

Pd 08 - 2017 - B

SE Menteri PUPR

Nomor : 19 /SE/M/2017

Tanggal : 27 Desember 2017

PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

**Pemeliharaan
jembatan beruji kabel (*cable stayed*) tipe rangka baja
untuk pejalan kaki**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Ketentuan Umum	5
4.1 Jembatan beruji kabel (<i>cable stayed</i>) tipe rangka untuk pejalan kaki dan roda dua	5
4.2 Elemen jembatan beruji kabel.....	5
4.3 Kerusakan pada struktur jembatan	6
4.4 Konsep pemeriksaan jembatan.....	8
4.5 Konsep pemeliharaan jembatan.....	9
5 Pemeliharaan jembatan beruji kabel untuk pejalan kaki	10
5.1 Pemeliharaan rutin.....	12
5.1.1 Pembersihan secara umum	12
5.1.2 Pengecatan sederhana.....	13
5.1.3 Pemberian bahan pelumas pada angkur hidup.....	13
5.1.4 Perbaikan dan pemeliharaan pada elemen beton.....	14
5.1.5 Perbaikan dan pemeliharaan pada elemen baja	16
5.1.6 Perbaikan atau penggantian bagian-bagian yang kecil	16
5.1.7 Pemeriksaan dan pengujian instalasi penyalur petir	16
5.2 Pemeliharaan berkala	17
5.2.1 Pengecatan ulang jembatan	18
5.2.2 Pengecekan kekencangan dan penggantian baut	26
5.2.3 Pengecekan tegangan kabel utama (<i>cable stayed</i>)	28
5.2.4 Penggantian menyeluruh Jembatan	29
5.2.5 Penggantian menyeluruh lapis permukaan aspal.....	29
6 Tindakan darurat	29
Bibliografi.....	30
Gambar 1- Bagan alir konsep pemeliharaan jembatan.....	10
Gambar 2 - Jembatan beruji kabel tipe rangka untuk pejalan kaki dan roda dua.....	11
Gambar 3 - Angkur kabel penggantung	15
Tabel 1 - Elemen jembatan beruji kabel	5
Tabel 2 - Kerusakan yang berhubungan dengan bahan.....	7
Tabel 3 - Kerusakan yang berhubungan dengan elemen	7
Tabel 4 - Kategori dan umur rencana proteksi cat.....	19
Tabel 5 - Tipe cat dan unsur dasar karakteristiknya	19
Tabel 6 - Sistem pengecatan	20
Tabel 7 - Di luar ruangan pada lingkungan pedalaman korosif ringan	22
Tabel 8 - Di luar ruangan pada lingkungan pedalaman sangat korosif	23
Tabel 9 - Di luar ruangan pada lingkungan pantai korosif ringan.....	24
Tabel 10 - Di luar ruangan pada lingkungan pantai sangat korosif	25
Tabel 11 - Gaya tarik maksimum dan minimum baut A325 dan Grade 8.8.....	27
Tabel 12 - Gaya tarik maksimum dan minimum baut A490 dan Grade 10.9.....	28

Prakata

Pedoman Pemeliharaan jembatan beruji kabel (*cable stayed*) tipe rangka baja untuk pejalan kaki ini merupakan pedoman baru yang dibuat berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan bidang jembatan. Pedoman ini dimaksudkan sebagai pegangan dan acuan bagi pihak-pihak yang berkepentingan dalam pemeliharaan dan penanganan jembatan beruji kabel untuk pejalan kaki.

Pedoman ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan melalui Gugus Kerja Litbang Struktur Jembatan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007 dan dibahas dalam forum rapat konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 14 September 2016 di Bandung oleh Subkomite Teknis, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Jembatan beruji kabel (*cable stayed*) tipe rangka baja adalah suatu struktur jembatan yang mempunyai sederetan kabel lurus dan memikul elemen horizontal kaku berupa rangka baja, terdiri dari sistem struktur berupa gelagar menerus yang didukung oleh penunjang berupa kabel yang dibentang miring dan dihubungkan ke pylon sebagai penahan utama. Setiap komponen jembatan beruji kabel saling berhubungan satu sama lainnya, kabel memikul beban dari gelagar yang menahan jalan beserta lalu lintas di atasnya, beban dari kabel tersebut selanjutnya disalurkan ke pylon dan dilimpahkan ke fondasi jembatan.

Pemeliharaan jembatan perlu dilakukan untuk mempertahankan kondisi jembatan agar selalu dalam keadaan baik dan dapat beroperasi sesuai dengan umur rencana, serta untuk mengembalikan kondisi daya layan jembatan sesuai umur rencana apabila terjadi penurunan kondisi jembatan. Pemeliharaan jembatan ini meliputi elemen-elemen bangunan atas, bangunan bawah, pylon, sistem kabel, dan utilitas.

Pedoman ini menjelaskan tentang prinsip umum pemeliharaan jembatan beruji kabel, termasuk mengenai tata cara pemeriksaan jembatan secara visual, pemeriksaan dan pemeliharaan rutin, pemeriksaan dan pemeliharaan berkala, dan pemeriksaan detail/khusus. Dari pemeriksanaan yang dilakukan akan diperoleh data administrasi, data teknis, dan data kondisi jembatan.

Pemeliharaan jembatan beruji kabel (*cable stayed*) tipe rangka baja untuk pejalan kaki

1 Ruang lingkup

Pedoman ini mencakup tata cara pelaksanaan pemeliharaan jembatan beruji kabel untuk pejalan kaki yang bertujuan untuk mengembalikan kondisi daya layan jembatan sesuai umur rencana apabila terjadi penurunan kondisi jembatan. Pemeliharaan jembatan ini meliputi elemen-elemen bangunan atas, bangunan bawah, pilon, sistem kabel dan utilitas.

2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan pedoman ini.

ASTM A325M - 04, *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated 830 MPa Minimum Tensile Strength [Metric]*

ASTM E337-15, *Standard Test Method for Measuring Humidity with a Psychrometer (the Measurement of Wet- and Dry-Bulb Temperatures)*

ASTM D4414-95, *Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages*

ASTM 1186-01, *Standard Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base*

ASTM A325M-04, *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated 830 MPa Minimum Tensile Strength [Metric]*

ISO 4624-16, *Paints and varnishes -- Pull-off test for adhesion*

ISO 898-1:2009, *Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel -- Part 1: Bolts, screws and studs with specified property classes -- Coarse thread and fine pitch thread*

BS 4652:1995, *Specification for zinc-rich priming paint (organic media)*

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan dalam pedoman ini, istilah dan definisi berikut ini digunakan:

3.1

angkurkabel

bagian dari kabel yang berfungsi sebagai pengunci atau pengencang tarikan gaya kabel dari kabel ke gelagar

3.2

bangunan atas jembatan

komponen utama yang langsung menerima beban lalu lintas, terdiri dari semua komponen jembatan yang terletak di atas dukungan kepala jembatan dan pilar

3.3

bangunan bawah jembatan

struktur jembatan yang langsung berdiri di atas tanah dan menyangga bangunan atas jembatan, berfungsi untuk mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi jembatan

3.4

beruji kabel

untaian kabel yang ditegangkan dari pylon sampai dek jembatan

3.5

drainase

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

3.6

gelagar / balok jembatan

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

3.7

kawat baja (*strand*)

bagian dari elemen *cable stayed* yang terdiri dari pintalan kawat baja

3.8

peredam kabel (*cable damper*)

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

3.9

komponen beton

bagian dari struktur jembatan yang terbuat dari elemen beton

3.10

komponen baja

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

3.11

lapis permukaan

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

3.12

lampu penerangan

bagian pelengkap jembatan yang berfungsi sebagai alat penerangan jalan pada jembatan

3.13

lighting rod

bagian pelengkap jembatan yang berfungsi sebagai sistem penerangan pada struktur jembatan

3.14

lock up device

bagian sistem dari bangunan atas yang berfungsi memberikan suatu hubungan yang kaku antara dek jembatan dengan abutment atau pilar jembatan

3.15

modular expansion joint

bagian atas jembatan yang menyatukan segmen-segmen gelagar jembatan

3.16

pemeriksaan inventaris

pemeriksaan awal yang dilakukan setelah jembatan selesai dibangun atau ketika ada penggantian atau penambahan elemen jembatan yang meliputi pengumpulan data dasar administratif, geometri, material, dan data-data tambahan lainnya pada setiap jembatan, termasuk lokasi jembatan, panjang bentang dan jenis konstruksi untuk setiap bentang.

3.17

pemeriksaan rutin

pemeriksaan yang dilakukan paling tidak setiap tahun sekali 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

3.18

pemeriksaan detail

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

3.19

pemeriksaan khusus

pemeriksaan yang dilakukan atas usulan pemeriksa jembatan apabila data dari hasil pemeriksaan detail tidak memadai untuk dijadikan dasar menentukan kondisi jembatan; juga dilakukan untuk memeriksa jembatan pada kasus darurat pada saat ditemukan kerusakan pada struktur jembatan atau hasil pemeriksaan pada bagian utama jembatan menunjukkan terjadinya kerusakan pada saat operasi maupun konstruksi

3.20

pemeliharaan rutin

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

3.21

pemeliharaan berkala

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

3.22

pile cap

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

3.23

pelat lantai

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

3.24

pelat baja ortotropik

suatu sistem pelat lantai yang terbuat dari material baja yang mempunyai kekakuan yang berbeda dalam dua arah yang saling tegak lurus

3.25

penangkal petir

rangkaian jalur yang difungsikan sebagai jalan bagi petir menuju ke permukaan bumi, tanpa merusak benda-benda yang dilewatinya.

