



020/BM/2011

# MANUAL

Konstruksi dan Bangunan

---

Pemeliharaan Jembatan Pelengkung Beton



DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA



## PRAKATA

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

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

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

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.	<b>MANUAL PEMELIHARAAN JEMBATAN PELENGKUNG BETON</b>	1
II	<b>ACUAN NORMATIF</b> .....	3
III	<b>ISTILAH DAN DEFINISI</b> .....	4
IV	<b>UMUM</b> .....	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	<b>JEMBATAN PELENGKUNG BETON</b>	12
	5. 1 Tipe Jembatan Pelengkung Beton .....	13
	5.2 Elemen – Elemen Struktur Atas Jembatan Pelengkung Beton.....	14
	5.3 Abutmen / Kepala Jembatan .....	16
	5.4 Pilar .....	16
	5.5 Lock Up Device.....	16
	5.6 Modular <i>Expansion Joint</i> .....	17
	5.7 Mechanical Bearing.....	17
VI	<b>SISTEM PENOMORAN ELEMEN DAN KERUSAKAN JEMBATAN</b>	19
	6.1 Sistim Penomoran Elemen Jembatan .....	19
	6.2 Elemen Struktur Atas Jembatan Pelengkung Beton .....	22
	6.3 Sistim Penomoran Kerusakan Jembatan .....	24
	6.4. Evaluasi dan Perkiraan Kondisi Teknis Jembatan .....	28
VII	<b>PEMERIKSAAN JEMBATAN</b>	29
	7.1 Fasilitas untuk Pemeriksaan. ....	29
	7.2 Pemeriksaan Detail Sebelum Jembatan Beroperasi.....	30
	7.3 Pemeriksaan Inventarisasi.....	31
	7.4 Pemeriksaan Rutin.....	31
	7.5. Pemeriksaan Detail.....	35
	7.6 Pemeriksaan Khusus .....	38
VIII	<b>PEMELIHARAAN JEMBATAN</b>	40
	8.1 Prinsip Dasar, Tujuan, dan Lingkup Pemeliharaan .....	40
	8.2 Pemeliharaan Rutin dan Perbaikan Minor .....	41
	8.3. Pemeliharaan Berkala .....	43
	8.4 Peralatan Pemeliharaan Jembatan .....	45
	8.5 Pengujian dan Perkiraan Kondisi Teknis serta Daya Dukung jembatan .....	47
	8.6 Perawatan dan Pemeliharaan Struktur Bawah .....	49
	8.7 Perawatan dan Pemeliharaan Pada Struktur Atas Jembatan <i>Pelengkung</i>	

	Beton.....	54
IX	PERBAIKAN YANG BERHUBUNGAN DENGAN BAHAN	61
	9.1. Perbaikan Elemen Dengan Bahan Dasar Beton .....	61
	9.2 Perbaikan Elemen Baja .....	71
X	TATA CARA PEMELIHARAAN DAN REHABILITASI KERUSAKAN YANG BERHUBUNGAN DENGAN ELEMEN	80
	10.1. Umum .....	80
	10.2. Perbaikan Daerah Aliran sungai, Bangunan Pengamanan Gerusan Dan Daerah Timbunan .....	81
	10.3. Perbaikan Bangunan Bawah .....	103
	10.4. Perbaikan Perletakan Dan Balok Penahan Gempa .....	103
	10.5. Perbaikan Elemen Bangunan Atas .....	112
	10.6. Perbaikan Siar Muai ( <i>Expansion Joint</i> ).....	119
	10.7. Fasilitas lalu – Lintas dan Utilitas .....	127

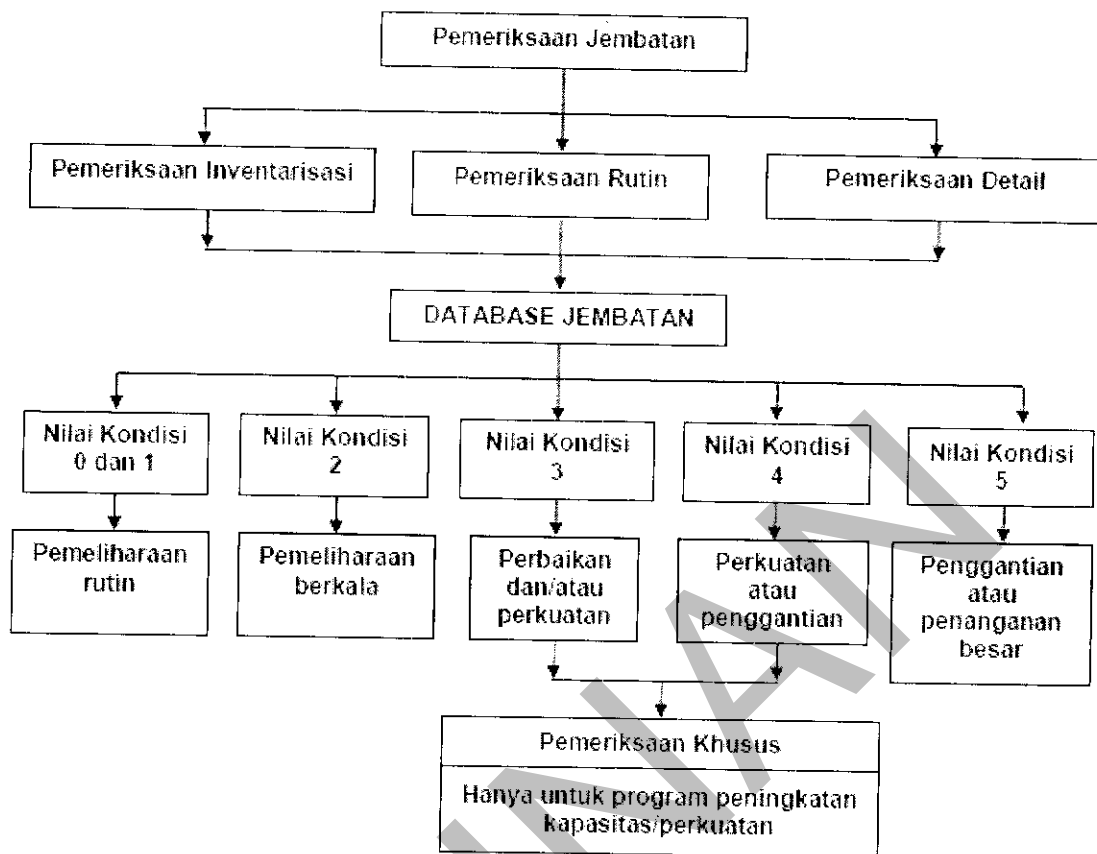
---

## MANUAL PEMELIHARAAN JEMBATAN *PELENGKUNG* BETON

pada manual pemeliharaan jembatan pelengkung beton, dijelaskan tata cara pemeriksaan jembatan secara visual, yaitu pemeriksaan dan pemeliharaan rutin, pemeriksaan dan pemeliharaan berkala dan pemeriksaan detail/khusus yang digunakan untuk memperoleh data administrasi, data teknis, dan data kondisi jembatan serta metode preservasi secara umum yang penting dan mendasar untuk mempertahankan kondisi jembatan dalam kondisi baik dan mengembalikan kondisi jembatan sesuai kapasitas semula sehingga dapat melayani dengan efektif untuk Jembatan *Pelengkung* Beton

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

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



Gambar 1 – Skema kegiatan preservasi dalam sistem manajemen jembatan

---

**1 Acuan normatif**

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

SALINAN

---

## **2 Istilah dan definisi**

### **3.1**

#### **Jembatan**

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

### **3.2**

#### **Komponen jembatan**

Kelompok elemen jembatan atau bagian dari sistem struktur utama jembatan

### **3.3**

#### **Bangunan atas**

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

### **3.4**

#### **Bangunan bawah**

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

### **3.5**

#### **Kolom Pilon**

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

### **3.6**

#### **Pondasi**

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

### **3.7**

#### **Pile Cap**

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

### **3.8**



---

### **Close Spandrel Arch**

Jembatan pelengkung tipe dek dengan dek jembatan berada diatas busur lengkungan jembatan dan busur yang melengkung diisi penuh material beton

3.9

### **Lantai jembatan**

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

3.10

### **Lapis permukaan (lantai jembatan)**

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

3.11

### **Open Spandrel Arch**

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

3.12

### **Perlengkapan jembatan**

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

3.13

### **Perletakan**

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

3.14

### **Pondasi**

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

3.15

### **Sambungan siar muai/ Modular Expansion Joint**

---

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

3.16

#### **Spandrel beams**

Balok fascia dari sistim lantai jembatan

3.17

#### **Spandrel bents**

Penyokong pelat lantai

3.18

#### **Spandrel Bents Cap**

Komponen transversal dari spandrel bents

3.19

#### **Spandrel columns**

Komponen vertikal dari spandrel bent yang menyokong spandrel bent cap

3.20

#### **Through Arch**

Jembatan pelengkung dengan dek jembatan berada dibawah dari busur pelengkung

3.21

#### **Lapis Permukaan (Aspal)**

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

3.22

#### **Sistim Proteksi Katodik**

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

3.23

---

### **Bearing**

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

3.24

### **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

3.25

### **Transverse Limit-Stop Block**

Bagian atas jembatan yang menyatukan antara pilon dan gelagar jembatan.

3.26

### **Expansion Joint**

Bagian atas jembatan yang menyatukan segmen-segmen gelagar jembatan

3.27

### **Material Beton**

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

3.28

### **Material Baja**

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

3.29

### **Drainase**

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

3.30

### **Lampu Navigasi**

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

---

3.31

**Lampu Penerangan**

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

3.32

**Power Supply**

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

3.33

**Trotoar**

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

3.34

**Travelers**

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

3.35

**Pemeriksaan Inventaris**

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

3.36

**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

3.37

**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

3.38

#### **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)

3.39

#### **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.

3.40

#### **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

3.41

#### **Pemeliharaan Berkala**

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

3.42

#### **Rehabilitasi atau Perbaikan Besar**

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

#### 4. Umum

##### 4.1. Pemeliharaan Jembatan

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

Pemeriksaan Jembatan terdiri atas lima jenis yaitu

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

Pemeliharaan Jembatan terdiri atas

- Pemeliharaan rutin
- Pemeliharaan berkala
- Rehabilitasi dan perbaikan besar

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

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

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

##### 4.2. Tujuan

Tujuan dari panduan ini adalah memberikan cara untuk meningkatkan kualitas dari pemeliharaan jembatan dan manajemen dari proses pemeliharaan jembatan *Pelengkung Beton*. Panduan ini berisi standar tata cara dan pedoman yang harus diikuti dalam pelaksanaan pemeliharaan jembatan *Pelengkung Beton*. 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 pemeliharaan dan metoda perbaikan untuk setiap kerusakan yang diuraikan dalam Prosedur Pemeriksaan Jembatan. Personil pemeliharaan jembatan harus mengetahui prosedur pemeriksaan jembatan yang diuraikan dalam Manual Pemeriksaan Jembatan dan diuraikan secara singkat dalam panduan ini.

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

#### 4.5. Pemakai Manual

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

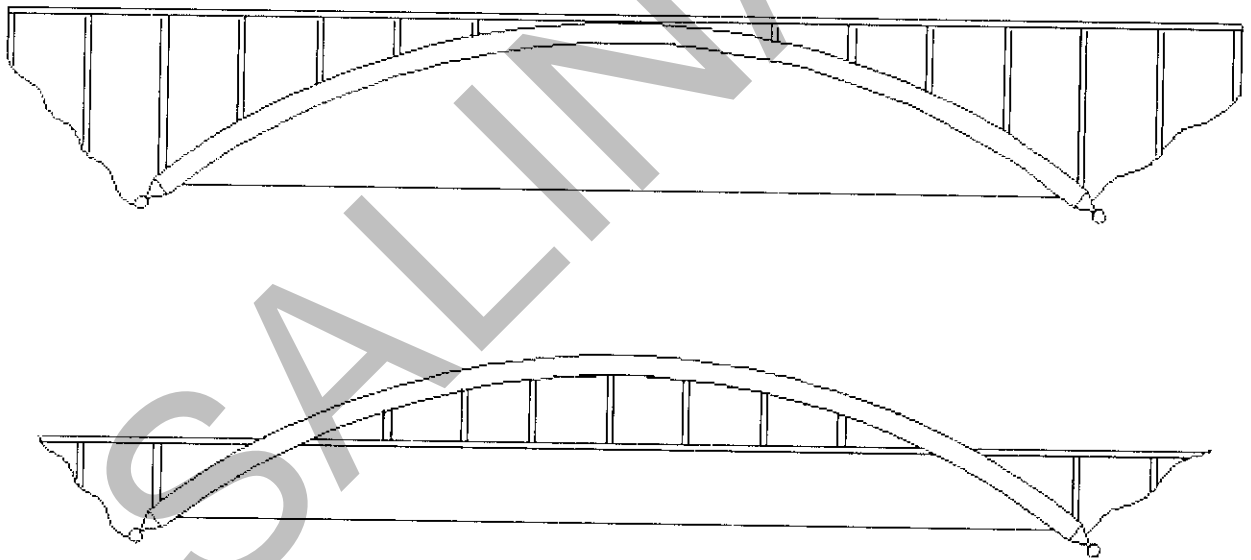
Buku ini juga diperuntukkan bagi para konsultan untuk mengawasi pekerjaan pemeliharaan jembatan yang berdasarkan kontrak dimana akan diinstruksikan untuk menggunakan panduan dan tata cara yang ada dalam buku panduan ini guna menjamin keseragaman atas pengawasan terhadap semua proyek.

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

## 5. Jembatan Pelengkung Beton

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

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



Gambar 5.1. Jembatan Pelengkung

Walaupun pelengkung tidak mengalami gaya tarik yang membuat pelengkung lebih efisien dari jembatan balok, namun kekuatan struktur jembatan pelengkung juga masih dibatasi. Semakin besar sudut kelengkungannya (semakin tinggi lengkungannya) maka pengaruh gaya tekan akan semakin kecil, namun itu berarti bentangnya menjadi lebih kecil. Jika diinginkan membuat jembatan pelengkung dengan bentang panjang, maka sudut pelengkung harus diperkecil sehingga gaya tekanpun menjadi lebih besar dan diperlukan abutmen yang lebih besar untuk menahan gaya horizontal tersebut. Jadi sama seperti jembatan balok bentang dari jembatan pelengkung juga dibatasi hingga 50 sampai 150 m.



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

Untuk struktur pelengkung yang dikakukan oleh lantai kerjanya (*Deck Stiffened-arch*) atau jembatan pelengkung yang struktur utamanya diatas lantai kerja, maka lantai kerja tersebut harus lebih tebal dari pelengkungnya karena lantai kerja harus dapat mengatasi dari kemungkinan melentur/menekuk dan pelengkung tetap menerima gaya tekan. Pada beberapa jembatan, lantai kerja bisa lebih tipis dari balok sederhana biasa karena berat sendirinya sudah ditopang oleh pelengkung. Karena alasan inilah jembatan pelengkung bisa membentang lebih panjang dari jembatan balok.

Efisiensi pemakaian struktur pelengkung akan lebih tinggi lagi jika lokasinya tepat seperti lembah ataupun sungai yang dalam dimana pondasi melengkung terletak pada tanah keras.

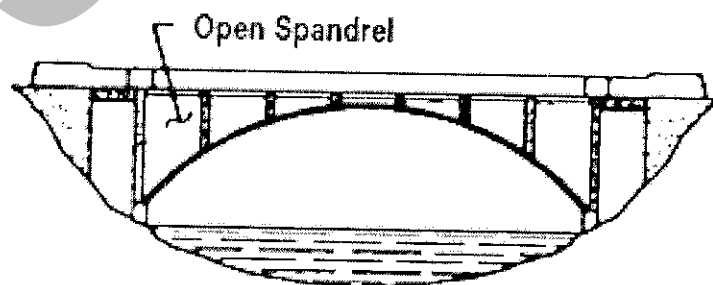
Kegunaan dari abutmen adalah untuk membuat tegangan yang terjadi akibat dorongan pelengkung menurun sampai pada titik yang bisa dipikul oleh tanah karena tanah mampu menerima tekan dan tanah tidak akan bergerak lagi (selama tegangan tanah lebih besar dari tegangan yang terjadi), biasanya juga ada gaya geser yang bekerja di daerah dekat abutmen.

### 5.1. Tipe Jembatan Pelengkung Beton

Jembatan pelengkung dibagi menjadi 3 tipe jembatan yaitu :

#### a. Open Spandrel Arch

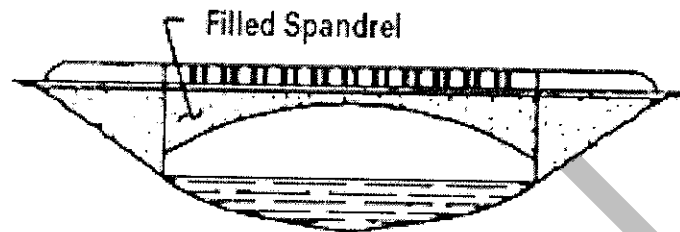
Jembatan pelengkung tipe dek merupakan jembatan pelengkung yang sangat sederhana dibandingkan tipe jembatan pelengkung yang lainnya karena dek jembatan terletak diatas dari busur lengkungan jembatan.



