan Aspal Permukaan Yang Berlebihan

Apabila tebal lapisan aspal permukaan sudah melebihi dari tebal rencana, maka lapisan aspal tersebut harus dibuang dan diganti dengan lapisan aspal sesuai dengan tebal rencana

Tebal rencana biasanya 50 mm. Jika lebih dari 100 mm; maka harus diambil suatu tindakan untuk mengurangi ketebalan tersebut.

CARA PENANGANAN :

Buang lapisan perkerasan yang berlebihan dengan secara manual atau secara mekanis (contoh - grader). Jika secara mekanis, perlu diperhatikan secara khusus disekitar sambungan lantai agar tidak timbul kerusakan. Suatu hal yang biasa untuk membuang lapisan perkerasan aspal dan menggantinya dengan ketebalan baru yang sesuai dengan tebal rencana.

Setiap penurunan pada akhir level permukaan pada lantai jembatan harus sama dengan penurunan yang terjadi pada jalan pendekat. Sebab hal ini akan menghindarkan pengaruh beban kejut pada jembatan pada waktu terjadi perubahan seketika pada ketinggian lapisan permukaan.

10.5.5.5. KERUSAKAN 731 - Permukaan Trotoar/Kerb Yang Licin

CARA PENANGANAN :

Penanganan permukaan trotoar yang licin dikerjakan oleh bagian pemeliharaan rutin. Penanganan dapat dilakukan sebagai berikut :

- (1) Permukaan disikat dengan sikat kawat. Untuk permukaan beton, hal ini bisa dilakukan dengan sikat kawat yang berputar secara mekanis untuk menghilangkan bagian yang licin.
- (2) Melapisi permukaan dengan bahan anti slip. Pekerjaan ini dapat dilakukan dengan membuat lapisan anti slip dari bahan epoxy mahal dan memerlukan peralatan yang khusus. Biasanya pabrik pembuat epoxy akan memberikan spesifikasi untuk penanganan tersebut.

10.5.5.6. KERUSAKAN 732 - Permukaan Trotoar Yang Berlubang Atau Kasar

a. Permukaan yang berlubang

CARA PENANGANAN :

Seperti kerusakan 722

b. Lapisan permukaan yang kasar

Seperti kerusakan 722

10.5.5.7. KERUSAKAN 733 - Elemen Yang Hilang Pada Trotoar/Kerb

Bilamana ada elemen yang hilang dari bagian tempat pejalan kaki, harus diganti secepatnya.

10.6. Perbaikan Siar Muai (*Expansion Joint*)

Bagian ini menguraikan penanganan yang disarankan terhadap kerusakan yang berhubungan dengan expansion joint jembatan.

Karena adanya perubahan suhu, bangunan atas jembatan (beton atau baja) akan mengembang atau menyusut oleh karena itu diberi sambungan dan perletakan yang memberi kesempatan untuk gerakan yang terbatas.

Siar muai / *Expansion joint* biasanya merupakan titik lemah pada suatu jembatan dan biasanya memerlukan perbaikan setelah beberapa tahun pemakaian.

Ada banyak macam jenis expansion joint dan mereka dapat dibagi kedalam tiga kelompok utama:

- Siar muai / *Expansion joint* terbuka (sambungan yang paling sederhana)
- Siar muai / *Expansion joint* yang kedap air
- Sian muai / *Expansion point* yang kedap air dan tertanan

Bukaan dari sambungan harus dijaga supaya tetap bersih dari kotoran dan batu supaya bangunan atas dapat bergerak dengan bebas.

Apabila siar muai / expansion joint yang kedap air bocor maka harus segera diperbaiki. Cara perbaikannya tergantung kepada jenis khusus dari sambungan dan harus mengikuti penanganan khusus sebagaimana dianjurkan oleh pabrik pembuatnya.