3.26

peredam (*damper*)

bagian dari sistem bangunan atas jembatan yang berfungsi sebagai peredam untuk mengurangi getaran yang timbul pada struktur jembatan

3.27

perletakan (*mechanical bearing*)

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

3.28

pondasi

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

3.29

pilon

bangunan atas jembatan yang berfungsi menyalurkan gaya dari gelagar dan kabel sampai ke pondasi jembatan

3.30

rehabilitasi atau penanganan besar

kegiatan pengembalian kondisi setiap kerusakan berat atau parah suatu bagian tertentu struktur jembatan agar sesuai dengan umur rencana

3.31

siar muai

merupakan bahan yang dipasang di antara dua bidang lantai untuk kendaraan atau pada perkerasan kaku dan dapat juga pertemuan antara konstruksi jalan pendekat sebagai media lalu lintas yang akan melewati jembatan, untuk mengakomodasi muai susut dan supaya pengguna lalu lintas merasa aman dan nyaman

3.32

sistem proteksi katodik

suatu sistem perlindungan korosi menggunakan sel elektrokimia untuk mengendalikan korosi dengan mengkonsentrasikan reaksi oksigen pada sel galvanik dan menekan korosi pada katoda dalam sel yang sama

3.33

utilitas

komponen-komponen pelengkap jembatan yang berfungsi untuk menunjang tercapainya unsur-unsur kenyamanan, keamanan, dan keselamatan jembatan

4 Ketentuan umum

4.1 Jembatan beruji kabel tipe rangka untuk pejalan kaki dan roda dua

Jembatan beruji kabel adalah struktur jembatan yang mempunyai sederetan kabel lurus yang memikul elemen horizontal kaku berupa rangka baja yang dirancang untuk menahan beban pejalan kaki dan roda dua yang lewat di atasnya. Jembatan beruji kabel ini terdiri dari sistem struktur berupa gelagar menerus yang menopang rangka baja, yang didukung oleh penunjang berupa kabel yang dibentangkan dan dihubungkan ke pylon sebagai penahan utama.

Setiap komponen jembatan beruji kabel saling berhubungan satu sama lain, kabel memikul beban dari gelagar yang menahan beban di atasnya dan selanjutnya disalurkan ke pylon dan dilimpahkan ke pondasi jembatan.

4.2 Elemen jembatan beruji kabel

Berdasarkan hierarki elemen jembatan, elemen jembatan beruji kabel tipe rangka adalah seperti ditunjukkan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1 - Elemen jembatan beruji kabel tipe rangka

KODE	LEVEL 3	KODE	LEVEL 4
3.450	Rangka	4.461	Batang tepi atas
		4.462	Batang tepi bawah
		4.463	Batang diagonal
		4.464	Batang vertikal (RBB, RBR)
		4.465	Ikatan angin atas
		4.466	Ikatan angin bawah
		4.467	Diafragma
		4.468	Gelagar melintang
		4.469	Sambungan / Pelat buhul / Pelat pengisi
		4.470	Baut
		4.471	Batang tengah
		4.472	Batang diagonal kecil
		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
3.480	Jembatan beruji kabel	4.480	Ikatan angin melintang
		4.480A	Sambungan las
		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)		

KODE	LEVEL 3	KODE	LEVEL 4
3.490	Gelagar	4.490 4.490A 4.490B 4.490C 4.495	Angkur kabel di dek jembatan Angkur kabel di pilon Pipa pelindung kabel Sistem peredam kabel Blok angkur
3.500	Sistem lantai	4.501 4.502 4.504 4.506 4.507 4.508	Gelagar memanjang lantai Pelat lantai (kayu/beton/baja) Balok tepi Pipa cucuran Drainase lantai Lapis permukaan
3.600	Sambungan/siar muai	4.604	Sambungan / siar muai aspal
3.610	Perletakan	4.612 4.616 4.617 4.618	Landasan karet Karet penahan gempa <i>Lock up devices</i> <i>Transverse limit stop block</i>
3.620	Sandaran	4.621 4.622 4.623 4.624	Tiang sandaran Sandaran horizontal Penunjang sandaran Tembok sandaran
3.700	Perlengkapan	4.701 4.711 4.712 4.713 4.715 4.721 4.722 4.723 4.725 4.726 4.731 4.743 4.744 4.745	Batas-batas ukuran Rambu-rambu dan tanda-tanda Marka jalan Papan nama Parapet / tembok sedada Lampu penerangan Tiang lampu Kabel listrik Penangkal petir Lampu aviasi Utilitas Traveler pilon Jalan inspeksi Dehumidifier

Keterangan:

Level 1 : Jembatan

Level 2 : Bagian Jembatan

Level 3 : Kumpulan Komponen Jembatan

Level 4 : Komponen Jembatan

Level 5 : Komponen Individual (Lokal)

4.3 Kerusakan pada struktur jembatan

Kerusakan yang terjadi pada struktur jembatan dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

- Kerusakan yang berhubungan dengan bahan, seperti pelapukan pada kayu, karat pada baja, kerontokan pada beton, dan lain-lain.
- Kerusakan yang berhubungan dengan elemen; kerusakan ini tidak secara langsung berhubungan dengan jenis bahan tetapi berpengaruh terhadap fungsi jembatan, seperti penggerusan pada pondasi, pilar yang miring, hilangnya tanda-tanda atau rambu-rambu, gerusan pada sungai, dan lain-lain

Tabel 2 dan Tabel 3 berikut memperlihatkan jenis-jenis kerusakan yang dapat terjadi pada elemen jembatan.

Tabel 2 - Kerusakan yang berhubungan dengan bahan

Kode kerusakan	Bahan dan kerusakan
	Beton
201	Cacat pada beton termasuk terkelupas, <i>honey comb</i> , berongga, berpori dan kualitas beton yang jelek
202	Keretakan
203	Karat besi tulangan baja
204	Kotor, berlumut, penuaan atau pelapukan beton
205	Pecah atau hilangnya bahan
206	Lendutan
	Baja
301	Penurunan mutu cat
302	Karat pada elemen baja
303	Perubahan bentuk
304	Keretakan
305	Rusak atau hilangnya elemen baja
306	Salah penempatan komponen
307	Lepasnya ikatan
308	Sambungan yang longgar
	Kabel dan pelindung kabel
401	Lapisan pelindung HDPE yang rusak
402	Kerusakan kecil pada pelindung HDPE
403	Kerusakan besar pada pelindung HDPE
404	Penggantian sebagian atau keseluruhan <i>cabled stayed</i>

Tabel 3 - Kerusakan yang berhubungan dengan elemen

Kode kerusakan	Elemen dan kerusakan
	Aliran sungai
501	Endapan / lumpur yang berlebihan
502	Sampah yang menumpuk dan terjadinya hambatan aliran sungai
503	Pengikisan pada daerah dekat pilar atau kepala jembatan
504	Air sungai macet yang mengakibatkan terjadinya banjir
	Bangunan pengaman
511	Bagian yang hilang atau tidak ada
	Timbunan
521	Gerusan
522	Retak / penurunan / penggembungan
	Tanah bertulang
531	Penggembungan permukaan
532	Retak, rontok, atau pecah dari panel tanah bertulang
	Angkur – Jembatan gantung dan jembatan kabel
541	Tidak stabil
	Kepala jembatan dan pilar
551	Kepala jembatan atau pilar bergerak
	Landasan penahan gempa
561	Elemen longgar atau hilang
	Landasan / perletakan
601	Tidak cukupnya tempat untuk bergerak
602	Kedudukan landasan yang tidak sempurna
603	Mortar dasar retak atau rontok
604	Perpindahan yang berlebihan / perubahan (deformasi) yang berlebihan
605	Aus karena umur, landasan pecah atau retak
606	Bagian yang rusak atau hilang
607	Kurangnya pelumasan pada landasan logam
	Pelat dan lantai

Kode kerusakan	Elemen dan kerusakan
701	Kerusakan sambungan lantai memanjang
702	Lendutan yang berlebihan
	Pipa drainase dinding, pipa cucuran dan drainase lantai
711	Pipa cucuran dan drainase lantai yang tersumbat
712	Elemen hilang atau tidak ada
	Lapisan permukaan
721	Permukaan yang licin, permukaan kasar dan berlubang
722	Retak pada lapis permukaan
723	Lapisan permukaan yang bergelombang
724	Lapisan perkerasan yang berlebihan
733	Bagian yang hilang
	Siar muai
801	Kerusakan sambungan lantai yang tidak sama tinggi
802	Kerusakan akibat terisinya sambungan
803	Bagian yang longgar / ikatan yang lepas
804	Bagian yang hilang
805	Retak pada aspal karena perkerasan di sambungan lantai
	Rambu-rambu lalu-lintas dan marka jalan
901	Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran
911	Tulisan tidak nyata / tidak jelas
912	Bagian yang hilang
	Lampu, tiang lampu dan kabel listrik
921	Rusaknya bahan / penurunan mutu
922	Bagian yang hilang
	Utilitas
931	Tidak berfungsi

4.4 Konsep pemeriksaan jembatan

Pemeriksaan atau inspeksi jembatan merupakan salah satu bagian dalam Sistem Manajemen Jembatan, yang mempunyai beberapa tujuan yaitu:

- Memeriksa keamanan jembatan pada waktu jembatan masih berfungsi.
- Menghindari terjadinya penutupan lalu lintas pada jembatan.
- Mendata kondisi jembatan
- Menyiapkan umpan balik untuk perencanaan, pelaksanaan & pemeliharaan.
- Memeriksa pengaruh beban kendaraan dan jumlah kendaraan terhadap struktur jembatan.
- Memantau keadaan jembatan dalam jangka waktu yang lama.
- Menyediakan Informasi untuk rating pembebanan jembatan

Data dari pemeriksaan Jembatan digunakan untuk merencanakan pemeliharaan, rehabilitasi, perkuatan atau penggantian jembatan.