Gambar 5.2. Jembatan Open Spandrel

b. Close Spandrel Arch

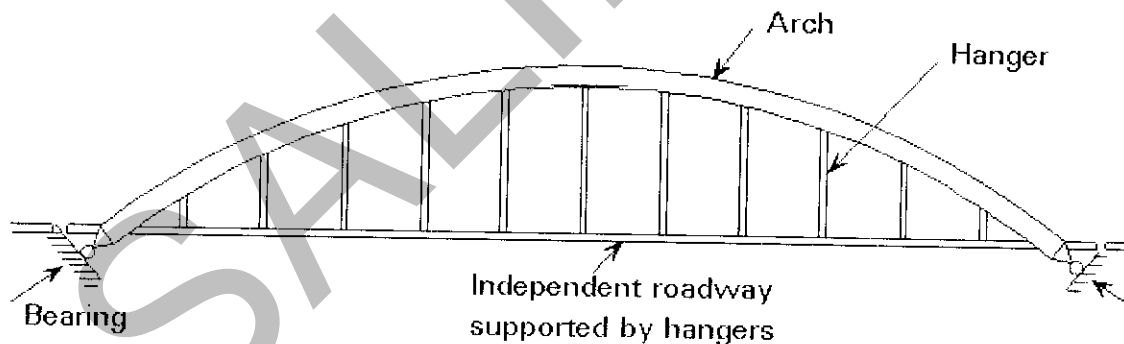
Jembatan pelengkung beton ini sama dengan jembatan pelengkung beton Open Spandrel Arch, perbedaannya adalah ruang antara dek jembatan dengan busur yang melengkung diisi dengan material beton



Gambar 5.3. Jembatan Pelengkung Close Spandrel

c. Through Arch

Pada Jembatan pelengkung through Arch, dek jembatan terletak dibawah dari busur pelengkung. Dek jembatan disangga oleh penggantung yang tersambung dengan busur jembatan. Nama lain dari tipe ini adalah jembatan pelengkung pelangi / rainbow arch. Jembatan beton tipe ini relative jarang digunakan



Gambar 5.4. Jembatan Through Arch

## 5.2 Elemen – Elemen Struktur Atas Jembatan Pelengkung Beton

Pelengkung adalah tipe konstruksi khusus yang merupakan gabungan antara bangunan atas dan bangunan bawah. Kekuatan konstruksi jembatan pelengkung ini tergantung konstruksi pelengkung dan tumpuan abutmennya.

Elemen-Elemen jembatan pelengkung beton adalah sebagai berikut

a. Jembatan Pelengkung Open Spandrel

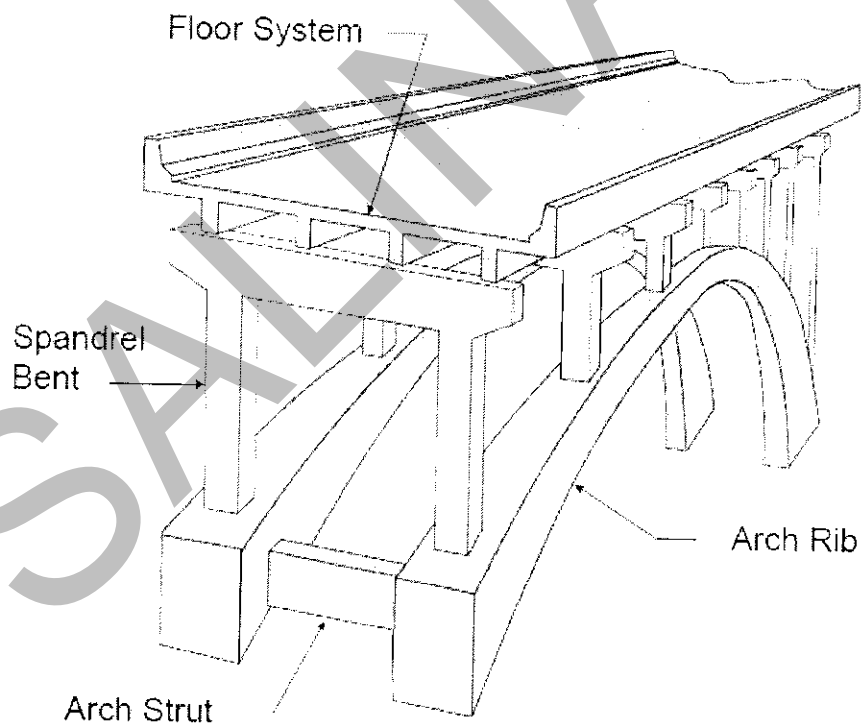
Jembatan pelengkung open spandrel terdiri atas satu atau lebih rusuk/rib. Rib yang melengkung tersebut merupakan elemen pemikul beban utama dari struktur atas.

Pelengkung dan elemen pendukung lainnya digolongkan sebagai elemen utama dari jembatan pelengkung tipe open spandrel.

Elemen-Elemen utama jembatan pelengkung open spandrel tersebut adalah

- *Spandrel bents* – penyokong pelat lantai
- *Spandrel bent cap* – komponen transversal dari *spandrel bent*
- *Spandrel columns* - komponen vertikal dari *spandrel bent* yang menyokong *spandrel bent cap*
- *Spandrel beams* - balok fascia dari sistim lantai jembatan
- Sistim lantai jembatan - *Floor system* – pelat lantai atau balok T yang di sokong oleh *fascia bents*

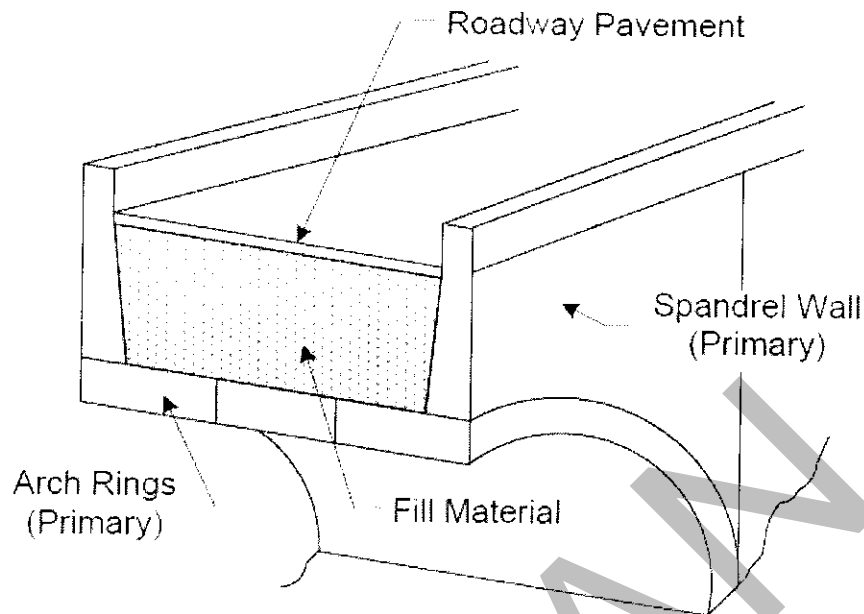
Elemen sekunder dari jembatan pelengkung open spandrel tersebut adalah *arch ribs*, yang berfungsi untuk memberikan kestabilan terhadap gaya lateral serta mengurangi panjang tekuk.



Gambar 5.5 Elemen Jembatan Pelengkung Open Spandrel

b. Jembatan Pelengkung Close Spandrel

Untuk Jembatan Pelengkung tipe closed spandrel, elemen utama jembatan *arch rings* dan dinding *spandrel*. *Arch rings* akan menahan material pengisi, lantai kendaraan, lalu lintas, sedangkan dinding *spandrel* menahan material pengisi dan sebagai penyokong parapet jembatan.



Gambar 5.6 Elemen Jembatan Pelengkung Closed Spandrel

### 5.3 Abutmen / Kepala Jembatan

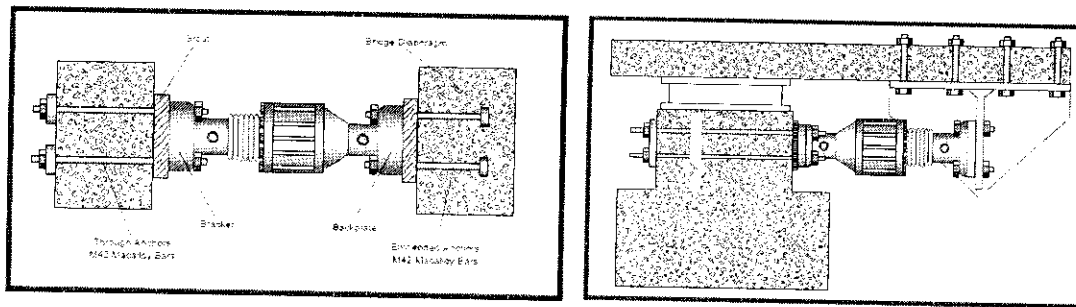
Bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung jembatan yang berfungsi memikul reaksi beban pada ujung jembatan dan dapat juga berfungsi sebagai dinding penahan tanah.

### 5.4 Pilar

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. Secara prinsip pemakaian beton pada pylon mempunyai dasar yang kuat mengingat pylon akan mengalami gaya tekan yang besar.

### 5.5 Lock Up Device

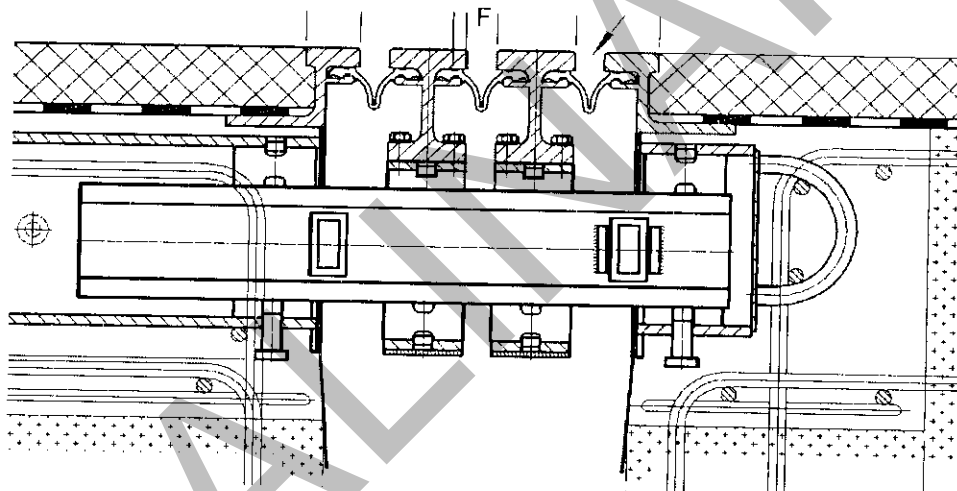
Fungsi dari *Lock Up device* adalah untuk memberikan suatu hubungan yang kaku (*rigid link*) antara dek jembatan dengan abutmen atau pilar jembatan, sehingga pada akibat beban yang cepat dengan durasi yang pendek seperti gempa, tabrakan, rem, gaya tersebut akan disalurkan ke perletakan. Akibat beban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



Gambar 5.7 Lock Up Device

### 5.6 Modular Expansion Joint

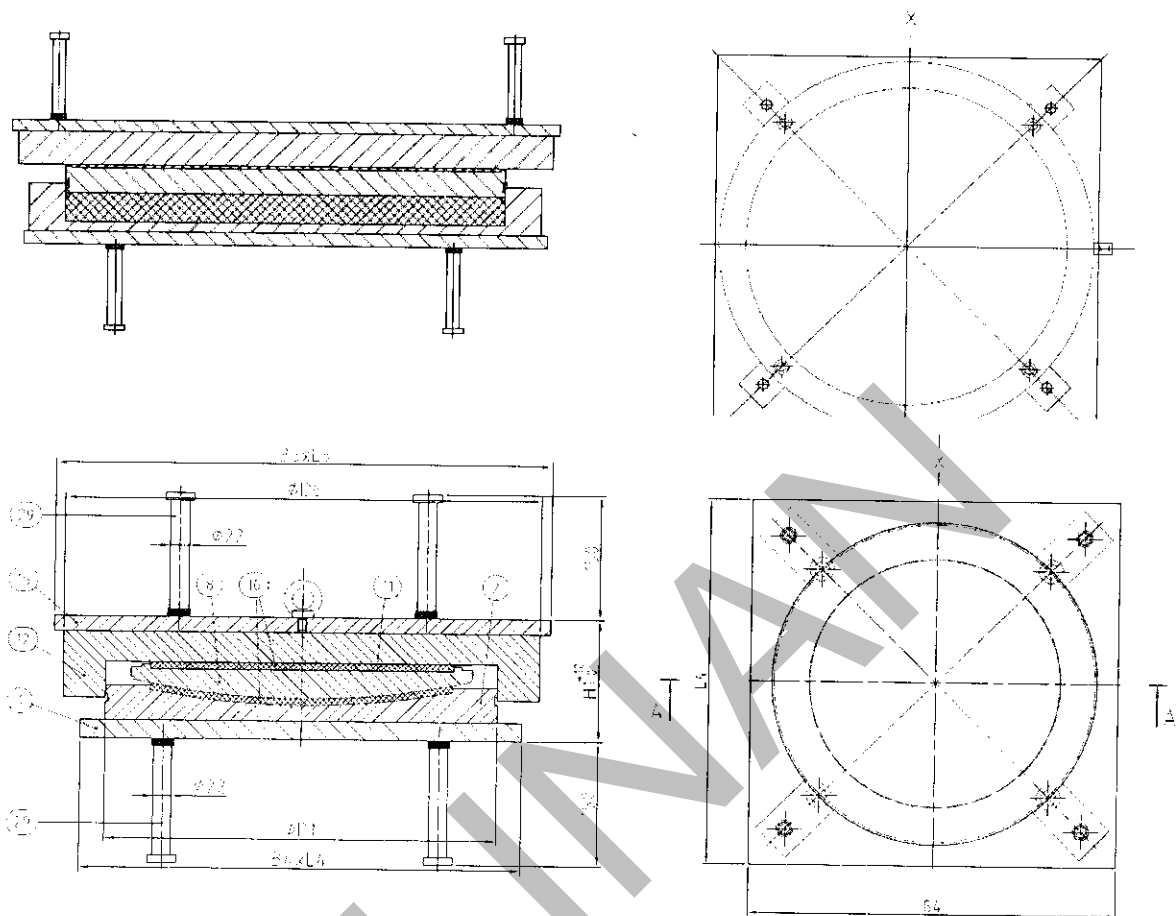
Sebagaimana umumnya Jembatan Bentang Panjang, pergerakan padadek jembatan akan selalu terjadi dan harus diakomodasi dengan baik. Untuk mengakomodasi pergerakan yang relatif besar tersebut, umumnya digunakan *Expansion Joint* tipe modular. Gambar dibawah menyajikan tipikal *Expansion Joint* tipe Modular 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 magnitudo 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	Tebing Sungai
						4.212	Aliran Air Utama
						4.213	Daerah Genangan Banjir
				3.220	Bangunan Pengaman	4.221	Krib/ Pengarah Arus Sungai
						4.222	Bottom Controller
						4.223	Talud
						4.224	Turap
						4.225	Fender
						4.226	Dinding Penahan Tanah
						4.227	Pengamanan Dasar Sungai
						4.228	Tiang Pengaman
						4.229	Pagar Pengaman
				3.230	Tanah Timbunan	4.231	Timbunan Jalan Pendekat
						4.232	Drainase – Timbunan
						4.233	Lapisan Perkerasan
						4.234	Pelat Injak
						4.235	Tanah Bertulang
		2.300	Bangunan Bawah	3.310	Fondasi	4.311	Tiang Pancang
						4.312	Fondasi Sumuran
						4.313	Fondasi Langsung
						4.314	Angkur
						4.315	Fondasi Balok Pelengkung
						4.316	Tiang Bor
				3.320	Kepala Jembatan/ Pilar	4.321	Balok Pondasi
						4.322	Pilar Dinding/ Kolom
						4.323	Dinding Penahan Tanah (Kepala Jembatan)
						4.324	Tembok Sayap
						4.325	Balok Kepala
						4.326	Balok Penahan Gempa/ Stoper Lateral
						4.327	Penunjang/ Pengaku
						4.328	Penunjang Sementara
						4.329	Drainase Dinding
						4.330	Tembok Kepala
						4.331	Balok Tiang
						4.332	Perletakan
						4.333	Lock Up Device
		2.400	Bangunan Atas	3.410	Sistem Gelagar	4.411	Gelagar
						4.412	Gelagar Melintang
						4.413	Diafragma
						4.414	Sambungan Gelagar
						4.415	Perkuatan Ikatan Angin
						4.416	Pelat Pengaku (Stiffener)
						4.417	Pelat Penguat (Cover Plata)
						4.418	Diafragma Baja Horizontal
						4.419	Diafragma Baja Diagonal
						4.420	Sambungan Diafragma
				3.420	Jembatan Pelat	4.421	Pelat Beton Bertulang
						4.422	Pelat Beton Pracetak Prategang
						4.423	Kabel Prategang Melintang



				3.430	Pelengkung	3.431	Bagian Lengkung
						3.432	Dinding Tegak
				3.440	Balok Pelengkung	4.441	Gelagar Balok Pelengkung
						4.442	Balok Pelengkung
						4.443	Balok Vertikal
						4.445	Balok Pengaku Mendatar
						4.446	Sambungan Balok Pelengkung
		2.400	Bangunan Atas (Lanjutan)	3.450	Rangka	4.451	Panel Rangka (bailey)
						4.452	Gelagar Penguat (Bailey)
						4.453	Rangka Pengaku (Bailey)
						4.454	Raker – Penyokong (Bailey)
						4.455	Pin Panel/ Surclip (Bailey)
						4.456	Clamp (Bailey)
						4.457	Angkur Prategang External
						4.458	Kabel Prategang External
						4.459	Sadel Prategang External
						4.461	Batang Tepi Atas
						4.462	Batang Tepi Bawah
						4.463	Batang Diagonal
						4.464	Batang Vertikal (RBB, RBR)
						4.465	Ikatan Angin Atas
						4.466	Ikatan Angin Bawah
						4.467	Diafragma
						4.468	Gelagar Melintang
						4.469	Sambungan/ Pelat Buhul/ Pelat Pengisi
						4.470	Baut
						4.471	Batang Tengah (CM)
						4.472	Batang Diagonal Kecil (CM)
						4.473	Batang Penahan Gempa
						4.474	Portal Ujung
						4.475	Pelat 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)
				3.490	Gelagar Boks/ Pratekan	4.491	Dinding Tegak Boks
						4.492	Dinding Bawah Boks
						4.493	Dinding Atas Boks
						4.494	Diafragma Boks
						4.495	Blok Angkur
				3.500	Sistem Lantai	4.501	Gelagar Memanjang Lantai
						4.502	Pelat Lantai (Kayu/ Beton/ Baja)
						4.503	Pelat baja Bergelombang
						4.504	Balok Tepi

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

## 6.2 Elemen Struktur Atas Jembatan Pelengkung Beton

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

Tabel 6.2 Hierarki Elemen Jembatan Pelengkung Beton

KODE	LEVEL 3	KODE	LEVEL 4
3.410	Sistem Gelagar	4.411	Gelagar
		4.412	Gelagar Melintang
		4.413	Diafragma
3.430	Pelengkung	3.431	Bagian Lengkung
		3.432	Dinding Tegak
3.440	Balok Pelengkung	4.441	Gelagar Balok Pelengkung
		4.442	Balok Pelengkung
		4.443	Balok Vertikal
		4.445	Balok Pengaku Mendatar
3.500	Sistem Lantai	4.501	Gelagar Memanjang Lantai
		4.506	Trotoar/ Kerb
		4.507	Pipa Cucuran
		4.508	Drainase Lantai
		4.509	Lapis Permukaan
		4.510	Pelat Beton Acuan Lantai
3.600	Sambungan/ Siar Muai	4.601	Sambungan/ Siar Muai baja
		4.602	Sambungan/ Siar Muai baja Profile
		4.603	Sambungan/ Siar Muai Karet
		4.604	Sambungan/ Siar Muai Aspal
		4.605	Sambungan/ Siar Muai Lain
		4.605	Sambungan/ Siar Tipe Modular
3.610	Perletakan	4.611	Landasan Baja
		4.612	Landasan Karet
		4.613	Landasan Pot
		4.614	Bantalan Mortar/ Pelat Dasar
		4.615	Baut Pengikat (Angkur Gempa)
		4.616	Karet Penahan Gempa
		4.617	Lock Up Devices
		4.618	Transverse Limit Stop Blocl
3.620	Sandaran	4.621	Tiang Sandaran
		4.622	Sandaran Horizontal
		4.623	Penunjang Sandaran
		4.624	Tembok Sandaran
3.700	Perlengkapan	4.701	Batas-Batas Ukuran
		4.711	Rambu-rambu dan Tanda-tanda
		4.712	Marka Jalan
		4.713	Papan Nama
		4.714	Patung
		4.715	Parapet/ Tembok Sedada
		4.721	Lampu Penerangan
		4.722	Tiang Lampu
		4.723	Kabel Listrik
		4.724	Lampu Navigasi
		4.725	Penangkal Petir
		4.731	Utilitas

		4.741	Median
--	--	-------	--------

### 6.3 Sistim Penomoran Kerusakan Jembatan

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

- Sehubungan dengan jenis bahan.
- Kerusakan secara keseluruhan.

