



PEDOMAN

No. 04 / P/ BM/ 2024

Bidang Jembatan dan Terowongan

PEMERIKSAAN DAN PEMELIHARAAN JEMBATAN GANTUNG TIPE *SUSPENDED CABLE* DENGAN LANTAI KACA



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

Jl. Pattimura No.20 Kebayoran Baru Jakarta Selatan 12110, Telp. (021) 7203165, Fax (021) 7393938

Yth.

1. Sekretaris Direktorat Jenderal Bina Marga;
2. Para Direktur di Direktorat Jenderal Bina Marga;
3. Para Kepala Balai Besar/Balai Pelaksanaan Jalan Nasional di Direktorat Jenderal Bina Marga;
4. Para Kepala Satuan Kerja di Direktorat Jenderal Bina Marga.

SURAT EDARAN

NOMOR: **09** /SE/Db/2024

TENTANG

PEDOMAN PEMERIKSAAN DAN PEMELIHARAAN JEMBATAN GANTUNG TIPE
SUSPENDED CABLE DENGAN LANTAI KACA

A. Umum

Dalam pelaksanaan pemeriksaan dan pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca, harus memperhatikan kebutuhan peralatan dan keselamatan kerja. Upaya keselamatan terhadap pengguna jembatan dapat dilakukan dengan pemberitahuan yang cukup tentang keselamatan untuk mengurangi terjadinya kecelakaan dan ketidaknyamanan pengguna jembatan atau penutupan sementara akses jembatan selama masa pemeliharaan/perbaikan berlangsung.

Sehubungan dengan hal tersebut, perlu menetapkan Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga tentang Pedoman Pemeriksaan dan Pemeliharaan Jembatan Gantung Tipe *Suspended Cable* dengan Lantai Kaca.

B. Dasar Pembentukan

1. Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 132, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4444) sebagaimana telah beberapa kali diubah terakhir dengan Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2022 Nomor 12, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6760);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4655);
3. Peraturan Presiden Nomor 27 Tahun 2020 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 40);
4. Peraturan Presiden Nomor 1 Tahun 2022 tentang Rencana Umum Nasional Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2022 Nomor 2);
5. Keputusan Presiden Nomor 52/TPA Tahun 2020 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Dari dan Dalam Jabatan Pimpinan

Tinggi Madya di Lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;

6. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 13 Tahun 2020 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 473) sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 11 Tahun 2022 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 13 Tahun 2020 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2022 Nomor 1382);
7. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 16 Tahun 2020 tentang Organisasi dan Tata Kerja Unit Pelaksana Teknis di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 554) sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 16 Tahun 2020 tentang Organisasi dan Tata Kerja Unit Pelaksana Teknis di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 1144);
8. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 286);
9. Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 66/SE/M/2015 tentang Biaya Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum;
10. Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 16.1/SE/Db/2020 tentang Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2).

C. Maksud dan Tujuan

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai panduan dalam pemeriksaan dan pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca untuk pejalan kaki di Direktorat Jenderal Bina Marga.

Surat Edaran ini bertujuan untuk menilai kondisi jembatan dan mengembalikan jembatan pada kondisi daya layan yang seharusnya dimiliki jembatan setelah pembangunan berdasarkan ketentuan yang berlaku di Direktorat Jenderal Bina Marga.

D. Ruang Lingkup

Lingkup Surat Edaran ini meliputi tata cara pelaksanaan pemeriksaan dan pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca untuk pejalan kaki, yang bertujuan untuk menilai kondisi jembatan dan mengembalikan jembatan pada kondisi daya layan yang seharusnya dimiliki jembatan setelah pembangunan.

Pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca mencakup pemeliharaan bangunan atas dan pemeliharaan bangunan bawah. Pekerjaan pemeriksaan untuk setiap komponen jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca ini harus diperiksa secara rutin.

E. Pengaturan Pemeriksaan dan Pemeliharaan Jembatan Gantung Tipe *Suspended Cable* dengan Lantai Kaca

Pengaturan mengenai pemeriksaan dan pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca, meliputi:

1. Peralatan dan Perlengkapan Kerja
Bagian peralatan dan perlengkapan kerja meliputi pengaturan mengenai:
 - a. peralatan keselamatan kerja;
 - b. peralatan pemeriksaan; dan
 - c. peralatan pemeliharaan
2. Pemeriksaan Jembatan
Bagian pemeriksaan jembatan meliputi pengaturan mengenai:
 - a. jenis-jenis pemeriksaan.
Jenis-jenis pemeriksaan meliputi:
 - 1) pemeriksaan inventarisasi;
 - 2) pemeriksaan detail; dan
 - 3) pemeriksaan rutin.
 - b. sistem penomoran elemen.
3. Pemeriksaan Komponen Jembatan Gantung Tipe *Suspended Cable*
Bagian pemeriksaan komponen jembatan gantung tipe *suspended cable* meliputi pengaturan mengenai:
 - a. pemeriksaan komponen utama; dan
 - b. sistem penilaian kondisi.
4. Pekerjaan Pemeliharaan
Bagian pekerjaan pemeliharaan meliputi pengaturan mengenai:
 - a. pemeliharaan rutin
 - 1) pelaksanaan pembersihan;
 - 2) pengecatan sederhana;
 - 3) penanganan kerusakan ringan; dan
 - 4) pelumasan bagian bergerak.
 - b. pemeliharaan berkala
 - 1) perbaikan angkur dan *turnbuckle* angkur;
 - 2) perbaikan hanger, *turnbuckle hanger*, ikatan angin, *windguide*, dan *winties*;
 - 3) penggantian lantai kaca;
 - 4) perbaikan sambungan sealant antar kaca;
 - 5) perbaikan komponen pengaman;
 - 6) pengecatan struktur beton; dan
 - 7) pengecatan struktur baja.
 - c. rehabilitasi
 - 1) perbaikan kabel utama;
 - 2) perbaikan struktur rangka lantai jembatan;
 - 3) penggantian lantai kaca;

- 4) perbaikan retak dengan bahan epoksi;
- 5) perbaikan dimensi struktur beton;
- 6) pengecatan struktur beton;
- 7) perkuatan struktur beton;
- 8) penggantian dan pengencangan baut;
- 9) pengelasan elemen baja struktur jembatan;
- 10) pengecatan struktur baja;
- 11) perbaikan dan penggantian elemen baja;
- 12) perbaikan dan penggantian landasan (*bearing*); dan
- 13) perbaikan dan penggantian sandaran (*railing*).

Ketentuan lebih rinci mengenai pemeriksaan dan pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan rantai kaca termuat dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Surat Edaran Direktur Jenderal ini.

F. Penutup

Surat Edaran ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Demikian Surat Edaran ini untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya. Atas perhatian Saudara disampaikan terima kasih.

Tembusan:

1. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
2. Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
3. Inspektur Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
4. Direktur Jenderal Bina Konstruksi, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Ditetapkan di Jakarta

Pada tanggal 13 Februari 2024

DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA,

HEDY RAHADIAN

NIP 19640314 199003 1 002

PRAKATA

Pedoman ini memuat ketentuan umum dan ketentuan teknis mengenai persiapan dan pelaksanaan pemeriksaan Jembatan Gantung Tipe *Suspended Cable* dengan Lantai Kaca yang dibutuhkan dalam pemeriksaan inventarisasi, pemeriksaan detail, pemeriksaan rutin, dan pemeriksaan khusus kondisi jembatan.

Dalam menyusun pedoman, digunakan acuan-acuan yang merupakan standar, pedoman, dan manual yang telah diterbitkan baik oleh Direktorat Jenderal Bina Marga maupun oleh Kementerian Pekerjaan Umum yang berkaitan dengan pemeriksaan dan pemeliharaan jembatan.

Pedoman disusun oleh Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur, Direktorat Jenderal Bina Marga, dengan mempertimbangkan kemudahan yang dibutuhkan dalam melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan pada jembatan, terutama yang berkaitan dengan jembatan Gantung Tipe *Suspended Cable* dengan Lantai Kaca. Beberapa pedoman dijadikan rujukan utama dalam penyusunan pedoman ini antara lain: Pedoman Bidang Jalan dan Jembatan Pedoman Nomor 01/P/BM/2022 tentang Pemeriksaan Jembatan, Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor 005-02/P/BM/2011 tentang Pedoman Pemeliharaan Rutin Jembatan, Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor 005-03/P/BM/2011 tentang Pedoman Pemeliharaan Berkala Jembatan.

Pedoman ini telah dibahas dalam rapat pembahasan dimulai tanggal 29 November 2023 di Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur yang juga dihadiri oleh pakar/akademisi dan pemangku kepentingan (*stakeholder*). Selanjutnya pembahasan terakhir dilakukan pada Rapat Legalisasi Pedoman Pemeriksaan Jembatan tanggal 29 Januari 2024 yang dihadiri oleh Narasumber, Balai Geoteknik, Terowongan dan Struktur, BBPJN Jawa Timur-Bali, Subdirektorat Teknologi dan Peralatan Infrastruktur Bina Marga, Subdirektorat Keselamatan dan Keamanan Jalan dan Jembatan, dan Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru.

Melalui Pedoman ini diharapkan pengelola, pemilik aset, dan para Satuan Kerja atau Pejabat Pembuat Komitmen Balai Besar/Balai Pelaksanaan Jalan Nasional khususnya Bidang/Seksi Keterpaduan Pembangunan Infrastruktur Jalan di Direktorat Jenderal Bina Marga akan memiliki suatu acuan mutakhir yang dijadikan dasar dalam penyelenggaraan pemeriksaan dan pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca.

Jakarta, 13 Februari 2024
Direktur Jenderal Bina Marga,

Hedy Rahadian

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
PENDAHULUAN.....	vii
1. Ruang Lingkup.....	1
2. Acuan Normatif	1
3. Istilah dan Definisi	2
4. Peralatan dan Perlengkapan Kerja.....	5
4.1 Peralatan Keselamatan Kerja.....	5
4.2 Peralatan Pemeriksaan.....	6
4.3 Peralatan Pemeliharaan.....	6
5. Pemeriksaan Jembatan	10
5.1 Jenis-Jenis Pemeriksaan	10
5.1.1 Pemeriksaan Inventarisasi	10
5.1.2 Pemeriksaan Detail.....	10
5.1.3 Pemeriksaan Rutin	11
5.1.4 Pemeriksaan Khusus	11
5.2 Sistem Penomoran Elemen.....	15
6. Pemeriksaan Kerusakan Jembatan Gantung Tipe <i>Suspended Cable</i>	24
6.1 Kerusakan Pada Jembatan	24
6.2 Sistem Penilaian Kondisi.....	29
7. Pekerjaan Pemeliharaan.....	31
7.1 Pemeliharaan Rutin	31
7.1.1 Pelaksanaan Pembersihan	31
7.1.2 Pengecatan Sederhana	32
7.1.3 Penanganan Kerusakan Ringan	32
7.1.4 Pelumasan Bagian Bergerak	32
7.2 Pemeliharaan Berkala.....	32
7.2.1 Perbaikan Angkur dan <i>Turnbuckle</i> Angkur.....	32
7.2.2 Perbaikan <i>Hanger</i> , <i>Turnbuckle Hanger</i> , Ikatan Angin, <i>Windguy</i> , dan <i>Windtie</i>	33
7.2.3 Penggantian Lantai Kaca.....	34
7.2.4 Perbaikan Sambungan <i>Sealant</i> Antar Kaca	35
7.2.5 Perbaikan Komponen Pengaman	35
7.2.6 Pengecatan Struktur Beton.....	35
7.2.7 Pengecatan Struktur Baja	36
7.3 Rehabilitasi	36
7.3.1 Perbaikan Kabel Utama	36
7.3.2 Perbaikan Struktur Rangka Lantai Jembatan	36
7.3.3 Penggantian Lantai Kaca.....	37
7.3.4 Perbaikan Retak dengan Bahan Epoksi.....	37
7.3.5 Perbaikan Dimensi Struktur Beton	38
7.3.6 Pengecatan Struktur Beton	39
7.3.7 Perkuatan Struktur Beton.....	40
7.3.8 Penggantian dan Pengencangan Baut.....	41
7.3.9 Pengelasan Elemen Baja Struktur Jembatan	42

7.3.10 Pengecatan Struktur Baja	43
7.3.11 Perbaikan dan Penggantian Elemen Baja.....	44
7.3.12 Perbaikan dan Penggantian Landasan (<i>Bearing</i>).....	45
7.3.13 Perbaikan dan Penggantian Sandaran (<i>Railing</i>)	46
Bibliografi.....	47
Daftar Penyusun dan Unit Kerja Pemrakarsa.....	48

SALINAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1 - Elemen bangunan bawah pada jembatan gantung tipe <i>suspended cable</i> dengan lantai kaca	16
Tabel 2 - Elemen bangunan atas pada jembatan gantung tipe <i>suspended cable</i> dengan lantai kaca	17
Tabel 3 - Kerusakan bahan pada jembatan	24
Tabel 4 - Kerusakan elemen utama/klaster elemen/elemen	25
Tabel 5 - Kriteria penentuan nilai kondisi	29
Tabel 6 - Kriteria penilaian pada elemen sistem lantai kaca (4.518)	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 - <i>Water jet</i>	7
Gambar 2 - Perlengkapan kebersihan kaca	7
Gambar 3 - Tangga	7
Gambar 4 - <i>Cutter</i> dan <i>scraper</i>	8
Gambar 5 - Kunci momen	8
Gambar 6 - Kunci pas	8
Gambar 7 - Penyemprot gemuk	8
Gambar 8 - <i>Cover turnbuckle</i> pengganti	9
Gambar 9 - Penyemprot <i>sealant</i>	9
Gambar 10 - Ilustrasi <i>platform</i> gantung	9
Gambar 11 - Sistem pemeriksaan jembatan	10
Gambar 12 - Pengukuran geometri jembatan dengan <i>total station</i>	12
Gambar 13 - Titik bidik geometri jembatan	12
Gambar 14 - GPS	13
Gambar 15 - Sensor <i>accelerometer</i> pada pengujian dinamis jembatan	14
Gambar 16 - Pengujian dinamis dengan sumber gaya getaran orang berlari kecil/ <i>jogging</i> ..	14
Gambar 17 - Pengukuran tegangan kabel <i>backstayed</i> dengan <i>accelerometer</i>	15
Gambar 18 - Pengujian gaya kabel jembatan	15
Gambar 19 - Fondasi	21
Gambar 20 - Blok angkur	21
Gambar 21 - Sistem pilar jembatan	21
Gambar 22 - Sistem kabel <i>suspended</i>	21
Gambar 23 - Sistem rantai kaca	21
Gambar 24 - Jaring pengaman pengguna jembatan	22
Gambar 25 - Jembatan gantung tipe <i>suspended cable</i> dengan rantai kaca	23
Gambar 26 - Tipikal pola kerusakan rantai kaca akibat tekanan/benturan	27
Gambar 27 - Tipikal pola kerusakan rantai kaca akibat suhu/cuaca	27
Gambar 28 - Rantai kaca berjamur	28
Gambar 29 - Kerusakan pada <i>evafoam</i>	28
Gambar 30 - Kerusakan pada penutup <i>sealant</i>	28
Gambar 31 - Perbaikan kabel utama	33

PENDAHULUAN

Pedoman terdiri dari: a) ketentuan umum mengenai peralatan dan perlengkapan kerja dalam keselamatan kerja, pemeriksaan, dan pemeliharaan jembatan gantung dengan lantai kaca; b) ketentuan sistem dan prosedur teknis pemeriksaan jembatan berupa pemeriksaan inventarisasi, pemeriksaan detail, pemeriksaan rutin, dan pemeriksaan khusus pada jembatan gantung dengan lantai kaca; c) ketentuan dan prosedur pemeriksaan komponen jembatan gantung dengan lantai kaca; d) ketentuan dan prosedur teknis pemeliharaan berupa pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, dan rehabilitasi jembatan gantung dengan lantai kaca.