Pemeriksaan jembatan meliputi:

1. Pemeriksaan detail sebelum jembatan beroperasi

Setelah jembatan selesai dibangun dan sebelum jembatan mulai beroperasi melayani beban lalu lintas, diperlukan pemeriksaan dan pengujian secara menyeluruh dan mendetail. Data hasil pemeriksaan dan pengujian disimpan dalam *data base* jembatan beserta dokumen perencanaan dan *as built drawing*. Hasil pemeriksaan dan pengujian yang dilakukan disebut *bridge signature* atau *finger print*.

2. Pemeriksaan inventarisasi

Pemeriksaan inventarisasi dilakukan untuk mendaftarkan setiap jembatan beserta seluruh komponennya ke dalam *data base*. 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 termasuk kondisi keseluruhan komponen-komponen utama bangunan atas dan bangunan bawah jembatan

3. Pemeriksaan rutin

Pemeriksaan rutin dilakukan minimal sekali setiap satu tahun untuk memeriksa apakah pemeliharaan rutin dilaksanakan dengan baik atau tidak dan apakah harus dilakukan tindakan darurat atau perbaikan untuk memelihara jembatan supaya tetap dalam kondisi aman dan layak. Pemeriksaan ini dilakukan diantara pemeriksaan detail saat masa layan. Pemeriksaan rutin dilakukan dengan cara pengamatan visual dan dibantu dengan peralatan sederhana, jika diketahui terdapat kerusakan-kerusakan minor maka harus langsung dilakukan perbaikan.

4. Pemeriksaan detail selama masa layan

Pemeriksaan detail selama masa layan dilakukan untuk mengetahui kondisi jembatan dan elemennya guna mempersiapkan tindakan penanganan untuk setiap jembatan dan membuat urutan prioritas penanganan jembatan. Lingkup pemeriksaan detail lebih luas, mendalam dan lebih mendetail dibandingkan dengan pemeriksaan rutin dan dibantu dengan menggunakan peralatan yang spesifik pada elemen-elemen penting jembatan.

5. Pemeriksaan khusus

Pemeriksaan khusus biasanya disarankan oleh pemeriksa jembatan pada saat pemeriksaan detail yang didasarkan pada, pengalaman atau keahlian dalam pemeriksa menentukan kondisi jembatan atau apabila dipandang ada data yang kurang. Pemeriksaan khusus juga dilakukan untuk mengamati dan memeriksa jembatan pada kasus darurat jika ditemukan kerusakan pada struktur jembatan atau jika hasil pemeriksaan detail pada bagian utama jembatan menunjukkan terjadinya kerusakan pada saat operasi maupun konstruksi. Pemeriksaan khusus dilakukan dengan menggunakan peralatan-peralatan khusus sesuai dengan jenis kerusakan yang terjadi pada jembatan.

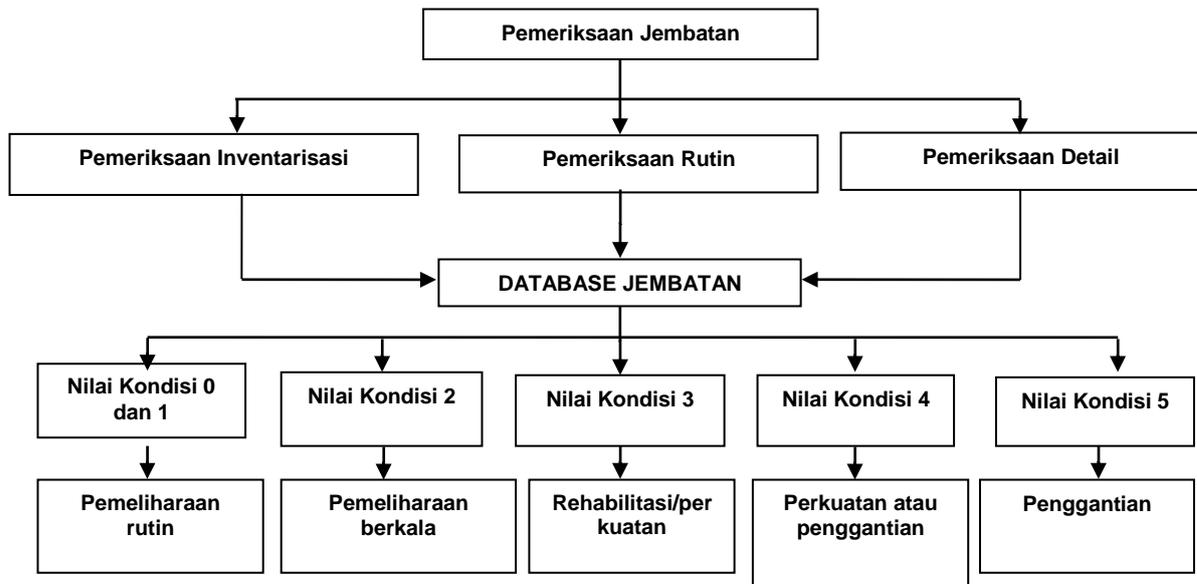
4.5 Konsep pemeliharaan jembatan

Pekerjaan pemeliharaan jembatan meliputi:

1. Pemeliharaan rutin, yaitu kegiatan merawat serta memperbaiki kerusakan-kerusakan kecil/ sederhana yang terjadi pada struktur jembatan agar didapat kondisi yang mantap sesuai dengan umur rencana serta mengikuti ketentuan yang berlaku. Pemeliharaan rutin meliputi pembersihan secara umum dan pembersihan tumbuh-tumbuhan, melancarkan aliran air dan perbaikan kerusakan kecil;
2. Pemeliharaan berkala, yaitu kegiatan penanganan terhadap setiap kerusakan yang diperhitungkan dalam desain agar penurunan kondisi jembatan dapat dikembalikan pada kondisi kemantapan sesuai rencana. Pemeliharaan berkala meliputi pengecatan, perbaikan lapisan lantai, perbaikan siar muai, pelumasan sistem angkur, pembersihan sistem kabel serta perbaikan-perbaikan kecil pada jembatan, bangunan pengaman dan utilitas;
3. Rehabilitasi dan perbaikan besar, yaitu kegiatan penanganan besar dan pengembalian kondisi sesuai umur rencana terhadap setiap kerusakan berat atau parah, akibat menurunnya kondisi pada suatu bagian tertentu struktur jembatan. Rehabilitasi dan perbaikan besar meliputi perbaikan struktur bangunan atas dan bangunan bawah dalam jumlah yang besar, perbaikan aliran sungai dan perbaikan struktur beton dalam jumlah yang cukup banyak.
4. Perkuatan jembatan, yaitu suatu usaha untuk menambah daya dukung atau kapasitas struktur jembatan ketika struktur jembatan tersebut dipandang tidak mampu menerima beban yang melintas di atasnya.

- Penggantian jembatan, yaitu suatu kegiatan mengganti struktur jembatan baik secara parsial atau pun seluruhnya. Penggantian jembatan dilakukan ketika metode-metode perkuatan yang diterapkan belum mampu meningkatkan kapasitas jembatan sesuai dengan beban yang melewati jembatan tersebut.

Konsep Pemeliharaan Jembatan biasanya tergantung dari nilai kondisi jembatan dalam tahap pemeriksaan jembatan. Adapun bagan alirnya seperti diperlihatkan pada Gambar 1 sebagai berikut:

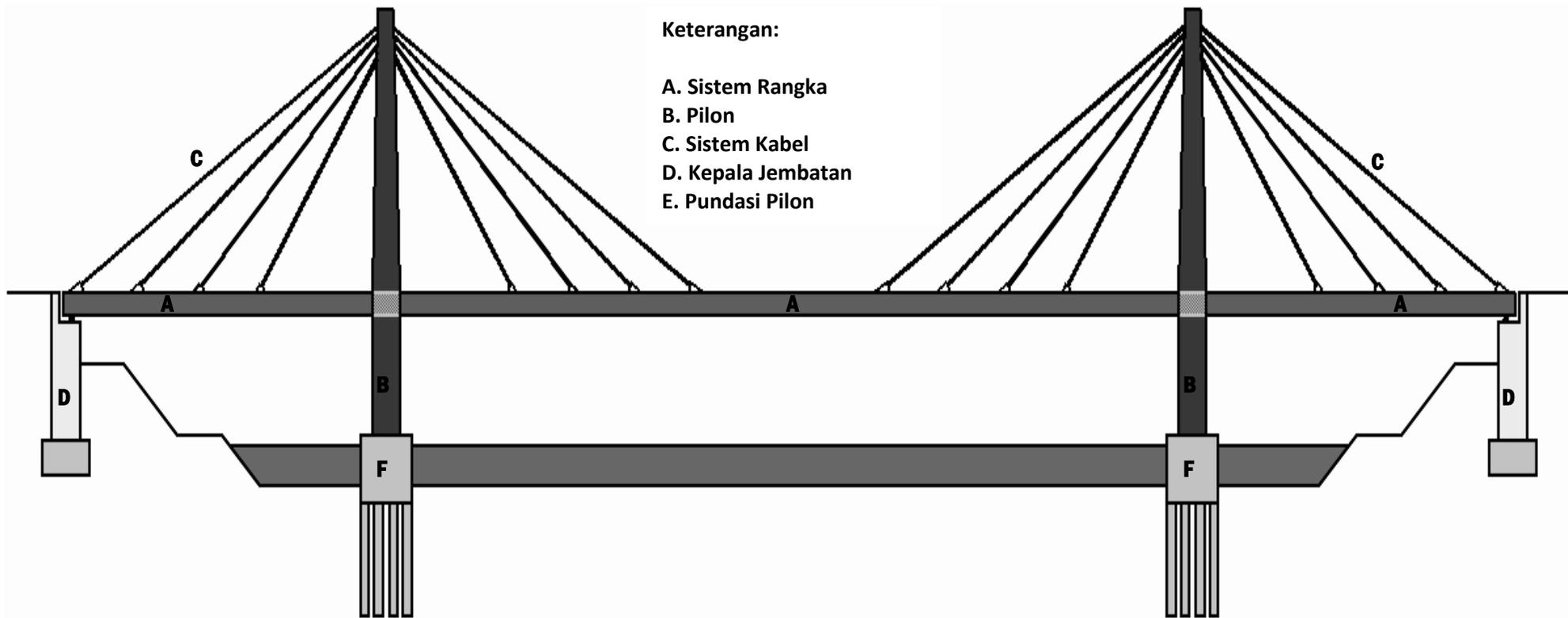


- | | | |
|-----------------|---|--|
| Nilai Kondisi 0 | = | Jembatan/komponen/elemen dalam kondisi baik dan tanpa kerusakan |
| Nilai Kondisi 1 | = | Jembatan/komponen/elemen mengalami kerusakan ringan |
| Nilai Kondisi 2 | = | Jembatan/komponen/elemen mengalami kerusakan yang memerlukan pemantauan |
| Nilai Kondisi 3 | = | Jembatan/komponen/elemen mengalami kerusakan yang memerlukan tindakan secepatnya |
| Nilai Kondisi 4 | = | Jembatan/komponen/elemen dalam kondisi kritis |
| Nilai Kondisi 5 | = | Jembatan/komponen/elemen tidak berfungsi atau runtuh |

Gambar 1 - Bagan alir konsep pemeliharaan jembatan

5 Pemeliharaan jembatan beruji kabel untuk pejalan kaki dan roda dua

Jembatan beruji kabel untuk pejalan kaki merupakan suatu struktur jembatan dengan tipe gantung (*cable stayed*) yang dirancang dengan kapasitas dan dimensi khusus yang diperuntukkan untuk keperluan pejalan kaki dan kendaraan beroda dua. Pembatasan jenis kendaraan dan beban yang dapat melewati jembatan sangat diperlukan agar struktur jembatan dapat memikul beban sesuai dengan perencanaannya. Jembatan beruji kabel untuk pejalan kaki dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2-Jembatan beruji kabel tipe rangka untuk pejalan kaki

5.1 Pemeliharaan rutin

Pemeliharaan rutin dimaksudkan untuk menjaga kondisi jembatan dalam keadaan seperti semula. Kegiatan ini mencakup beberapa pekerjaan yang dilakukan secara berulang-ulang. Pekerjaan ini dilakukan setelah jembatan selesai dibangun dan dilanjutkan secara periodik selama umur jembatan.

Lingkup pekerjaan pemeliharaan rutin adalah:

- Pembersihan secara umum
- Pengecatan sederhana
- Pemberian bahan pelumas pada angkur hidup
- Perlindungan perletakan
- Perbaikan dan pemeliharaan pada elemen beton
- Perbaikan dan pemeliharaan pada elemen baja
- Perbaikan atau penggantian bagian-bagian yang kecil
- Pemeliharaan kabel utama dan batang penggantung
-

5.1.1 Pembersihan secara umum

Pembersihan harus dilakukan dengan baik dan tepat untuk menjamin bahwa penumpukan sampah tidak akan mengganggu fungsi kerja konstruksi, mengurangi kenyamanan pengguna jembatan bahkan menyebabkan kerusakan pada elemen-elemen jembatan atau bahkan kerusakan jembatan secara keseluruhan dikemudian hari.

- a) Ciri-ciri permasalahan yang membutuhkan pekerjaan pembersihan
 - Berlumut (permukaan beton, permukaan selubung HDPE, permukaan elemen baja)
 - Penumpukan sampah
 - Penyumbatan lubang drainase oleh pasir atau sampah
 - Noda atau bercak kotoran (permukaan beton, permukaan selubung HDPE, permukaan elemen baja)
- b) Lingkup pekerjaan
 - Pembersihan tanah, kerikil, pasir, dan sebagainya dari tempat-tempat yang seharusnya tidak ada dan yang mungkin mempunyai pengaruh yang membahayakan misalnya pada daerah drainase, lantai dan siar muai, komponen rangka, gelagar, dan lain-lain
 - Pembersihan tumbuhan liar terutama pada daerah perletakan/landasan dan siar muai, serta pada daerah kurang lebih 3 meter dari setiap sisi jembatan. Pada setiap pekerjaan pembersihan harus diingat adanya pengaruh yang mungkin terjadinya erosi yang disebabkan oleh pembabatan tumbuhan yang ada
 - Membersihkan atau mencuci rambu-rambu lalu lintas, papan nama jembatan dan sandaran yang dicat.
- c) Peralatan / bahanyang digunakan
 - Sapu
 - Sikat
 - *Water jet*
 - Kain lap
 - Busa pembersih
 - Parang
 - Sekop
 - Tangga
- d) Cara Kerja

- Untuk pembersihan permukaan selubung HDPE dapat menggunakan Spoon atau busa yang dibasahi dan diikatkan mengelilingi selubung HDPE
- Lumut atau kotoran yang menempel disikat, dilap dan dicuci sampai bersih;
- Pada lokasi yang sempit dapat menggunakan Water Jet;
- Pada lokasi yang sulit dijangkau dapat menggunakan alat bantu tongkat atau tali;
- Rumput atau tumbuhan liar dibabat hingga ke akar-akarnya.

5.1.2 Pengecatan sederhana

Pengecatan dilakukan untuk mengganti cat yang mengelupas pada elemen jembatan sehingga tidak berkarat yang dapat menyebabkan kerusakan pada elemen-elemen jembatan atau bahkan kerusakan jembatan secara keseluruhan dikemudian hari.

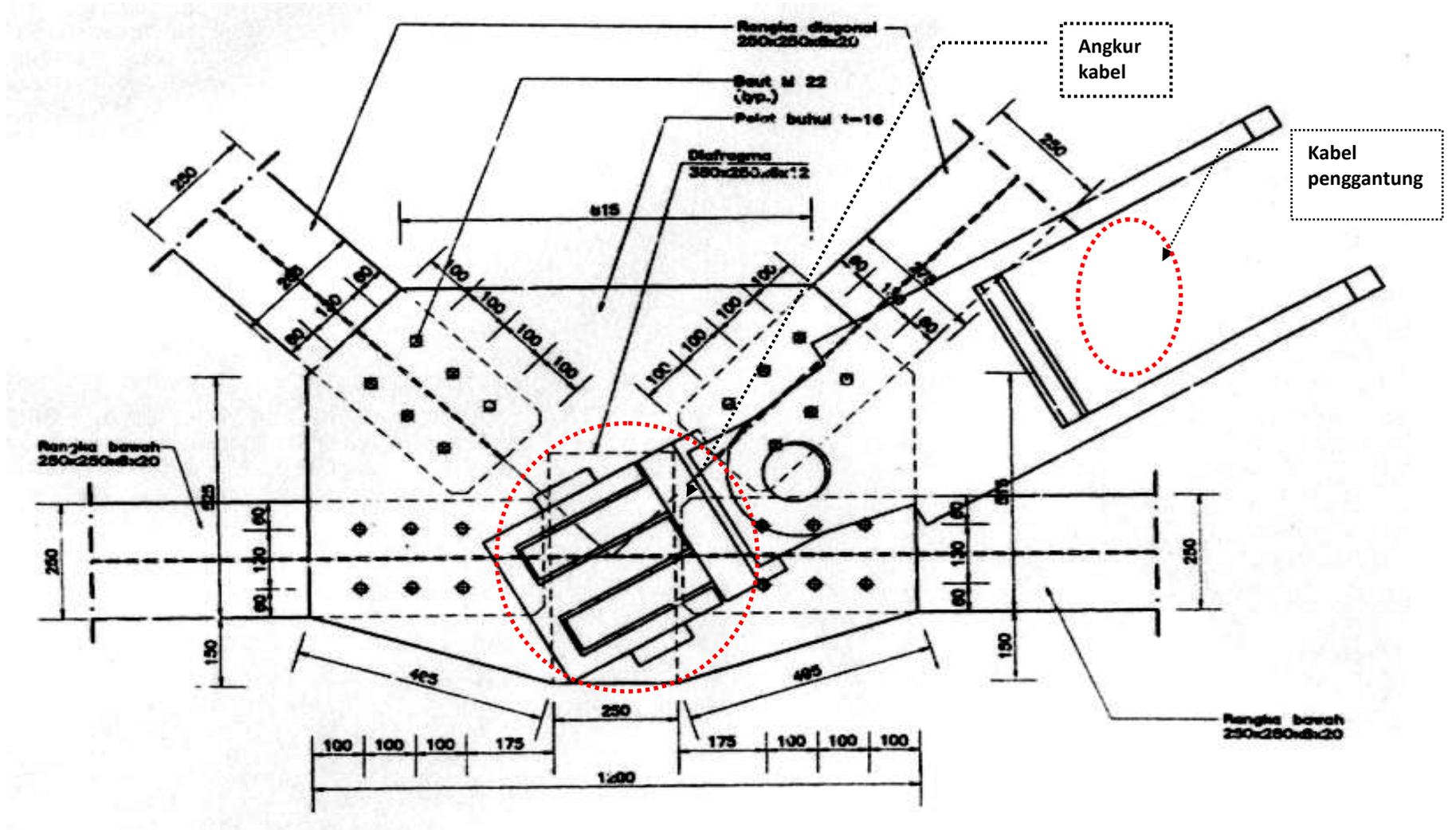
- a) Ciri-ciri permasalahan yang membutuhkan pengecatan sederhana
 - Cat terkelupas
 - Penurunan mutu cat
 - Permukaan cat tertutup vandalisme
 - Noda atau bercak kotoran
- b) Lingkup Pekerjaan
 - Pengecatan-pengecatan sederhana atau sedikit pada sandaran dan parapet;
 - Pengecatan-pengecatan sederhana atau sedikit pagar jembatan yang sudah berkarat atau berkurang kualitas catnya;
 - Pengecatan-pengecatan sederhana atau sedikit pada pintu-pintu penutup manhole di kepala jembatan.
- c) Komponen yang dicat
 - Siar muai
 - Daerah sekitar perletakan
 - Daerah sekitar abutment dan pilar
 - Kabel pendukung pada pylon jembatan beruji kabel
 - Komponen rangka
- d) Peralatan / Bahan yang digunakan
 - Alat pengukur ketebalan cat (*Dry Film Thickness Gauge*)
 - Cat yang sesuai dengan jenis cat yang diaplikasikan pada jembatan
 - Kuas 1 inci s.d 4 inci.
 - Kertas Ampelas
 - Kain lap
 - *Tiner*
 - Alat penyemprot udara (*Air Compressor*)
- e) Cara Kerja
 - Cat yang rusak disikat menggunakan ampelas hingga permukaan asli;
 - Dilap dengan kain lap yang sudah diberi cairan pembersih (aseton, tiner) sampai bersih;
 - Dilokasi yang sempit dapat menggunakan kuas berukuran kecil;
 - Dilokasi yang sulit dijangkau dapat menggunakan alat bantu tongkat.