#### 6.3.1 Kerusakan yang berhubungan dengan bahan

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

- Pelapukan dan keretakan pada kayu.
- Karat pada baja.
- Kerontokan pada beton.
- Kerusakan adukan pada pasangan batu/bata.

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

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

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

Tabel 6.4 Kerusakan Elemen Jembatan

Kode	Elemen dan Kerusakan
	<b>ALIRAN SUNGAI</b>
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
	<b>BANGUNAN PENGAMAN</b>
511	Bagian yang hilang atau tidak ada
	<b>TIMBUNAN</b>
521	Gerusan
522	Retak/ Penurunan/ Penggembungan
	<b>TANAH BERTULANG</b>
531	Penggembungan permukaan
532	Retak, rontok, atau pecah dari panel tanah bertulang
	<b>ANGKUR – JEMBATAN GANTUNG DAN JEMBATAN KABEL</b>
541	Tidak stabil
	<b>KEPALA JEMBATAN DAN PILAR</b>
551	Kepala Jembatan atau Pilar Bergerak
	<b>LANDASAN PENAHAN GEMPA</b>
561	Elemen longgar atau hilang
	<b>LANDASAN/ PERLETAKAN</b>
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
<b>PELAT DAN LANTAI</b>	
701	Kesalahan sambungan lantai memanjang
702	Lendutan yang berlebihan
<b>Kode</b>	<b>Elemen dan Kerusakan</b>
<b>PIPA DRAINASE DINDING, PIPA CUCURAN DAN DRAINASE LANTAI</b>	
711	Pipa cucuran dan drainase lantai yang tersumbat
712	Elemen hilang atau tidak ada
<b>LAPISAN PERMUKAAN</b>	
721	Permukaan licin Permukaan yang kasar/ berlubang
722	Retak pada lapisan permukaan
723	Lapisan permukaan yang bergelombang
724	Lapisan perkerasan yang berlebihan
<b>TROTOAR/ KERB</b>	
731	Permukaan trotoar yang licin
732	Lubang pada trotoar
733	Bagian hilang
<b>SAMBUNGAN LANTAI</b>	
801	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 perkerasan di sambungan lantai
<b>RAMBU-RAMBU LALU-LINTAS DAN MARKA JALAN</b>	
901	Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran
<b>RAMBU-RAMBU LALU-LINTAS DAN MARKA JALAN</b>	
911	Tulisan tidak nyata/ jelas
912	Bagian yang hilang
<b>LAMPU, TIANG LAMPU DAN KABEL LISTRIK</b>	
921	Rusaknya bahan/ Penurunan Mutu
922	Bagian yang hilang
<b>UTILITAS</b>	
931	Tidak berfungsi

#### 6.4. Evaluasi dan Perkiraan Kondisi Teknis Jembatan

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

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

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

Tabel 6.5 Kriteria Penentuan Nilai Kondisi

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

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

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



## **7 Pemeriksaan Jembatan**

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

Jadi pemeriksaan jembatan mempunyai beberapa tujuan yaitu:

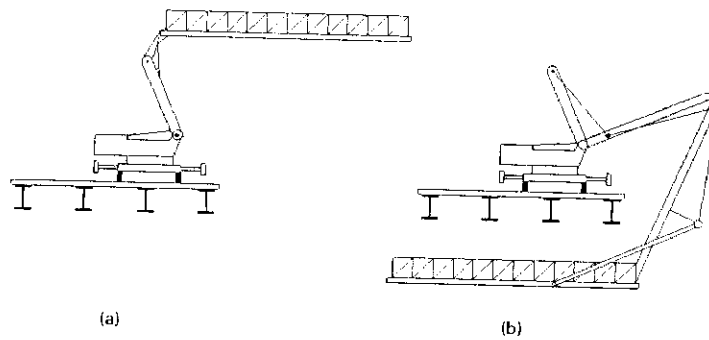
- Mendata kondisi Jembatan Sebelum Jembatan Beroperasi untuk mendapatkan Bridge Signature
- Memeriksa keamanan jembatan pada waktu jembatan masih berfungsi.
- Mencegah terjadinya penutupan lalu lintas pada jembatan.
- Mendata kondisi jembatan pada saat itu.
- Menyiapkan bahan untuk proses perencanaan,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

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

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

### **7.1 Fasilitas untuk pemeliharaan**

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



**Gambar 7.1 Kendaraan Khusus untuk Pemeriksaan Dek jembatan**

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

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

#### **7.1.6 Pemeriksaan Komponen Jembatan di bawah Air**

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

#### **7.2 Pemeriksaan Detail Sebelum Jembatan Beroperasi**

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

Persyaratan Pemeriksaan dan Pengujian Sebelum Jembatan Beroperasi

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

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

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

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

### 7.3 Pemeriksaan Inventarisasi

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

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

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

Pemeriksaan inventarisasi dilakukan sebagai berikut :

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

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

## 7.4 Pemeriksaan Rutin

### 7.4.1 Umum

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

### 7.4.2 Periode Pemeriksaan Rutin

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

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

Catatan hasil pemeriksaan rutin harus disimpan secara periodik disertai dengan catatan serta rekomendasi atas hasil 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 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 (Beton)	Adanya bagian dek beton yang sudah mulai terpisah, rusak, dan usang
		Retak pada material beton dek
		Tersumbatnya aliran air pada dek
2	Balok Pelengkung (Beton)	Timbulnya retak-retak halus pada elemen beton
3	Pilon	Timbulnya retak-retak halus pada elemen beton
4	Perletakan	Elemen bearing kotor / ada elemen asing (debu) pada bagian perletakan

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

#### 7.4.4 Peralatan dan bahan

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

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

- Rambu Peringatan
- Pita Kuning
- Bendera
- unit alat penggantung, terdiri dari :
  - tangga penggantung
  - rantai
  - pengikat rantai
  - lampu penerangan / senter

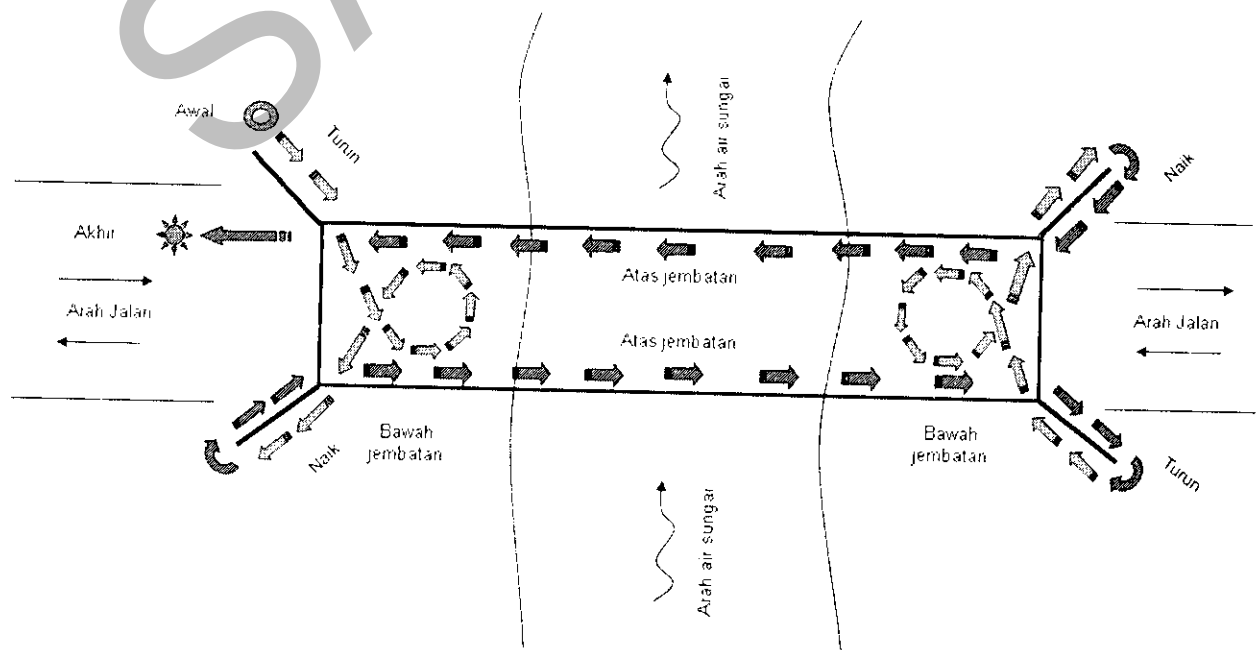
#### 7.4.5 Urutan pemeriksaan

Setiap jembatan harus diperiksa berdasarkan urutan berikut ini :

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

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

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



Gambar 7.2 Contoh Urutan Pemeriksaan Jembatan

## 7.5. Pemeriksaan Detail

### 7.5.1 Umum

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

### 7.5.2 Periode Pemeriksaan Detail

Periode pemeriksaan periodik harus memenuhi aturan berikut :

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

### 7.5.3 Jenis Pemeriksaan Detail Elemen Jembatan

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

Tabel 7.2 Pemeriksaan Detail

No	Bagian Struktural	Jenis Pemeriksaan
1	Jembatan	Data Dinamik Jembatan
2	Dek 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
		Rembesan Air ke bagian bawah dek Jembatan
3	Elemen Pelengkung Beton	Perubahan bentuk (deformasi) dari dimensi elemen pelengkung akibat susut dan rangkai pada beton
		Perpindahan (displacement) pada elemen pelengkung beton



4	Pilon	Perubahan bentuk (deformasi) dari dimensi pilon akibat susut dan rangkak pada beton
		Perpindahan (displacement) pada pilon
5	Perletakan	Apakah Perletakan berfungsi dengan baik
		Kerusakan pada padstone/ dudukan bearing
		Perpindahan pada elemen perletakan dari desain rencana
6	Modular Expansion Joint	Perubahan bentuk pada expansion joint
7	Seismic Damper	Deformasi pada ring seismic damper
8	Pondasi	Perubahan bentuk (deformasi) dari dimensi pondasi akibat susut dan rangkak pada beton
9	Sistim Proteksi Katodik	Apakah Sistim proteksi Katodik Masih Berfungsi
10	Curb, guardrail, dan railing	Apakah ada kerusakan ?
11	Lampu navigasi, dan batang penangkal petir	Apakah berfungsi dengan baik ?

#### 7.5.4 Peralatan dan bahan

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

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



- sapu kecil,
- kaca,
- pisau saku,
- busur derajat,
- pengukur lebar retak,
- penggaris, penggaris segitiga siku
- jangka lengkung ke dalam dan ke luar,
- tangga.

Peralatan Tambahan (sesuai dengan kebutuhan):

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

Peralatan Keamanan/Keselamatan:

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

#### 7.5.5 Urutan pemeriksaan

Urutan pemeriksaan jembatan adalah sebagai berikut:

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

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

## 7.6 Pemeriksaan Khusus

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

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

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

Pemeriksaan khusus dilakukan pada kasus berikut

- a. Ketika jembatan bentang panjang mengalami bencana alam, seperti banjir, tabrakan oleh kapal, slope sliding, gempa, kebakaran dan sebagainya
- b. Sebelum dan sesudah kendaraan dengan muatan berlebih melewati jembatan
- c. Ketika selama pelaksanaan pemeliharaan periodic/berkala sangat susah untuk menilai penyebab dan tingkat kerusakan jembatan
- d. Ketika tingkat pembebanan jembatan ingin/perlu ditingkatkan
- e. Jika kerusakan yang terjadi adalah serius atau pada kondisi teknis yang berbahaya
- f. Ketiga masa layan jembatan ingin diperpanjang melebihi umur rencana

Persyaratan Pemeriksaan Khusus

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

Item-item yang harus diperiksa pada pengujian khusus adalah

- Data yang relevant dari jembatan cable stayed harus dikumpulkan seperti laporan perhitungan, design drawing, hasil pengujian material, catatan selama konstruksi, rekaman perawatan dan pemeliharaan, laporan-laporan hasil pemeriksaan periodik dan khusus sebelumnya

- Pemeriksaan yang lengkap dan menyeluruh perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil obeservasi lengkap mengenai kerusakan, menguji komponen dan kinerja dari material, serta kondisi hidrologi dan geologi
- Verifikasi struktur harus dilakukan sesuai dengan dimensi aktual dilapangan, berkurangnya luasan, kekuatan serta modulus elastic aktual material, daya dukung actual pondasi, kondisi hidrologi serta spesifikasi dan standard terkini.
- Pengujian beban statis perlu dilakukan
- Pengujian beban dinamis perlu dilakukan untuk mengukur respon dinamis dan menganalisis frekuensi alamiah serta parameter dinamik struktur, serta mengevaluasi kinerja dinamik tersebut apakah masih meenuhi keselamatan dan kenyamanan pengguna jembatan
- Dari kelima item diatas, item pertama adalah mandatory, sedangkan item ke 4 dan ke 5 bersifat optional

Laporan hasil pemeriksaan khusus harus meliputi

- a. Deskripsi secara umum termasuk informasi dasar tentang jembatan, organisasi kerja, waktu pelaksanaan, latar belakang, serta bagan alir pelaksanaan kegiatan
- b. Deskripsi dari kondisi teknis terkini, termasuk hasil site investigasi, jenis pengujian serta metodenya, hasil pengujian dan analisisnya serta perkiraan /*assessment* kondisi teknis jembatan
- c. Penjelasan detail mengenai penyebab dan tingkat kerusakan, serta usulan perbaikan secara umu, peningkatan serta perkuatan
- d. Pada kasus dimana hasil pemeriksaan khusus menyatakan bahwa jembatan tidak memenuhi persyaratan, beban dan kecepatan kendaraan harus dibatasi dan lalu lintas harus ditutup sebelum perbaikan dan perkuatan dilaksanakan, serta perubahan kondisi struktur harus di monitor secara terus menerus.

## **8 Pemeliharaan Jembatan**

### **8.1 Prinsip Dasar, Tujuan, dan Lingkup Pemeliharaan**

Prinsip Pemeliharaan Jembatan Bentang Panjang adalah sebagai berikut :

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

Tujuan dari manajemen Pemeliharaan Jembatan Bentang Panjang adalah sebagai berikut

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

Persyaratan Manajemen Pemeliharaan Jembatan Bentang Panjang

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

Lingkup dari Manajemen pemeliharaan Jembatan Bentang Panjang meliputi

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

Jenis dari perawatan dan pemeliharaan Jembatan Bentang Panjang meliputi

a. Pemeliharaan Rutin dan Perbaikan Minor

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

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

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

c. Overhaul comprehensive

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

d. Peningkatan (improving atau upgrading)

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

e. Perbaikan dan perkuatan darurat

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

## 8.2 Pemeliharaan Rutin dan Perbaikan Minor

### 8.2.1. Umum

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

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

- Pembersihan secara umum
- Membuang tumbuhan liar dan sampah

- Pembersihan dan melancarkan
- Penanganan kerusakan ringan drainase
- Pengecatan sederhana
- Pemeliharaan permukaan lantai kendaraan

#### 8.2.2. Pelaksanaan Pembersihan

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

Kegiatan pembersihan mencakup:

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

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

#### 8.2.3. Pengecatan sederhana

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

#### 3.2.4. Penanganan Kerusakan pada Permukaan Jalan



---

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

### **8.3. Pemeliharaan Berkala**

#### **8.3.1. Umum**

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

- Kegiatan pemeliharaan berkala yang diduga
- Perbaikan sederhana

Kegiatan pemeliharaan berkala diduga mencakup hal-hal sebagai berikut:

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

Perbaikan sederhana mencakup hal-hal :

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

#### **8.3.2. Pemeliharaan Berkala yang Terencana**

##### **8.3.2.1. Pengecatan**

Kegiatan pengecatan dilakukan dengan maksud:

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

#### **8.3.2.2. Penggantian Lapisan Aspal Permukaan**

Lapisan permukaan jalan pada jembatan memerlukan penggantian secara berkala. Permukaan aspal yang berada diatas lantai baja atau lantai beton akan tahan sekitar 5 tahun sampai 8 tahun sebelum memerlukan penggantian. Lapisan aspal permukaan sebaiknya dikupas terlebih dulu dari lantai sebelum lapisan yang baru dipasang. Ketebalan lapisan aspal tidak boleh melebihi 50 mm.

#### **8.3.2.3. Pembersihan Utama**

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

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

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

#### **8.3.2.4. Landasan/perletakan**

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

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

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

#### **8.3.3. Perbaikan ringan**

##### **8.3.3.1. Perbaikan dan Penggantian Bagian-bagian Kecil**

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

##### **8.3.3.2. Membersihkan/memperbaiki Bagian-bagian yang Bergerak**

Bagian-bagian yang bergerak perlu dibersihkan atau diperbaiki agar bagian tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik. Agar bagian tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik



biasanya diberi pelumasan yang teratur dengan jenis gemuk berat setelah dibersihkan terlebih dulu.