Di mana sebagai pendahuluan untuk mengawali pedoman, 4 (empat) bab pertama menjelaskan masing-masing mengenai ruang lingkup, acuan normatif, dan daftar istilah dan definisi yang banyak dipergunakan dalam narasi pedoman ini. Dalam Bab 4 dijelaskan mengenai peralatan dan perlengkapan kerja secara umum dalam lingkup keselamatan kerja, pemeriksaan, dan pemeliharaan. Selanjutnya Bab 5 menguraikan pemeriksaan jembatan serta sistem referensi pemeriksaan jembatan termasuk sistem penomoran dan sistem hierarki jembatan yang akan digunakan dalam penyusunan laporan Pemeriksaan Inventarisasi, Pemeriksaan Detail, dan Pemeriksaan Rutin. Kemudian dalam Bab 6 menjelaskan tentang komponen utama jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca dan sistem penilaian kondisi jembatannya. Pada bab terakhir, yaitu Bab 7, menguraikan lebih detail masing-masing mengenai ketentuan dan prosedur untuk: a) pemeliharaan rutin; b) pemeliharaan berkala; dan c) rehabilitasi jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca.

Pedoman ini diharapkan menjadi acuan utama untuk pengoperasian dan pengelolaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca khususnya berkaitan dengan pemeriksaan dan pemeliharaan jembatan.

Pedoman Pemeriksaan dan Pemeliharaan Jembatan Gantung Tipe *Suspended Cable* dengan Lantai Kaca

1. Ruang Lingkup

Pedoman ini mencakup tata cara pelaksanaan pemeriksaan dan pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca untuk pejalan kaki, yang bertujuan untuk menilai kondisi jembatan dan mengembalikan jembatan pada kondisi daya layan yang seharusnya dimiliki jembatan setelah pembangunan.

Pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca ini mencakup pemeliharaan bangunan atas dan pemeliharaan bangunan bawah.

Pekerjaan pemeriksaan untuk setiap komponen jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca ini harus diperiksa secara rutin.

2. Acuan Normatif

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 286)

Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 66/SE/M/2015 tentang Biaya Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum

Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 16.1/SE/Db/2020 tentang Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)

Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor Pt T-05-2002-B tentang Penilaian Kondisi Jembatan untuk Bangunan Atas dengan Cara Uji Getar

Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor 005-02/P/BM/2011 tentang Pedoman Pemeliharaan Rutin Jembatan

Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor 005-03/P/BM/2011 tentang Pedoman Pemeliharaan Berkala Jembatan

Manual Konstruksi dan Bangunan Nomor 016/BM/2011 tentang Manual Pemeliharaan Jembatan Suspensi

Pedoman Konstruksi Bangunan Nomor 01/BM/2012 tentang Pedoman Pemeriksaan dan Pemeliharaan Jembatan Gantung Kendaraan Ringan

Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor 26/SE/M/2015 tentang Pedoman Perlindungan Komponen Baja Jembatan dengan Cara Pengecatan

Pedoman Bidang Jalan dan Jembatan Nomor 01/P/BM/2022 tentang Pemeriksaan Jembatan Spesifikasi Khusus Interim Nomor 1.8.16 tentang Kaca Laminasi dengan Perkuatan SGP untuk Lantai Jembatan dan Lainnya

3. Istilah dan Definisi

3.1

angkur

bagian atas jembatan yang menghubungkan antara gelagar jembatan dengan kabel

3.2

balok/gelagar jembatan

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

3.3

batang pengankuran/anchor bolt

elemen yang merupakan sambungan dari kabel-kabel utama yang diangkurkan ke blok ankur

3.4

epoksi/epoxy

resin polimer *epoxide thermosetting* yang mengandung satu atau lebih gugus epoksida yang digunakan sebagai bahan pengisi atau perekat pada retak beton

3.5

fondasi

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

3.6

hanger

struktur pelengkap yang menahan lantai dengan dihubungkan dengan kabel utama, umumnya berupa kabel dan disebut juga kabel penggantung

3.7

jaring pengaman

jaring pengaman merupakan alat bantu untuk menjaga pengguna jembatan terjatuh atau keluar dari area jembatan dan dipasang pada sisi *railing* jembatan gantung tipe *suspended cable*

3.8

jembatan *suspended cable*

jembatan dengan struktur utama berupa kabel *pylon* sebagai penopang utama untuk menyalurkan beban yang bekerja pada lantai dek jembatan menuju pondasi

3.9

kabel *damper*

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

3.10

kabel utama

struktur utama jembatan yang berupa kabel menunjang lantai-lantai jembatan dengan menggunakan *hanger*

3.11

klem kabel

pengikat kabel-kabel menjadi satu gabungan kabel

3.12

material baja

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

3.13

material beton

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

3.14

pengaku *pylon*

bagian atas jembatan yang berfungsi sebagai pengaku bagian *pylon* jembatan

3.15

pelat lantai

struktur pelat lantai yang merupakan lantai pejalan kaki yang langsung menerima beban pejalan kaki

3.16

peredam (*damper*)

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

3.17

pylon

bangunan atas jembatan yang berfungsi mentransfer gaya dari gelagar dan kabel sampai ke fondasi jembatan

3.18

saddle

bagian struktur jembatan tempat dimana pertemuan kabel utama dan *pylon* atau angkur pada bagian bawah yang berfungsi sebagai pengarah kabel tersebut

3.19

safety-walk

alat bantu untuk menjaga pengguna jembatan dari terpeleset dan terjatuh yang diletakkan pada lantai kaca dan anak tangga

3.20

sambungan kabel *bands*

sambungan antara *hanger* dengan kabel utama menggunakan 2 (dua) buah cangkang setengah lingkaran yang dihubungkan dengan baut mutu tinggi untuk mendapatkan friksi yang diinginkan. Pada bagian atas dari kabel *bands* diberi alur untuk menahan kabel utama yang melingkar di atas kabel *bands*

3.21

sambungan *open socket*

sambungan antara *hanger* dengan kabel utama dimana *hanger* tidak diletakkan melingkari kabel *bands*, tetapi dihubungkan dengan *pin* di bawah kabel utama

3.22

sistem manajemen keselamatan konstruksi

sistem manajemen keselamatan konstruksi yang selanjutnya disingkat SMKK merupakan bagian dari sistem manajemen pelaksanaan pekerjaan konstruksi untuk menjamin terwujudnya keselamatan konstruksi

3.23

strand shoe

sambungan antara kabel-kabel utama ke batang pengakuran

3.24

turnbuckle

bagian penyambung pada struktur kabel utama, kabel angin dan kabel *hanger*, dan untuk melakukan pengencangan pada bagian tersebut

3.25

penumpu kabel/*splay saddle*

elemen pelana yang berada di dalam angkur blok berfungsi sebagai tempat kabel-kabel utama menumpu sebelum disebar menuju titik-titik lokasi pengangkuran di blok angkur

3.26

windguy

kabel penahan goyangan lateral

3.27

windtie

kabel yang menghubungkan *windguy* dan jembatan

3.28

wire rope

untaian kawat (*strands*) yang merupakan bagian struktur utama jembatan gantung tipe *suspended cable*

4. Peralatan dan Perlengkapan Kerja

Dalam pelaksanaan pemeriksaan dan pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan rantai kaca, harus memperhatikan kebutuhan peralatan dan keselamatan kerja. Adapun kebutuhan peralatan diantaranya:

4.1 Peralatan Keselamatan Kerja

Mengacu pada Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 66/SE/M/2015 tentang Biaya Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum, kegiatan pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan rantai kaca harus memperhatikan hal-hal yang berhubungan dengan keselamatan, yaitu:

- a. Keselamatan terhadap pengguna jembatan; dan
- b. Keselamatan terhadap petugas pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan rantai kaca.

Upaya keselamatan terhadap pengguna jembatan dapat dilakukan dengan pemberitahuan yang cukup tentang keselamatan untuk mengurangi terjadinya kecelakaan dan ketidaknyamanan pengguna jembatan atau penutupan sementara akses jembatan selama masa pemeliharaan/perbaikan berlangsung. Pemberitahuan dapat berupa pemasangan rambu-rambu dan pembatas-pembatas.

Upaya keselamatan terhadap petugas pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan rantai kaca dapat dilakukan dengan:

- a. Gunakan rambu dan pembatas untuk membatasi jumlah pengguna jembatan yang aman pada saat kegiatan dilaksanakan;
- b. Gunakan baju rompi yang berwarna mencolok;
- c. Gunakan pakaian kerja yang aman, tangga yang kokoh, dan perancah khusus ketika mengerjakan bagian jembatan di tempat yang tinggi atau sulit bila diperlukan; dan
- d. Yakinkan tersedianya bantuan yang cukup dan alat yang sesuai setiap saat.

Semua petugas harus mengenakan baju yang reflektif, sepatu *boots* (saat berada di luar jembatan), alas kaki anti *slip* (saat berada di jembatan) dan helm kerja pada setiap saat jam kerja di dalam daerah kerja. Pekerjaan pemeliharaan harus dilakukan pada siang hari dan tidak dilakukan pada malam hari untuk menghindari risiko keselamatan kerja. Semua petugas harus terlatih dan terampil.

Alat Pelindung Kerja (APK) terdiri atas:

- a. Jaring pengaman (*safety net*);
- b. Tali keselamatan (*life line*);
- c. Penahan jatuh (*safety deck*);
- d. Pagar pengaman (*guard railing*); dan
- e. Pembatas area (*restricted area*).

Alat Pelindung Diri (APD) terdiri atas:

- a. Topi pelindung (*safety helmet*);
- b. Pelindung mata (*goggles, spectacles*);
- c. Tameng muka (*face shield*);
- d. Pelindung pernafasan dan mulut (*masker*);
- e. Sarung tangan (*safety gloves*);
- f. Sepatu keselamatan (*safety shoes*);
- g. Penunjang seluruh tubuh (*full body harness*);

- h. Rompi keselamatan (*safety vest*); dan
- i. Pelindung jatuh (*fall arrester*).

Rambu-rambu terdiri atas:

- a. Rambu petunjuk;
- b. Rambu larangan;
- c. Rambu peringatan;
- d. Rambu kewajiban;
- e. Rambu informasi; dan
- f. Rambu pekerjaan sementara.

Lain-lain terkait pengendalian risiko K3

- a. Alat Pemadam Api Ringan (APAR);
- b. *Sirine*;
- c. Bendera K3;
- d. Jalur evakuasi (*escape route*);
- e. Lampu darurat (*emergency lamp*);
- f. Program inspeksi dan audit internal; dan
- g. Pelaporan dan penyelidikan insiden.

4.2 Peralatan Pemeriksaan

Peralatan untuk melakukan pemeriksaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan rantai kaca secara umum mengacu pada Pedoman Nomor 01/P/BM/2022 tentang Pemeriksaan Jembatan sesuai dengan program dan jenis pemeriksaan yang akan dilaksanakan.

4.3 Peralatan Pemeliharaan

Peralatan dan perlengkapan yang diperlukan dalam melakukan pemeliharaan jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan rantai kaca antara lain:

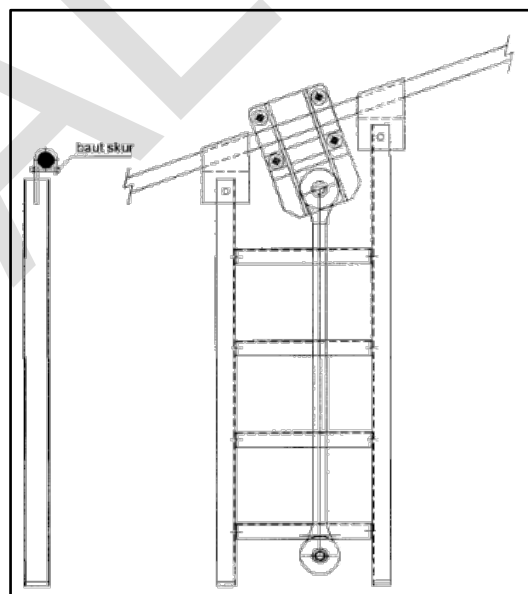
- a. *Water jet*;
- b. Perlengkapan kebersihan kaca (lap pengering, cairan pembersih, *wiper*, mesin pompa, dan selang air);
- c. Tangga *portable*;
- d. *Cutter* dan *scraper*;
- e. Kunci pas dan kunci momen;
- f. Penyemprot gemuk;
- g. Penyemprot *sealant*; dan
- h. *Platform* gantung.