Jika *filler* mastiknya rusak atau hilang, bahan ini harus dibuang (jika rusak), permukaannya dibersihkan, lapisan dasar dipasang dan kemudian diberi laburan dasar dan *filler* mastik ditempatkan datam sambungan tersebut.

10.6.1. KERUSAKAN 801 – Sambungan Yang Kasar

CARA PENANGANAN :

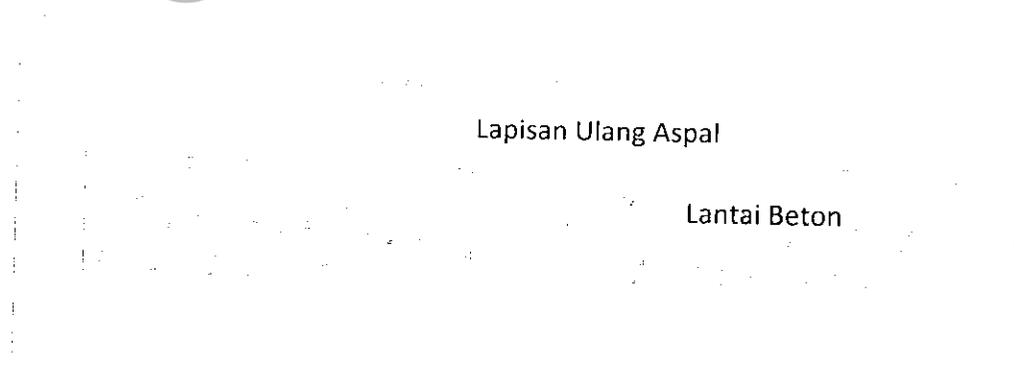
Tabel 10.3. Nilai Kerusakan Sambungan yang kasar

Nilai Kondisi	Penanganan yang direkomendasikan
Nilai Kondisi <3	Perbaiki kecil untuk menghaluskan tempat tersebut dengan aspal atau dengan chipping manual yang akan dilaksanakan oleh organisasi Perbaikan Rutin.
Nilai Kondisi = 3	Bersihkan bagian yang kasar atau yang bahannya tidak teratur dan ganti. Gunakan cara melekatkan yang baik untuk melekatkan bahan yang baru pada bidang lama. Pekerjaan ini biasanya dilaksanakan oleh organisasi Perbaikan Periodik dan Kecil .
Nilai Kondisi > 3	Jika tidak ada kerusakan lain dengan sambungannya, laksanakan sebagaimana dijelaskan diatas sebagai bagian dari pekerjaan. Perbaiki periodik dan kecil. Jika berhubungan dengan kerusakan lain dari sambungan lantai, perbaiki kerusakan lainnya itu sesuai dengan cara penanganan yang ditentukan dan ganti lapis permukaan diatas sambungan sebagaimana dijelaskan diatas. Pekerjaan ini merupakan bagian dari Pekerjaan Rehabilitasi dan Pebaikan Besar.