#### 8.4 Peralatan Pemeliharaan Jembatan

Beberapa peralatan yang digunakan untuk Pemeliharaan Jembatan antara lain :

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

- 
- Sendok Semen
  - Pita Ukur (5 m & 50 m)
  - Alat Ukur
  - Pengukur Lebar Retak
  - Lampu Senter
  - Tali Plastik
  - Sikat Baja
  - Sabit Pemotong
  - Golok
  - Ember Plastik
  - Tang Jepit & Pemotong
  - Obeng (Screw Driver)
  - Linggis
  - Troli dorong
  - Kereta Dorong
- g. Tanda Pengaman Kerja, terdiri dari :
- Kerucut (Traffic Cone)
  - Rompi Kerja
  - Papan Peringatan
  - Rambu Peringatan
  - Pita Kuning
  - Bendera
- h. Unit Alat Penggantung, terdiri dari :
- Tangga Penggantung
  - Rantai
  - Pengikat Rantai
  - Lampu Penerangan
- i. Monitoring, terdiri dari :
- Komputer Portabel (Laptop PC)
  - Kamera digital
  - Kamera Video (Handycam)
  - Nat Tulis

j. Peralatan Pemeriksaan Khusus:

- Peralatan Pengukur Data Dinamik Jembatan,
- Peralatan Pengukur Perpindahan pada Pilon,
- Peralatan Pengukur Geometrik Jembatan
- Hammer test
- Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

## 8.5 Pengujian dan Perkiraan Kondisi Teknis serta Daya Dukung jembatan

### 8.5.1 Pengujian Kondisi Teknis Jembatan

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

Secara umum pengujian yang dilakukan meliputi

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

### 8.5.2 Pengujian dan Perkiraan Daya dukung Jembatan

Pada kasus-kasus berikut, daya dukung jembatan perlu dievaluasi

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

Metode Pemeriksaan kapasitas daya dukung jembatan adalah sebagai berikut

- Untuk jembatan panjang yang sedang beroperasi, jika tidak 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 pylon, balok, 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 standar. Untuk jembatan yang mengalami kerusakan, uji beban harus dilaksanakan pada bentang yang rusak atau bagian yang mengalami kerusakan untuk menetapkan reduksi terhadap kapasitas daya dukung jembatan akibat kerusakan yang terjadi.
- Pada jembatan tanpa loading test, secara umum penyesuaian kondisi teknis jembatan dan perhitungan teoritis harus dilakukan dan hasilnya dibandingkan dengan hasil pengukuran di lapangan untuk mendapatkan penilaian yang dapat dipercaya.

Komponen dari pemeriksaan kapasitas daya dukung jembatan adalah sebagai berikut

- Investigasi dari kondisi teknis dan perhitungan teoritis  
Kondisi teknis dari setiap elemen dari jembatan dan sejarah pembebanan harus di review dan diinvestigasi. Jika diperlukan dilakukan pengukuran langsung dengan alat yang sesuai untuk mendapatkan data seperti panjang bentang, dimensi penampang penting, elevasi jembatan, kekuatan material, retak, penurunan pondasi, gaya dan perpindahan dari pylon, balok, cable dan perletakan. Perhitungan struktur harus dilakukan sesuai dengan file teknis, data, dan spesifikasi untuk mendapatkan kapasitas daya dukung jembatan
- Uji beban  
Untuk jembatan bentang panjang, uji beban harus dilakukan. Pada jembatan bentang panjang dimana ditemukan banyak retakan dan kelemahan dari penampang, akan terdapat ketidakpastian dari hasil perhitungan. Karena itu metode paling andal adalah dengan Uji beban. Jika kendaraan dengan beban berlebih akan melewati jembatan, uji simulasi harus dilakukan untuk mendapatkan data akurat dari kapasitas daya dukung jembatan. Uji beban harus mendapatkan data tegangan, lendutan serta perilaku dinamik jembatan. Untuk struktur beton dengan banyak retakan, pengukuran kekuatan aktual harus dilakukan
- Evaluasi kondisi teknis dan perkiraan kapasitas daya dukung  
Berdasarkan evaluasi atas kondisi teknis jembatan, perhitungan kapasitas daya dukung dan data hasil uji beban, akan didapat tiga macam analisis dan kesimpulan sebagai berikut  
Jika kondisi teknis adalah bagus dan kapasitas daya dukung memenuhi tingkat beban yang lewat, maka jembatan dapat dioperasikan sesuai beban rencana dan pemeliharaan normal serta perbaikan ringan sesuai keperluan dapat dilakukan

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

- Penyimpanan dokumen hasil perkiraan daya dukung jembatan

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

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

## **8.6 Perawatan dan Pemeliharaan Struktur Bawah**

### **8.6.1. Pondasi**

Pemeliharaan dan perbaikan minor dari pondasi adalah sebagai berikut

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

Perbaikan dan perkuatan dari pondasi harus memenuhi persyaratan berikut

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

### **8.6.2 Sistim Proteksi Katodik**

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

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

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

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

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

Adapun jenis proteksi katodik ada dua yaitu :

- Anode yang dikorbankan (sacrificial anode) atau sistem pasif.  
Sacrificial Anode menggunakan bahan logam jenis alumunium (Al) atau zinc (Zn). Logam ini sering digunakan pada sistem proteksi katodik, walaupun pada beberapa kasus juga digunakan logam magnesium (Mg).
- Arus Tanding (impressed Curent) 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 ataukah Impressed Current. Kerja yang dinamis secara elektrokimia pada baja itu dapat berubah atau berfluktuasi karena faktor internal dalam sistem proteksi maupun oleh faktor eksternal yang ada disekitar baja itu sendiri.

Faktor internal yang menjadi variabel perubahan tergantung pada jenis Proteksi Katodik yang kita terapkan pada baja. Variabel perubahan pada Proteksi Katodik Anoda Korban



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

Untuk Proteksi Katodik Anoda Korban, perubahan kinerja proteksi dapat terjadi akibat mengecilnya ukuran anoda korban karena terlarut kedalam lingkungan atau karena perubahan pada resistifitas tanah disekitar pipa akibat interaksi tanah dengan perubahan cuaca, atau berubahnya resistifitas 'backfill' disekeliling anoda korban akibat tingginya diffusi unsur-unsur luar kedalam backfill. Perubahan lingkungan disekitar baja dapat juga disebabkan oleh pencemaran atau modifikasi yang dilakukan secara sadar oleh manusia. Pada umumnya, perubahan kinerja Proteksi Katodik Anoda Korban berupa penurunan suplai arus proteksi yang berakibat pada penurunan potensial proteksi baja. Halmana berakibat pada penurunan kinerja proteksi yang berarti tidak maksimalnya perlindungan baja terhadap serangan korosi.

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

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

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

Pemeliharaan sistim Arus Tanding / Impressed Current System adalah sebagai berikut

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

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

- Apakah sistim proteksi katodik secara keseluruhan masih berjalan
- Potensi yang ada antara struktur dan tanah

- Interference testing
- Pemeriksaan isolasi dan conductivity

### 8.6.3 Pile Cap

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

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

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

Pemeliharaan dan Perbaikan minor dari Pile cap adalah sebagai berikut

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

Perbaikan dan perkuatan dari pile cap adalah sebagai berikut

- a. Jika permukaan beton yang berada dibawah muka air mengalami erosi , spalling, honeycomb, dan kerusakan lainnya, pengkasaran harus segera dilakukan pada saat kondisi pasang, dibersihkan dengan air bersih dan dilakukan finishing dengan beton yang cepat mengeras atau mortar untuk menjamin beton lama dan baru menyatu
- b. Jika permukaan beton yang berada dibawah muka air mengalami erosi , spalling, honeycomb, dan kerusakan lainnya dengan kedalaman lebih dari 3 cm dan luas lebih dari 0.5 m<sup>2</sup>, 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 penangan 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 adalah 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 angkur retak, *spalling*, bocor, dan angkur pratekan terekspose, angkur pratekan tersebut harus segera dilapis dengan cat anti karat.

## **8.7 Perawatan dan Pemeliharaan Pada Struktur Atas Jembatan Pelengkung Beton**

### **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.

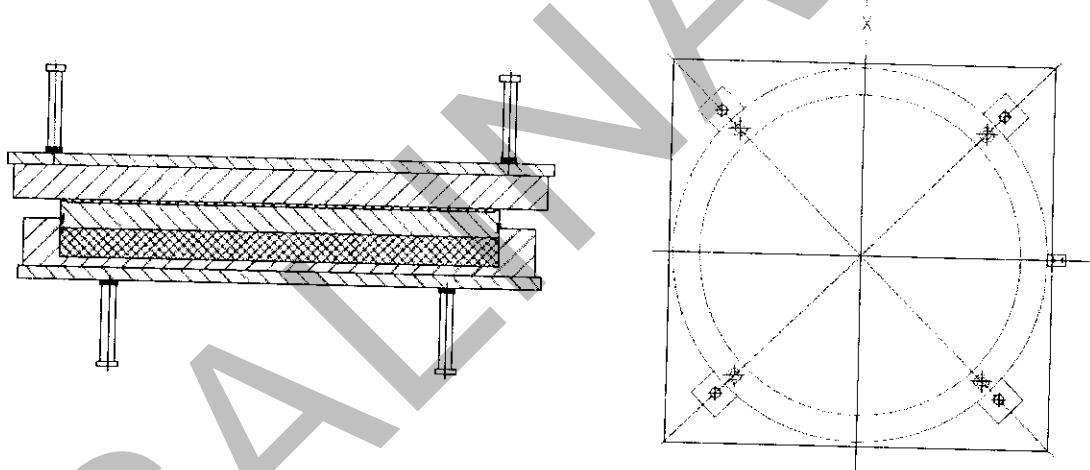
### **8.7.2 Mechanical Perletakan (*Bearing*)**

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

- a. Prinsip pemeliharaan dan perbaikan *Bearing*
  - Prinsip pemeliharaan dan perbaikan bearing adalah untuk menjamin perletakan berada pada kondisi dimana tegangan dan deformasi berada pada batas yang diijinkan. Untuk itu perlu dilakukan inspeksi dari kinerja perletakan seperti kondisi tegangan dari perletakan dan posisi awal perletakan seketika setelah bearing bekerja. Hasil inspeksi awal tersebut akan digunakan sebagai catatan asli dari kondisi perletakan dalam keadaan normal.
  - Secara umum, sebelum inspeksi dilakukan, perletakan harus benar-benar bersih dan hasil pemeriksaan harus dicatat.
  - Selama pemeriksaan, perletakan harus diperiksa terlebih dahulu apakah mengalami kerusakan (termasuk pada lapisan pelindung korosi). Jika tidak ditemukan kerusakan, serta bearing berada pada rentang normal, posisi aktua

dari bearing harus dicatat. Jika memungkinkan, kondisi bisang gelincir harus diperiksa. Demikian juga dengan bagian struktur yang berada di dekat perletakan

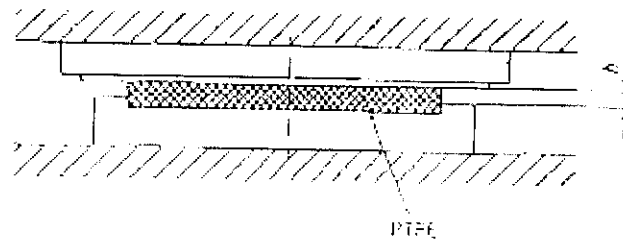
- Dengan mengkombinasikan deviasi antara posisi aktual pada kondisi lingkungan saat inspeksi dilaksanakan (suhu, *shrinkage*, *creep*, pembebanan) dan posisi teoritis, maka perlu dibuat catatan sebagai dokumentasi
- Jika terlihat ada kerusakan atau deviasi posisi, atau deformasi, atau retak, harus dicatat dan didokumentasikan. Survey yang detail dan hati-hati harus dilakukan berkait perpindahan, deformasi dan rotasi.
- Pada kasus tertentu hanya bagian tertentu dari perletakan yang direkomendasikan untuk diperbaiki dan diganti, misalnya
  - Jika terdapat catat atau kerusakan pada permukaan (retak, deformasi, kesalahan pemasangan, ketidakcukupan *sealing*, dll)
  - Baut dan part-part yang berkarat
  - Kegagalan perlindungan korosi



Gambar 8.1 Pot Bearing

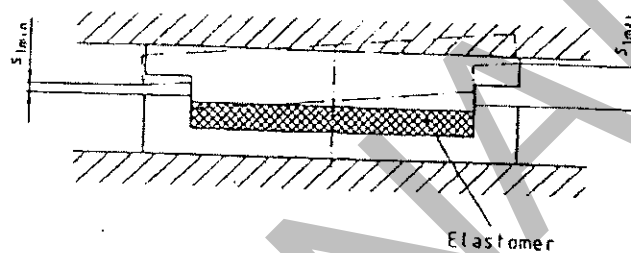
b. Aturan dalam inspeksi dan evaluasi dari perletakan

- Inspeksi sebagaimana diuraikan diatas harus dilaksanakan setiap tahun sejak saat jembatan dibuka sampai dengan lima tahun. Setelah tahun ke lima, secara prinsip jembatan berada pada kondisi yang stabil. Dengan mengkombinasikan hasil inspeksi selama lima tahun pertama rentang waktu pemeriksaaan 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

#### 8.4.7 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.

#### 8.4.8 Pemeliharaan *Lock Up Device*

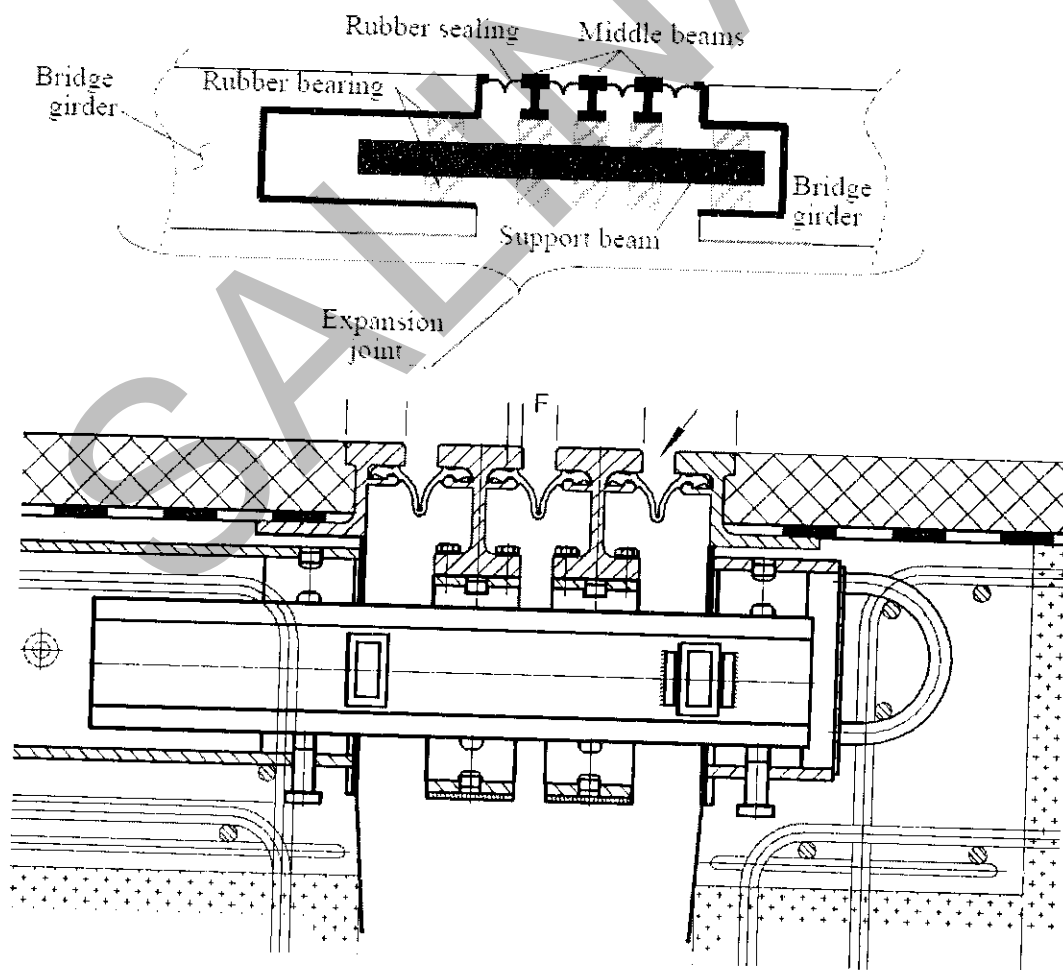
Pemeliharaan *Lock Up Device* dilakukan sebagai berikut

- 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

#### 8.4.9 Pemeliharaan *Expansion Joints Modular*

- a. 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 di lokasi yang tepat, maka sambungan las tersebut harus diperbaiki.
  - Jika beton pada *expansion joint* rusak, menyusut, mengalami kegagalan yang serius atau tingkat kerataan dari aspal beton telah melebihi 3 mm, aspal beton di sekitar *expansion joint* harus segera diperbaiki. Setelah itu dilakukan pengaspalan kembali.
- b. Jika *expansion joint* rusak dan perbaikan kerusakan tersebut sudah tidak memungkinkan, maka perlu dilakukan penggantian *expansion joint* yang baru dengan tipe dan jenis yang sama dengan yang sebelumnya.
- c. Penggantian *expansion joint* harus memenuhi persyaratan berikut :
- Lebar *expansion joint* yang dipasang tergantung pada temperatur ketika pemasangan dilakukan. Waktu pemasangan yang direkomendasikan yaitu pada suhu tidak terlalu panas.
  - Persyaratan teknis pemasangan *expansion joint* yang baru harus terpenuhi. Pada titik sambungan, jika bagian angkur dari gelagar hilang, maka pada bagian tersebut dibuat lubang dengan bor dan tulangan langsung di pasang pada lubang tersebut.
  - Pada saat pemasangan dan pengelasan *expansion joint*, panjang penyaluran antara sambungan tulangan dan sambungan tulangan angkur harus memenuhi persyaratan pengelasan yang berlaku. Las titik untuk sambungan tidak diijinkan
  - Sabuk pelindung beton yang digunakan pada saat instalasi *expansion joint* harus memenuhi persyaratan desain yang berlaku, tidak boleh kurang dari K400, serta mempunyai kekuatan awal tinggi. Sabuk pelindung tersebut harus terbuat dari beton yang dilapisi serat baja.