Gambar 1 - Water jet



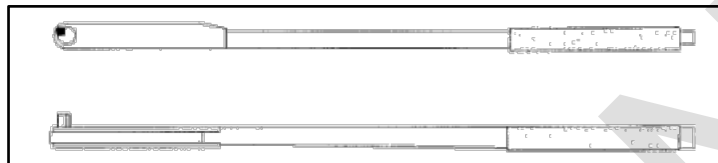
Gambar 2 - Perlengkapan kebersihan kaca



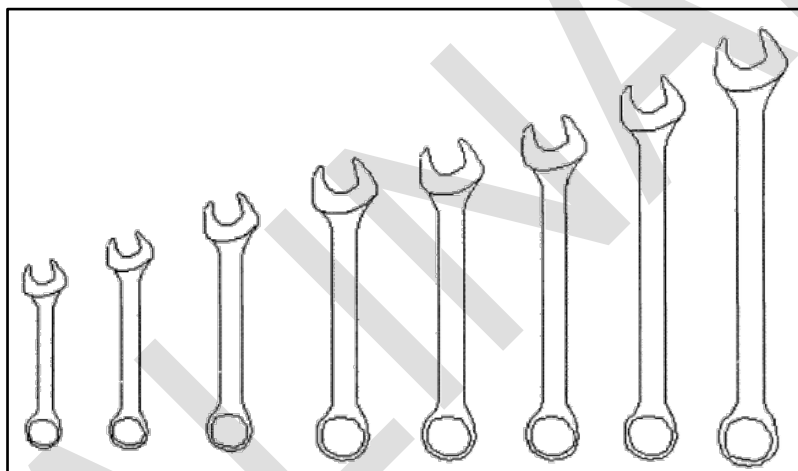
Gambar 3 - Tangga



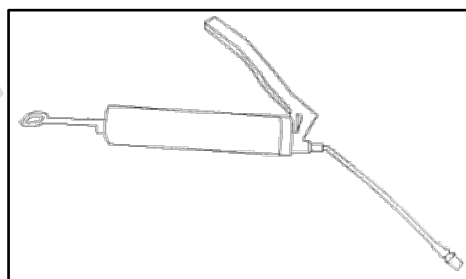
Gambar 4 - Cutter dan scraper



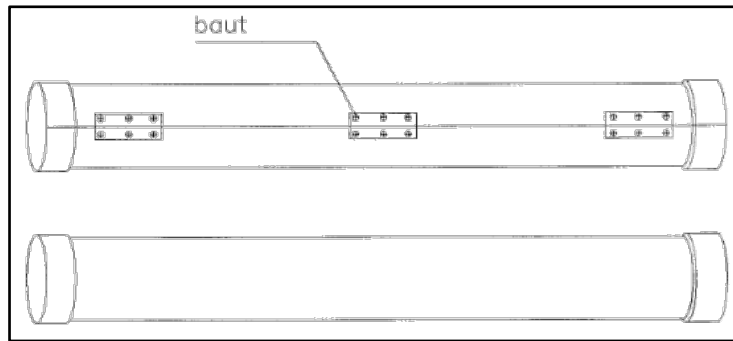
Gambar 5 - Kunci momen



Gambar 6 - Kunci pas



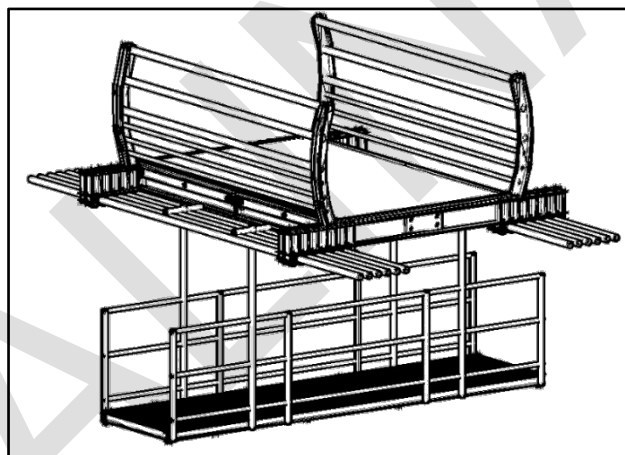
Gambar 7 - Penyemprot gemuk



Gambar 8 - Cover turnbuckle pengganti



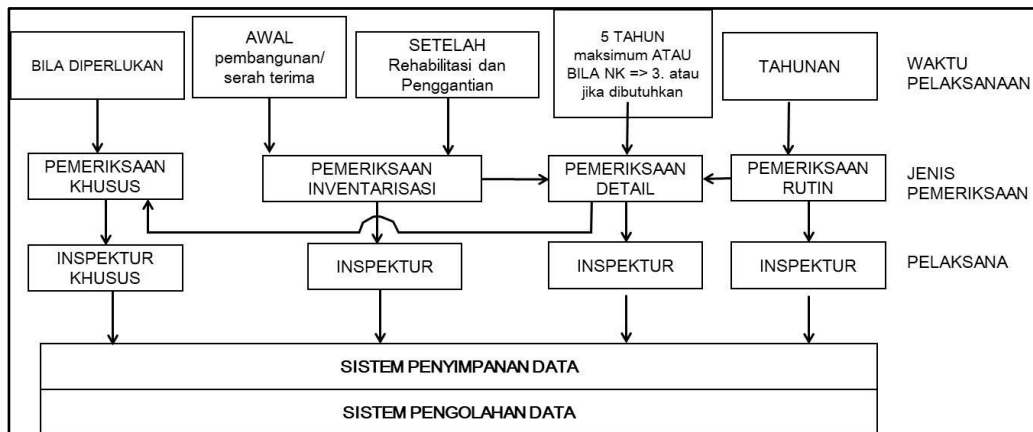
Gambar 9 - Penyemprot sealant



Gambar 10 - Ilustrasi platform gantung

5. Pemeriksaan Jembatan

Tujuan dari pemeriksaan jembatan adalah untuk memastikan bahwa kondisi jembatan memenuhi semua ketentuan pelayanan, dipantau secara sistematis untuk memastikan kondisi yang mengakibatkan kerusakan atau keruntuhan struktural dapat diidentifikasi sesegera mungkin agar intervensi atau tindakan perbaikan yang tepat dapat dilakukan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11.



Sumber: Pedoman Nomor 01/P/BM/2022 tentang Pedoman Pemeriksaan Jembatan

Gambar 11 - Sistem pemeriksaan jembatan

5.1 Jenis-Jenis Pemeriksaan

5.1.1 Pemeriksaan Inventarisasi

Pemeriksaan inventarisasi dilakukan pada saat awal sistem manajemen jembatan untuk mendaftarkan setiap jembatan ke dalam *database* sistem manajemen jembatan. Pemeriksaan inventarisasi dilaksanakan juga pada jembatan yang tertinggal pada waktu *database* pertama kali dibuat atau belum tercatat dalam *database* jembatan. Kegiatan pemeriksaan inventarisasi dilakukan bersamaan dengan pemeriksaan detail. Pemeriksaan inventarisasi juga dilakukan setelah dilaksanakan pekerjaan rehabilitasi (pekerjaan perbaikan besar) dan perkuatan jembatan. Tahapan dan prosedur pemeriksaan inventarisasi mengacu kepada Pedoman Nomor 01/P/BM/2022 tentang Pedoman Pemeriksaan Jembatan.

5.1.2 Pemeriksaan Detail

Pemeriksaan detail dilakukan untuk mengetahui kondisi jembatan dan elemennya dalam rangka mempersiapkan strategi penanganan untuk masing-masing jembatan dan menentukan urutan prioritas penanganan jembatan. Pemeriksaan detail dilakukan minimal sekali dalam lima tahun atau dengan interval waktu yang lebih pendek tergantung pada kondisi jembatan dari hasil pemeriksaan rutin. Tahapan dan prosedur pemeriksaan detail mengacu kepada Pedoman Nomor 01/P/BM/2022 tentang Pedoman Pemeriksaan Jembatan.

5.1.3 Pemeriksaan Rutin

Pemeriksaan rutin dilakukan sesuai dengan jadwal pemeriksaan yang telah ditentukan. Pemeriksaan dilaksanakan untuk memeriksa apakah elemen utama struktur jembatan berfungsi dengan baik dan jembatan berada dalam kondisi aman, selamat, dan nyaman. Pemeriksaan rutin juga untuk memastikan penanganan jembatan telah dilaksanakan dengan baik dan memastikan jika diperlukan tindakan darurat. Hasil dari pemeriksaan rutin dapat memberikan informasi apakah diperlukan untuk dilanjutkan dengan pemeriksaan detail.

Secara umum pemeriksaan rutin mengacu kepada Pedoman Nomor 01/P/BM/2022 tentang Pedoman Pemeriksaan Jembatan. Tambahan periode dan bagian elemen jembatan yang harus dilakukan pemeriksaan rutin dan pada jembatan antara lain:

a. Pemeriksaan rutin harian

Bagian-bagian yang dilakukan pemeriksaan rutin harian terdiri atas:

- 1) Elemen lantai kaca;
- 2) *Sealant* kaca;
- 3) Landasan kaca (*evafoam*);
- 4) Jaring pengaman; dan
- 5) *Safety-walk*.

Jika pada pemeriksaan ditemukan kerusakan atau perubahan bentuk, maka perlu dilakukan pemeriksaan detail.

b. Pemeriksaan rutin mingguan

Bagian-bagian yang dilakukan pemeriksaan rutin mingguan terdiri atas:

- 1) Elemen kabel (termasuk aksesorisnya seperti angkur, klem, dan lain-lain);
- 2) Elemen *pylon*;
- 3) Elemen *railing*; dan
- 4) Elemen rangka lantai.

Jika pada pemeriksaan ditemukan kerusakan atau perubahan bentuk, maka perlu dilakukan pemeriksaan detail.

c. Pemeriksaan rutin bulanan

Bagian-bagian yang dilakukan pemeriksaan rutin bulanan terdiri atas:

- a) Elemen blok angkur;
- b) Elemen pilar beton;
- c) Elemen balok penghubung;
- d) Elemen tangga;
- e) Elemen kepala pilar; dan
- f) Kondisi lingkungan (potensi pergerakan tanah atau longsoran).

Jika pada pemeriksaan ditemukan kerusakan atau perubahan bentuk, maka perlu dilakukan pemeriksaan detail.

5.1.4 Pemeriksaan Khusus

Pemeriksaan khusus dilaksanakan dengan menggunakan peralatan khusus apabila dibutuhkan pemeriksaan tambahan atau pada saat terjadi kerusakan yang membutuhkan investigasi lebih lanjut untuk mengidentifikasi tingkat keparahan dan kuantitas kerusakan yang berpotensi untuk mengubah nilai kondisi jembatan secara signifikan untuk elemen-elemen struktural. Pemeriksaan khusus disarankan oleh inspektur jembatan yang kompeten setelah melaksanakan pemeriksaan detail sesuai dengan kebutuhan data yang diperlukan untuk memastikan kondisi jembatan. Pemeriksaan khusus ini dilakukan oleh seorang sarjana teknik

yang berpengalaman dalam bidang jembatan atau oleh staf teknik yang mempunyai kualifikasi dan berpengalaman dalam bidang jembatan.

Pemeriksaan khusus untuk jembatan meliputi:

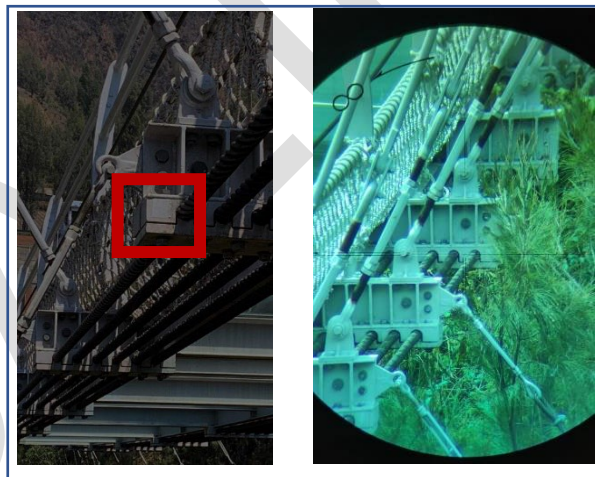
a. Pemeriksaan lendutan/geometrik

Pengukuran geometri dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting geometri jembatan secara menyeluruh. Peralatan yang umum digunakan untuk pengujian geometri jembatan adalah sebagai berikut:

- 1) Alat ukur dimensi elemen jembatan seperti meteran, jangka sorong, *thickness gauge*;
- 2) *Total station*;
- 3) *Digital level*; dan
- 4) GPS Geodetik.



Gambar 12 - Pengukuran geometri jembatan dengan *total station*



Gambar 13 - Titik bidik geometri jembatan



Gambar 14 - GPS

b. Pemeriksaan getaran jembatan

Pengujian dinamis jembatan dilakukan untuk mengetahui nilai natural frekuensi jembatan. Peralatan pengujian dinamis terdiri dari alat data *logger* yang berfungsi sebagai perekam data yang dikirim oleh sensor getaran berupa *accelerometer*. Pengujian dinamis dilaksanakan dengan menggunakan beban pejalan kaki yang melintas diatas jembatan.

Sensor *accelerometer* dan *straingauge* ditempatkan pada lokasi yang telah ditentukan kemudian dilakukan perekaman data oleh data *logger* saat terdapat kendaraan yang melintas di atas jembatan.

Frekuensi alami struktural jembatan diperoleh dari perekaman getaran jembatan menggunakan sensor *accelerometer* dengan beban lalu lintas sebagai pemicu. Beban yang melintas di atas jembatan akan menghasilkan gelombang frekuensi alami yang harmonik.

Mengacu pada Laporan Pendampingan Teknis Uji Jembatan Situ Gunung 2018, metode pelaksanaannya meliputi pemasangan sensor *accelerometer* dipasang pada lantai jembatan pada $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{3}{4}$ bentang jembatan. Kemudian dilakukan pengintegrasian antara sensor *accelerometer*, data *logger*, dan komputer. Beban yang digunakan untuk uji pembebanan dinamik adalah beban pejalan kaki yang melintasi jembatan dengan beberapa kondisi diantaranya:

- 1) 2 (dua) orang melintasi jembatan (satu pasang);
- 2) 4 (empat) orang melintasi jembatan (dua pasang); dan
- 3) 6 (enam) orang melintasi jembatan (tiga pasang).



Gambar 15 - Sensor *accelerometer* pada pengujian dinamis jembatan



Gambar 16 - Pengujian dinamis dengan sumber gaya getaran orang berlari kecil/ *jogging*

c. Pemeriksaan Tegangan/Gaya Kabel Utama

Beban uji pada lantai jembatan secara otomatis akan terdistribusi ke elemen struktur kabel. Setelah dilakukan pengujian pada jembatan dengan tipe *suspended*, kabel utama jembatan merupakan elemen struktur utama dalam jembatan (bangunan atas) sehingga perlu dilakukan pengukuran gaya kabel yang terjadi.

Pemeriksaan tegangan gaya kabel dilakukan dengan pendekatan pengujian dinamis pada kabel utama yang diperiksa menggunakan *accelerometer* untuk mendapatkan frekuensi alami dari kabel tersebut.

Perhitungan gaya kabel dilakukan dengan menggunakan metode *string theory* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T = 4mL^2 \left(\frac{f_n}{n}\right)^2 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- T = Gaya kabel
- M = Massa
- L = Panjang kabel
- f_n = Frekuensi ke-n
- n = Nomor frekuensi ke-n



Gambar 17 - Pengukuran tegangan kabel *backstayed* dengan *accelerometer*



Gambar 18 - Pengujian gaya kabel jembatan

5.2 Sistem Penomoran Elemen

Sistem penomoran pada jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan rantai kaca mengacu pada Pedoman Nomor 01/P/BM/2022 tentang Pemeriksaan Jembatan.

Jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan rantai kaca memiliki elemen-elemen utama antara lain sebagai berikut:

- a. Fondasi;
- b. Blok ankur;
- c. Sistem pilar jembatan;
- d. Sistem kabel *suspended*;
- e. Sistem rantai kaca; dan
- f. Pengaman pengguna jembatan.