5.1.3 Pemberian bahan pelumas pada angkur hidup

Engsel angkur hidup terutama angkur kabel pada bagian dek jembatan harus dapat bergerak dengan bebas. Oleh karena itu perlu adanya bahan pelumas sekaligus pelindung pada engsel tersebut sehingga tidak terjadi kerusakan yang dapat menghambat pergerakan

engsel tersebut. Tipikal angkur kabel pada jembatan beruji kabel seperti terlihat pada Gambar 3.

- a) Ciri-ciri permasalahan
 - Terdapat kotoran pada sela-sela angkur hidup.
 - Permukaan cat disekitar sela engsel terindikasi mengelupas.
 - Terdapat genangan air pada bagian-bagian yang dapat memperangkap air
- b) Lingkup pekerjaan
 - Pembersihan sela-sela dan permukaan angkur dan engselnya.
 - Pemberian pelumas atau bahan pelindung karat pada engsel Angkur.
 - Pekerjaan tersebut dilakukan pada semua angkur hidup jembatan.
- c) Peralatan / bahan yang digunakan
 - Kuas 1 inci/spon
 - Kain lap
 - Oli atau grease
 - *Water jet*
 - Peralatan keamanan (Alat Pelindung Diri)
- d) Cara Kerja
 - Bersihkan sela-sela engsel angkur menggunakan kuas kecil yang kering atau *water jet*;
 - Oleskan *oli/grease* menggunakan kuas/spon sehingga seluruh bagian engsel tertutup *oli/grease*;
 - Apabila terdapat bercak-bercak cairan *oli/grease* yang menempel di luar engsel (angkur), bersihkan menggunakan kain lap.



Gambar 3 - Angkur kabel penggantung

5.1.4 Perbaikan dan pemeliharaan pada elemen beton

Kerusakan pada elemen beton dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar lagi apabila tidak segera dilakukan perbaikan bahkan dapat berdampak pada kekuatan dan umur jembatan. Penyebab kerusakan tersebut bisa diakibatkan karena pelaksanaan pengecoran yang kurang baik, benturan, pelapukan, aus, dan lain-lain. Untuk beberapa kasus perbaikan kerusakan beton yang dinilai struktural, harus dilakukan oleh pihak yang memiliki kompetensi khusus menangani kerusakan tersebut, misalnya retak struktural pada beton.

- a) Ciri-ciri kerusakan pada elemen beton
 - Retak
 - Gompal
 - Keropos
 - Pecah
- b) Lingkup pekerjaan
 - Kepala jembatan
 - Sayap kepala jembatan
 - Kolom pilar
 - Kepala pilar
 - Bangunan pengarah aliran sungai
 - Tiang sandaran
- c) Peralatan / bahan yang digunakan
 - Material campuran beton (semen, pasir, kerikil, air)
 - Sendok tembok
 - Pahat beton
 - Palu
 - Sikat kawat
- d) Cara Kerja
 - Buang/lepaskan semua bagian beton yang rusak sampai bagian yang terlihat baik dan bersih.
 - Kupas beton tersebut berbentuk persegi dengan kedalaman yang disesuaikan.
 - Jika kerusakan mencapai hingga kedalaman 4 cm atau lebih, gunakan *wire mesh* halus yang ditempel pada bagian tersebut.
 - Apabila kerusakan mencapai permukaan besi beton, lakukan pengupasan beton sampai kurang lebih 1,5 cm di belakan besi tulangan sehingga akan didapat ikatan yang baik antara beton lama dan baru.
 - Apabila terdapat besi tulangan berkarat pada permukaannya, bersihkan dahulu menggunakan sikat kawat. Namun jika karat tersebut sudah mengurangi diameter tulangan, dianjurkan untuk mengganti tulangan pada bagian yang berkarat tersebut dengan menyambungkannya menggunakan tulangan yang berdiameter sama dan dilakukan dengan cara di las.
 - Perbaikan kerusakan beton tersebut digunakan dengan injeksi bahan epoksi/*grouting* semen.
 - Perbaikan kerusakan beton yang dilaksanakan dari bagian bawah struktur harus menggunakan jenis injeksi anti gravitasi, dan untuk perbaikan kerusakan dilaksanakan dari bagian sisi atau atas struktur dapat digunakan jenis injeksi lainnya.

5.1.5 Perbaikan dan pemeliharaan pada elemen baja

Metode pemeliharaan dan perbaikan elemen-elemen baja adalah sebagai berikut:

- a) Permukaan struktur baja harus dijaga agar tetap bersih. Jalur pembuangan air harus bebas dari berbagai benda asing. Pada permukaan dek jembatan tidak boleh terdapat genangan air, kemudian jika terjadi kebocoran pada dek jembatan maka harus segera diperbaiki.
- b) Jika terjadi genangan air pada batang tepi atas atau batang tepi bawah sistem rangka jembatan, jalur pembuangan air dengan diameter maksimum 50 mm harus dibuat. Sebelum pemasangan jalur air dengan cara pengeboran elemen, kekuatan dari elemen yang dibor tersebut harus dihitung dan diverifikasi terlebih dahulu untuk memastikan tidak akan terjadi perlemahan pada struktur
- c) Sambungan pada baut mutu tinggi dan las harus secara menyeluruh diperiksa dan hasilnya disimpan sebagai data base. Jika ditemukan ada baut pada sambungan yang hilang atau rusak dan sambungan las mengalami retak, maka harus segera diberikan tanda.
- d) Jika secara visual terlihat adanya titik-titik karat atau terjadi pembengkakan lapis lindung cat, maka lokasi tersebut harus segera ditangani sesuai dengan prosedur yang berlaku

5.1.6 Perbaikan atau penggantian bagian-bagian yang kecil

Perbaikan atau perbaikan bagian-bagian yang kecil dilakukan untuk mengembalikan kondisi dan fungsi dari elemen tersebut agar dapat kembali seperti semula, contohnya adalah perbaikan baut yang putus, saluran drainase yang tersumbat atau hilang, serta utilitas yang rusak atau hilang.

5.1.7 Pemeriksaan dan pengujian instalasi penyalur petir

Setiap instalasi penyalur petir serta komponen-komponen pendukungnya harus dipelihara agar selalu bekerja dengan baik, aman dan memenuhi syarat. Instalasi penyalur petir harus diperiksa dan diuji :

- a) Sebelum penyerahan dari instalatir kepada pemakai.
- b) Setelah ada perubahan atau perbaikan (bangunan atau instalasi)
- c) Secara berkala setiap dua tahun sekali.
- d) Setelah ada kerusakan akibat sambaran petir.
- e) Dilakukan oleh pegawai pengawas, Ahli K3 atau PJK3 Inspeksi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemeriksaan dan pengujian instalasi penyalur petir adalah:

- a) Elektroda bumi, terutama pada jenis tanah yang dapat menimbulkan karat.
- b) Kerusakan-kerusakan dan karat dari penerima dan penghantar
- c) Sambungan-sambungan
- d) Tahanan pembumian dari masing-masing elektroda maupun elektorda kelompok.
- e) Setiap hasil pemeriksaan dicatat dan diperbaiki.
- f) Tahanan pembumian dari seluruh sistem pembumian tidak boleh lebih dari 5 ohm.
- g) Dilakukan pengukuran elektroda pembumian.