- Harus dipastikan bahwa pada bagian bawah dan bagian belakang dari *expansion joint* beton terisi penuh oleh beton
  - Setelah mencapai kekuatan yang direncanakan dan *expansion joint* terpasang dengan baik, maka lalu lintas dapat dibuka kembali.
- d. Sabuk pelindung beton dari *expansion joint* harus dalam kondisi baik dan tidak memiliki retak atau perlemahan. Luas lubang yang ada tidak boleh lebih dari 0,1 m<sup>2</sup> dengan kedalaman tidak boleh melebihi 20 mm. Sabuk pelindung yang mengalami perlemahan dan terdapat lubang harus segera diperbaiki.
  - e. Perbedaan elevasi pada sambungan antara lapisan pelindung dan dek tidak boleh melebihi 3 mm, dan perbedaan ketinggian sambungan antara lapisan pelindung dan ekspansi joint juga tidak boleh melebihi 3 mm.
  - f. Jarak sambungan ekspansi harus diukur, dan tidak boleh kurang dari jarak minimum yang rencanakan dan tidak akan lebih dari jarak maksimum yang direncanakan. Data-data tersebut harus dicatat.
  - g. Jarak antar rel dari *expansion joint modular* (f) harus di periksa apakah masih sesuai dengan batasan-batasa pada saat perencanaan



Gambar 8.4 *Expansion Joint Modular*



#### **8.4.9 Fasilitas pendukung dan lain-lainnya**

##### **8.4.9.1 Lampu Navigasi dan lampu obstruksi penerbangan**

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

##### **8.4.9.2 Batang Penangkal Petir (*Lightning Rods*)**

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

##### **8.4.9.3 Sistem tenaga listrik, sistem penerangan pelat, dan sistem penerangan pada pilon dan box girder.**

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

##### **8.4.9.4 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.

#### **8.4.9.6 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.



## **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 :

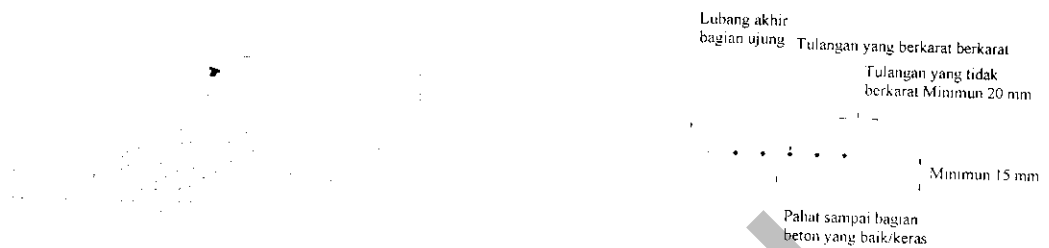
- Kerontokan beton
- Beton keropos
- Beton yang berrongga

- Mutu beton yang jelek
- Beton yang tidak padat

**CARA PENANGANAN:**

- (1) Buang/lepaskan semua bagian beton yang lepas dan rusak sampai bagian beton yang baik terlihat dan dalam keadaan bersih.
- (2) Usahakan melepaskan beton sampai  $\pm 15$  mm dibelakang besi tulangan agar didapat ikatan yang baik.
- (3) Bersihkan semua karat yang ada pada besi tulangan
- (4) Jika terdapat besi tulangan yang diameternya 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.

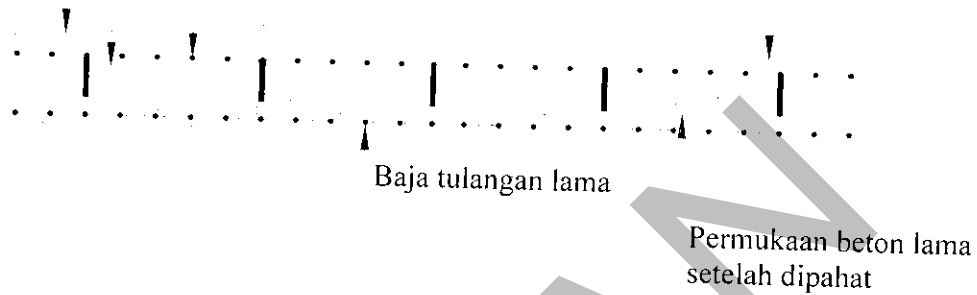
Permukaan Beton Baru

Beton Mutu Tinggi

5 x 100 x 100 mm baja  
yang dilas - pabrikasi

Tebal min. 5 cm

8mm angkur baja  
jarak 50 x 50 cm



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 mencuat 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 pengkaraman 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"> <li>• Cat dasar : Jenis alkyd zinc chromate Ketebalan 40 mikron (minimum)</li> <li>• Cat akhir : Jenis Alkyd enamel Ketebalan 50 mikron (minimum)</li> </ul> <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

Unluc 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 :

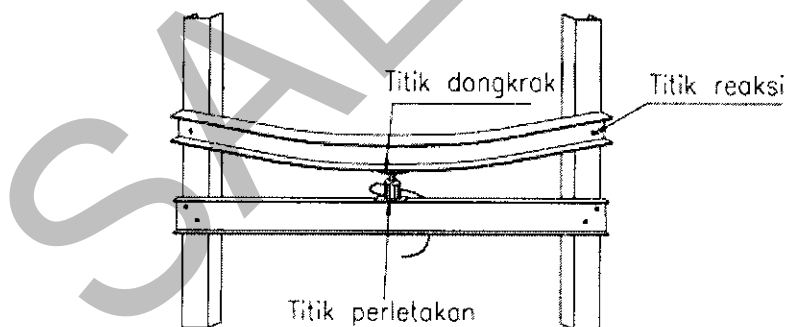
Tabel 4.2. Pendaian Kondisi pada Elemen Baja dan cara Penanganannya

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) Perbaikan 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) Perbaikan 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 308 - Ikatan/Sambungan Yang Longgar**

**9.2.7.1 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.

**9.2.7.2 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.

**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 pengaman (krib) yang melintang sungai untuk memperlambat atau membelokkan arus aliran sungai.
- Bangunan pengaman (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.

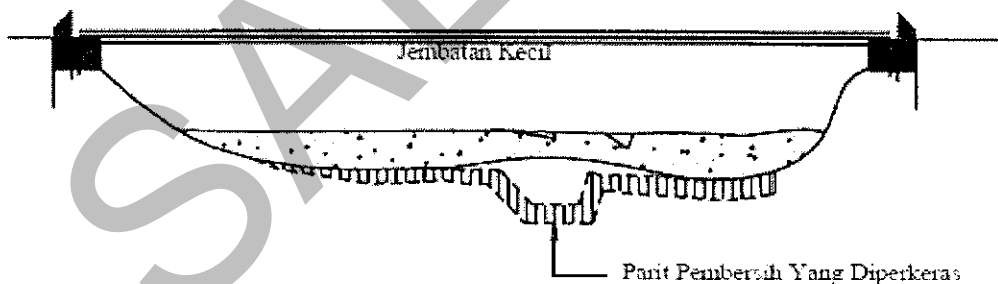
##### CARA PENANGANAN :

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 daerah 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. Pelantaian 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 :**

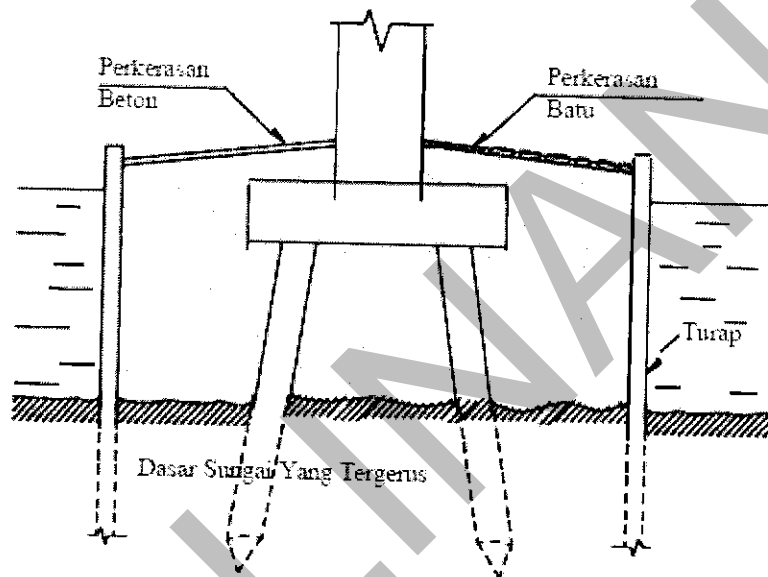
Scouring dapat dikendalikan dengan menggunakan berbagai cara pemilihan cara/metode tertentu tergantung pada kondisi dan situasi yang ada.

Beberapa cara penanggulangan diuraikan pada Tabel 10.1. berikut ini.

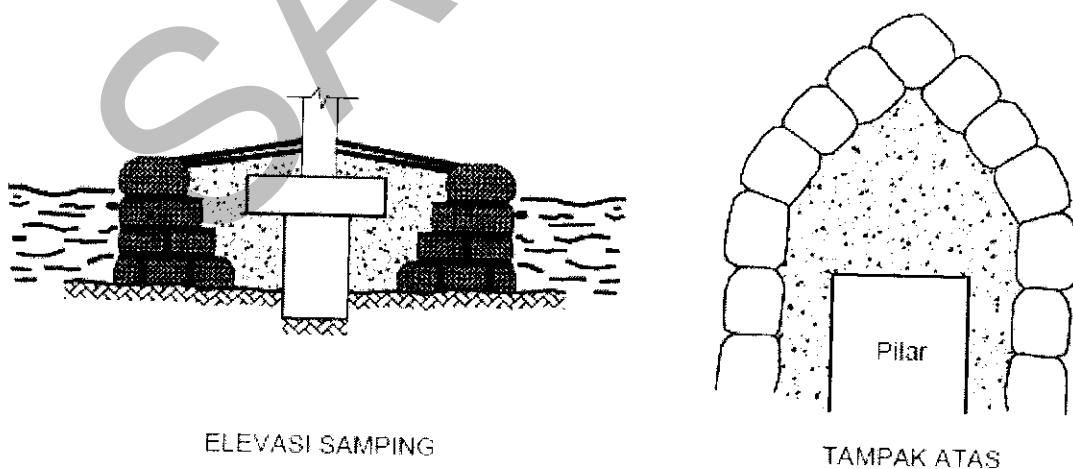
Tabel 10.1. Cara penanganan pengamanan gerusan

<b>Tipe</b>	<b>Kecocokan penggunaan</b>
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 selebar sungai. Dapat dibuat dari beton, bronjong, pemagaran ganda dengan pengisian batu diantaranya, turap dan lain-lain.
<b>Tipe</b>	<b>Kecocokan penggunaan</b>

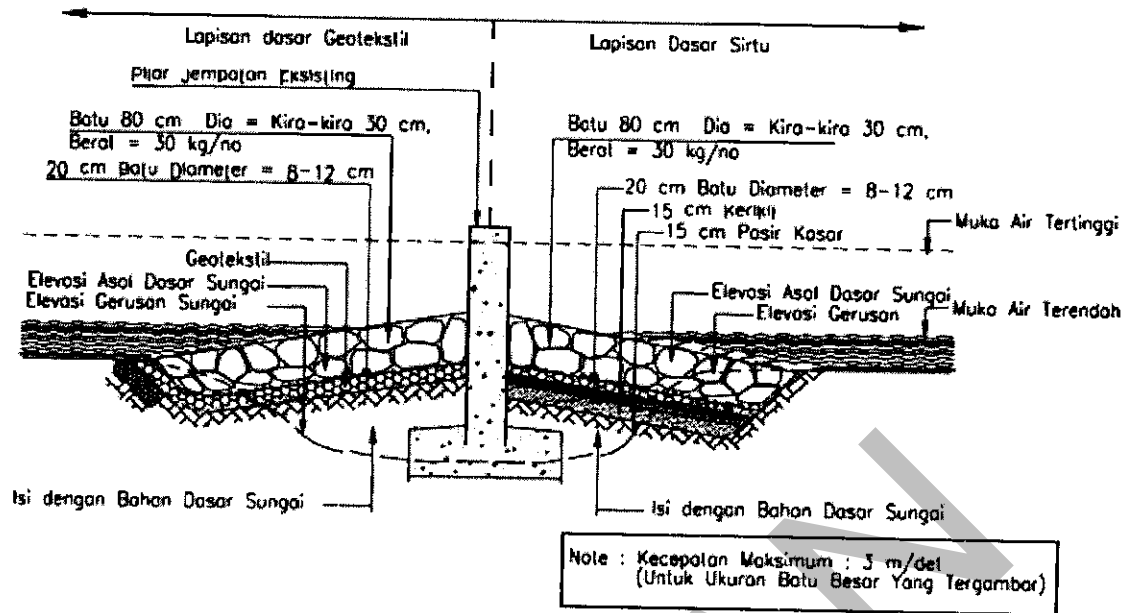
Pembuatan perkerasan alur pembersih	Aliran sungai yang dangkal tempat aliran sungai dapat dipindahkan selama pelaksanaan. Biasanya hanya digunakan pada jembatan dengan bentang kecil.
Tetrahedron	Jika terjadi lubang akibat gerusan dan gunanya untuk mencegah erosi.
Rip-rap/ pasangan batu besar	Untuk melindungi fondasi disekeliling pilar



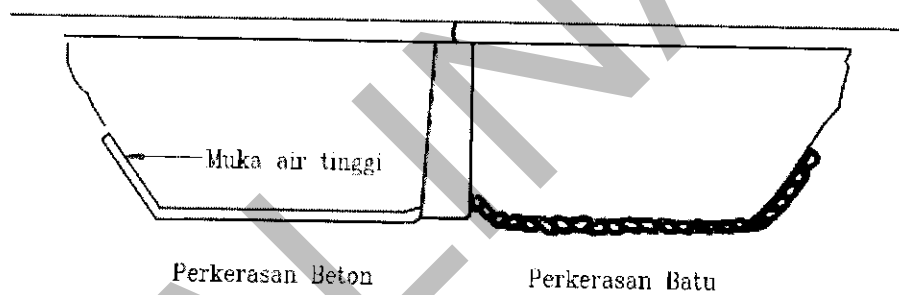
Gambar 10.2. Turap



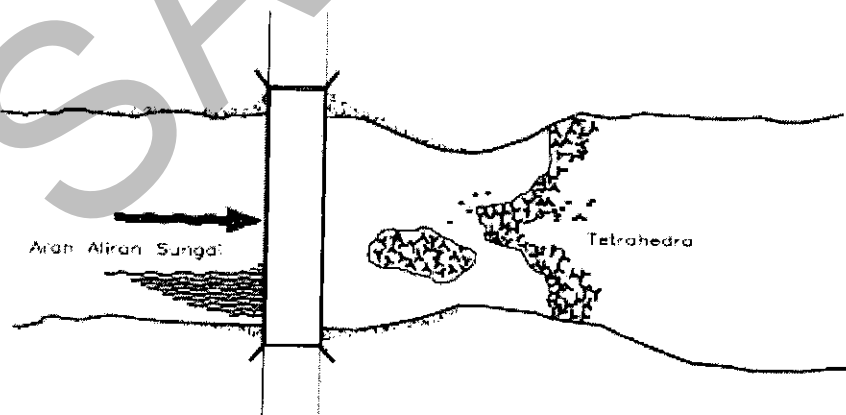
Gambar 10.3. Bronjong



Gambar 10.4. Rip-rap atau pasangan Batu Besar



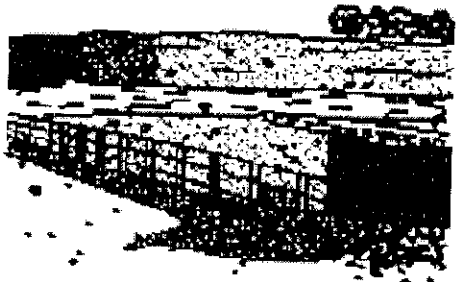


Gambar 10.5. Pembuatan Perkerasan Lantai Dengan Beton atau Batu Besar

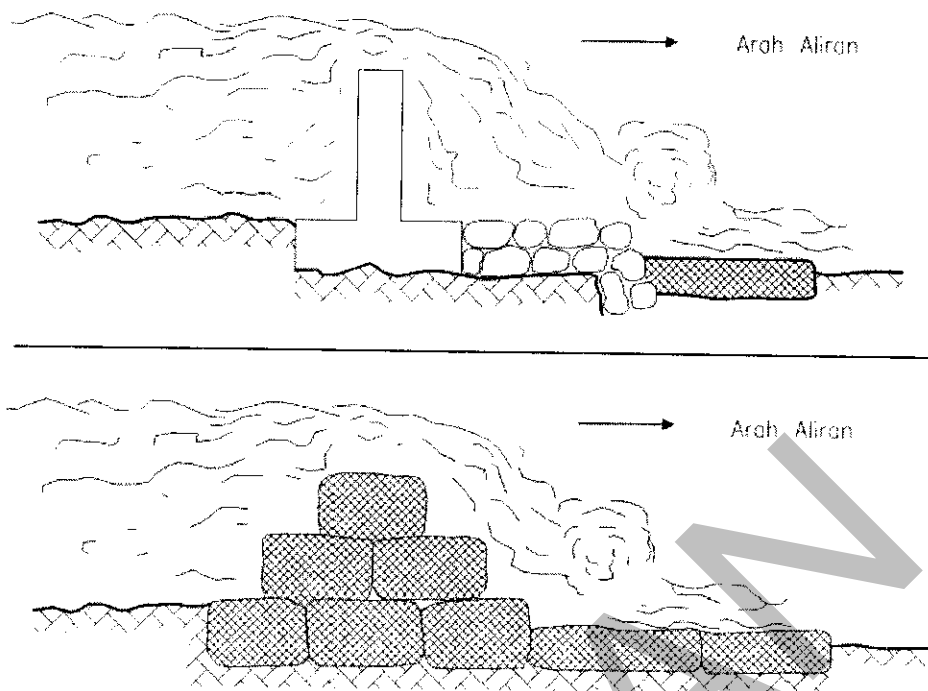


Gambar 10.6. Tetrahedra untuk Menahan Gerusan Arah Hilir Sungai

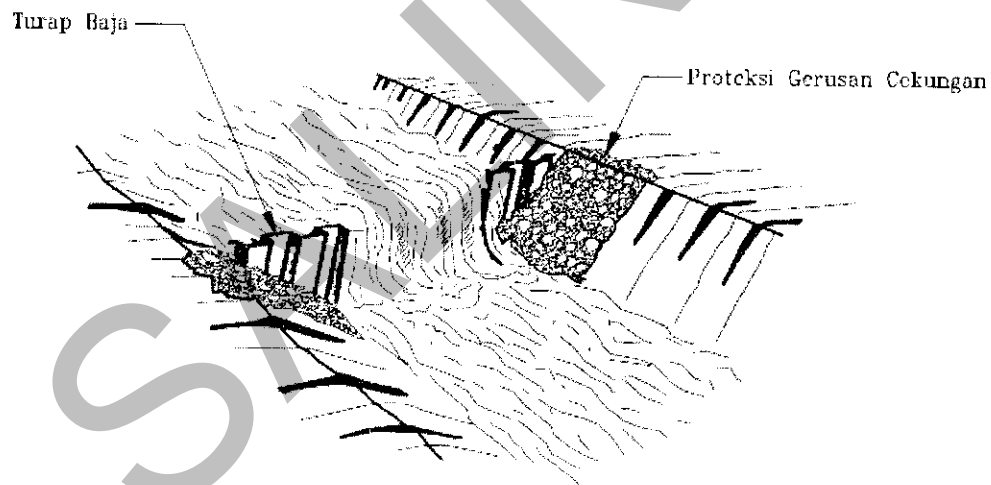
Bilamana digunakan batuan yang besar, maka harus digunakan lapisan geotextile sebagai lapisan dasarnya guna melindungi hanyutnya material halus dibawah batuan.