Detail dan penomoran untuk masing-masing jembatan sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 1 - Elemen bangunan bawah pada jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca

KODE ELEMEN							
KODE	LEVEL 1	KODE	LEVEL 2 (KOMPONEN)	KODE	LEVEL 3 (ELEMEN UTAMA)	KODE	LEVEL 4 (ELEMEN)
1.000	Jembatan	2.300	Bangunan Bawah	3.310	Fondasi	4.311	Fondasi tiang
						4.311 b	Tiang bor
						4.321	Balok fondasi
						4.321 a	Balok fondasi
						4.321 b	Balok tiang
				3.320	Kepala Jembatan/Pilar	4.322	Dinding kepala jembatan/pilar
						4.322 a	Dinding penuh
						4.322 b	Dinding kolom
						4.323	Balok kepala jembatan/pilar
						4.323 a	Balok kepala jembatan
						4.323 d	Balok kepala pilar/ <i>pier head</i>
						4.323 e	Balok kepala pilar <i>pile slab</i> beton bertulang
						4.324	Struktur pengaku
						4.324 b	Balok penahan gempa/ <i>stopper</i> lateral

Tabel 2 - Elemen bangunan atas pada jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca

KODE ELEMEN							
KODE	LEVEL 1	KODE	LEVEL 2 (KOMPONEN)	KODE	LEVEL 3 (ELEMEN UTAMA)	KODE	LEVEL 4 (ELEMEN)
1.000	Jembatan	2.400	Bangunan Atas	3.470	Jembatan Gantung	4.471	Sistem Kabel Jembatan Gantung
						4.471 a	Kabel pemikul
						4.471 b	Selongsong kabel (<i>PE Sheath lag</i>)
						4.471 c	Pembungkus kabel (<i>protecting cover</i> dan <i>shock reducer</i>)
						4.471 d	Penutup kabel (<i>shield</i>)
						4.471 e	<i>Cable wrapping</i>
						4.471 f	Peredam/damper kabel (<i>shock absorber type internal</i>)
						4.471 g	Peredam/damper kabel (<i>shock absorber type external</i>)
						4.471 h	Peredam/damper kabel (<i>cable cross/tie type/strut cable</i>)
						4.471 i	Sistem penghubung kabel utama (<i>tied connection</i>)
						4.471 j	Kabel Ikatan angin atas
						4.472	Batang Penggantung Jembatan Gantung
						4.472 a	Batang penggantung/ <i>hanger</i>
						4.472 b	Sambungan batang penggantung pada kabel pemikul/ <i>clamp</i>
1.000	Jembatan	2.400	Bangunan Atas	3.470	Jembatan Gantung	4.472 c	Sambungan batang penggantung pada gelagar melintang
						4.472 d	Pelat penjepit batang penggantung (gantungan pejalan kaki)
						4.472 e	Angkur tendon kabel penahan vertikal

KODE ELEMEN							
KODE	LEVEL 1	KODE	LEVEL 2 (KOMPONEN)	KODE	LEVEL 3 (ELEMEN UTAMA)	KODE	LEVEL 4 (ELEMEN)
						4.472 f	<i>Corbel</i> untuk angkur blok jembatan gantung
						4.473	Pengaku Jembatan Gantung
						4.473 a	Gelagar melintang jembatan gantung
						4.473 b	Ikatan angin bawah
						4.474	Sistem Penahan Kabel Jembatan Gantung
						4.474 a	Kabel penahan ayun
						4.474 b	Blok angkur di tanah jembatan gantung
						4.474 c	<i>Splay saddle</i>
						4.474 d	<i>Bridge wires</i>
						4.474 e	<i>Strand shoes or sockets</i>
						4.474 f	<i>Anchor bars</i>
						4.474 g	<i>Chain gallery</i>
						4.474 h	Drainase blok angkur di tanah jembatan gantung
1.000	Jembatan	2.400	Bangunan Atas	3.470	<i>Pylon</i>	4.481	Struktur <i>Pylon</i>
						4.481 a	Balok kepala <i>pylon</i>
						4.481 b	<i>Pylon</i> (berongga) bagian bawah
						4.481 c	<i>Pylon</i> (berongga) bagian tengah
						4.481 d	<i>Pylon</i> (berongga) bagian atas
						4.481 e	Balok (berongga) melintang <i>pylon</i> bawah
						4.481 f	Balok (berongga) melintang <i>pylon</i> tengah
						4.481 g	Balok (berongga) melintang <i>pylon</i> atas
						4.481 h	Diafragma <i>pylon</i> bawah
						4.481 i	Diafragma <i>pylon</i> tengah
						4.481 j	Diafragma <i>pylon</i> atas
						4.481 k	Drainase <i>pylon</i>
						4.482	Penahan Kabel di <i>Pylon</i>

KODE ELEMEN							
KODE	LEVEL 1	KODE	LEVEL 2 (KOMPONEN)	KODE	LEVEL 3 (ELEMEN UTAMA)	KODE	LEVEL 4 (ELEMEN)
						4.482 a	Dudukan kaki <i>pylon/seat</i>
						4.482 b	Pengaku <i>pylon</i>
						4.482 c	Ikatan angin <i>pylon</i>
						4.482 d	Balok penahan gempa (<i>stopper lateral</i>)
						4.482 e	Stopper <i>traveller</i>
1.000	Jembatan	2.400	Bangunan Atas	3.480	<i>Pylon</i>	4.482 f	Sadel dudukan kabel jembatan gantung
						4.482 g	Blok angkur di <i>pylon</i>
						4.483	<i>Pylon</i> Baja
						4.483 a	Batang vertikal <i>pylon</i>
						4.483 b	Batang melintang <i>pylon</i>
						4.483 c	Batang diagonal <i>pylon</i>
						4.484	Sambungan <i>Pylon</i> Baja
						4.484 a	Pelat buhul
						4.484 b	Sambungan baut
						4.484 c	Sambungan las
				3.500	Sistem Lantai	4.512	Penyangga Sistem Lantai
						4.512 a	Gelagar memanjang lantai
						4.512 b	Balok tepi
						4.518	Sistem Lantai Kaca
						4.518 a	Lantai kaca
						4.518 b	Elemen <i>evafoam</i>
						4.518 c	Elemen <i>sealant</i>
				3.600	Sambungan/Siar muai	4.606	Sambungan/Siar Muai Lain
1.000	Jembatan	2.400	Bangunan Atas	3.610	Perletakan	4.611	Landasan
						4.611 a	Landasan baja
						4.611 f	Longitudinal <i>damper (buffer)</i>

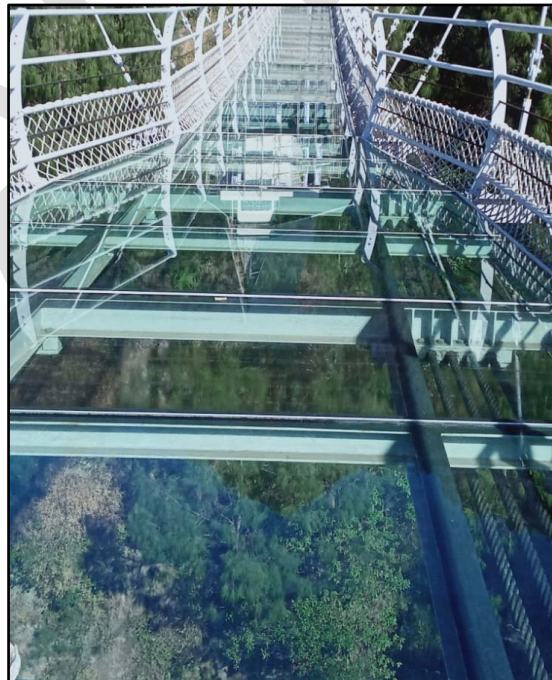
KODE ELEMEN							
KODE	LEVEL 1	KODE	LEVEL 2 (KOMPONEN)	KODE	LEVEL 3 (ELEMEN UTAMA)	KODE	LEVEL 4 (ELEMEN)
				3.610	Perletakan	4.611 g	Karet penahan gempa longitudinal
						4.614	Pendukung Landasan
						4.614 a	Bantalan mortar/pelat dasar
						4.614 b	Baut pengikat (angkur gempa)
						4.614 c	Batang pengikat <i>dampers</i>
						4.614 d	Pelat landasan
						4.614 e	Angkur pengikat
				3.620	Pengaman Pengguna Jalan	4.621	Struktur Sandaran <i>Railing</i>
						4.621 a	Tiang <i>railing</i>
						4.621 b	Sandaran
						4.621 c	Penunjang tiang <i>railing</i>
						4.621 d	Baut pengikat tiang <i>railing</i>
						4.621 e	Pelat dasar tiang <i>railing</i>
						4.623	Pembatas Lainnya (Jaring)



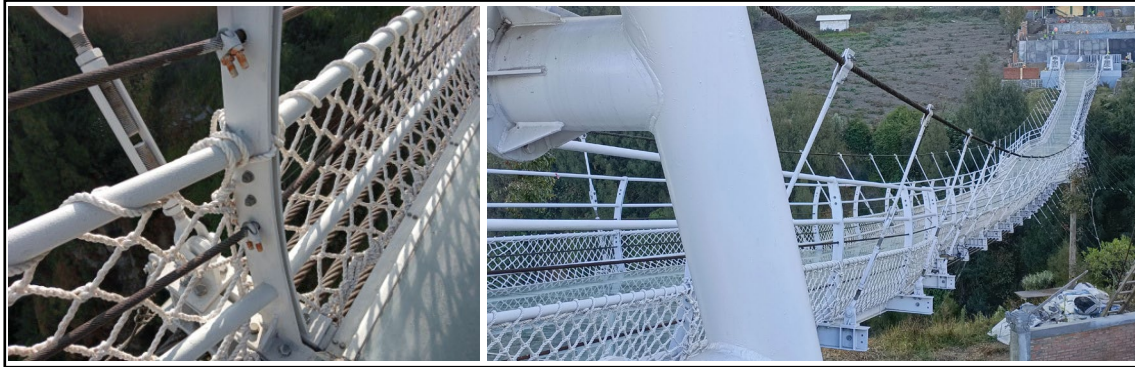
Gambar 19 - Blok angkur



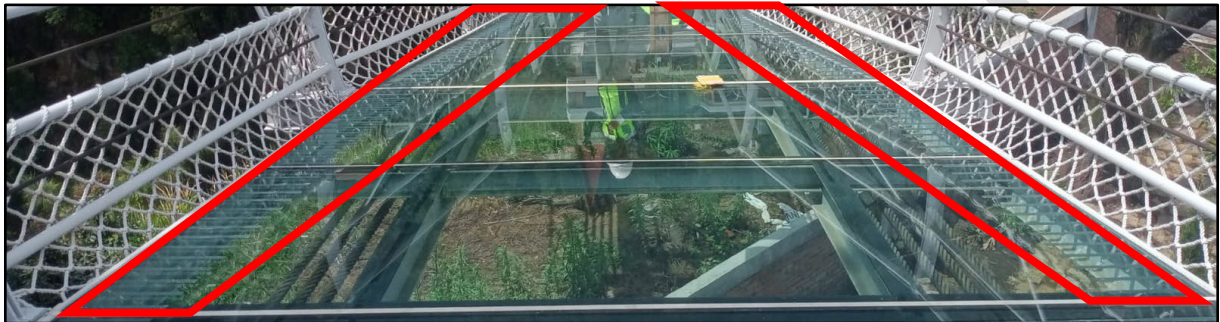
Gambar 20 - Sistem kabel *suspended*



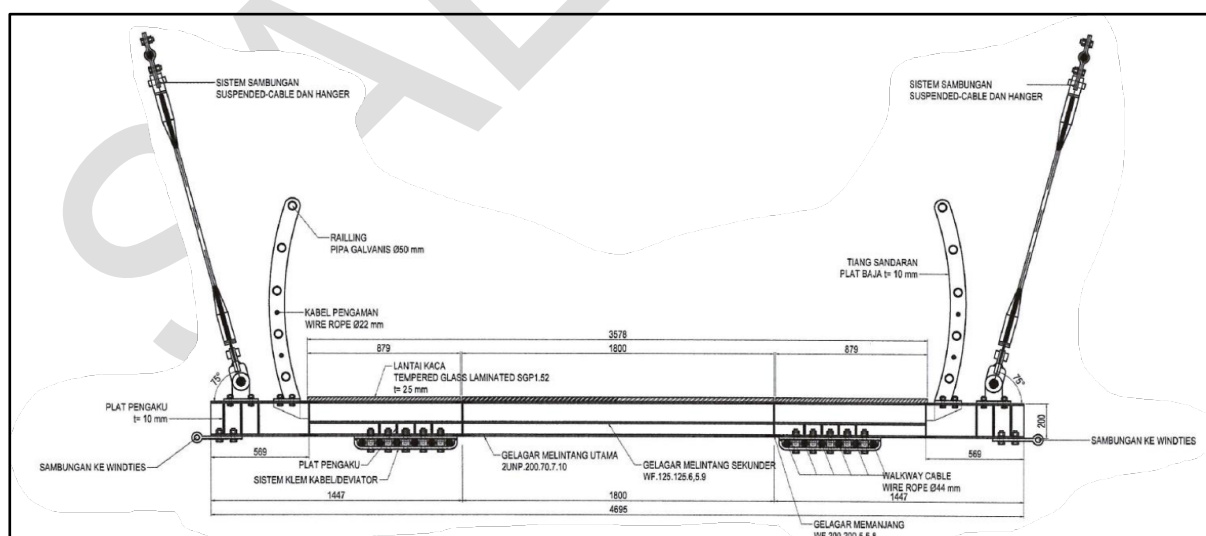
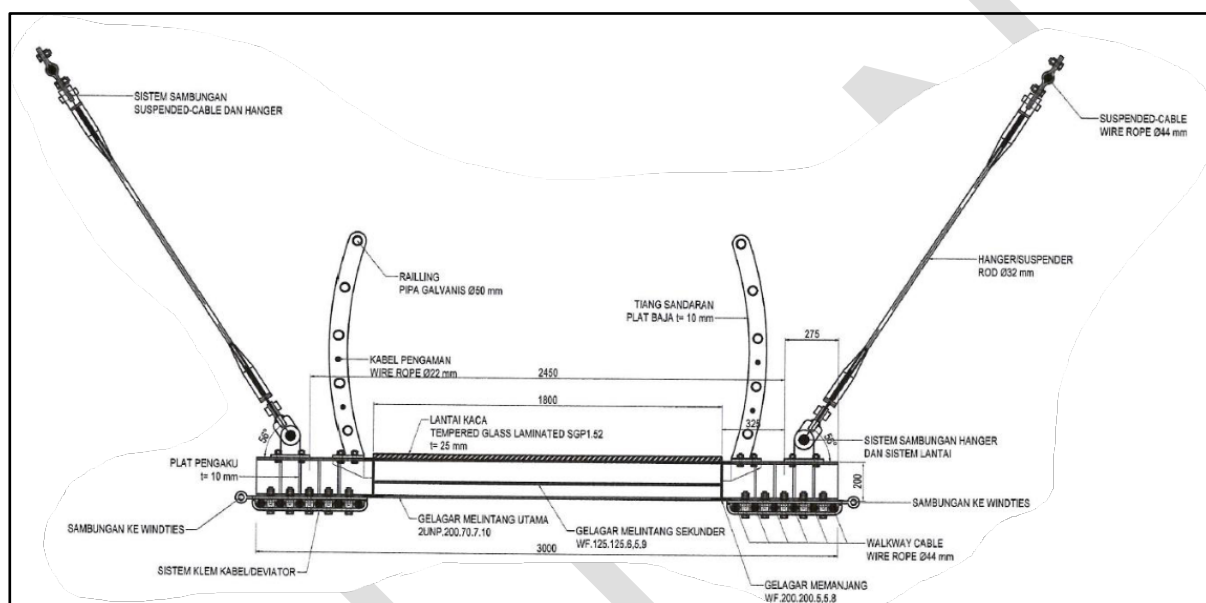
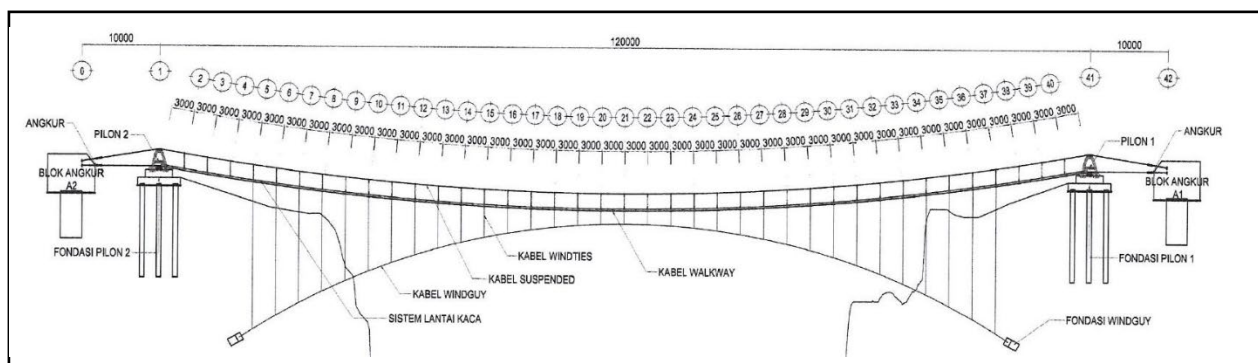
Gambar 21 - Sistem lantai kaca



Gambar 22 - Jaring pengaman pengguna jembatan



Gambar 23 - Safety-walk



Gambar 24 - Jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca: (a) Tampak memanjang; (b) Potongan melintang bagian tepi; (c) Potongan melintang bagian tengah

6 Pemeriksaan Kerusakan Jembatan Gantung Tipe *Suspended Cable*

Elemen yang terdapat pada jembatan gantung tipe *suspended cable* dilakukan pemeriksaan detail untuk dilakukan penilaian pada kerusakan yang terjadi sehingga diperoleh Nilai Kondisi jembatan. Jenis kerusakan dan penilaian kondisi pada jembatan gantung tipe *suspended cable* sebagai berikut:

6.1 Kerusakan pada Jembatan

Pada elemen utama jembatan gantung tipe *suspended cable* jenis kerusakan mengacu pada Pedoman Nomor 01/P/BM/2022 Pemeriksaan Jembatan dengan kemungkinan kerusakan yang terjadi sebagai berikut.