5.2 Pemeliharaan berkala

Pemeliharaan berkala merupakan usaha untuk menjaga jembatan tetap dalam kondisi dan daya layan yang baik setelah pembangunan. Pemeliharaan berkala dilaksanakan setiap periode waktu tertentu tergantung pada jenis pemeliharaan yang akan dilakukan. Beberapa pekerjaan pemeliharaan berkala khusus untuk jembatan beruji kabeluntuk pejalan kaki yaitu:

- a) Pengecatan ulang jembatan

- b) Pengecekan kekencangan dan penggantian baut
- c) Pengecekan tegangan kabel
- d) Pembersihan menyeluruh jembatan
- e) Penggantian menyeluruh lapis permukaan aspal

5.2.1 Pengecatan ulang jembatan

Pengecatan ulang jembatan perlu dilakukan pada seluruh elemen baja jembatan apabila pada pemeriksaan ditemukan kondisi tingkat korosi elemen baja yang parah atau ketika umur rencana perlindungan elemen baja dengan cat sudah habis.

5.2.1.1 Peralatan persiapan pengecatan

Peralatan yang digunakan untuk mempersiapkan permukaan terdiri dari : alat kerok, alat pengelupas, mesin pengelupas, sikat kawat, mesin penggosok, gurinda, penghisap debu, kompresor, kuas, semprotan air dan peralatan penyemprot pasir (*sand blasting*).

Peralatan manual atau elektrik dan *abrasive blasting* harus digunakan untuk semua pekerjaan persiapan permukaan yang sesuai dengan yang disyaratkan untuk pekerjaan tersebut.

Sikat yang digunakan untuk pengecatan adalah sikat yang mempunyai ukuran yang sesuai dan bulu-bulu sikatnya harus dibuat dari bahan yang tepat dan cocok dengan cat yang akan digunakan.

5.2.1.2 Peralatan pelaksanaan pengecatan

Peralatan yang digunakan untuk pelaksanaan pengecatan terdiri atas : semprotan vakum, semprotan udara, kompresor, kuas, alat pengukur ketebalan cat basah, alat pengukur ketebalan cat kering dan peralatan keselamatan kerja. Peralatan penyemprot cat dengan tekanan udara dan ukuran lubang penyemprot serta jarak penyemprotan yang sesuai dengan data pabrik harus digunakan untuk melaksanakan penyemprotan cat.

5.2.1.3 Peralatan pengawasan pengecatan

Beberapa peralatan yang harus digunakan dalam rangka pengawasan kualitas pekerjaan pengecatan adalah:

- *Sling psychometric*, alat penghitung titik pengembunan, dan thermometer suhu permukaan sesuai dengan ASTM E 337.
- Alat pengukur ketebalan cat basah sesuai dengan ASTM D 4414 A.
- Alat pengukur ketebalan cat kering sesuai dengan ASTM D 1186 B type 1.
- *Pull-of adhesion tester (self-center)* sesuai dengan ISO 4624.

Semua peralatan harus dikalibrasi sebelum digunakan.

5.2.1.4 Umur proteksi cat

Umur proteksi cat untuk pemeliharaan berkala dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4- Kategori dan umur rencana proteksi cat

No	Kategori umur rencana proteksi untuk pemeliharaan berkala	Umur rencana proteksi cat (tahun)
1	Proteksi jangka sangat panjang	> 20
2	Proteksi jangka panjang	10 – 20
3	Proteksi jangka sedang	5 – 10
4	Proteksi jangka pendek	< 5

5.2.1.5 Tipe-tipe sistem pengecatan

Beberapa tipe sistem pengecatan yang umum digunakan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut:

Tabel 5- Tipe cat dan unsur dasar karakteristiknya

Tipe cat	Unsur dasar karakteristik
<i>Zinc coating (kecuali Sprayed-metal); kosong atau dicat</i>	<i>Zinc dan atau zinc-iron alloy</i>
<i>Sprayed-metal; kosong, tertutup atau dicat</i>	<i>Zinc atau aluminium metal</i>
<i>Organic zinc-rich</i>	<i>Zinc dan organic binder</i>
<i>Inorganic zinc-rich</i>	<i>Zinc dan silicate binder</i>
<i>Drying-oil type</i>	<i>Drying oil, urethane oil, alkyd, modified alkyd, phenolic varnish, atau epoksi ester ditambah pigment</i>
<i>Silicone alkyd</i>	<i>Silicone modified alkyd ditambah pigment</i>
<i>One - pack chemical resistant</i>	<i>Chlorinated rubber atau vinyl copolimer resin ditambah pigment</i>
<i>One-pack chemical resistant dan type F primer</i>	<i>Epoksi ester atau alkyd primer dengan chlorinated rubber finish</i>
<i>Two-pack chemical resistant</i>	<i>Epoksi atau poliurethane resin (termasuk modifikasi dengan coal tar) ditambah pigment</i>
<i>Two-pack chemical resistant over coated dengan type H travel coat dan finish</i>	<i>Epoksi resin-over coated dengan chlorinated rubber ditambah pigment</i>
<i>Bitumens</i>	<i>Coal tar atau mineral bitument dengan atau tanpa pigment, coal tar enamel</i>

Tabel 6-Sistem pengecatan

No	Klasifikasi jenis cat	Fungsi	Bahan pengikat	Jenis pigmen	Volume bahan padat nominal (%)	Rata-rata pigmen dalam total pigmen (% berat minimum)	Tebal lapisan kering minimum yang dianjurkan ($\mu\text{m/lapis}$)
1	<i>Organic Zinc-Rich</i>	Dasar	<i>Two pack epoxy</i>	Serbuk seng	35	95	50
2	<i>Inorganic Zinc-Rich</i>		Alkali silikat	Serbuk seng	40	80	75
3	<i>One pack chemical resistant</i>	Dasar	Karet terklorinasi	Seng fosfat	35	40	35
				Seng kromat	35	40	35
				Serbuk seng (BS 4652 type 1)	40	95	40
			Serbuk seng (BS 4652 type 1)	40	95	40	
			Logam Timbal	45	50	35	
			Vinil klorida	Seng fosfat	35	40	35
		Seng kromat		35	40	35	
		Serbuk seng		40	95	40	
Antara	Karet terklorinasi	Titanium oksida	35	-	25		
		<i>Micaceous</i> besi oksida	30	-	100		
	Vinil klorida/asetat	Titanium oksida	40	80	30		
		<i>Micaceous</i> besi oksida	35	80	100		

Tabel 6- Sistem pengecatan (lanjutan)

No	Klasifikasi jenis cat	Fungsi	Bahan pengikat	Jenis pigmen	Volume bahan padat nominal (%)	Rata-rata pigmen dalam total pigmen (% berat minimum)	Tebal lapisan kering minimum yang dianjurkan ($\mu\text{m/lapis}$)
3	<i>One pack chemical resistant</i>	Akhir	Karet terklorinasi	Titanium oksida	35	90	25
					30	90	100
				Karbon hitam	35	-	25
					30	-	100
				Besi oksida	40	80	30
					35	80	100
			Vinil klorida/ asetat	Titanium oksida	35	90	25
					30	90	100
				Karbon hitam	35	-	25
					30	-	100
Besi oksida	40	80	30				
	35	80	100				
Alumunium	35	95	25				
	30	95	100				

5.2.1.6 Penentuan jenis dan ketebalan cat

Kriteria penentuan jenis dan tebal cat adalah sebagai berikut :

- a) Penentuan jenis dan ketebalan cat untuk komponen baja jembatan tergantung pada kondisi lingkungan dan umur proteksi cat.
- b) Sistem pengecatan beberapa lingkungan dapat dilihat pada Tabel 7 sampai dengan Tabel 10 berikut.