<p><b>URAIAN:</b></p> <p>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.</p> <p>Bangunan ini dapat memperlambat aliran yang menyebabkan menyumbatnya sedimen dan membentuk tebing sungai baru dalam alur sungai.</p>	 <p>(a) Penahan yang dapat tembus</p>
<p><b>URAIAN:</b></p> <p>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.</p> <p>Perbedaan dari penahan ini dari kereb adalah lebih pendek (tidak panjang) dari lebih tinggi dari penahan, dan fungsinya lebih diarahkan pada pengaman tebing.</p> <p>Krib bekerja sebagai penghalang aliran sungai pada daerah yang akan direklamasi yang mengarah pada pengendapan material.</p>	 <p>(b) Krib yang dapat tembus</p>
<p><b>URAIAN:</b></p> <p>Struktur yang tidak tembus air dibangun dalam dasar sungai, menonjol dari tebing sungai umumnya tegak lurus terhadap aliran.</p> <p>Strukturnya biasanya kaku (misalnya tiang pancang dan dinding panel) atau fleksibel (misalnya dinding batu, balok beton yang lepasan, dan bronjong)</p> <p>Krib menghalangi aliran pada daerah yang akan diperbaiki, mengakibatkan pengendapan material dan tumbuhnya tumbuhan.</p>	 <p>(c) Krib yang tidak dapat tembus</p>

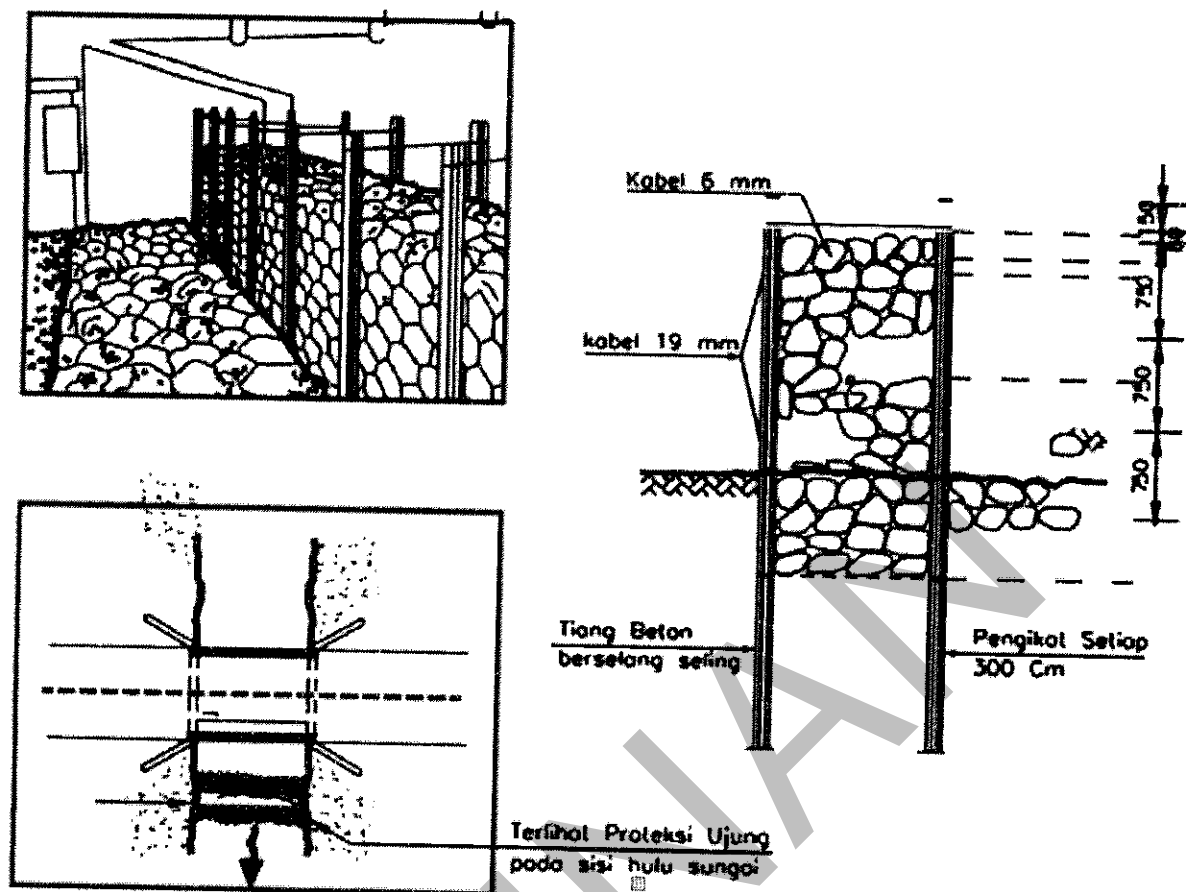
Gambar 10.7. Krib dan Penghalang



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 menghindarkan 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"> <li>- pasangan batu kosong</li> <li>- kawat anyaman</li> <li>- bronjong</li> <li>- tanaman</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- turap baja</li> <li>- tiang atau dinding</li> <li>- Penahan tanah beton</li> <li>- bronjong yang diperkuat</li> </ul>
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"> <li>- Pengikisan bagian ujung struktur</li> <li>- Tidak sesuai ukuran pasangan batu kosong</li> <li>- Tidak cukupnya drainase dinding</li> <li>- Pengikisan bronjong</li> <li>- Tidak cukupnya material endapan di daerah hilir</li> </ul>	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 dalaman 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.

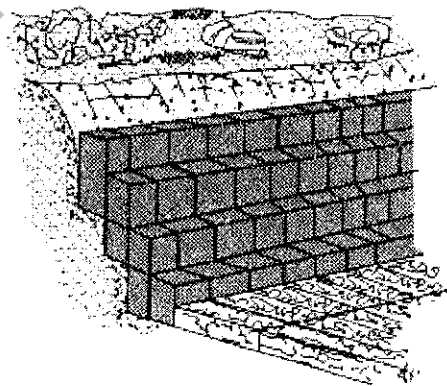
Gambar 10.11 sampai 10.18 menyajikan berbagai jenis penanganan

#### URAIAN:

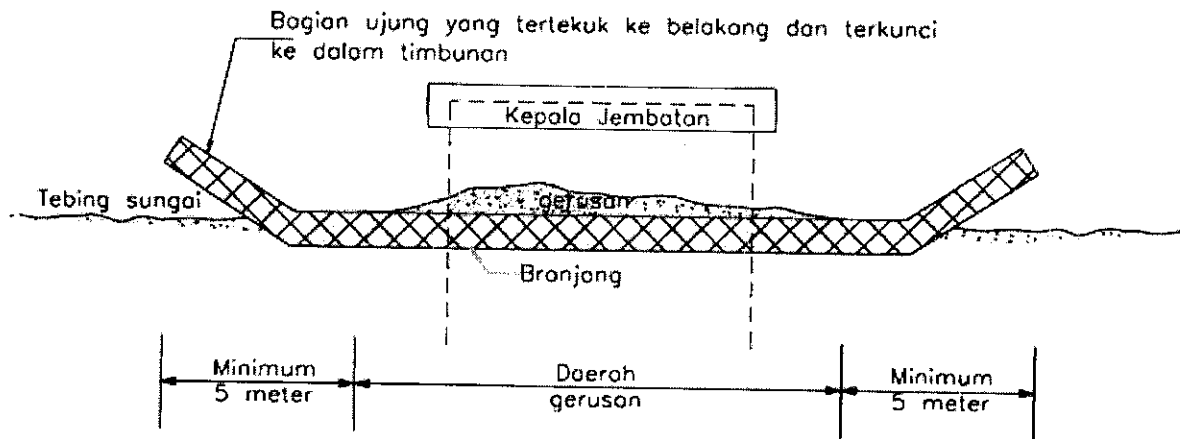
Bangunan terbuat dari kawat anyaman yang sudah digalvanis dan kemudian diisi batu atau batuan sungai yang diletakkan di atas atau bersebelahan dengan dasar sungai untuk mencegah gerusan pada dasar sungai atau tebing.

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

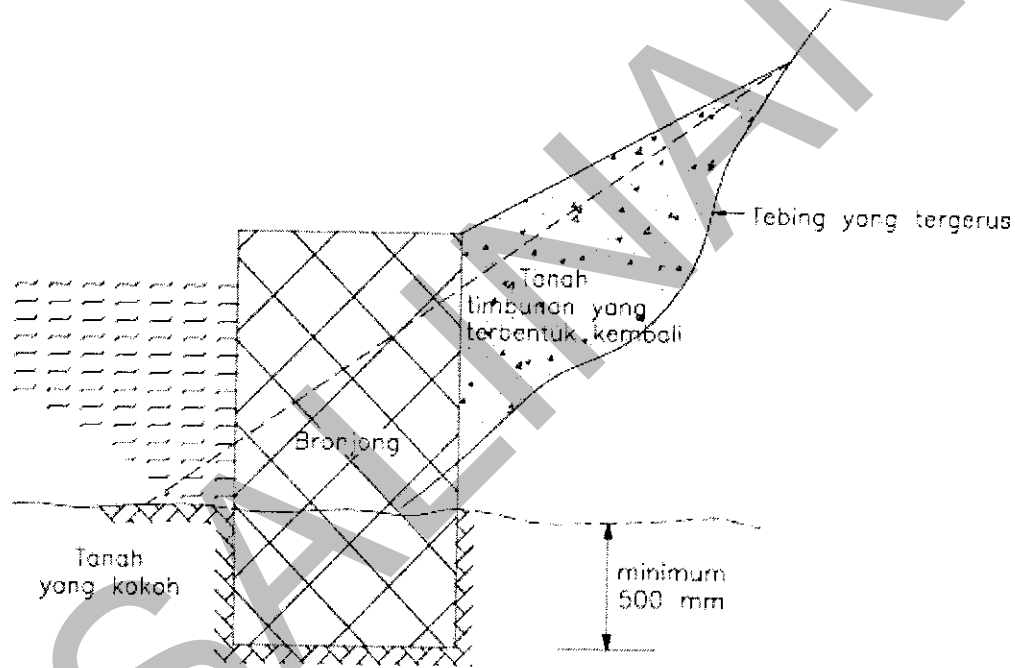
Pemasangan kawat bronjong bertujuan untuk mengurangi gerusan yang akan terjadi dan menyediakan pengaman.



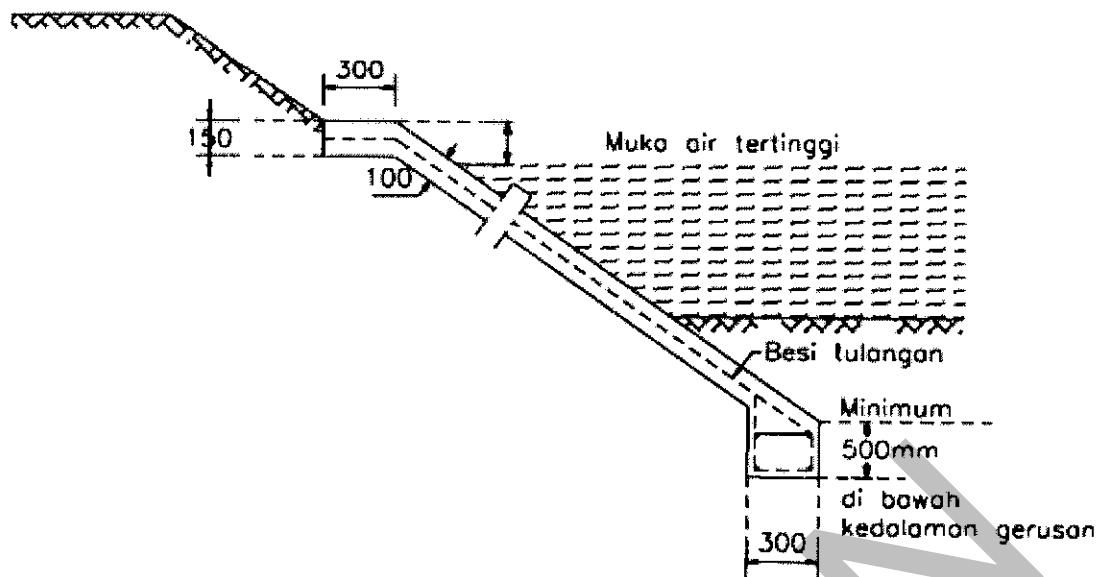
Gambar 10.11. Bronjong sebagai Bangunan Pengaman Scouring



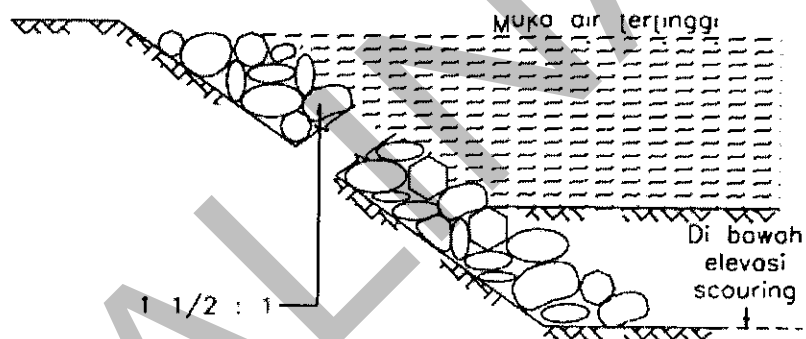
Gambar 10.12. Denah Pemakaian Bronjong untuk Penanganan scouring tanah timbunan



Gambar 10.13. Potongan Melintang Penanganan dengan Bronjong



Gambar 10.14. Dinding Beton Bertulang Sebagai Pengaman Tebing



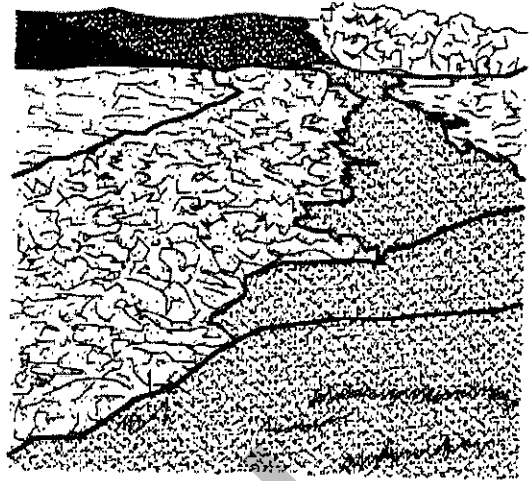
Gambar 10.15. Pasangan Batu Kali Sebagai Pengaman Tebing

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:

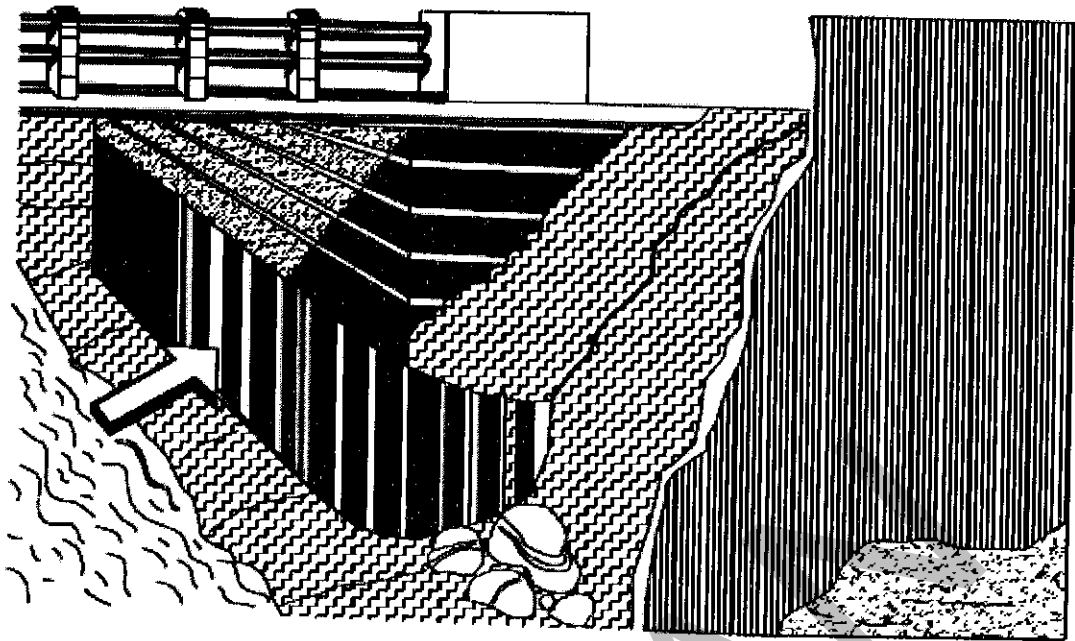
Tanaman dapat pula berfungsi sebagai mekanisme stabilisasi utama atau pengarah pada jenis pekerjaan stabilisasi lainnya. Hal ini sangat penting terutama untuk menstabilkan daerah reklamasi.