Tabel 3 - Kerusakan bahan pada jembatan

Kode	Uraian Kerusakan Bahan
	Elemen Pasangan Batu/Bata
101	Penurunan mutu bata atau batu, atau keretakan
102	Dinding pasangan yang menggembung
103	Bagian yang pecah atau hilang (mortar, batu)
	Elemen Beton (termasuk baja tulangan)
201	Cacat pada beton termasuk beton rontok/ <i>spalling</i> , keropos, berongga, dan kualitas beton yang rendah
202	Retak (elemen beton)
203	Karat baja tulangan
204	Kotor, berlumut, penuaan atau pelapukan beton, rembesan
205	Pecah atau hilangnya bahan (delaminasi, abrasi, aus)
206	Lendutan
	Elemen Baja
301	Penurunan mutu dan atau kinerja proteksi korosi (lapisan pelindung/cat)
302	Karat
303	Perubahan bentuk pada komponen
304	Retak (elemen baja dan las)
305	Komponen yang rusak/hilang (sobek, abrasi)
306	Elemen yang salah pemasangan
307	Kabel jembatan rusak
308	Sambungan yang longgar

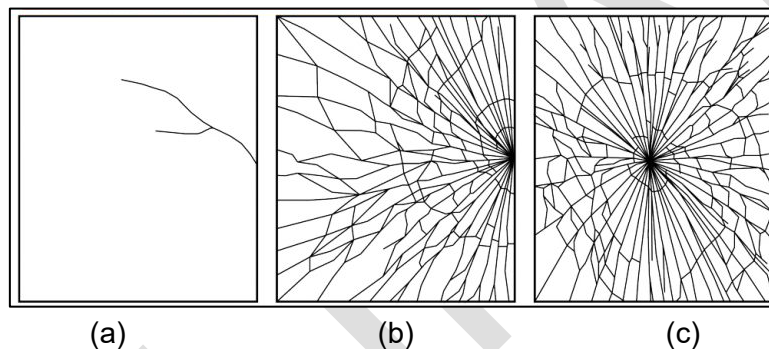
Tabel 4 - Kerusakan elemen utama/klaster elemen/elemen

Kode	Uraian Kerusakan Elemen Utama/Klaster Elemen/Elemen
	Elemen Utama 3.120 Tanah Timbunan 3.220 Bangunan Pengaman 3.310 Fondasi
511	Bagian yang hilang atau tidak ada
521	Pengikisan di sekitar jembatan (<i>local scour</i>)
522	Retak/penurunan/penggembungan
	Klaster Elemen 4.462 Sistem Penahan Kabel Jembatan-Beruji-Kabel 4.474 Sistem Penahan Kabel Jembatan Gantung
541	Tidak stabil
	Elemen Utama 3.320 Kepala Jembatan/Pilar
551	Kepala jembatan atau pilar berdeformasi (<i>settlement/tilt/movement</i>)
	Elemen 4.324 b Balok Penahan Gempa/Stopper Lateral
561	Elemen longgar atau hilang atau rusak atau tidak berfungsi
	Elemen Utama 3.610 Perletakan
601	Tidak cukupnya tempat untuk bergerak
602	Kedudukan landasan yang tidak sempurna
603	Mortar dasar retak atau rontok
604	Perpindahan dan perubahan yang berlebihan
605	Aus karena umur, landasan yang pecah, sobek atau retak (elastomer)
606	Bagian yang rusak atau hilang atau tidak berfungsi
607	Kurangnya pelumasan pada landasan logam
	Elemen Utama 3.420 Jembatan Pelat 3.500 Sistem Lantai
701	Pergerakan yang berlebih arah memanjang sambungan
702	Lendutan yang berlebihan
	Klaster Elemen 4.518 Sistem Lantai Kaca 4.518 a Lantai Kaca
741	Permukaan kaca licin
742	Lepas ikatan antar lapis kaca

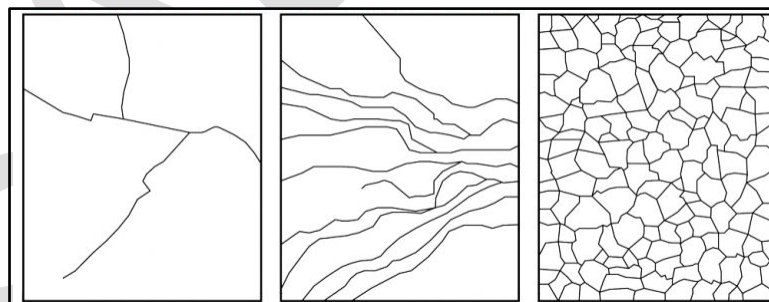
Kode	Uraian Kerusakan Elemen Utama/Klaster Elemen/Elemen
743	Retak Permukaan
744	Gelembung lapisan antar kaca (SGP)
745	Goresan
746	Jamur Kaca
	4.518 b Elemen <i>Evafoam</i>
751	Deformasi
752	Keras/retak
	4.518 c Elemen Penutup <i>Sealant</i>
761	Retak
762	Menyusut
763	Kaku/keras
	Elemen Utama 3.600 Sambungan/Siar Muai kecuali 4.607 Sistem Drainase Sambungan/Siar muai
801	Kerusakan sambungan lantai yang tidak sama tinggi
802	Kehilangan kemampuan Bergeraknya
803	Bagian yang longgar
804	Lepasnya lekatan
805	Bagian yang rusak/hilang
806	Retak aspal akibat pergerakan sambungan (tipe <i>Asphaltic Plug Joint</i>)
	Elemen 4.711a Batas Batas Ukuran/Portal Klaster Elemen 4.713 Penunjang Perlengkapan 4.714 Struktur Penutup Jembatan
901	Bagian yang rusak atau hilang
	Klaster Elemen 4.712 Penanda Jembatan 4.715 Pendukung Sandaran/Median
911	Tulisan tidak jelas
912	Bagian yang hilang atau tidak ada
	Elemen Utama 3.720 Penerangan
921	Penurunan mutu bahan/deteriorasi
922	Bagian yang hilang
	Elemen Utama 3.620 Pengaman Pengguna Jalan

Kode	Uraian Kerusakan Elemen Utama/Klaster Elemen/Elemen
	3.730 Utilitas
931	Tidak berfungsi atau tidak sesuai penempatannya
	Elemen Utama 3.740 Pengaman Struktur dan Lingkungan 3.770 Fasilitas Pemeriksaan Tetap dan dan Elemen-Elemen Non Struktural
941	Hilang/lepas
942	Retak/rusak/tidak berfungsi

Beberapa contoh kerusakan pada elemen di jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan rantai kaca, yang belum terdapat pada Pedoman Nomor 01/P/BM/2022 Pemeriksaan Jembatan dapat diberikan gambaran sebagai berikut:



Gambar 25 - Tipikal pola kerusakan rantai kaca akibat tekanan/benturan:
(a) tegangan rendah pada ujung kaca; (b) tegangan tinggi pada ujung kaca;
(c) tegangan tinggi pada permukaan kaca



Gambar 26 - Tipikal pola kerusakan rantai kaca akibat suhu/cuaca:
(a) akibat kimia; (b) sebagian rusak akibat tekanan panas; (c) sepenuhnya rusak akibat suhu panas



Gambar 27 - Lantai kaca berjamur



Gambar 28 - Kerusakan pada evafoam



Gambar 29 - Kerusakan pada penutup sealant

6.2 Sistem Penilaian Kondisi

Sistem penilaian kondisi jembatan mengacu pada Pedoman Nomor 01/P/BM/2022 Pemeriksaan Jembatan. Sistem penilaian elemen untuk elemen yang rusak terdiri atas 5 (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?;
- Kuantitas (volume) apakah jumlah kerusakan lebih atau sama dengan 50%?;
- Fungsi apakah elemen masih berfungsi?; dan
- 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 5.

Tabel 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 x %	1
	Kurang dari x %	0
	X = 30 % untuk elemen struktural dan 50 % untuk elemen non struktural	
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

Dalam menggunakan sistem ini, nilai kondisi diberikan pada Level 5, Level 4, atau Level 3. Bila penilaian awal suatu elemen (individual) diberikan pada Level 5, kelompok elemen yang mirip dinilai pada level yang lebih tinggi, yaitu level 4 dan level 3, dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan yang sama mengenai kelompok elemen secara keseluruhan.

Dimana hasil penilaian kondisi pada Tabel 5 dapat menghasilkan:

- $NK = 0$, yang berarti jembatan dalam kondisi baik;
- $NK = 1$, yang berarti jembatan dalam kondisi rusak ringan, dimana kerusakan dapat diperbaiki melalui pemeliharaan rutin, dan tidak berdampak pada keamanan atau fungsi jembatan;
- $NK = 2$, yang berarti jembatan dalam kondisi rusak sedang, dimana kerusakan memerlukan pemantauan atau pemeliharaan pada masa yg akan datang;
- $NK = 3$, yang berarti jembatan dalam kondisi rusak berat, dimana kerusakan yang membutuhkan perhatian karena kerusakan mungkin menjadi serius dalam 12 bulan;

- e) NK = 4, yang berarti jembatan dalam kondisi kritis, dimana kerusakan serius membutuhkan perhatian segera;
- f) NK = 5, yang berarti jembatan dalam kondisi runtuh, dimana jembatan runtuh dan tidak berfungsi.

Kriteria penilaian S, R, K mengikuti kriteria yang terdapat pada Pedoman Nomor 01/P/BM/2022 tentang Pemeriksaan Jembatan. Untuk tambahan elemen pada sistem lantai kaca (4.518) menggunakan kriteria seperti diperlihatkan pada tabel Tabel 6.

Tabel 6 - Kriteria penilaian pada elemen sistem lantai kaca (4.518)

Kerusakan pada Elemen			S		R	K		Satuan Ukuran
Kode	Jenis Kerusakan	Penyebab Kerusakan	Struktur	Pengukuran	Tingkat Kerusakan	Volume Kerusakan	Volume Total Elemen	
Elemen Lantai Kaca (4.518 a)								
741	Permukaan kaca licin	Basah atau embun	Tidak berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung luas elemen yang mengalami kerusakan	Hitung luas total elemen	Meter persegi
		Aus karena penggunaan	Berbahaya					
742	Lepas ikatan antar lapis kaca	Apa saja	Berbahaya	> 10% dari segmen lantai kaca	Parah	Hitung luas elemen yang mengalami kerusakan	Hitung luas total elemen	Meter Persegi
				sebaliknya	Tidak parah			
743	Retak Permukaan	Benturan, suhu, zat kimia	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung luas elemen yang mengalami retak	Hitung luas total elemen	Meter persegi
744	Gelembung lapisan antar kaca (SGP)	Apa saja	Tidak berbahaya	> 25% dari segmen lantai kaca	Parah	Hitung luas elemen yang mengalami gelembung	Hitung luas total elemen	
				sebaliknya	Tidak parah			
745	Goresan	Apa saja	Tidak berbahaya	> 25% dari segmen lantai kaca	Parah	Hitung luas elemen yang mengalami goresan	Hitung luas total elemen	
				sebaliknya	Tidak parah			
746	Jamur Kaca	Apa saja	Tidak berbahaya	Apa saja	Tidak parah	Hitung luas elemen yang mengalami jamur	Hitung luas total elemen	
Elemen Evafoam (4.518 b)								
751	Deformasi	Apa saja	Tidak berbahaya	> 5mm	Parah	Hitung panjang deformasi	Hitung panjang total	Meter panjang
				Sebaliknya	Tidak parah			
752	Keras/retak	Apa saja	Tidak berbahaya	> 25% dari segmen lantai kaca yang ditumpu	Parah	Hitung panjang keras/retak		
				Sebaliknya	Tidak parah			

Kerusakan pada Elemen			S		R	K		Satuan Ukuran
Kode	Jenis Kerusakan	Penyebab Kerusakan	Struktur	Pengukuran	Tingkat Kerusakan	Volume Kerusakan	Volume Total Elemen	
Elemen Penutup Sealant (4.518 c)								
761	Retak	Apa saja	Tidak berbahaya	> 25% dari segmen lantai kaca yang ditumpu	Parah	Hitung panjang retak	Hitung panjang total	Meter panjang
				Sebaliknya	Tidak parah			
762	Menyusut	Apa saja	Tidak berbahaya	> 25% dari segmen lantai kaca yang ditumpu	Parah	Hitung panjang susut		
				Sebaliknya	Tidak parah			
763	Kaku/keras	Apa saja	Tidak berbahaya	> 25% dari segmen lantai kaca yang ditumpu	Parah	Hitung panjang Kaku/keras		
				Sebaliknya	Tidak parah			

7 Pekerjaan Pemeliharaan

7.1 Pemeliharaan Rutin

Secara umum, pemeliharaan rutin jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca mengacu pada Pedoman Nomor 005-02/P/BM/2011 tentang Pedoman Pemeliharaan Rutin Jembatan.

Lingkup pekerjaan pemeliharaan rutin pada jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca meliputi Pelaksanaan Pembersihan.

Pengecatan Sederhana, Penanganan Kerusakan Ringan, dan Pelumasan Bagian Bergerak.

7.1.1 Pelaksanaan Pembersihan

a. Pembersihan secara umum

Kegiatan pembersihan secara umum mencakup:

- 1) Pembersihan dan pengeringan lantai kaca jembatan dari air, debu, embun, dan kotoran lainnya;
 - 2) Pembersihan *railing* jembatan, tumpuan jembatan, kabel, struktur rangka lantai, *hanger*, tangga dari sampah, kotoran, dan debu;
 - 3) Semua permukaan baja harus dijaga agar bebas dari sampah dan kotoran sedemikian hingga tidak menyimpan air yang akan mempercepat proses korosi; dan
 - 4) Pembersihan pipa sulingan air dari sampah dan kotoran di bagian blok angkur.
- b. Pembersihan tumbuhan liar pada area sekitar lingkungan jembatan yang berpotensi merambat jembatan atau menyebabkan kebakaran.
- c. Pembersihan bagian-bagian sulit dijangkau dapat menggunakan mesin air bertekanan (maksimal tekanan 3,5 MPa) khususnya pada elemen batang lantai jembatan.
- d. Pembersihan papan nama, tanda, ornamen, patung, *railing* tangga, atau rambu-rambu peringatan keselamatan pada area sekitar lingkungan jembatan.