Tabel 7 - Di luar ruangan pada lingkungan pedalaman korosif ringan

Umur rencana proteksi untuk pemeliharaan berkala	Jenis cat	Total ketebalan nominal (μm)
Jangka sangat panjang (> 20 tahun)	<i>Sealed sprayed zinc</i>	150
	<i>Sealed sprayed aluminium</i>	100
Jangka panjang (10 sampai 20 tahun)	<i>One-pack chemical resistant di atas two-pack chemical resistant</i>	295
	<i>One-pack chemical resistant</i>	270
	<i>Silicone alkyd di atas two-pack chemical resistant</i>	245
	<i>Sprayed aluminium ditambah cat</i>	100 + (30 sampai 100)
	<i>Sprayed zinc ditambah cat</i>	100 + (30 sampai 100)
	<i>Sealed sprayed zinc</i>	100
	<i>Organic zinc-rich</i>	100
	<i>Inorganic-zinc rich</i>	100
Jangka sedang (5 sampai 10 tahun)	<i>Drying-oil type</i>	165 sampai 190
	<i>One-pack chemical-resistant</i>	150
	<i>Organic zinc-rich</i>	75
Jangka pendek (< 5 tahun)	<i>Drying-oil type (st 2)</i>	120 sampai 150
	<i>Drying oil type (sa 2,5)</i>	85 sampai 105

Tabel 8 - Di luar ruangan pada lingkungan pedalaman sangat korosif

Umur rencana proteksi untuk pemeliharaan berkala	Jenis cat	Total ketebalan nominal (µm)
Jangka sangat panjang (> 20 tahun)	<i>Sealed sprayed alumunium</i>	150
	<i>Sealed sprayed zinc</i>	150
Jangka panjang (10 sampai 20 tahun)	<i>Silicone alkyd di atas two-pack chemical resistant</i>	345
	<i>One-pack chemical resistant di atas two-pack chemical resistant</i>	335
	<i>One-pack chemical resistant</i>	300
	<i>Two-pack chemical-resistant</i>	270
	<i>Organic zinc-rich</i>	150
	<i>Inorganic-zinc rich</i>	150
	<i>Sprayed alumunium ditambah cat</i>	100 + (60 sampai 100)
	<i>Sprayed zinc ditambah cat</i>	100 + (60 sampai 100)
	<i>Sealed sprayed zinc</i>	100
	<i>Sealed sprayed alumunium</i>	100
Jangka sedang (5 sampai 10 tahun)	<i>Two-pack chemical-resistant</i>	240
	<i>One-pack chemical resistant di atas two-pack chemical resistant</i>	235
	<i>Drying oil-type</i>	190 sampai 230
	<i>One-pack chemical resistant</i>	200
	<i>Organic zinc-rich</i>	100
	<i>Inorganic zinc-rich</i>	100
Jangka pendek (< 5 tahun)	<i>One-pack chemical-resistant</i>	220
	<i>Drying-oil type (st 2)</i>	170 sampai 190
	<i>Drying oil type (sa 2,5)</i>	130 sampai 150

Tabel 9 - Di luar ruangan pada lingkungan pantai korosif ringan

Umur rencana proteksi untuk pemeliharaan berkala	Jenis cat	Total ketebalan nominal (µm)
Jangka sangat panjang (> 20 tahun)	<i>Sealed sprayed alumunium</i>	150
	<i>Sealed sprayed zinc</i>	150
Jangka panjang (10 sampai 20 tahun)	<i>One-pack chemical resistant di atas two-pack chemical resistant</i>	295
	<i>One-pack chemical resistant</i>	270
	<i>Silicone alkyd di atas two-pack chemical resistant</i>	245
	<i>Drying-oil type</i>	190 sampai 230
	<i>Sprayed alumunium ditambah cat</i>	100 + (30 sampai 100)
	<i>Sprayed zinc ditambah cat</i>	100 + (30 sampai 100)
	<i>Sealed sprayed alumunium</i>	100
	<i>Sealed sprayed zinc</i>	100
	<i>Organic zinc-rich</i>	100
	<i>Inorganic-zinc rich</i>	100
Jangka sedang (5 sampai 10 tahun)	<i>Drying-oil type</i>	165 sampai 190
	<i>One-pack chemical-resistant</i>	150
	<i>Organic zinc-rich</i>	75
	<i>Inorganic zinc-rich</i>	75
Jangka pendek (< 5 tahun)	<i>One-pack chemical resistant</i>	160
	<i>Drying-oil type (st 2)</i>	120 sampai 150
	<i>Drying oil type (sa 2,5)</i>	85 sampai 105
	<i>Organic zinc-rich</i>	50

Tabel 10 - Di luar ruangan pada lingkungan pantai sangat korosif

Umur rencana proteksi untuk pemeliharaan berkala	Jenis cat	Total ketebalan nominal (µm)
Jangka sangat panjang (> 20 tahun)	<i>Sealed sprayed zinc</i>	250
	<i>Sealed sprayed alumunium</i>	150
Jangka panjang (10 sampai 20 tahun)	<i>Silicone alkyd di atas two-pack chemical resistant</i>	345
	<i>One-pack chemical resistant di atas two-pack chemical resistant</i>	335
	<i>Two-pack chemical resistant di atas zinc silicate</i>	275
	<i>Two-pack chemical-resistant</i>	270
	<i>Sprayed alumunium ditambah cat</i>	100 + (60 sampai 100)
	<i>Sprayed zinc ditambah cat</i>	100 + (60 sampai 100)
	<i>Sealed sprayed zinc</i>	150
	<i>Sealed sprayed alumunium</i>	100
Jangka sedang (5 sampai 10 tahun)	<i>Two-pack chemical-resistant</i>	240
	<i>One-pack chemical resistant di atas two-pack chemical resistant</i>	235
	<i>One-pack chemical resistant</i>	200
	<i>Drying oil-type</i>	190 sampai 230
	<i>Selaed sprayed zinc</i>	100
	<i>Organic zinc-rich</i>	100
	<i>Inorganic zinc-rich</i>	100
Jangka pendek (< 5 tahun)	<i>One-pack chemical-resistant</i>	220
	<i>Drying-oil type (st 2)</i>	170 sampai 190
	<i>Drying oil type (sa 2,5)</i>	mpai 150

5.2.1.7 Pelaksanaan

a. Cara kerja persiapan

- 1) Membersihkan kotoran

Kotoran berupa tanah, debu dan kotoran lainnya, dihilangkan dengan cara disikat atau dikerok atau disemprot dengan air atau pasir sampai bersih.

- 2) Membersihkan oli dan lapisan minyak

Oli dan lapisan minyak dihilangkan dengan cara menggosoknya dengan kain atau kuas yang dicelupkan ke dalam larutan xilol atau tiner atau bensin atau cairan lainnya.

3) Membersihkan karat menurut persiapan permukaan Sa 2,5

Karat dan kotoran lainnya dihilangkan dengan cara dipukul, dikerok, digerinda, kemudian dilanjutkan dengan menyemprotkan pasir bertekanan (*Sand Blasting*) menggunakan udara bertekanan, pasir yang digunakan biasanya adalah pasir silika atau pasir besi. Setelah itu permukaan baja dibersihkan dengan penyedot debu dan ditiup dengan kompresor atau disapu dengan kuas bersih. Permukaan komponen baja dibersihkan sampai mencapai warna kertas standar Sa 2,5.

4) Membersihkan karat menurut persiapan permukaan St 2

Karat dan kotoran lainnya dihilangkan dengan cara dipukul, dikerok, digerinda, kemudian permukaan baja dibersihkan dengan penyedot debu dan ditiup dengan kompresor atau disapu dengan kuas bersih.

Permukaan komponen baja dibersihkan sampai mencapai warna kertas standar St 2.

b. Cara Kerja Pelaksanaan pengecatan

- 1) Sebelum dilakukan pengecatan, permukaan harus betul-betul sudah bersih dari kotoran maupun karat dan kondisi lingkungan harus sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Waktu antara penyelesaian persiapan permukaan dan pengecatan dasar tidak boleh lebih dari 3 jam;
- 2) Pengecatan dasar dilakukan dengan menggunakan mesin penyemprot;
- 3) Sebelum digunakan, bahan cat yang terdiri dari 2 komponen diaduk secara terpisah sebelum dicampur dengan perbandingan yang ditentukan oleh pabrik pembuat dan diawasi oleh seorang pengawas;
- 4) Pengencer dapat ditambahkan sesuai yang telah ditentukan oleh pabrik pembuat;
- 5) Pada permukaan baja yang sudah bersih, pengecatan dasar dilakukan dengan cara menyemprotkan cat menggunakan alat penyemprot cat yang dihubungkan dengan sebuah kompresor;
- 6) Ketebalan cat basah diukur dengan menggunakan alat pengukur ketebalan cat basah (*Wet Film Thickness Gauge*) dan ditunggu sampai lapisan cat menjadi kering;
- 7) Ketebalan lapisan cat kering diukur dengan menggunakan alat pengukur ketebalan cat kering;
- 8) Lapisan tengah dan lapisan akhir dilaksanakan dengan menggunakan penyemprot mesin dan kuas minimum 24 jam dan maksimum 72 jam setelah lapisan dasar.
- 9) Ukur daya lekat cat terhadap permukaan baja menggunakan alat *pull-off adhesion*.

5.2.2 Pengecekan kekencangan dan penggantian baut

Baut yang longgar pada komponen baja jembatan dapat diakibatkan karena pemasangannya kurang sempurna, keausan bahan, atau getaran akibat lalu lintas. Apabila baut yang longgar tidak segera diperbaiki akan mengakibatkan getaran yang lebih besar, lawan lendut jembatan (*camber*) berkurang, dan membahayakan keamanan konstruksi.

Cara pemeliharaan dan penanganan baut adalah sebagai berikut:

- a. Lokasi sambungan baut berkekuatan tinggi tidak boleh mengalami karat. Pada baut mutu tinggi tidak boleh terjadi penyekrupan yang berlebihan, penyekrupan yang tidak cukup, dan kesalahan penyekrupan;
- b. Baut pada setiap sambungan harus diperiksa sedikitnya satu kali dalam satu tahun, periksa dengan cermat kemungkinan terjadinya karat pada bagian dalam baut;
- c. Pemeriksaan kondisi baut dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:
 - Metode pengamatan visual, pergeseran elemen struktural dapat menyebabkan perubahan kelengkungan dan lendutan yang mengakibatkan sebagian besar baut pada lokasi-lokasi sambungan menjadi longgar. Jika ditemukan lapisan pelindung di kepala baut atau mur terkelupas atau berkarat, hal ini mengindikasikan baut telah mengalami ketidakcukupan kekuatan sekrup, dan dapat menyebabkan perlemahan atau retak.
 - Metode pengetukan, palu dengan berat sekitar 0,25 kg digunakan untuk memukul salah satu sisi mur, dan jari pada sisi lain menekan mur. Jika pada saat mur diketuk dan jari yang menekan mur tidak merasakan adanya getaran atau pergeseran, maka kekencangan baut dalam kondisi normal.
- d. Penggantian baut

Jika setelah diperiksa diketahui bahwa baut mengalami masalah serius seperti berjarat, retak atau patah, maka baut tersebut harus segera diganti. Baut yang baru, mur dan proses pembersihannya harus memenuhi standar yang ditentukan. Kekuatan, spesifikasi, dan dimensi harus sesuai dengan desain awal.

Pada titik sambungan utama, jumlah baut yang diganti bersamaan tidak boleh melebihi 10% dari jumlah total baut pada sambungan tersebut. Pada sambungan dengan jumlah baut yang sedikit, maka penggantian baut dilakukan satu per satu.

Sebelum dikencangkan dengan menggunakan kunci torsi, seluruh baut harus dalam kondisi kekencangan sedang. Seluruh baut dikencangkan dengan nilai torsi yang telah ditentukan berdasarkan jenis dan diameter baut. Hasil gaya tarik pada baut dengan menggunakan metode ini sangat bervariasi meskipun prosedur pelaksanaan dilakukan dengan benar. Nilai *proof load* digunakan sebagai batas gaya tarik maksimum yang mampu diterima oleh baut dan gaya tarik minimum yang diijinkan sebesar 0,7 dari gaya tarik putus. Nilai *proof load* untuk setiap mutu baut dan gaya tarik minimum dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11- Gaya tarik maksimum dan minimum baut A325 dan Grade 8.8

Ukuran nominal	<i>Proof load</i> /gaya tarik maksimum (kN)		Gaya tarik minimum (kN)
	ASTM A325	ISO Grade 88	
M16	94,2	91,1	91
M20	147	147	142
M22	182	181,8	176
M24	212	211,8	205
M27	275	275,4	267
M30	337	336,6	326
M36	490	490,2	475

Sumber: ASTM A325M-04, Maryland Metrics, USA dan ISO898-1:2009

Tabel 12- Gaya tarik maksimum dan minimum baut A490 dan Grade 10.9

Ukuran nominal	Proof load/gaya tarik maksimum (kN)		Gaya tarik minimum (kN)
	ASTM A325	ISO Grade 88	
M16	130	130,3	114
M20	203	203,4	179
M22	251	251,5	221
M24	293	293	257
M27	381	381	334
M30	466	465,6	408
M36	678	678,1	595

Sumber: ASTM A325M-04, Maryland Metrics, USA dan ISO898-1:2009

Penggunaan metode kunci torsi harus dilakukan dengan teliti dan memerlukan perhatian yang lebih detail. Verifikasi kunci torsi di lapangan harus dilakukan setiap hari atau :

- Ketika lot dari komponen rangkaian baut (baut, *ring* dan mur) diganti;
- Ketika lot dari komponen rangkaian baut (baut, *ring* dan mur) diberi pelumas kembali;
- Ketika terdapat perbedaan yang signifikan pada permukaan baut, ulir, mur, atau ring;
- Ketika mengganti kunci torsi atau komponen utama dari kunci torsi diubah (diberi pelumas).

5.2.3 Pengecekan tegangan kabel utama (*cable stayed*)

Kabel utama merupakan bagian utama dari jembatan gantung dan dalam metode pemeliharaan maupun penggantinya harus sesuai dengan petunjuk dari tenaga ahli atau *professional engineer*. Untuk menjamin pelayanan dan keselamatan jembatan, pemeriksaan berkala dan pengujian harus dilakukan pada elemen ini.

Kabel adalah satu elemen struktural yang paling penting dari jembatan, yang secara langsung memikul beban jembatan. Gaya kabel merupakan faktor penting dalam menggambarkan distribusi gaya internal serta alinyemen dari jembatan, oleh karena itu gaya kabel merupakan salah satu faktor penting untuk mengevaluasi kondisi teknis dari *stay cable*. Selama konstruksi dan periode operasional, sangat penting untuk memperoleh informasi kondisi teknis dari gaya-gaya kabel secara periodik. Ada banyak metode untuk mengetahui gaya pada kabel berdasarkan hubungan antara tegangan dari kabel dan frekuensi alamiahnya, metode spektrum frekuensi dapat diterapkan untuk mengetahui gaya kabel dan relaksasinya.

Untuk memastikan perlindungan pada sistem kabel dan mencegah kerusakan kabel pada selubung HDPE akibat peletakan kabel atau alasan lainnya, maka pemeriksaan lengkap harus dilakukan sebelum dan setelah jembatan dioperasikan.

Ketika lapisan pelindung kabel rusak atau terbuka dengan volume kerusakan lebih dari 10 persen, maka pelindung tersebut harus segera diganti, begitu juga apabila terdapat *strand* yang rusak/putus atau berkarat dengan volume karat lebih dari 10 persen, maka kabel tersebut harus diganti.

5.2.4 Pembersihan menyeluruh jembatan

Pembersihan utama struktur jembatan 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,

sayap gelagar tempat banyak kotoran yang menumpuk, dudukan perletakan/landasan dan bagian lain yang tidak dapat terjangkau pada waktu dilakukan pemeliharaan rutin.

Jenis pekerjaan ini mungkin memerlukan tangga/perancah dan sebaiknya dilakukan oleh sekelompok pekerja pemeliharaan yang terlatih.

5.2.5 Penggantian menyeluruh lapis permukaan aspal

Sistem lantai pada jembatan beruji kabel ini menggunakan sistem pelat baja ortotropik dengan ketebalan lapisan permukaan aspal kurang lebih 50 mm. Lapisan permukaan pada lantai ortotropik baja memerlukan penggantian secara berkala. Permukaan aspal yang berada di atas lantai baja akan tahan sekitar 5 tahun sampai dengan 8 tahun sebelum memerlukan penggantian. Lapisan aspal permukaan sebaiknya dikupas terlebih dulu dari lantai sebelum lapisan yang baru dipasang. Ketebalan lapisan aspal 30 mm ditengah dan 20 mm dipinggir untuk mengakomodasi baut-baut yang menonjol diatas pelat lantai ortotropik.

6 Tindakan darurat

Tindakan darurat adalah suatu tindakan yang harus dilakukan secara mendesak untuk memperbaiki suatu masalah atau kerusakan. Pekerjaan tindakan darurat adalah tindakan yang harus segera dilakukan, artinya jembatan berada dalam keadaan kritis atau lalu lintas tidak dapat melalui jembatan dengan aman.

Tindakan darurat diperlukan apabila terdapat keadaan seperti berikut:

- a. Terjadi gerusan di sekitar tanah timbunan, kepala jembatan, atau pilar;
- b. Puing atau rintangan (misalnya pohon besar) yang memberikan beban horizontal yang berlebihan pada pilar atau pengendapan dan tumbuhan yang mengancam kelancaran saluran air;
- c. Kolom, balok, atau kabel jembatan yang rusak, hilang, berubah bentuk, berkarat sedemikian rupa yang berpotensi menyebabkan keruntuhan jembatan;
- d. Lubang pada permukaan lantai jembatan yang mungkin membuat jembatan tidak aman bagi pejalan kaki atau pengguna jalan;
- e. Penurunan atau indikasi pergerakan kepala jembatan atau pilar;
- f. Longsor pada daerah jalan pendekat di sekitar kepala jembatan.

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

Bibliografi

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 38 tahun 2004 tentang jalan

Peraturan Pemerintah RI Nomor: 34 Tahun 2006 tentang jalan

Pedoman Pemeliharaan dan Rehabilitasi, Sistem Manajemen Jembatan tahun 1993

Pedoman Pemeliharaan Jembatan Gantung Sederhana – Dirjen Bina Marga Tahun 2012

Pedoman Penanggulangan Korosi Komponen Baja Jembatan dengan Cara Pengecatan – Kementerian Pekerjaan Umum 2014.

Daftar nama dan lembaga

1. Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

2. Penyusun

Nama	Instansi
Hadi Gunawan Sonjaya, S.Si	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

3. Subkomite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan

No	Nama	Instansi	Kedudukan	Wakil dari
1	Dr. Eng. Ir. Herry Vaza M.Eng, Sc	Pusat Litbang Jalan Jembatan	Ketua Subkomite Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan	Pemerintah
2	Prof. Dr.Ir. M. Sjahanulirwan, M.Sc	Universitas Tama Jagakarsa	Wakil Ketua Subkomite Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan	Pakar
3	Dr.Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc	Pusat Litbang Jalan Jembatan	Sekretaris Subkomite Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan	Pemerintah
4	Prof. Dr. Ir. H. Raden Anwar Yamin, MT, M.E	Pusat Litbang Jalan Jembatan	Anggota Subkomite Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan	Pemerintah
5	Ir. Abinhot Sihotang, MT	Institut Teknologi Nasional (ITENAS)	Anggota Subkomite Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan	Pakar
6	Dr.Ir. Samun Haris, MT	Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia (HPJI)	Anggota Subkomite Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan	Konsumen
7	Dr. Ir. Imam Aschuri, MT	Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)	Anggota Subkomite Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan	Konsumen
8	Ir. Theresia Widia Liestiani	PT. SENECA	Anggota Subkomite Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan	Produsen
9	Dr. Ir. Hindra Mulya, MM	PT. MBT	Anggota Subkomite Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan	Produsen