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

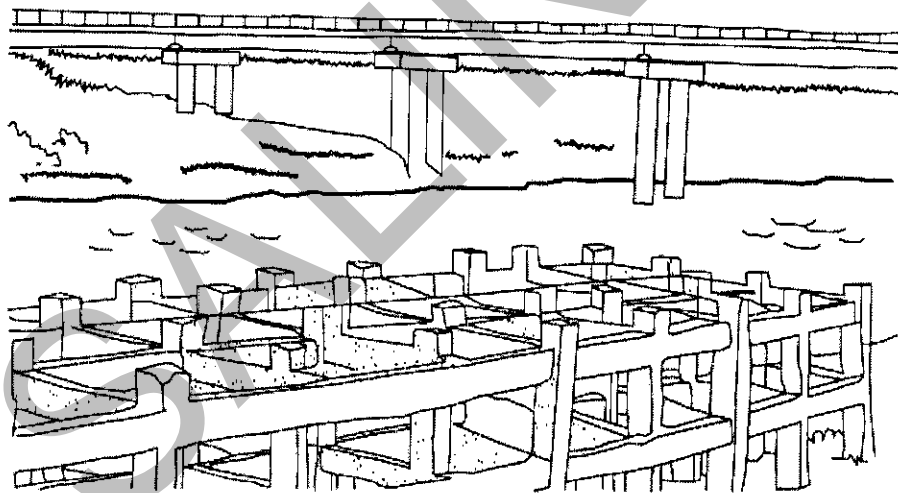


(b) Tanaman sebagai pengaman tebing terhadap erosi

Gambar 10.16. Pengamanan Tebing

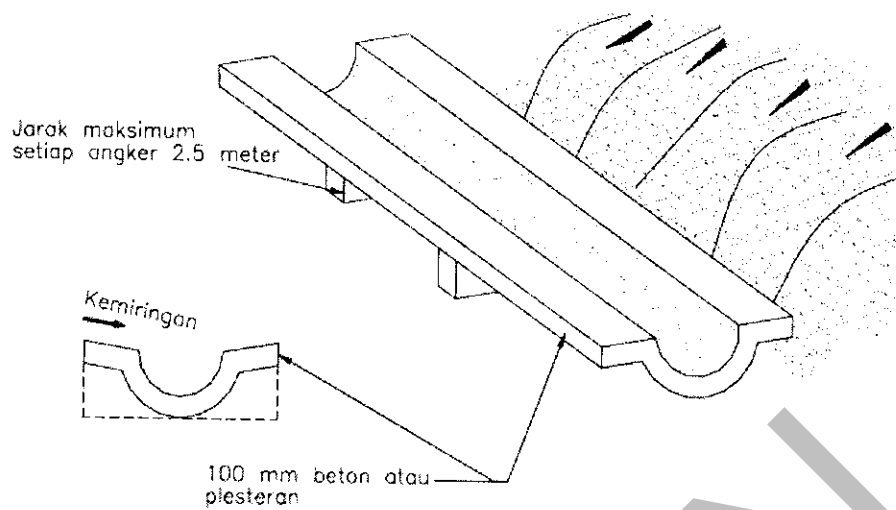


Gambar 10.17. Pengamanan Dengan Turap

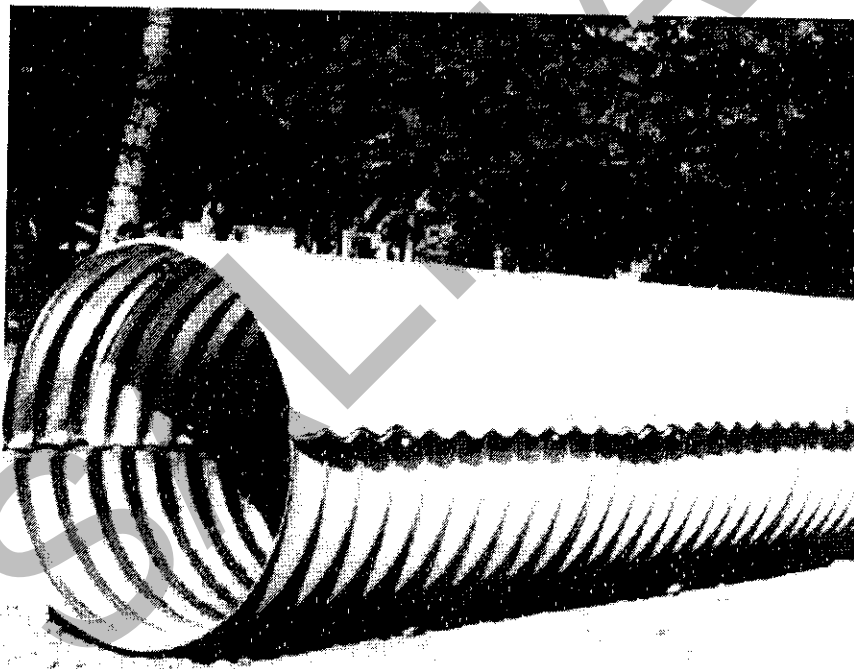


Gambar 10.18. Pemecah Energi Arus Sungai

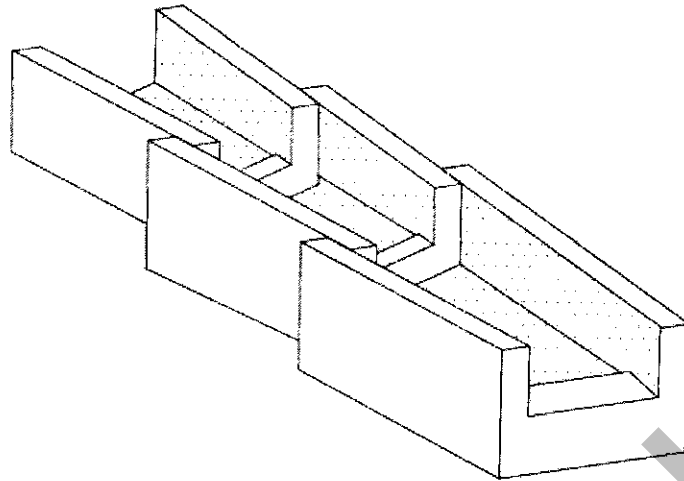




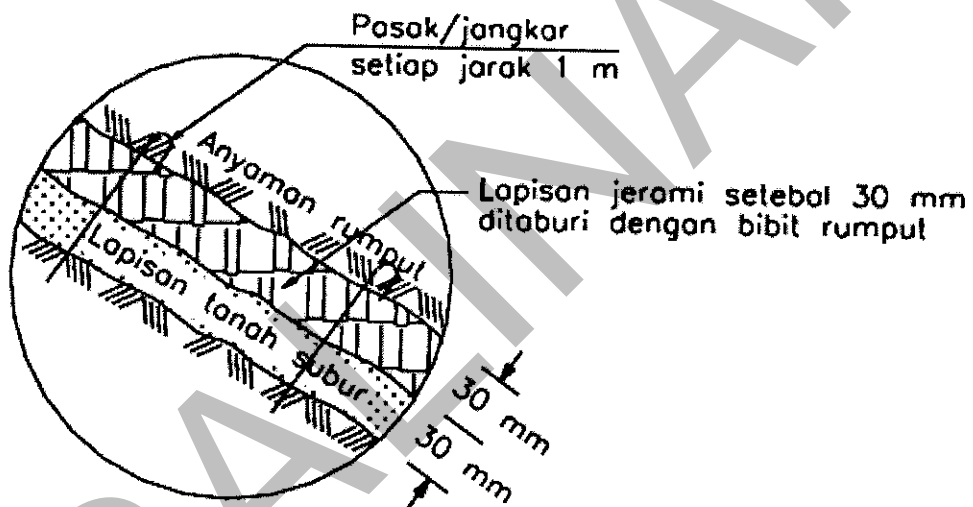
Gambar 10.19. Drainase Beton atau Pasangan Batu



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
- Penggembungan 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

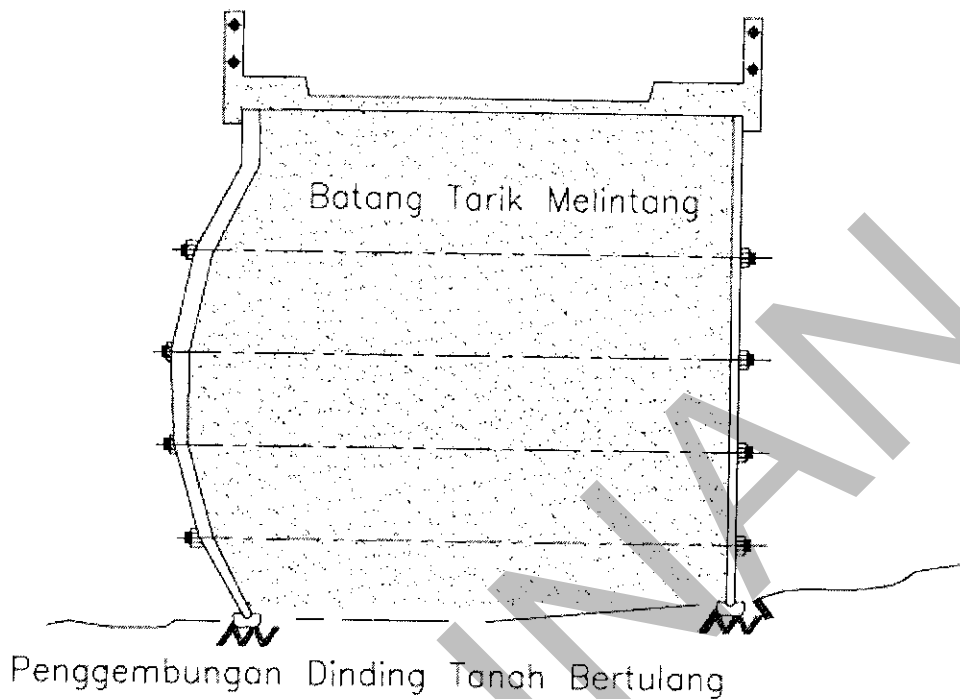
Penggembungan pada dinding tanah bertulang merupakan suatu hal yang berbahaya. Penggembungan ini dapat disebabkan oleh masalah berikut :

- 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.

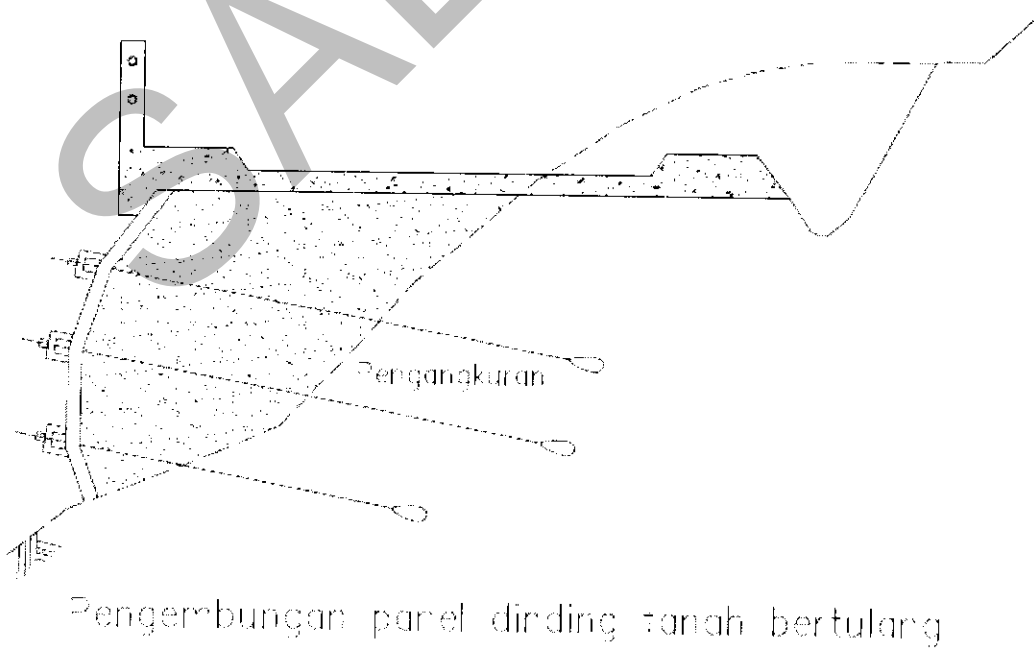
#### CARA PENANGANAN :

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

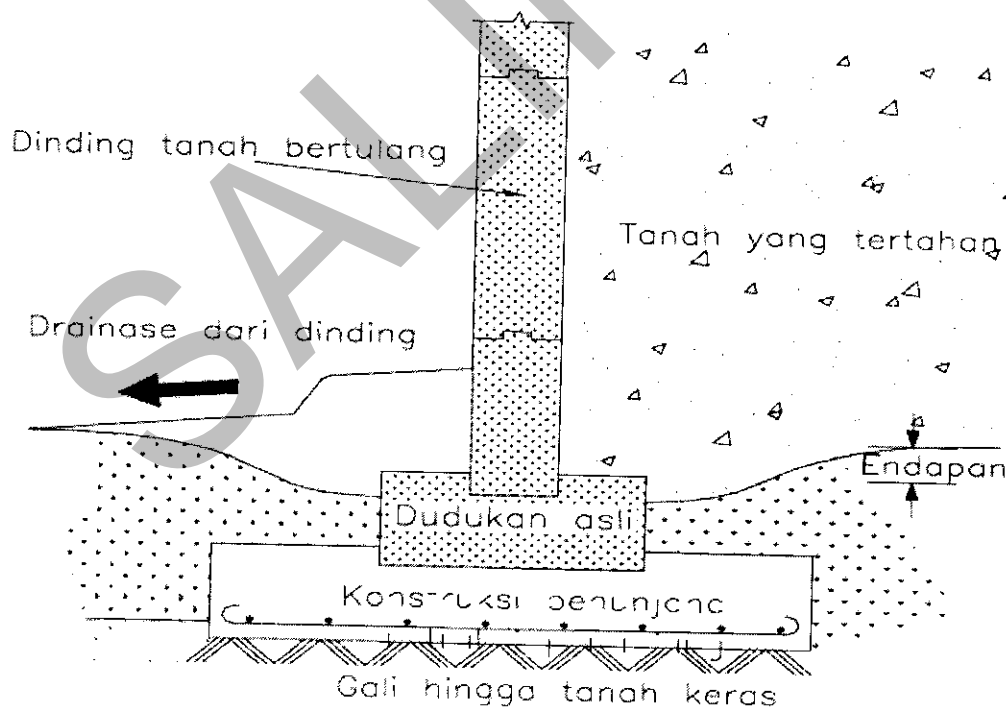
Retak, rontok atau pecahnya dinding tanah bertulang biasanya disebabkan oleh salah satu masalah berikut ini :

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

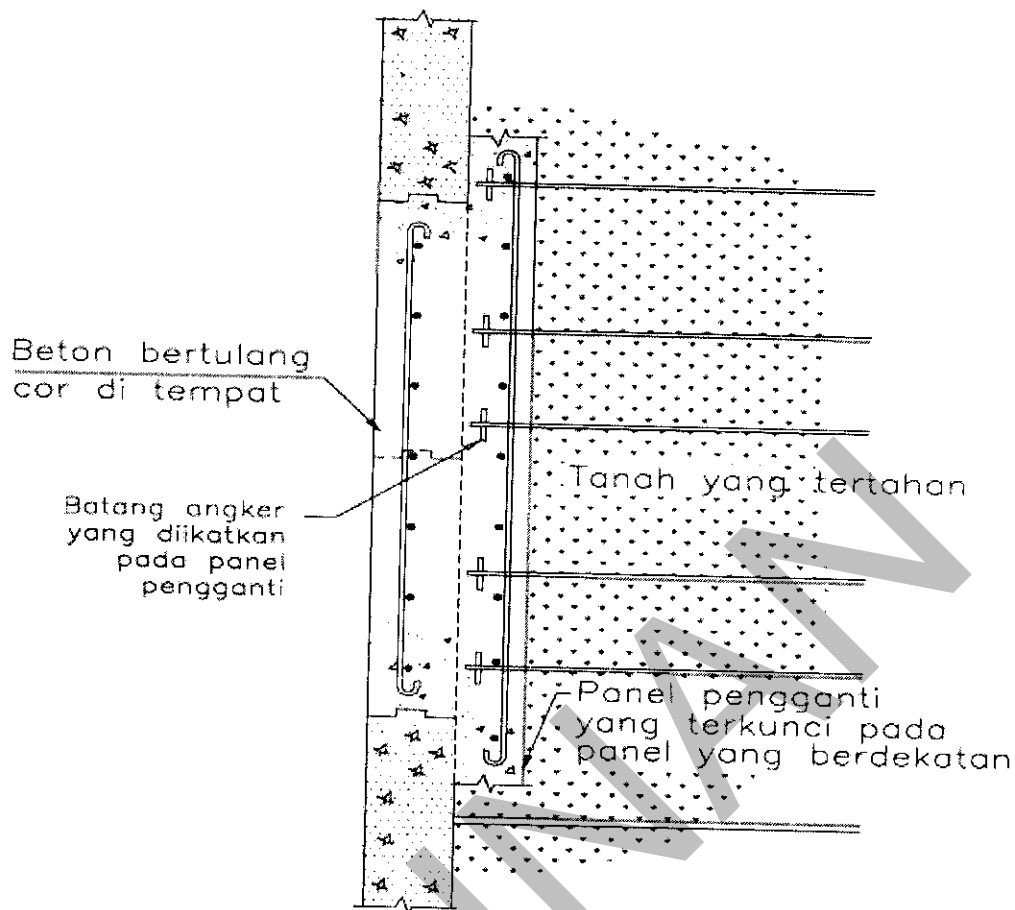
#### CARA PENANGANAN :

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 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. Anker 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.

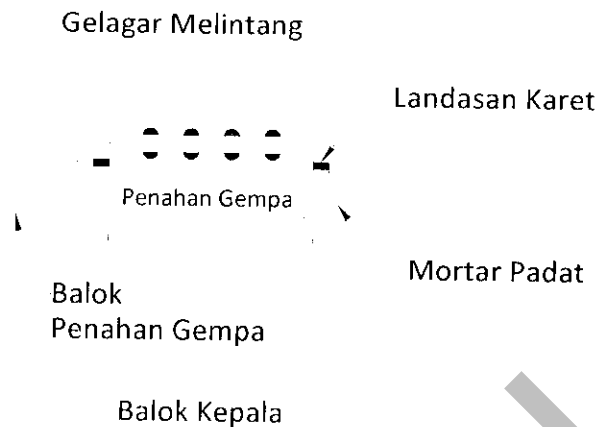
Jika tidak ada penahan gempa, periksalah gambar aslinya untuk meyakinkan apakah perlu penahan gempa atau tidak. Jika ya, maka pasanglah penahan tersebut atau bagian yang hilang sesuai dengan desain semula.

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 mengisi 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 bergesernya 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 :

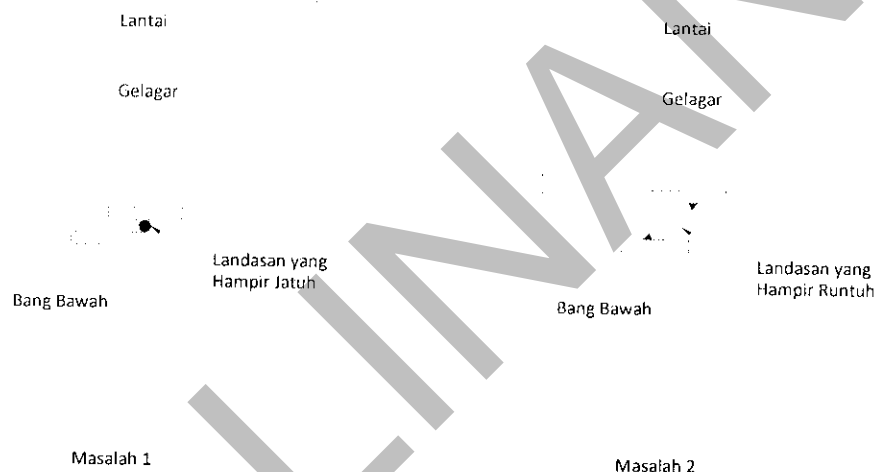
- (1) Gelagar *dijack* (diangkat) dan ditempatkan pada posisinya.
- (2) Mortar landasan lama keluarkan dari tempatnya sampai ada antara sekitar 20 mm dibawah Hens gelagar melintang.
- (3) Bagian yang disiapkan lapisi dengan bahan perekat yang telah disetujui

- (4) Kemudian mortar yang baru dapat dipasang dengan menggunakan adukan mutu tinggi, yang mempunyai kekuatan tekan sekitar  $400 \text{ kg/cm}^2$  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 :

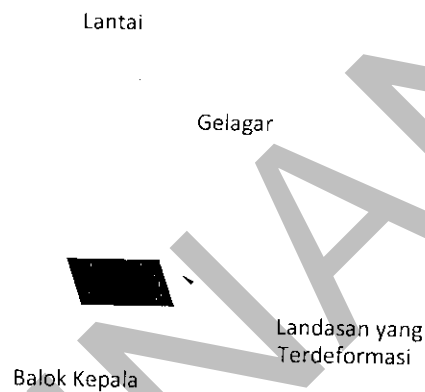
Jika masalahnya disebabkan oleh pelaksanaan awal yang jelek atau getaran pada bangunan atas maka angkatlah bangunan atas dan kembalikan landasan pada posisi semula (jika mungkin) dan pasang pengikat (mungkin baut) sehingga landasan tidak dapat keluar lagi dari tempatnya.

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 karat 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 menetapkan 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.

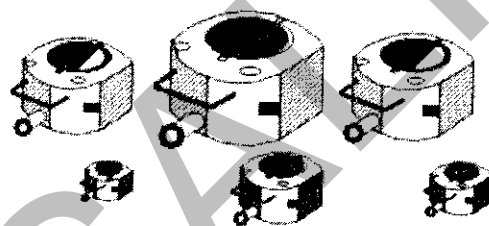
Jika gerakan bangunan bawah menyebabkan landasan bergerak secara berlebihan, maka diperlukan pemeriksaan khusus. Jika keruntuhan tidak dapat lagi dihindarkan maka harus dipasang penunjang sementara.

**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 menghindari kerusakan terhadap bagian lainnya dari struktur.

Untuk struktur atas yang relatif ringan, Falt 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



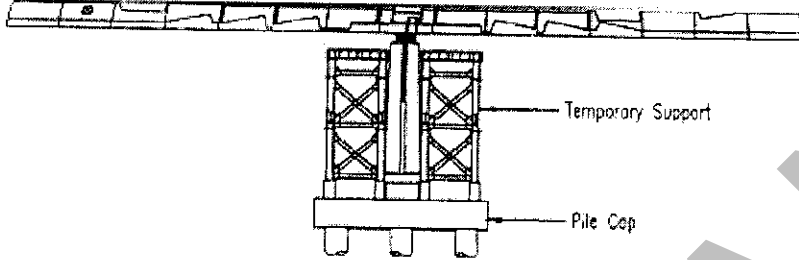
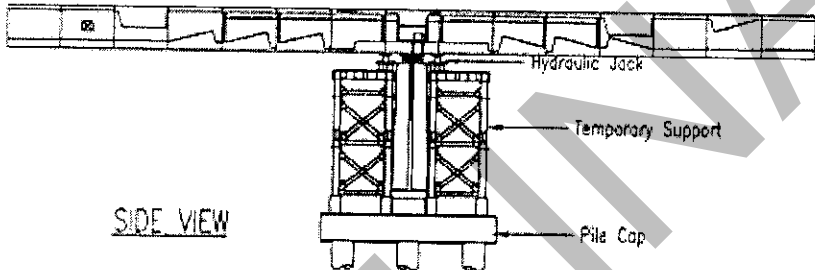
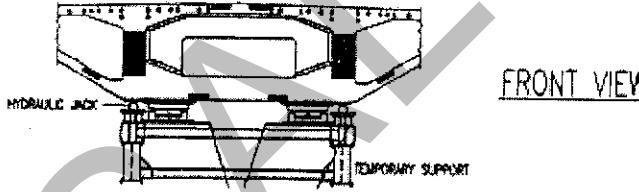
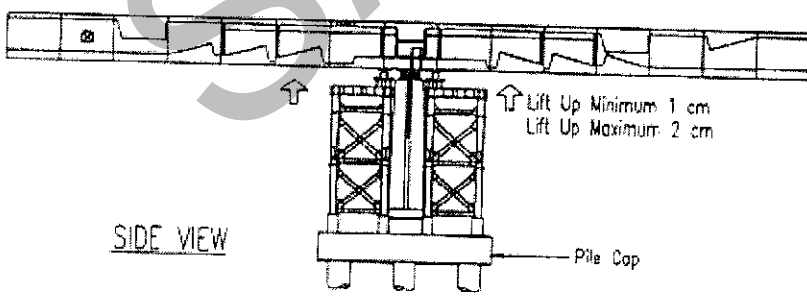
**URAIAN:**

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

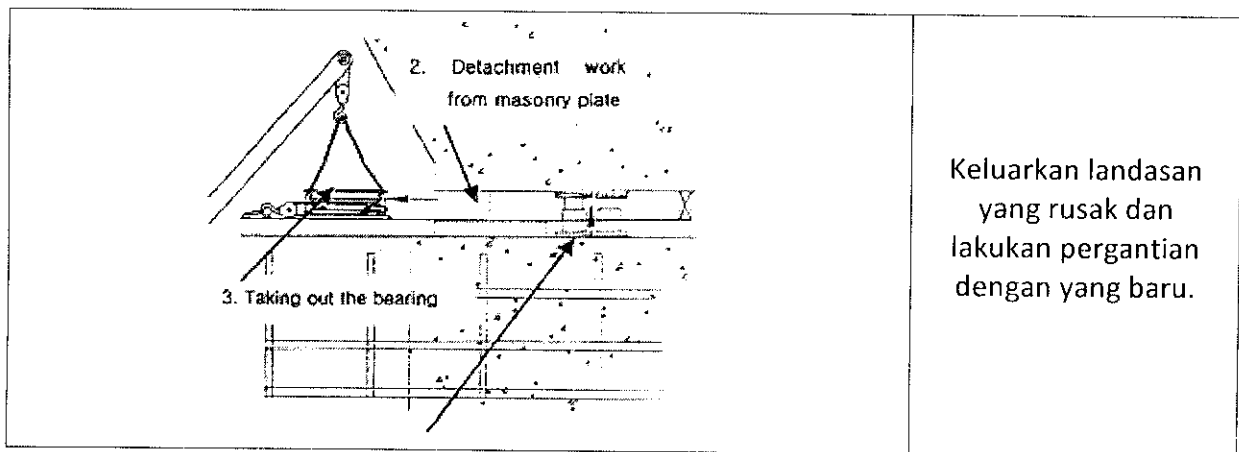
Dimensinya yang kompak, kemampuan tonase yang tinggi, siklus pengembalian yang cepat serta mudah dipindah-pindah dan sangat berguna sekali untuk pekerjaan pemeliharaan jembatan.

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 diperhitungan terlebih dahulu.</p>
	
	<p>Dongkrak hydraulic dengan maksimum pengangkatan sebesar 2cm dan minimum 1 cm</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**

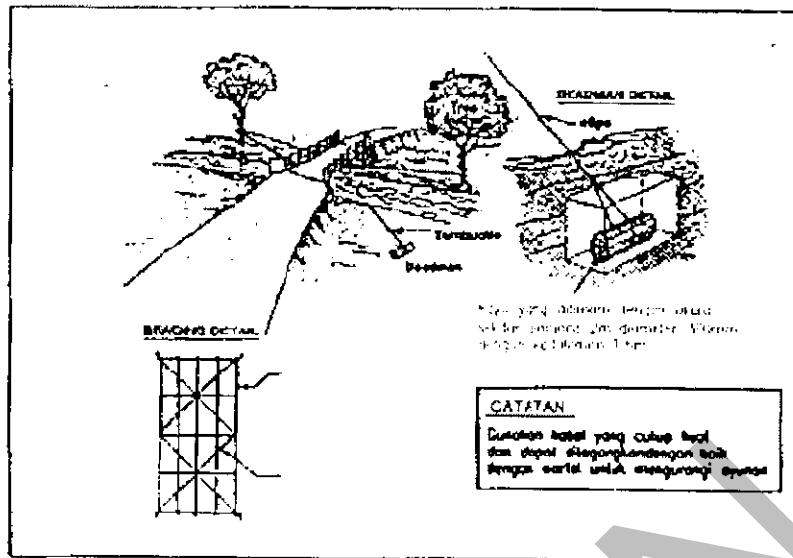
Banyak jembatan rangka dan jembatan kayu mengalami lendutan horisontal yang berlebihan. Hal ini disebabkan oleh :

- Buruknya pemasangan elemen yang seharusnya sejajar pada waktu awal pelaksanaan.
- Longgarnya sambungan yang mengakibatkan jembatan berayun.
- Memburuknya material atau lapuk yang mengakibatkan struktur tidak sekaku 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 angker yang ditanamkan pada suatu blok yang besar dan stabil atau blok angker 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 horizontal

### 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 pasangkan 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. Lapiasi 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 dalam 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. Perbaikan periodic 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.

Lapisan Ulang Aspal

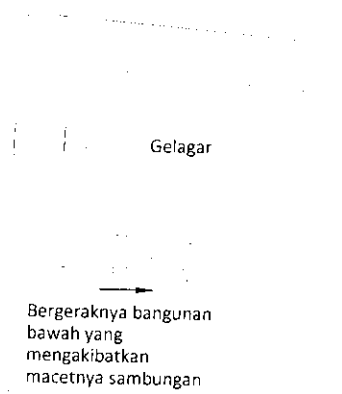
Lantai Beton

Gambar 10.34. Pelapisan Ulang yang Berlebihan

Batu yang Menghalangi

Gelagar

Gambar 10.35. Batu di dalam Sambungan



Gambar 10.35. Bergeraknya Bangunan Bawah

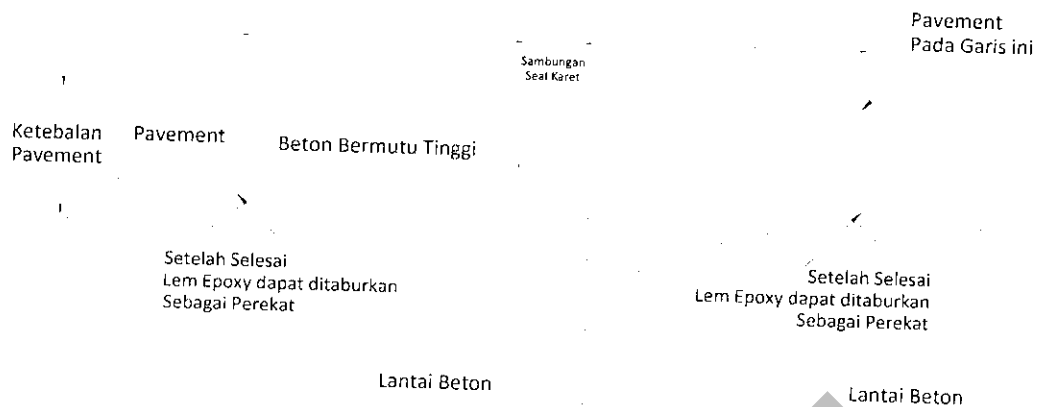
a. **Pelapisan ulang yang terlalu tebal**

**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 mencapai 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 bergesernya 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 di lokasi 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 :

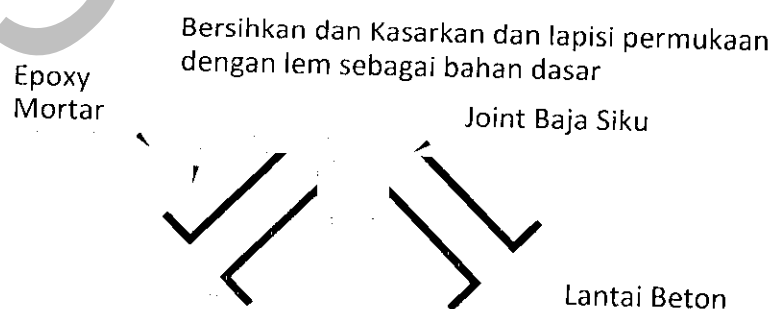
- (1) Bersihkanlah bagian samping dari siar muai secara baik
- (2) Bersihkan bagian samping dari *water stop*
- (3) Taburkan bahan pelekats yang baru pada samping siar muai dan *water stop*, dan masukkan kembali kedalam sambungan.
- (4) Mungkin perlu untuk memotong *water stop* yang lama agar dapat membersihkan sambungan dan bahan dengan baik sebelum ditabur dengan bahan pelekats 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 pelekats untuk sambungan lantai harus sesuai dengan spesifikasi dari pabrik pembuat *water stop*.

**10.6.4 KERUSAKAN 805 Siar Muai Yang Rusak Atau Hilang**

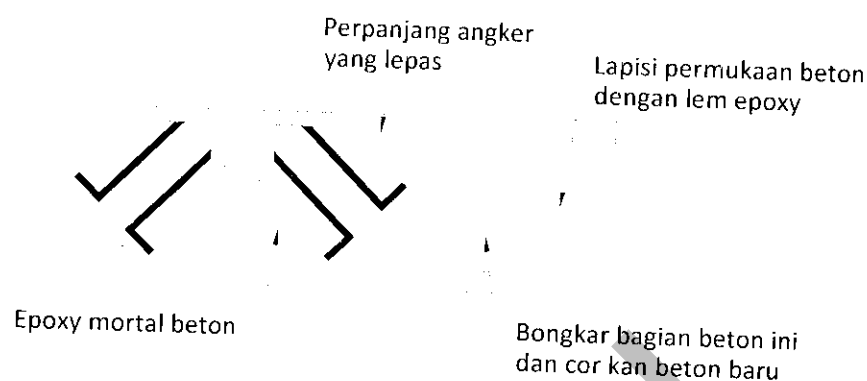
**CARA PENANGANAN :**

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 kemball 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.

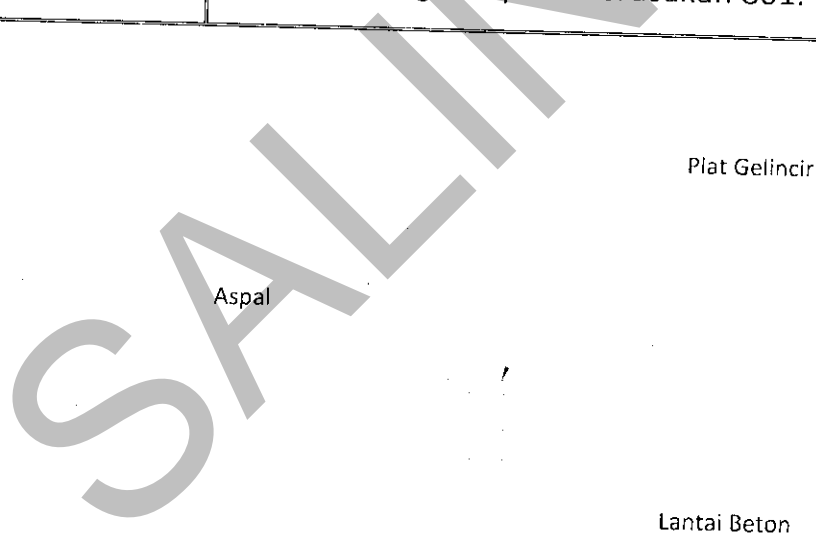
#### 10.6.5. KERUSAKAN 806 – Lapisan Aspal Yang Retak diatas Pelat

##### 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. Lapisi retakan dengan bahan aspal yang lentur.
-------------------------	--

<p>Jika lebar retak &gt; 5 mm tetapi &lt; 35 mm</p>	<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>Lapisi 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>
<p>Jika lebar retak &gt; 35 mm</p>	<p>Pertimbangkan penanganan-penanganan berikut ini :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jenis penanganan yang sudah disebutkan diatas</li> <li>- Menggunakan strip neoprene</li> <li>- Mengganti pelat gelincir dengan adukan mortar khusus den karat fleksibel atau dengan bahan pengisi aspal lentur. Ikuti care penanganan pada kerusakan 801.</li> </ul>



Gambar 10.39. Aspal Retak Sebelum Perbaikan

Bagian ujung yang  
dilapisi dengan Epoxy

Campuran Bahan  
Aspal lentur

Aspal

Lantai Beton

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 hurup 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 in iharus 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