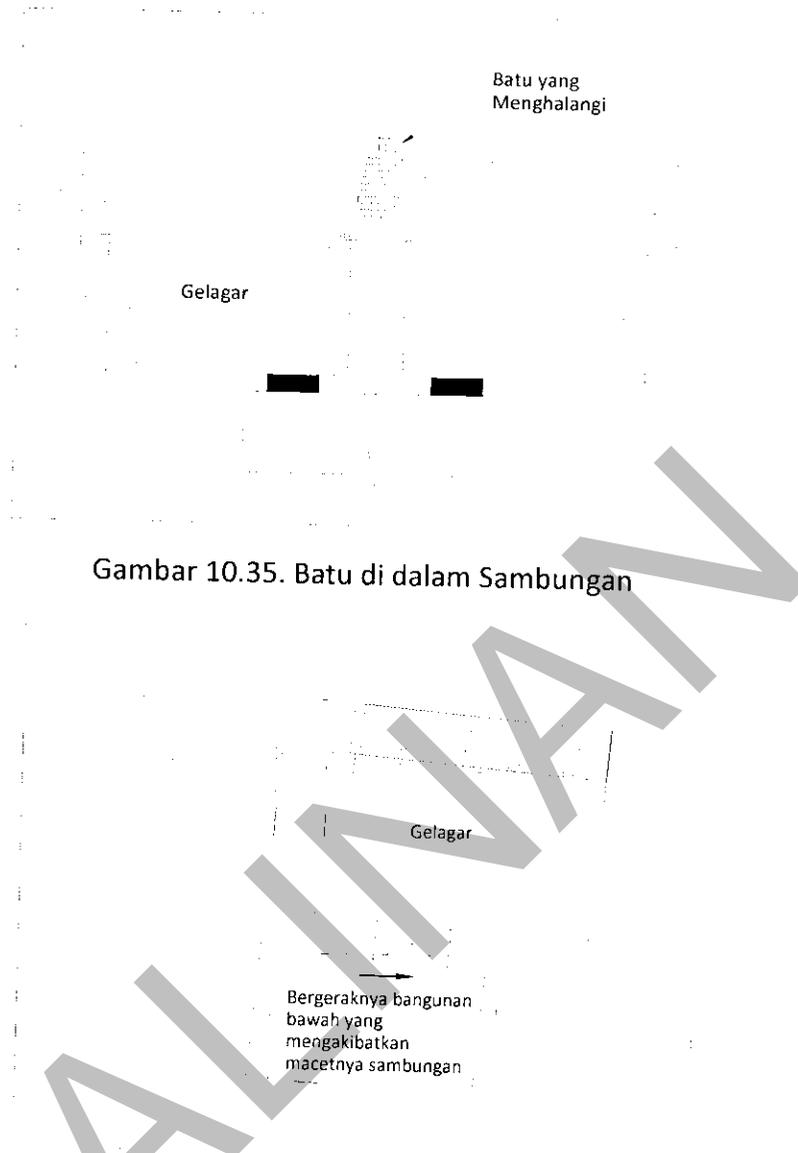
10.6.2. KERUSAKAN 802 - Siar Muai / Expansion Joint Yang Tidak Dapat Bergerak

Siar muai / expansion joint tidak dapat bergerak dapat terjadi karena berbagai sebab:

- Pelapisan ulang yang berlebihan yang mengakibatkan tersumbatnya sambungan
- Batu atau barang lain secara tidak disengaja jatuh dan masuk kedalam sambungan
- Bergeraknya Bangunan Bawah yang mengakibatkan memendeknya Jembatan.
- Melengkungnya sambungan plat baja pada expansion joint.



Gambar 10.34. Pelapisan Ulang yang Berlebihan



Gambar 10.35. Batu di dalam Sambungan

Gambar 10.35. Bergeraknya Bangunan Bawah

a. **Pelapisan ulang yang telalu tebal**

CARA PENANGANAN :

- (1) Potong lapisan aspal menurut garis lurus yang rapi sejauh 200 mm dari masing-masing sisi sambungan.
- (2) Buang lapisan aspal yang terletak diantara kedua potongan tersebut.
- (3) Kasarkan dan bersihkan dengan baik bidang permukaan lantai jembatan
- (4) Bentuklah cetakan untuk memberi lapisan pelindung baru seperti tergambar dalam Gambar 6.36
- (5) Taburkan lem epoxy yang sudah disetujui pada permukaan lantai jembatan yang terbuka tersebut.
- (6) Cor lapisan pelindung yang baru dengan menggunakan beton bertulang yang berserat dan berkekuatan tinggi atau beton epoxy.