7.1.2 Pengecatan Sederhana

Pemeliharaan rutin dilakukan untuk kerusakan terbatas dan tidak parah (nilai kondisi 1 dan 2) dengan cara pembersihan permukaan lapisan pelindung dan pengecatan. Pembersihan dapat dilakukan dengan cara mencuci dan hanya pada bagian yang berkarat saja dilakukan penyikatan dengan sikat kawat. Pengecatan dapat dilakukan dengan kuas. Cat yang dipakai merupakan suatu cat yang mempunyai cat dasar yang sederhana dan cat akhir, namun harus mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.7 Pengecatan Struktur Baja dan Seksi 8.3 Pengecatan Struktur Beton.

7.1.3 Penanganan Kerusakan Ringan

Pemeliharaan rutin berupa penanganan kerusakan ringan pada beberapa elemen yang mengalami kerusakan antara lain sebagai berikut:

- a. Perbaikan lapisan *safety-walk* yang terkelupas/terlepas dilakukan dengan penggantian lapisan *safety-walk*;
- b. Penggantian/perbaikan jaring pengaman yang rusak/terlepas;
- c. Penggantian/perbaikan *sealant* yang rusak/terlepas;
- d. Pemeriksaan dan pengencangan baut pada daerah *railing* jembatan yang longgar atau terlepas; dan
- e. Perbaikan lantai tangga akses.

7.1.4 Pelumasan Bagian Bergerak

Bagian yang bergerak seperti *turnbuckle*, *hanger*, *roller*, angkur utama, ikatan angin, dan bagian bergerak lainnya harus rutin dilumasi pelumas menggunakan alat penyemprot pelumas untuk mencegah agar tidak terjadi kerusakan akibat gesekan dan mencegah timbulnya karat. Pemberian pelumas minimum harus dilakukan 2 (dua) kali dalam 1 (satu) tahun.

7.2 Pemeliharaan Berkala

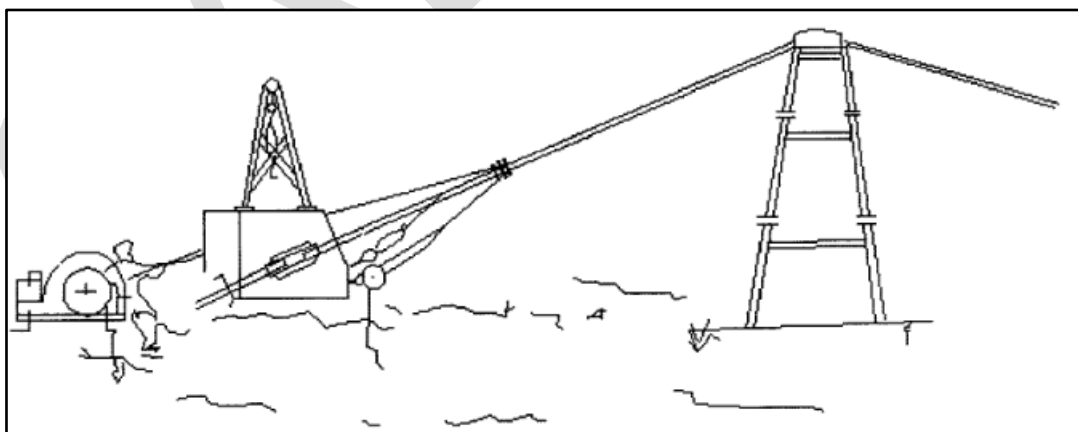
Secara umum, pekerjaan pemeliharaan berkala mengacu pada Pedoman Pemeriksaan dan Pemeliharaan Jembatan Gantung Kendaraan Ringan Nomor 01/BM/2012 dan Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2).

Lingkup pekerjaan pemeliharaan berkala pada jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca meliputi pengecatan struktur beton, penggantian dan pengecatan baut, pengelasan elemen baja struktur jembatan, pengecatan struktur baja, perbaikan dan penggantian elemen baja, perbaikan dan penggantian landasan (*bearing*), perbaikan dan penggantian sandaran (*railing*), perbaikan angkur dan *turnbuckle* angkur, perbaikan *hanger*, *turnbuckle hanger*, ikatan angin, *windguy* dan *windtie*, penggantian lantai kaca, perbaikan sambungan *sealant* antar kaca, dan perbaikan komponen pengaman.

7.2.1 Perbaikan Angkur dan *Turnbuckle* Angkur

Angkur dan *turnbuckle* angkur yang mengalami pergerakan dikencangkan dan dikembalikan pada posisi semula. Angkur dan *turnbuckle* angkur yang mengalami perkaratan diperlukan penggantian, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) *Winch* kapasitas 100 ton.
 - 2) *Chain block* kapasitas 50 ton, 2 unit.
 - 3) Angkur/*walter nut* baru.
 - 4) Kunci mur 30.
 - 5) *Wire rope* diameter 44.
 - 6) *Wire clip* diameter 44.
 - 7) *Box* kaki 4.
 - 8) Rambu-rambu K3.
- b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan:
 - 1) Pastikan jembatan bersih dan bebas dari pengguna jembatan.
 - 2) Pasang *winch* pada posisi di belakang fondasi blok angkur dan pastikan *winch* kokoh/tidak bergeser saat beroperasi.
 - 3) Pasang *wire rope winch* ke *wire rope* utama sedemikian rupa sehingga *wire rope* utama terikat oleh *winch*.
 - 4) Pasang kedua *chain block* ke ujung *wire rope* utama membentuk menyudut dengan bantuan *wire rope* diameter 44 beserta *wire clip*nya. Ujung *chain block* diikatkan ke blok angkur dan ujung rantai diikatkan ke *wire rope* diameter 44.
 - 5) Tempatkan *box* kaki 4 di atas fondasi blok angkur beserta *chain block* yang fungsinya untuk mengangkat *turnbuckle* beserta angkurnya.
 - 6) Selanjutnya setelah dipastikan semua peralatan utama terpasang, tarik *wire rope* utama sampai kondisi sedikit lebih sampai terlihat *turnbuckle* bisa diputar.
 - 7) Juga kedua *chain block* ditarik seperti *winch*.
 - 8) Lepas *turnbuckle*/angkur dan kemudian diganti baru. Pelepasan ini menggunakan sebatang besi untuk bisa memutar *turnbuckle* lepas dari angkur.
 - 9) Setelah dipasang *turnbuckle*/angkur yang baru maka langkah selanjutnya ukur jarak as dari ujung *wire rope* sesuai dengan awal pemasangan.
 - 10) Jika sudah berada pada posisinya, lepas perlahan lahan dan hati-hati.
 - 11) Selanjutnya *setting* kelendutan *wire rope* tersebut dengan cara memutar *turnbuckle*.



Gambar 30 - Perbaikan kabel utama

7.2.2 Perbaikan Hanger, Turnbuckle Hanger, Ikatan Angin, Windguy, dan Windtie

Komponen yang terpenting selain *wire rope* utama yang meliputi *hanger*, *turnbuckle hanger*, ikatan angin, *windguy*, dan *windtie*. Komponen-komponen ini harus dicek secara periodik

1 (satu) bulan sekali untuk memastikan tidak ada salah satu dari komponen tersebut mengalami kendor, kerusakan, patah atau karat. Mulai dari klem *wire rope* yang merupakan penggantung dari *hanger*, *hangernya* sendiri, kemudian *turnbucklenya* yang menghubungkan *hanger* atas dan bawah, ikatan angin, *windguy*, dan *windtie*.

Langkah-langkah penggantian komponen-komponen ini adalah sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) *Wire rope* beserta *wire clip*;
 - 2) Klem *wire plate*;
 - 3) Kunci; dan
 - 4) Rambu-rambu K3.
- b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan:
 - 1) Pastikan jembatan bersih dari pengguna jembatan;
 - 2) Pasang *wire rope* dan klem *wire rope* di *wire rope* utama berdampingan dengan posisi *hanger* yang diganti;
 - 3) Penggantian *hanger* dilakukan satu per satu;
 - 4) Pasang *wire rope* bantu sedemikian rupa dengan panjang sesuai dengan panjang *hanger* yang diukur dari *wire rope* ke gelagar;
 - 5) Setelah dipastikan terpasang segera diganti *hanger* beserta klem dan *turnbucklenya* yang baru dengan hati-hati; dan
 - 6) Selanjutnya alat bantu *wire rope* tadi dilepas beserta klem *wire plate*-nya.

7.2.3 Penggantian Lantai Kaca

Komponen esensial lain pada operasional jembatan kaca merupakan lantai kaca, Jika terjadi retakan atau pecah pada permukaan lantai kaca maka perlu dilakukan perbaikan dengan penggantian segmental kaca. Lantai kaca juga harus dicek secara periodik 1 (satu) bulan sekali untuk memastikan tidak ada salah satu segmen kaca mengalami kerusakan.

Langkah-langkah penggantian lantai kaca jembatan gantung tipe *suspended cable* adalah sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) Kop kaca kaki 3;
 - 2) Penyemprot *sealant*;
 - 3) Peralatan bantu kerja;
 - 4) Set *fullbody harness*; dan
 - 5) Rambu-rambu K3.
- b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan:
 - 1) Pastikan jembatan bersih dari pengguna jembatan;
 - 2) Pasang rambu-rambu K3;
 - 3) Pasang kop kaca 3 kaki pada lantai kaca yang akan diganti;
 - 4) Buka pelat penjepit pada masing-masing sisi kaca yang diganti;
 - 5) Bersihkan spasi antar lantai kaca dari *sealant*;
 - 6) Angkat dan ganti segmental lantai kaca dengan yang baru;
 - 7) Pasang kembali pelat penjepit pada masing-masing sisi kaca;
 - 8) Isi kembali sela-sela antar lantai kaca dengan *sealant*; dan
 - 9) Cek kembali lantai kaca beserta sambungannya dan beri tanda *marking* pada bagian yang sudah diperbaiki.

7.2.4 Perbaikan Sambungan *Sealant* Antar Kaca

Komponen sambungan berupa *sealant* pada lantai kaca jika terkelupas, rusak, dan lepas perlu dilakukan perbaikan berupa penggantian menyeluruh pada sepanjang sambungan.

Langkah-langkah penggantian *sealant* kaca adalah sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) *Cutter*;
 - 2) Penyemprot *sealant*;
 - 3) *Evafoam*;
 - 4) Peralatan bantu kerja; dan
 - 5) Rambu-rambu K3.
- b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan:
 - 1) Pastikan jembatan bersih dari pengguna jembatan;
 - 2) Potong dan buang seluruhnya *sealant* sambungan antar kaca;
 - 3) Pasang *evafoam* dan semprot/lapisi celah antar lantai kaca dengan *sealant*; dan
 - 4) Cek kembali sambungannya dan beri tanda *marking* pada bagian yang sudah diperbaiki.

7.2.5 Perbaikan Komponen Pengaman

Komponen pengaman berupa jaring jika ikatan lepas dan getas perlu dilakukan perbaikan berupa penggantian menyeluruh pada bagian yang rusak.

Langkah-langkah penggantian *sealant* kaca adalah sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) *Cutter*;
 - 2) Kunci pas;
 - 3) Jaring pengganti;
 - 4) Peralatan bantu kerja; dan
 - 5) Rambu-rambu K3.
- b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan:
 - 1) Pastikan jembatan bersih dari pengguna jembatan;
 - 2) Potong dan buang seluruhnya jaring yang rusak;
 - 3) Pasang kembali dengan jaring pengganti yang baru; dan
 - 4) Cek kembali sambungannya dan beri tanda *marking* pada bagian yang sudah diperbaiki.

7.2.6 Pengecatan Struktur Beton

Mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.3, pekerjaan pengecatan beton untuk mencegah dan melindungi elemen struktur beton termasuk bagian pelengkapan jembatan dari kerusakan yang diakibatkan oleh faktor lingkungan dan menambah nilai estetika jembatan.

Berdasarkan lingkup pekerjaannya, pekerjaan pengecatan struktur jembatan untuk pemeliharaan berkala ini mencakup pekerjaan pelapisan permukaan beton dengan lapisan pelindung untuk mencegah terjadinya karbonasi yang menyebabkan korosi dini pada baja tulangan atau *strand* di lingkungan yang korosif, dan serangan asam dalam volume pekerjaan yang sedang.

Bahan dan metode pelaksanaan pekerjaan mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.3 dan Pasal 7.3.6 Pengecatan Struktur Beton.

7.2.7 Pengecatan Struktur Baja

Mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.7, pekerjaan pengecatan ini bertujuan untuk mencegah dan melindungi struktur baja terhadap karat. Pencegahan karat ini dilakukan pada struktur baja yang berada di darat maupun yang terkena atau di dalam air tawar atau di daerah pasang surut, dengan bahan yang sesuai karakteristiknya serta memiliki keawetan sesuai tingkat korosifitas suatu tempat.

Berdasarkan lingkup pekerjaannya, Pekerjaan pengecatan struktur baja untuk pemeliharaan berkala ini terdiri atas persiapan permukaan dan pelapisan (*coating*) dengan jenis cat yang sesuai dengan kategori dan kondisi serta lingkungannya yang mempunyai tingkat proteksi pendek dan sedang dengan volume pekerjaan sedang.

Bahan dan metode pelaksanaan pekerjaan mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.7 dan Pasal 7.3.10 Pengecatan Struktur Baja.

7.3 Rehabilitasi

Secara umum, pekerjaan rehabilitasi mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) dan Pedoman Nomor 01/BM/2012 tentang Pemeriksaan dan Pemeliharaan Jembatan Gantung Kendaraan Ringan.

Lingkup pekerjaan pemeliharaan rehabilitasi pada jembatan gantung tipe *suspended cable* dengan lantai kaca meliputi Perbaikan Kabel Utama, Perbaikan Struktur Rangka Lantai Jembatan, Penggantian Lantai Kaca, Perbaikan Retak dengan Bahan Epoksi, Perbaikan Dimensi Struktur Beton, dan Perkuatan Struktur Beton.

7.3.1 Perbaikan Kabel Utama

Penggantian kabel utama jembatan memiliki kesulitan yang cukup tinggi, dimana kabel utama yang termasuk kabel bawah pemikul, kabel penahan atas, dan kabel penahan atas merupakan bagian dari elemen utama jembatan dan dalam metode penggantianannya memerlukan petunjuk dari *professional engineer*.

7.3.2 Perbaikan Struktur Rangka Lantai Jembatan

Struktur rangka atas juga dilakukan penggantian bila terjadi perubahan patah, bengkok ataupun korosi. Umumnya terjadi diakibatkan kelelahan terkena beban, cuaca atau lapisan cat yang sudah menipis sehingga terjadi korosi. Maka diperlukan perbaikan dengan cara penggantian *profile*.

Langkah-langkah penggantian struktur rangka jembatan gantung tipe *suspended cable* adalah sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) Profil yang akan dibuat sebagai pengganti;
 - 2) Baut mur;
 - 3) Kunci pas/kunci *ring*;
 - 4) Peralatan bantu kerja; dan
 - 5) Rambu-rambu K3.

b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan:

- 1) Pastikan jembatan bersih dari pengguna jembatan;
- 2) Pasang alat bantu untuk melepaskan dan mengganti profil jembatan gantung tipe *suspended cable*, gelagar, *bracing* ataupun *railing* dengan cara melepas dulu pelat lantai jembatan (bila penggantian pada kerangka struktur) atau ambil pelat lantai;
- 3) Lepas baut sambungan antar komponen satu persatu pada posisi sambungan profil yang akan diganti;
- 4) Ganti profil baja dengan profil yang baru beserta baut mur;
- 5) Kencangkan baut mur dengan melihaat standar pengencangan; dan
- 6) Cek kembali sambungannya dan beri tanda *marking* pada baut yang sudah dikencangkan.