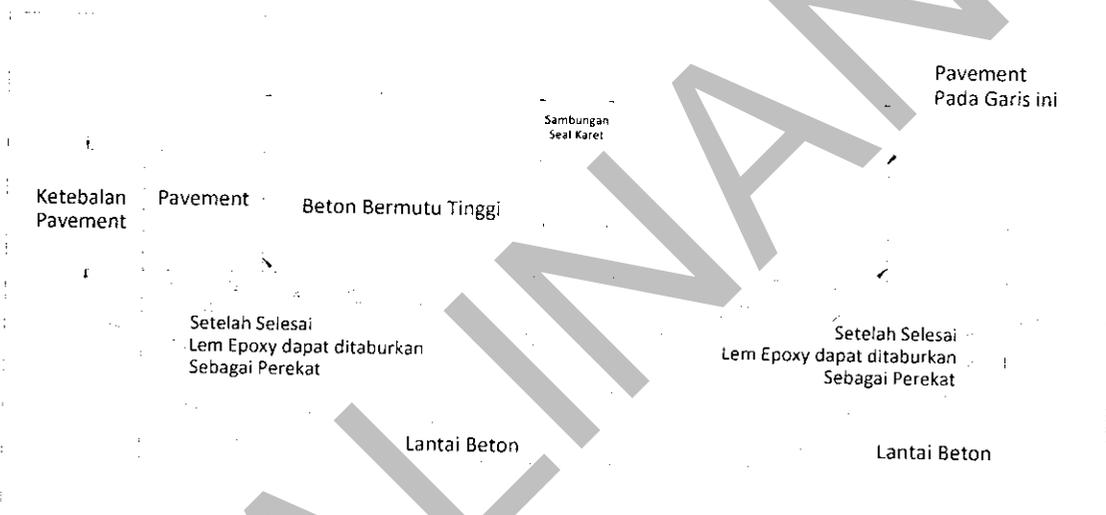
(7) Rawatlah lapis pelindung baru tersebut sesuai dengan spesifikasi.

(8) Jika Sambungan yang tertutup yang diperlukan :

- Taburkan lem epoxy pada bidang samping dari sambungan yang baru terbentuk.
- Pasangkan *seal* karet/ neoprene.

Keberhasilan dari penanganan ini tergantung pada:

- Lekatan yang baik antara pelat lantai jembatan yang lama dengan bahan lapisan pelindung yang baru.
- Perawatan yang baik dari lapisan pelindung yang baru.
- Jauhkan lalu lintas dari sambungan tersebut sampai lapisan pelindung yang baru nncapai kekuatan penuh.



Gambar 10.37. Potongan dari Sambungan Dengan Seal Karet

b. **Bahan yang menyumbat dalam sambungan**

CARA PENANGANAN :

Bahan apa saja yang secara tidak disengaja menumbat masuk kedalam sambungan harus dikeluarkan oleh organisasi Pemeliharaan Rutin.

c. **Bergeraknya bangunan bawah**

CARA PENANGANAN :

Jika macetnya sambungan jembatan diakibatkan oleh karena bergerakanya bangunan bawah. maka hal tersebut memerlukan pemeriksaan khusus untuk menentukan cara penanganan secara menyeluruh jembatan tersebut.

d. **Melengkungnya plat baja pada expansion joint**

CARA PENANGANAN :

Jika terdapat plat baja yang melengkung dan tidak berada dilokasi yang tepat, maka sambungan plat baja tersebut harus segera diperbaiki.

10.6.3. KERUSAKAN 803 — Siar Muai / Expansion Joint Yang Terlepas

CARA PENANGANAN :

Tabel 10.4. Nilai Kerusakan Expansion joint yang terlepas

Nilai Kondisi	Penanganan yang direkomendasikan
Nilai Kondisi < 3	Perbaiki kecil untuk melekatkan kembali bagian yang lepas dapat dilaksanakan oleh organisasi Perbaikan Rutin. Ini termasuk mengencangkan baut atau mengganti alat pengikatnya jika hal tersebut memungkinkan
Nilai Kondisi 3 s/d 5	Bagian yang terlepas akan menonjol dari bagian yang terbongkar atau hilangnya bagian sambungan. Lihat kerusakan 805 untuk penangannya.

a. Hilangnya lekatan

CARA PENANGANAN :

Hilangnya lekatan terjadi ketika bahan kedap air terlepas dari samping expansion joint. Periksa apakah strip kedap air masih diperlukan. Jika tidak diperlukan, buanglah semua *water stop* yang rusak.

Jika *water stop* diperlukan pada sambungan lantai, maka perbaikilah kerusakan tersebut sebagai berikut :

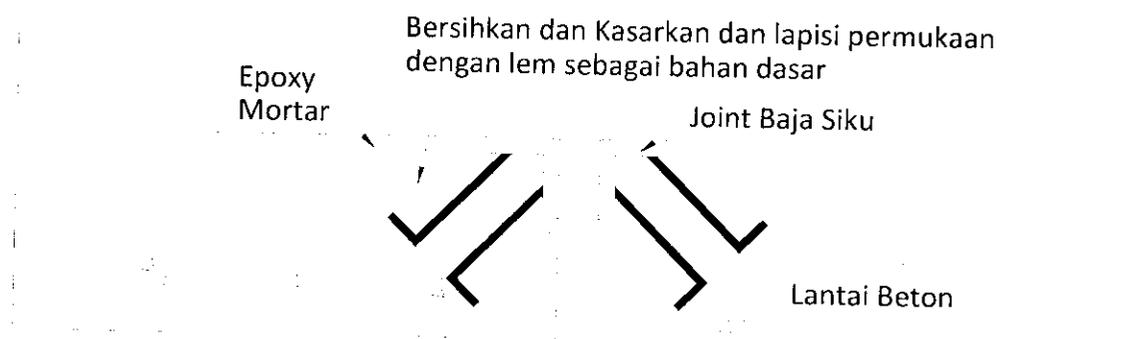
- (1) Bersihkanlah bagian samping dari siar muai secara baik
- (2) Bersihkan bagian samping dari *water stop*
- (3) Taburkan bahan pelekat yang baru pada samping siar muai dan *water stop*, dan masukkan kembali kedalam sambungan.
- (4) Mungkin perlu untuk memotong *water stop* yang lama agar dapat membersihkan sambungan dan bahan dengan baik sebelum ditabur dengan bahan pelekat baru. Jika hal ini yang terjadi, bagian ujung dari yang rusak harus dipotong persegi. Ujung dari *water stop* pengganti harus cocok dengan bagian ujung dari bahan yang tidak rusak, jika ingin mendapatkan seal yang baik.

Mungkin perlu *water stop* yang baru jika sambungan lantai memerlukan lapis pelindung baru. Bahan pelekat untuk sambungan lantai harus sesuai dengan spesifikasi dari pabrik pembuat *water stop*.

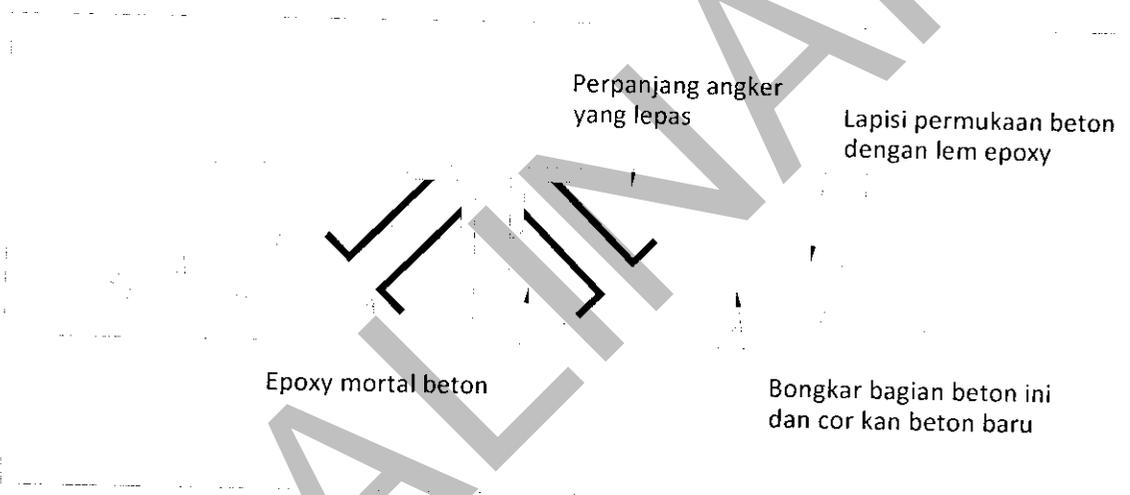
10.6.4 KERUSAKAN 805 Siar Muai Yang Rusak Atau Hilang

CARA PENANGANAN :

Pada gambar 10.37 dan 10.38 diperlihatkan penanganan yang tipikal.



Gambar 10.37. Pemeriksaan Sambungan Lantai – Metoda 1



Gambar 10.38. Pemeriksaan Sambungan Lantai – Metoda 2

- (1) Lapisi dengan lem epoxy pada permukaan beton yang sudah dibersihkan
- (2) Pasang kembali baja siku dengan epoxy mortar sesuai dengan spesifikasi dari pabrik pembuatnya.
- (3) Epoxy mortar baru di curing.

Jika angker dalam lantai beton atau pada dinding belakang kepala jembatan terlepas, maka diperlukan perbaikan dengan melakukan pembongkaran bagian belakang beton atau memasang pengikat atau angker baru.

Keberhasilan penanganan ini tergantung pada :

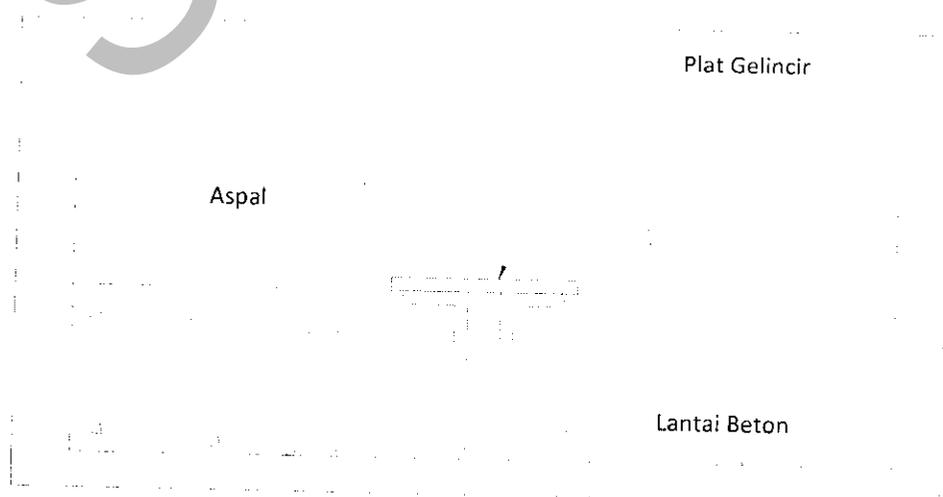
- Lekatan yang baik antara lantai jembatan lama dengan epoxy mortar yang baru.
- Curing yang benar dari material yang baru tersebut
- Tidak dilalui oleh lalu-lintas terlebih dahulu sampai sambungan mencapai kekuatan yang diharapkan.

10.6.5. KERUSAKAN 806 – Lapisan Aspal Yang Retak diatas Pelat

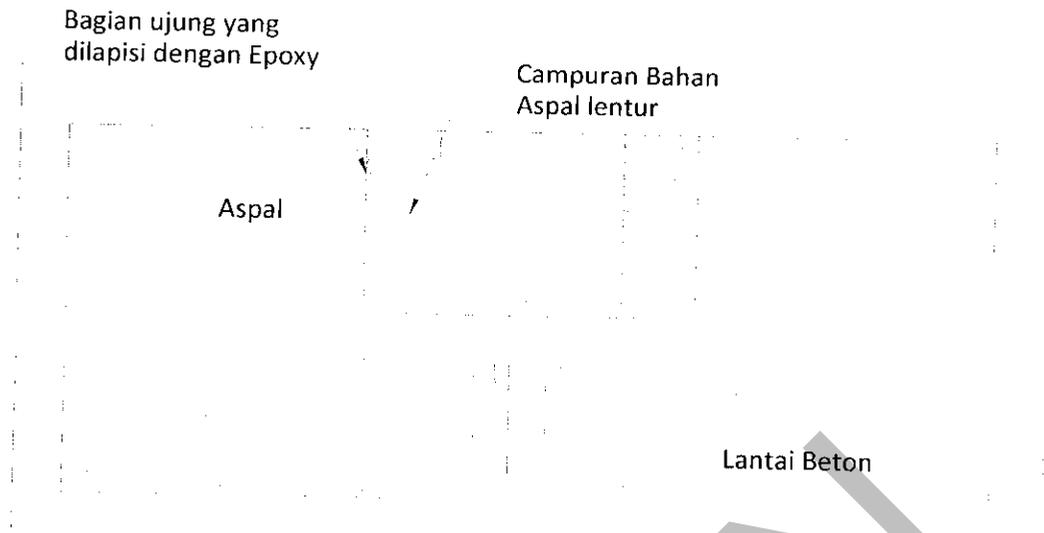
CARA PENANGANAN :

Tabel 10.5. Nilai Kerusakan Lapisan Aspal Yang Retak diatas Pelat

Jika lebar retak < 5 mm	Bersihkan retakan tersebut dengan sempurna dan angkat setiap bahan yang terlepas. Lapsi retakan dengan bahan aspal yang lentur.
Jika lebar retak > 5 mm tetapi < 35 mm	<p>Potonglah daerah aspal yang rusak dengan lurus dan buang setiap aspal yang lepas atau butirannya diantara kedua potongan.</p> <p>Kasarkan dan bersihkan seluruh permukaan yang terbuka pada bagian atas pelat baja atau lantai jembatan.</p> <p>Lapsi dengan lem epoxy yang telah disetujui pemakaiannya ketas lantai jembatan yang terbuka, pelat gelincir dan sisi dari aspal yang dipotong.</p> <p>Isilah alur tadi dengan cairan aspal lentur yang stabil. Jika bahannya terlalu kenyal maka dapat distabilkan dengan memanaskannya dan menambahkan serbuk gergaji.</p> <p>Biarkan sampai mengeras sebelum lalu-lintas dibuka.</p>
Jika lebar retak > 35 mm	<p>Pertimbangkan penanganan-penanganan berikut ini :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jenis penanganan yang sudah disebutkan diatas - Menggunakan strip neoprene - Mengganti pelat gelincir dengan adukan mortar khusus den karat fleksibel atau dengan bahan pengisi aspal lentur. Ikuti care penanganan pada kerusakan 801.



Gambar 10.39. Aspal Retak Sebelum Perbaikan



Gambar 10.40. Perbaikan Lapisan Aspal Yang Retak Diatas Sambungan Lantai

10.6.6 KERUSAKAN 807 Penggantian Seal Karet pada Modular Expansion Joint

CARA PENANGANAN :

- (1) Untuk membukan seal karet expansion joint modular yang akan diganti, keluarkan ujung dari seal karet dari penahannya dengan menggunakan obeng. Jika bagian ujung sudah terlepas, maka bagian lain dapain dapat dibuka dengan menariknya
- (2) Untuk memasang seal karet yang baru, bersihkan celah dimana seal akan dimasukkan. Setelah bersih, pada celah tersebut harus diberi lubrikan
- (3) Ujung dari seal karet harus di beri lubrikan dan dilipat membentuk huruf V, dimasukkan kedalam bukaan sambungan. Balok-balok I transversal harus diatur agar memiliki jarak sesuai direncanakan.
- (4) Setelah balok—balok I pada posisinya, seal karet dapat mulai dimasukkan pada celah yang ada.

10.6.7 KERUSAKAN 808 Penggantian pegas gelincir dan pelat gelincir pada Modular Expansion Joint

CARA PENANGANAN :

- (1) Buka Seal karet yang menghubungkan celah pada modular expansion Joint
- (2) Letakkan braket berbentuk U disekitar batang penahan. Braket ini harus terhubung dengan balok yang besar yang menghubungkan celah yang ada
- (3) Angkat keatas pada bagian ujung dari Balok, yang akan menyebabkan pegas gelincir berada pada kondisi sangat tertekan. Jika tekanan pada pegas gelincir telah mencukupi, maka pelat gelincir yang ada dibawah dapat diangkat dari dowelnya. Lepaskan gaya angkat keatas tadi sehingga pleat gelincir dapat dibukan
- (4) Proses pemasangan dilakukan dengan urutan yang terbalik

10.7. Fasilitas lalu – Lintas dan Utilitas

Bagian ini menguraikan penanganan yang dianjurkan untuk kerusakan yang berhubungan dengan fasilitas lalu lintas yang terkait dengan jembatan.

10.7.1. KERUSAKAN 901 - Pembatas-Pembatas Yang Rusak Atau Hilang

Pada setiap keadaan dimana pembatas-pembatas lebar atau tinggi jembatan yang rusak, bengkok atau hilang atau tidak terpasang.

CARA PENANGANAN :

- (1) Jika hilang, gantilah elemen atau bagian tersebut dengan pembatas yang sesuai dimensinya agar dapat sesuai dengan batasan maksimum kendaraan yang boleh lewat pada jembatan tersebut.
- (2) Jika rusak atau bengkok, luruskan, perbaiki atau ganti elemen yang tidak standar.
- (3) Jika tidak terpasang, pasanglah pembatas sehingga kendaraan tidak dapat lewat pembatas tersebut kecuali diberikan izin khusus.

10.7.2. KERUSAKAN 911 - Rambu-Rambu Lalu-Lintas Dan Marka Jalan Yang Aus Atau Lapuk

Kejelasan rambu dan marka jalan dapat rusak karena :

- Cuaca
- Aus karena kikisan ban (pada marka jalan)
- Kerusakan lain akibat tindakan kekerasan.

Dalam pemeliharaan rutin, pemeliharaan rambu-rambu lalu lintas ini merupakan salah satu bagiannya yang harus diperhatikan dari kerusakan dan harus selalu tetap bersih dan jelas. Rambu-rambu lalu lintas harus diganti secara berkala.

10.7.3. KERUSAKAN 912 - Hilangnya Material Rambu Lalu-Lintas Dan Marka Jalan

Setiap rambu atau marka jalan yang hilang harus diganti jika masih diperlukan. Penggantian tersebut biasanya dilakukan oleh bagian Pemeliharaan Rutin.

10.7.4. KERUSAKAN 921 - Lapuknya-Lampu Penerangan, Tiang Lampu Dan Kabel Listrik

CARA PENANGANAN :

Gantilah elemen atau bagian yang rusak dan sudah tua.

10.7.5. KERUSAKAN 922 - Hilangnya Material Lampu Penerangan, Tiang Dan Kabel

CARA PENANGANAN :

Gantilah elemen atau bagian yang hilang tersebut.

10.7.6. KERUSAKAN 931 - Utilitas

Pemeliharaan pelayanan tersebut hanya dibutuhkan apabila utilitas tersebut mengakibatkan jembatan tidak dapat berfungsi dengan baik.

Laporkan kerusakan yang terjadi pada instansi yang berwenang dan memintanya agar memindahkan utilitas tersebut. Setiap permintaan lisan instansi lain yang berkaitan dengan jembatan hendaknya dibuat secara tertulis.

SALINAN