7.3.3 Penggantian Lantai Kaca

Penggantian lantai kaca dengan volume yang besar dilakukan dengan metode rehabilitasi atau penggantian yang membutuhkan penutupan jembatan dalam jangka waktu tertentu. Metode penggantian persiapan dan pelaksanaan mengacu pada Pasal 7.2.3 Penggantian Lantai Kaca pada Pemeliharaan Berkala.

7.3.4 Perbaikan Retak dengan Bahan Epoksi

Mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.1, pekerjaan perbaikan retak dengan bahan epoksi ini dimaksudkan untuk mengembalikan kondisi retak struktural pada beton menjadi satu kesatuan kembali dan berfungsi sebagaimana mestinya tetapi bukan merupakan perkuatan.

Perbaikan retak adalah perbaikan struktur yang retak yang diakibatkan karena retak susut, penurunan struktur, beban berlebih atau beban kejut yang berlebihan yang mengakibatkan retak lentur, tarik atau geser.

Lebar retak yang terjadi pada struktur yang diperbaiki adalah lebar retak yang melebihi lebar retak izin yaitu lebih dari 0,15 mm dan maksimum 1 mm.

Perbaikan retak ini tidak dapat digunakan untuk struktur beton yang telah mengalami kebocoran (atau telah terjadinya rembesan air pada celah/retak) dan celah/retak yang bergerak.

Langkah-langkah perbaikan retak dengan bahan epoksi adalah sebagai berikut:

a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:

- 1) Bahan perekat (epoksi);
- 2) Bahan penutup retak (*sealant*);
- 3) Tabung penyuntik (*nipple*);
- 4) Mesin gerinda atau sikat kawat; dan
- 5) Rambu-rambu K3.

b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan:

- 1) Pembersihan pada bagian retak yang akan diperbaiki;
- 2) Melekatkan dasar tabung penyuntik ditengah garis atau celah retakan, pada permukaan retak dilekatkan menggunakan bahan penutup (*sealant*);
- 3) Pengisian retakan dengan alat suntik dengan bahan epoksi yang spesifikasinya sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan tutup kembali lubang dengan bahan penutup (*sealant*); dan
- 4) Cek kembali hasil perbaikan, rapihkan, dan beri tanda marking pada bagian yang sudah diperbaiki.

7.3.5 Perbaikan Dimensi Struktur Beton

Mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.2, Perbaikan dimensi struktur beton merupakan pekerjaan pengembalian dimensi struktur beton akibat terjadinya kerontokan, pengelupasan, keropos atau gompalnya struktur beton dengan melaksanakan pekerjaan *patching* atau penambalan atau dengan cara *grouting*.

Patching adalah suatu pekerjaan penambalan elemen beton yang mengalami gompal atau rontok pada bagian permukaan dengan mortar baru dengan tebal maksimum 8 cm agar struktur beton dapat berfungsi sesuai dengan dimensi yang sudah ditentukan.

Grouting adalah suatu perbaikan elemen beton bagian dalam dan/atau luar elemen beton dengan cara mengisi/memasukkan bahan *mortar grout* ke dalam rongga pada struktur beton yang keropos dengan menggunakan alat yang bertekanan tertentu (kompresor) dan menggunakan bekisting yang kedap.

Mortar baru yang dilekatkan atau dimasukkan ke dalam struktur beton harus dapat melekat dengan baik dan menjadi satu kesatuan yang utuh dan dapat dipertanggungjawabkan.

7.1.4.1 Perbaikan dengan Penambalan (*Patching*)

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) Bahan penambalan (*patching*);
 - 2) Sikat kawat;
 - 3) *Demolition jack hammer*;
 - 4) *Coating/priming bonding agent*;
 - 5) Pelapis anti karat;
 - 6) Peralatan bantu kerja; dan
 - 7) Rambu-rambu K3.
- b. Tahapan Pelaksanaan pekerjaan:
 - 1) Pembersihan dan pengupasan lapisan beton yang lemah serta *chipping* bagian yang memerlukan perbaikan dengan *demolition jack hammer*;
 - 2) Baja tulangan yang terekspos dibersihkan dengan sikat kawat hingga bersih;
 - 3) Lapisan baja tulangan dengan bahan pelapis anti karat yang sudah diaduk, pelapisan dilakukan dua kali. Lapisan kedua dilaksanakan setelah lapisan pertama kering;
 - 4) Setelah lapisan anti karat kering, lembabkan permukaan beton dan lapis dengan bahan *coating/priming bonding agent* dan tunggu sampai mengering;
 - 5) Aplikasikan adukan bahan *patching* ke semua permukaan yang akan diperbaiki; dan
 - 6) Cek kembali hasil perbaikan, rapihkan, dan beri tanda *marking* pada bagian yang sudah diperbaiki. Lakukan perawatan selama permukaan *patching* selama proses pengeringan dan pengerasan.

7.1.4.2 Perbaikan dengan *Grouting*

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) Bahan *grouting*;
 - 2) Sikat kawat;
 - 3) Acuan penahan beban dan bentuk (dianjurkan multipleks dengan tebal minimal 9 mm dilapisi film dan kedap);
 - 4) Peralatan bantu kerja; dan
 - 5) Rambu-rambu K3.

b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan:

- 1) Bersihkan permukaan beton dari lapisan yang mengandung oli, debu, bahan lepas atau bahan asing lainnya, dan *chipping* lapisan beton lemah yang akan diperbaiki;
- 2) Baja tulangan yang terekspos dibersihkan dari dengan sikat kawat hingga bersih;
- 3) Pasang acuan lengkap dengan lubang untuk memasukkan bahan *grout* dan lubang udara dengan cukup kaku dan kuat;
- 4) Masukkan bahan *grout* ke dalam pompa dan hubungkan ujung pipa ke dalam lubang acuan dan pastikan bahan *grout* masuk memenuhi ruang; dan
- 5) Buka acuan setelah 3 (tiga) hari dan lakukan perawatan selama proses pengerasan dan pengeringan bahan.

7.3.6 Pengecatan Struktur Beton

Mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.3, Pekerjaan pengecatan beton ini adalah untuk mencegah dan melindungi elemen struktur beton termasuk bagian pelengkapan jembatan dari kerusakan yang diakibatkan oleh faktor lingkungan dan menambah nilai estetika jembatan.

Berdasarkan lingkup pekerjaannya, pekerjaan pengecatan struktur jembatan pada pekerjaan rehabilitasi ini mencakup pekerjaan pelapisan permukaan beton dengan lapisan pelindung untuk mencegah terjadinya karbonasi yang menyebabkan korosi dini pada baja tulangan atau strand di lingkungan yang korosif, dan serangan asam dalam volume pekerjaan yang besar. Pengecatan struktur beton dibagi 2 (dua), yaitu pengecatan dengan maksud proteksi dan pengecatan untuk dekoratif.

Pengecatan untuk proteksi dilaksanakan pada elemen utama beton, seperti elemen bangunan atas jembatan beton dan bangunan bawah yang terdampak oleh kondisi lingkungan seperti di daerah pantai dan di daerah padat lalu lintas (polusi tinggi), serta berfungsi sebagai anti karbonasi dan mempunyai umur proteksi sedang dengan umur keawetan rencana minimum 5 (lima) tahun.

Pengecatan yang bersifat dekoratif dilaksanakan pada elemen jembatan dengan tujuan untuk menambah nilai estetika, dan mempunyai umur keawetan rencana minimum 3 (tiga) tahun. Pengecatan ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya kerusakan beton akibat karbonasi akibat porositas, kelembaban, kadar air di udara, dan lingkungan struktur jembatan beton.

Jenis cat yang digunakan pada pengecatan beton adalah jenis cat yang tahan terhadap bahan kimia, air, *chloride*, CO₂, tahan terhadap UV, kelembaban udara, tidak mudah retak, mempunyai penampilan yang menarik, estetika, daya lekat yang tinggi, serta tahan terhadap abrasi.

Sebelum dilakukan pengecatan, harus dipastikan permukaan beton telah bebas dari kerusakan seperti retak, gompal, keropos, dan lain-lain. Bila terdapat kerusakan pada beton, maka harus diperbaiki dengan mengikuti Pasal 7.3.4 Perbaikan Retak dengan Bahan Epoksi dan 7.3.5 Perbaikan Dimensi Struktur Beton

Langkah-langkah pengecatan struktur beton adalah sebagai berikut:

a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:

- 1) Alat pengukur ketebalan cat.
- 2) Peralatan manual/*power-tool* dan peralatan *abrasive blasting* yang sesuai standar.
- 3) Kuas/alat penyemprot cat.
- 4) Bahan cat (tahan terhadap cuaca (UV), alkali, dan karbonasi).

- a) Untuk pengecatan dekoratif menggunakan jenis cat: *water-based portland cement*, *water-based polymer latex*, *single-component polymer*, dan *two-component polymer*.
 - b) Untuk pengecatan protektif dapat menggunakan jenis cat: *methyl methacrylate*, *alkylalkoxysilane*, *polyvinyl butyral*, *acrylics*, *epoxy*, *polyurethane*, *chlorinated rubber*, *asphalt*, *coal tar* dan *polyvinyl chloride*.
- b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan:
- 1) Bersihkan dengan menggunakan power tools atau *abrasive blasting* dan harus dipastikan beton terbebas dari kerusakan (cacat) beton.
 - 2) Berikan lapisan cat dasar, lapisan kedua dan/atau lapisan akhir sesuai dengan petunjuk dan persyaratan dari pabrik pembuat.
 - a) Untuk pengecatan dekoratif, jumlah pelapisan dan ketebalan cat mencapai keseragaman (*uniformity*) dalam warna dan tekstur tanpa merusak/menurunkan kualitas/mutu struktur beton.
 - b) Untuk pengecatan protektif, jumlah pelapisan, dan ketebalan cat tergantung pada bahan cat yang digunakan dan mengikuti ACI 515.2R-13.
 - 3) Pengecatan harus dimulai dari bagian yang sulit dijangkau dan sempit termasuk sudut-sudut lancip atau runcing.

7.3.7 Perkuatan Struktur Beton

Mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.4, pekerjaan ini mencakup pekerjaan perkuatan struktur beton dengan bahan serat *fiber* (*Fiber Reinforced Polymer*, FRP) memperbaiki kehilangan kekuatan karena kerusakan, memperbaiki kekurangan desain atau kelemahan pelaksanaan, atau meningkatkan daktilitas struktur jembatan beton sesuai dengan persyaratannya. FRP digunakan juga untuk meningkatkan kekuatan, kekakuan balok beton bertulang, maupun daktilitas kolom beton bertulang. Jenis FRP yang digunakan dalam spesifikasi ini adalah jenis serat gelas polimer (GFRP) dan serat karbon polimer (CFRP).

Bahan FRP adalah bahan serat berpolimer (*fiber reinforced polymer*) ini mempunyai sifat ringan, nonkorosif, dan memiliki kekuatan tarik tinggi yang dapat digunakan untuk perkuatan lantai jembatan, gelagar utama jembatan, kepala jembatan, pilar beton yang mempunyai mutu beton f_c' di atas 20 MPa (ACI 440.2R-17 1.2.1.4 *Minimum Concrete Substrate Strength*), atau sesuai ketentuan teknis perancangan. Umur keawetan rencana untuk bahan FRP yang digunakan minimum 10 (sepuluh) tahun.

Dalam pemilihan material FRP ini harus dipertimbangkan faktor lingkungan, ekonomi, dan sosial selama tahap pelaksanaan dan masa layan struktur dalam hal pemeliharaan dan perawatan serta fase ketika berakhir masa pakainya.

Pekerjaan FRP ini juga dapat memberikan lapisan pelindung terhadap potensi kerusakan akibat pengaruh lingkungan dan mekanis. Pelapisan dipasang pada permukaan luar sistem FRP setelah proses pelekatan atau pengeringan resin jenuh dengan menggunakan lapisan epoksi atau poliuretan, lapisan berbasis semen.

Langkah-langkah perkuatan struktur beton dengan FRP adalah sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) Bahan FRP dengan perilaku tarik, kelekatan dan sifat FRP dalam bentuk kering (*dry*) yang disyaratkan.
 - 2) Resin.

- 3) Pengisi Dempul (*Putty*).
 - 4) Resin Jenuh.
 - 5) Perekat.
 - 6) Rambu-rambu K3.
- b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan FRP:
- 1) Bersihkan dan haluskan permukaan beton sebelum dipasang, apabila permukaan beton mengelupas, gompal, retak, maka permukaan atau struktur beton harus diperbaiki terlebih dahulu sesuai pasal 7.3.4 Perbaikan Retak dengan Bahan Epoksidan 7.3.5 Perbaikan Dimensi Struktur Beton
 - 2) Campurkan bahan FRP dengan epoksi dan lapiasi semua permukaan struktur beton dengan lapisan epoksi, kemudian pasang FRP serta beri tekanan searah serat.
 - 3) Sambungan FRP harus dibuat *overlap* antara lapis awal dan lapis berikutnya sebesar 100-200mm dan searah serat yang disyaratkan
 - 4) Lakukan *curing* (perawatan) dalam rentang waktu 48-72 jam dan lindungi dari air, suhu, dan bahan kimia yang dapat mengurangi mutu.

7.3.8 Penggantian dan Pengencangan Baut

Mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.5, pekerjaan ini mencakup penggantian baut mutu tinggi dan baut biasa serta pengencangan baut biasa sesuai dengan diameter dan kondisi mutu baut yang digunakan pada elemen struktur baja dan/atau elemen bagian baja dari struktur baja komposit, yang sesuai dengan kekencangan yang disyaratkan.

Penggantian baut mutu tinggi adalah pekerjaan penggantian baut untuk sambungan baut yang berada pada elemen utama struktur jembatan (batang tepi atas, tepi bawah, diagonal rangka baja, gelagar melintang rangka baja, gelagar utama jembatan komposit). Penggantian dan Pengencangan baut biasa adalah pekerjaan yang dilakukan pada elemen sekunder jembatan baja.

Semua elemen sambungan yang menggunakan baut mutu tinggi yang longgar atau berkarat harus diganti sesuai mutu dan/atau ukuran baut lama.

Sambungan yang menggunakan baut biasa dapat dilakukan pengencangan baut dengan persyaratan bahwa kondisi baut belum mengalami kerusakan/cacat dan karat, serta belum mengalami pengencangan secara maksimal. Untuk baut biasa yang sudah mengalami kerusakan/cacat dan karat perlu dilakukan penggantian baut yang baru. Sambungan dengan baut harus dilengkapi dengan ring untuk menjamin tidak terjadi celah.

Langkah-langkah pengencangan dan penggantian baut adalah sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) Baut biasa sedang mutu tinggi sesuai dengan persyaratan pada struktur baja asalnya;
 - 2) Kunci momen;
 - 3) Kunci pas/kunci *ring*;
 - 4) Cairan anti karat/WD 40;
 - 5) Tabel pengecatan baut mur; dan
 - 6) Rambu-rambu K3.
- b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan:
 - 1) Pastikan jembatan agar bebas dari pengguna jembatan;
 - 2) Cek/tandai baut mur yang akan diganti; dan

- 3) Lepas dan pasang baut dan mur yang akan diganti satu persatu dengan kunci baut. Apabila diperlukan cairan untuk melepas baut mur karena permukaan baut mur yang sudah berkarat lama gunakan semprot bagian anti karat.

7.3.9 Pengelasan Elemen Baja Struktur Jembatan

Mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.6, Pengelasan adalah pekerjaan untuk penyambungan dua atau lebih elemen struktur jembatan baja untuk meneruskan beban yang harus dipikul. Secara umum, pengelasan elemen baja struktur Jembatan untuk rehabilitasi adalah untuk memperbaiki kondisi elemen baja yang mengalami kerusakan seperti sobek atau untuk menyambungkan bagian dari elemen struktur baja.

Jenis-jenis pengelasan:

- a. *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)
Pengelasan dengan mencairkan logam kerja yang menggunakan panas dari listrik melalui batang elektroda bersalut (kawat las).
- b. *Submerged Arc Welding* (SAW)
Pengelasan dengan memanaskan serta mencairkan logam kerja dan elektroda oleh busur listrik yang terletak di antara logam kerja dan elektroda. Arus dan busur lelehan logam diselimuti (ditimbun) dengan butiran *flux* di atas daerah yang dilas.
- c. *Gas Metal Arc Welding* (GMAW)
Pengelasan logam sejenis dengan menggunakan bahan tambahan berupa kawat gulungan dan gas pelindung (argon atau helium) dengan melalui proses pencairan.
- d. *Flux Cored Arc Welding* (FCAW)
Las listrik yang memasok *flux* (dalam lubang) kawat elektroda secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung *flux* kawat elektroda dan logam kerja. Gas pelindungnya menggunakan karbondioksida CO₂.

Langkah-langkah pengelasan elemen baja struktur jembatan adalah sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) Bahan dasar pelat dengan kriteria sesuai Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Pasal 8.6.2.
 - 2) Bahan elektroda sesuai Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Pasal 8.6.2.
 - 3) Alat pengelasan dengan pengatur voltase.
 - 4) Oven/tempat pengering elektroda.
 - 5) *Genset*.
 - 6) Pengukur suhu.
 - 7) Klem dan alat bantu menyatukan elemen.
 - 8) Rambu-rambu K3.
- b. Tahapan Pelaksanaan pekerjaan:
 - 1) Bersihkan permukaan yang akan dilas dengan sikat kawat atau lainnya.
 - 2) Pastikan arus listrik (*voltage*) dalam kondisi tepat, kontrol arus termasuk input panas, ukuran las, dan kedalaman penetrasi las sesuai dengan rencana.
 - 3) Las bahan elektroda (batang las) pada bagian baja yang akan disambung dengan las, pastikan las padat atau tidak ada rongga di dalam las.
 - 4) Hasil akhir pengelasan harus diperiksa secara visual.

7.3.10 Pengecatan Struktur Baja

Mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.7, pekerjaan pengecatan ini bertujuan untuk mencegah dan melindungi struktur baja terhadap karat. Pencegahan karat ini dilakukan pada struktur baja yang berada di darat maupun yang terkena atau di dalam air tawar atau di daerah pasang surut, dengan bahan yang sesuai karakteristiknya serta memiliki keawetan sesuai tingkat korosifitas suatu tempat.

Pekerjaan ini terdiri atas persiapan permukaan dan pelapisan (*coating*) dengan jenis cat yang sesuai dengan kategori dan kondisi serta lingkungannya yang mempunyai tingkat proteksi pendek dan sedang dengan volume pekerjaan besar.

Elemen utama struktur baja minimal harus mempunyai tingkat keawetan sedang (umur rencana 5-15 tahun). Elemen sekunder seperti sandaran dan/atau pagar pengaman (*guardrail*) dapat diberi lapisan pelindung dengan tingkat keawetan pendek (umur rencana 2-5 tahun), masing-masing sesuai dengan kondisi lingkungannya. Ketebalan lapisan pelindung sesuai dengan masa tingkat keawetan dan disesuaikan dengan kondisi lingkungan di mana struktur jembatan baja berada.

Jenis cat yang digunakan untuk struktur baja dengan tingkat proteksi sedang dan dapat disesuaikan dengan kondisi lingkungannya sesuai dengan SNI ISO 12944-6-2012 dengan persyaratan untuk cat dasar (yang terdiri atas *binder* dan *primer*), di mana *binder* menggunakan jenis epoksi atau *polyurethane* dan *primer* menggunakan *zinc* atau *moisture cured urethane* (dapat yang berupa *aluminium flakes*) dan lapisan akhir adalah jenis epoksi, *Polyurethane* (EP, PUR) atau epoksi dengan *aluminum flakes* yang tahan terhadap cuaca dan UV serta jamur. Jenis cat untuk cat dasar atau akhir dapat mempergunakan jenis yang sama.

Ketebalan cat untuk elemen utama struktur baja ditentukan setebal 240 mikron yang terdiri atas adalah:

- Lapisan dasar dengan binder jenis epoksi atau *polyurethane* dengan primer jenis *moisture cured urethane* (dapat berupa aluminium) atau *zinc* adalah 80 mikron.
- Lapisan akhir (*top coat*) dengan binder jenis epoksi atau *polyurethane* dengan campuran *zinc* atau *moisture cured urethane (aluminium flakes)* adalah 160 mikron.

Ketebalan cat untuk elemen sekunder dan sandaran baja dan pagar pengaman (*guard rail*) adalah 160 mikron yang terdiri atas lapisan dasar 40 mikron dan lapisan akhir 120 mikron, dengan bahan cat epoksi atau *polyurethane*.

Berdasarkan fungsinya setiap lapisan cat harus mempunyai sifat sebagai berikut:

- Cat dasar, menjamin pelekatan yang baik pada substrat dan lapisan berikutnya.
- Cat antara, merupakan lapisan pengikat yang merata antara lapisan cat dasar dengan lapisan cat akhir.
- Cat akhir, merupakan permukaan yang halus, licin, serta mudah dibersihkan dan tahan terhadap serangan zat-zat kimia, tahan terhadap lingkungan serta mempunyai fungsi estetika.

Langkah-langkah pengecatan struktur baja adalah sebagai berikut:

- Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) Alat pengukur ketebalan cat;
 - 2) Peralatan manual/*power-tool* (St 3);

- 3) Kuas/alat penyemprot cat; dan
 - 4) Bahan cat lapisan dasar, lapisan kedua dan/atau lapisan akhir.
- b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan
- 1) Bersihkan lapisan karat dengan menggunakan sikat baja/*power tools* (St 3), kemudian disemprotkan air dan dibersihkan hingga kering;
 - 2) Berikan lapisan anti karat menggunakan kuas/semprotan sesuai dengan spesifikasi produk atau sesuai kebutuhan jembatan; dan
 - 3) Pengecatan harus dimulai dari bagian yang sulit dijangkau dan sempit termasuk sudut-sudut lancip atau runcing.

7.3.11 Perbaikan dan Penggantian Elemen Baja

Mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.8, pekerjaan perbaikan dan penggantian elemen struktur baja mencakup struktur rangka baja dan bagian baja dari struktur komposit, yang dilaksanakan sesuai dengan gambar.

Pekerjaan perbaikan dan/atau penggantian terdiri dari pekerjaan pemotongan, penyambungan, pelurusan kembali struktur baja, dan pekerjaan perbaikan elemen baja yang mengalami kerusakan akibat karat atau lain sebagainya.

Pekerjaan perbaikan kerusakan seperti bengkok, sobek, retak hanya diterapkan untuk elemen struktur sekunder, sedangkan untuk kerusakan seperti di atas pada elemen struktur utama harus diganti.

Pemotongan dan penyambungan kembali dengan baja yang baru dapat dilaksanakan dengan menggunakan las dan sambungan baut.

Langkah-langkah perbaikan dan penggantian elemen baja adalah sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
- 1) Bahan baja untuk perbaikan dan penggantian harus menggunakan mutu yang setara dengan struktur baja yang disambung;
 - 2) Alat sambung (mur, baut, dan *ring* dengan mutu yang setara);
 - 3) Alat torsi momen mekanik atau manual;
 - 4) Peralatan pengelasan;
 - 5) Perancah; dan
 - 6) Rambu-rambu K3.
- b. Tahapan Pelaksanaan pekerjaan:
- 1) Pastikan jembatan agar bebas dari pengguna jembatan;
 - 2) Lakukan pengamatan lendutan yang terjadi sebelum dan sesudah dilakukan pelaksanaan perbaikan dan penggantian elemen baja;
 - 3) Pemotongan dan penyambungan kembali elemen struktur baja harus dilaksanakan dengan memastikan tidak terjadi pelemahan pada keseluruhan struktur dan apabila diperlukan dapat menggunakan perancah yang sesuai dengan bentuk elemen struktur dan fungsi baja yang akan diperbaiki; dan
 - 4) Setelah pekerjaan perbaikan atau penggantian elemen selesai, perlu dilakukan pemeriksaan lapisan pelindung elemen yang diganti atau diperbaiki. Pelapisan elemen yang diperbaiki harus sesuai dengan bahan pelapisan yang digunakan sebelumnya.

7.3.12 Perbaikan dan Penggantian Landasan (*Bearing*)

Mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.12, Pekerjaan ini meliputi penggantian dan perbaikan landasan yang terdiri dari pengangkatan, pembongkaran, perbaikan dudukan, penyediaan, dan pemasangan landasan untuk menopang struktur bangunan atas termasuk angkur penahan gempa, *stopper lateral*, dan *stopper longitudinal*.

Penggantian perletakan harus sesuai dengan jenis landasan eksisting. Apabila jenis landasan eksisting tidak sesuai karena perkembangan beban lalu lintas, maka bisa digantikan dengan jenis landasan lain setelah dilakukan evaluasi dan perhitungan. Jenis landasan yang digunakan pada penggantian landasan sesuai dengan persyaratan pergerakan lateral, longitudinal, vertikal, rotasi, dan ketahanan terhadap beban.

Langkah-langkah perbaikan dan penggantian landasan (*bearing*) adalah sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) Bahan landasan (*bearing*) (mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) pasal 7.12.2); dan
 - 2) Rambu-rambu K3.
- b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan:
 - 1) Pastikan jembatan agar bebas dari pengguna jembatan;
 - 2) Lakukan pengangkatan bangunan atas secara simultan dan bersamaan dengan penyetelan keseragaman untuk mendapatkan elevasi yang merata dan bersamaan pada semua bagian elemen bangunan atas yang diangkat dengan menggunakan *manifold* yang berperan meratakan tekanan pada semua dongkrak secara bersamaan;
 - 3) Penyetelan landasan:
 - a) Untuk landasan elastomer dan dapat diletakkan langsung pada dudukan mortar beton, asalkan berada dalam batas toleransi yang disyaratkan untuk kedataran dan kerataan.
 - b) Untuk landasan yang menunjang lantai beton cor langsung ditempat, bilamana landasan dipasang sebelum pengecoran langsung pada penggantian lantai beton, maka acuan sekitar landasan harus ditutup dengan rapi untuk mencegah kebocoran adukan encer. Landasan, terutama permukaan bidang kontak, harus dilindungi sepenuhnya selama operasi pengecoran. Pelat geser harus ditunjang sepenuhnya dan perhatian khusus harus diberikan untuk mencegah pergeseran, pemindahan, atau distorsi landasan akibat beban.
 - c) Untuk landasan selain elastomer, landasan yang akan dipasang pada penyangga sementara harus ditanam dengan kokoh pada struktur dengan baut jangkar atau cara lain untuk mencegah gangguan selama operasi-operasi berikutnya. Cara pengencangan baut harus sedemikian rupa sehingga tidak mengubah bentuk landasan. Pada tahap akhir, rongga di bawah landasan harus diisi sepenuhnya dengan bahan landasan. Bilamana bangunan bawah jembatan terbuat dari baja, maka landasan dapat langsung dibaut. Dalam hal ini, perlengkapan harus disediakan untuk menjamin bahwa garis dan elevasi berada dalam rentang toleransi yang diizinkan.

7.3.13 Perbaikan dan Penggantian Sandaran (*Railing*)

Mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Seksi 8.13, pekerjaan ini terdiri dari pembongkaran, dan perbaikan untuk sandaran baja sebagaimana yang ditunjukkan dalam gambar Kerja atau diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan dan memenuhi Spesifikasi Perbaikan/Penggantian Sandaran (*Railing*).

Langkah-langkah perbaikan dan penggantian landasan (*bearing*) adalah sebagai berikut:

- a. Tahapan persiapan peralatan dan bahan:
 - 1) Baja Sandaran (mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) pasal 7.13.2.1);
 - 2) Baut pemegang (mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) pasal 7.13.2.2); dan
 - 3) Perlengkapan bantu perbaikan dan penggantian; dan
 - 4) Rambu-rambu K3.
- b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan:
 - 1) Untuk baut-baut yang mengalami kendur atau rusak/cacat, dapat dilakukan pengencangan atau penggantian baut sesuai pasal 7.3.8 Penggantian dan Pengencangan Baut
 - 2) Untuk pembersihan bagian-bagian yang mengalami korosi dilaksanakan sesuai pasal 7.3.10 Pengecatan Struktur Baja;
 - 3) Kerusakan komponen baja yang berupa pelurusan bagian baja yang bengkok dan perataan baja yang penyok, penggantian dan penyambungan bagian yang rusak/putus dengan pengelasan dilaksanakan sesuai pasal 7.3.11 Perbaikan dan Penggantian Elemen Baja;
 - 4) Apabila salah satu komponen mengalami kerusakan cukup berat, Penyedia Jasa dapat mengusulkan kepada Pengawas Pekerjaan untuk melakukan penggantian komponen dengan bahan yang sama mengikuti pasal 7.3.11 Perbaikan dan Penggantian Elemen Baja; dan
 - 5) Untuk komponen yang hilang dapat dilakukan dengan penggantian komponen dengan bahan yang sama mengikuti pasal 7.3.11 Perbaikan dan Penggantian Elemen Baja.

Bibliografi

Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 132, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4444) sebagaimana telah beberapa kali diubah terakhir dengan Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2022 Nomor 12, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6760)

Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4655)

ACI 515.2R-13. *Type Methyl Methacrylate Slurry (MMS) Polymer Overlays for Bridge and Parking Garage Deck—Specification*

Standar Operasional Prosedur Nomor SOP/UPM/DJBM/-170 Tahun 2022 tentang Penyusunan Norma, Standar, Prosedur, dan Kriteria

Pedoman Bidang Lingkungan dan Keselamatan Jalan Nomor 11/P/BM/2023 tentang Petunjuk Teknis Uji Laik Fungsi Jalan dengan Pemeringkatan Bintang

Laporan Pendampingan Teknis Tahun 2018 tentang Pemeriksaan Jembatan Situ Gunung Kabupaten Sukabumi Jawa Barat

Laporan Pendampingan Teknis Tahun 2019 tentang Pemeriksaan Jembatan Situ Gunung 1028 Kabupaten Sukabumi Jawa Barat

Daftar Penyusun dan Unit Kerja Pemrakarsa

No.	Nama		Unit Kerja
1	Pemrakarsa	Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga	
2	Koordinator	Panji Krisna Wardhana, S.T., M.T.	Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur
3	Penyusun	Achmad Riza Chairulloh, S.T., M.T.	Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur
		Agung Wahyudi, S.T., M.Sc.	
		Faisal Nizar, S.T.	
		Redrik Irawan, S.T., M.T.	
		Elis Kurniawati, S.T., MPSDA	
		Budi Subrata, S.T.	
4	Narasumber	Ir. Lanny Hidayat, M.Si	Ahli Jembatan
		Joko Purnomo, S.T., M.T.	Ahli Jembatan
		Ir. Nandang Syamsudin, M.T.	Ahli Jembatan
5	Editor Naskah	Subdirektorat Teknologi dan Peralatan Infrastruktur Bina Marga, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan	