



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT



IDENTIFIKASI KERUSAKAN PADA JEMBATAN

IDENTIFIKASI KERUSAKAN PADA JEMBATAN



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT

Identifikasi Kerusakan Pada Jembatan



Diterbitkan oleh:
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT

Dikeluarkan oleh:
BALAI GEOTEKNIK, TEROWONGAN DAN STRUKTUR
Jl. A.H. Nasution No. 264 Ujungberung – Bandung 40294

Email:
bgts@pu.go.id

*Hak cipta dilindungi Undang-Undang.
Dipersilahkan mengutip atau memperbanyak sebagian buku ini
dengan seizin tertulis dari penulis dan/atau penerbit.
© 2024 Direktorat Jenderal Bina Marga*

Desember 2024
Cetakan Ke-1 2024, xii + 100 halaman

PENULIS

Ogi Soeherman
Rubby Mastra
Deni Hermana
Redrik Irawan

PENELAAH

Lanny Hidayat
Joko Purnomo
Imam Murtosidi

DESAIN DAN TATA LETAK

Musa Maulana Yusuf

Foto Cover : Koleksi BGTS

No. ISBN : 978-979-8230-95-0

Kata kunci : pemeriksaan jembatan, kode elemen,
kode kerusakan

Kata Pengantar

Penerapan survei kondisi jembatan pada jembatan nasional dengan penggunaan teknologi secara intensif terus diupayakan sejak tahun 2018. Secara khusus, masih terdapat kendala pada penilaian kondisi jembatan yang merupakan sumber informasi utama dalam perencanaan dan pemrograman jembatan yang berfokus pada peningkatan nilai ke-mantapan jembatan. Untuk mencapai tujuan tersebut, (sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 13 Tahun 2020 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat) Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan dengan fungsi melakukan koordinasi dan pembinaan pengembangan dan penerapan teknologi bidang jalan dan jembatan, menerbitkan buku dengan judul “*Identifikasi Kerusakan Pada Jembatan*”.

Buku teks ini dimaksudkan sebagai salah satu upaya penyiapan sumber belajar mandiri untuk para inspektur jembatan dan validator pemeriksaan jembatan khususnya yang berada di seluruh BBPJN/BPJN di Direktorat Jenderal Bina Marga. Adapun acuan penyusunan buku adalah Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 05/SE/Db/2022 tentang Pedoman Pemeriksaan Jembatan dan beberapa ketentuan teknis terkait pemeriksaan jembatan di dalam dan luar negeri. Dengan mengedepankan format buku yang lebih banyak memberikan penjelasan ringkas terkait jenis dan ilustrasi kerusakan yang dimaksud. Akhirnya penggunaan buku teks ini diharapkan dapat membantu menyamakan persepsi dalam menetapkan jenis kerusakan, tingkat keparahan, kuantitas, dan dampak dari kerusakan yang sebenarnya terdapat di lapangan. Hal ini diperlukan untuk semua orang yang akan terlibat pengelolaan survei kondisi jembatan agar penilaian kondisi jembatan yang didapat konsisten dan dapat dipertanggung jawabkan.

Untuk mengakomodasi kebutuhan akan perkembangan pemeriksaan visual jembatan, buku ini tentu saja dapat diperbaiki dan disesuaikan. Oleh karena itu, saran dan kontribusi dari para praktisi, inspektur jembatan, verifikator dan validator pemeriksaan jembatan, serta tenaga perencanaan dan pemrograman sangat diperlukan untuk menyempurnakan

buku ini. Penulis ingin menggunakan kesempatan ini untuk mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam produksi buku ini, termasuk para pimpinan, penelaah, desainer buku, dan pihak-pihak lain yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu. Secara khusus, kami berharap buku ini dapat bermanfaat dalam meningkatkan kualitas hasil pemeriksaan jembatan dalam mendukung perencanaan dan pengelolaan penanganan jembatan yang berkelanjutan.

Bandung, Desember 2024

Penulis

Daftar Isi

.....

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel	vi
Daftar Gambar	ix
I. Pendahuluan	1
A. Konsep Identifikasi Kerusakan	1
B. Sistem Penilaian Kerusakan Jembatan	6
II. Substansi Kerusakan Bahan	9
A. Bahan Pasangan Batu/Bata	9
1. Konstruksi jembatan berbahan pasangan batu/bata	9
2. Elemen berbahan pasangan batu/bata yang penting untuk diperiksa	9
3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP dan uraian gambar kerusakan elemen berbahan pasangan batu/bata	10
B. Bahan Beton	13
1. Konstruksi jembatan berbahan beton	13
2. Elemen berbahan beton yang penting harus diperiksa	13
3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP dan uraian gambar kerusakan elemen berbahan beton	14
C. Bahan Baja	22
1. Konstruksi bahan baja	22
2. Elemen berbahan baja yang penting untuk diperiksa	22
3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP dan uraian gambar kerusakan elemen berbahan baja	23
D. Bahan Kayu	29
1. Konstruksi jembatan berbahan kayu	29
2. Elemen berbahan kayu yang penting untuk diperiksa	29
3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP dan uraian gambar kerusakan elemen berbahan kayu	30
III. Substansi Kerusakan Elemen	37
A. Elemen-elemen jalan pendekat	37

1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada jalan pendekat _____	37
2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen jalan pendekat _____	38
3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen jalan pendekat _____	39
B. Elemen-elemen aliran sungai _____	46
1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada aliran sungai _____	46
2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen aliran sungai _____	47
3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen aliran sungai _____	48
C. Elemen-elemen bangunan bawah _____	52
1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada bangunan bawah _____	52
2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen bangunan bawah _____	53
3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen bangunan bawah _____	54
D. Elemen-elemen bangunan atas _____	57
1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada bangunan atas _____	57
2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen bangunan atas _____	59
3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen bangunan atas _____	59
E. Elemen-elemen Sistem Lantai _____	66
1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada sistem lantai _____	66
2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen sistem lantai _____	66
3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen sistem lantai _____	68
F. Elemen-elemen sistem pengendali pergerakan jembatan (siar muai, perletakan, perlengkapan aerodinamik jembatan) _____	74
1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada sistem pengendali pergerakan jembatan (siar muai, perletakan, perlengkapan aerodinamik jembatan) _____	74

2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen sistem pengendali pergerakan jembatan (siar muai, perletakan, perlengkapan aerodinamis) _____	75
3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen sistem pengendali pergerakan jembatan (siar muai, perletakan, perlengkapan aerodinamis) _____	77
G. Elemen-elemen perlengkapan _____	84
1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada perlengkapan _____	84
2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen perlengkapan _____	84
3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen perlengkapan _____	85
1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada gorong-gorong _____	93
2. Penjelasan SRKFP kerusakan gorong-gorong _____	94
3. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada lintasan basah _____	95
4. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen lintasan basah _____	95
Daftar Pustaka _____	98

Daftar Tabel

Tabel 1	Kriteria penentuan nilai kondisi	7
Tabel 2	Kriteria kerusakan S,R,K pada Bahan Pasangan Batu/Bata	12
Tabel 3	Kriteria kerusakan S,R,K pada Bahan Beton	20
Tabel 3	(lanjutan)	21
Tabel 4	Kriteria kerusakan S,R,K pada Bahan Baja	28
Tabel 4	(lanjutan)	29
Tabel 5	Kriteria kerusakan S,R,K pada Bahan Kayu	35
Tabel 5	(lanjutan)	36
Tabel 6	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.120 Tanah Timbunan, 3.220 Bangunan Pengaman, 3.310 Fondasi, dan 3.850 Struktur Pendukung Gorong-gorong	42
Tabel 7	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Klaster Elemen 4.132 Tanah bertulang	43
Tabel 8	Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk Komponen 2.100 Jalan Pendekat	43
Tabel 8	(lanjutan)	44
Tabel 8	(lanjutan)	45
Tabel 8	(lanjutan)	46
Tabel 9	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.210 Aliran Sungai	50
Tabel 10	Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk Komponen 2.200 Aliran Sungai	51
Tabel 10	(lanjutan)	52
Tabel 11	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.320 Kepala Jembatan/Pilar	55
Tabel 12	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Klaster Elemen Perkuatan dan 4.614 Sistem Pendukung Landasan, 4.615 Penahan Pergerakan Landasan, Elemen 4.324 b Balok penahan gempa / stopper lateral, dan Elemen utama 3.630 Perlengkapan Aerodinamik Jembatan	55

Tabel 13	Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk Komponen 2.300 Bangunan Bawah	56
Tabel 13	(lanjutan)	57
Tabel 14	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Klaster Elemen 4.462 Sistem Penahan Kabel Jembatan-Beruji-Kabel dan 4.474 Sistem Penahan Kabel Jembatan Gantung	61
Tabel 15	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Klaster Elemen Drainase	62
Tabel 16	Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk Komponen 2.400 Bangunan Atas	62
Tabel 16	(lanjutan)	63
Tabel 16	(lanjutan)	64
Tabel 16	(lanjutan)	65
Tabel 17	Kriteria penilaian kerusakan S,R, untuk Elemen Utama 3.420 Jembatan Pelat dan 3.500 Sistem Lantai	72
Tabel 18	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Klaster Elemen 4.111 Perkerasan fleksibel jalan pendekat, 4.112 Perkerasan kaku jalan pendekat, 4.514 Lapis Permukaan Sistem Lantai	72
Tabel 19	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Klaster Elemen 4.513 Trotoar dan Kerb	73
Tabel 20	Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk Elemen Utama 3.500 Sistem Lantai	73
Tabel 20	(lanjutan)	74
Tabel 21	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.600 Sambungan/Siar muai kecuali Klaster Elemen 4.607 Sistem Drainase Sambungan/Siar muai	81
Tabel 22	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.610 Perletakan	82
Tabel 22	(lanjutan)	83
Tabel 23	Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk Elemen Utama 3.600 Sambungan / Siar muai, 3.610 Perletakan, 3.630 Perlengkapan Aerodinamik Jembatan	83

Daftar Gambar

Tabel 24	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen 4.711a Batas batas ukuran/ Portal, Klaster Elemen 4.713 Penunjang perlengkapan, dan Klaster Elemen 4.714 Struktur Penutup Jembatan	89
Tabel 25	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Klaster Elemen 4.711 Perangkat Pengendali Lalulintas (kecuali Elemen 4.711a), 4.712 Penanda Jembatan, 4.715 Pendukung Sandaran / Median	89
Tabel 26	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.720 Penerangan	90
Tabel 27	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.620 Pengaman Pengguna Jalan dan 3.730 Utilitas	90
Tabel 28	Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.740 Pengaman Struktur Dan Lingkungan, 3.750 SMKS (Sistem Monitoring Kesehatan Jembatan), 3.760 Perlengkapan Jembatan Gerak/ <i>Moveable Bridge</i> , 3.770 Fasilitas Pemeriksaan Tetap, dan elemen-elemen non struktural	91
Tabel 29	Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk Komponen 2.700 Perlengkapan	91
Tabel 29	(lanjutan)	92
Tabel 29	(lanjutan)	93
Tabel 30	Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk Komponen 2.800 Gorong-gorong	96
Tabel 30	(lanjutan)	97
Tabel 31	Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk 1.900 Lintasan Basah	97

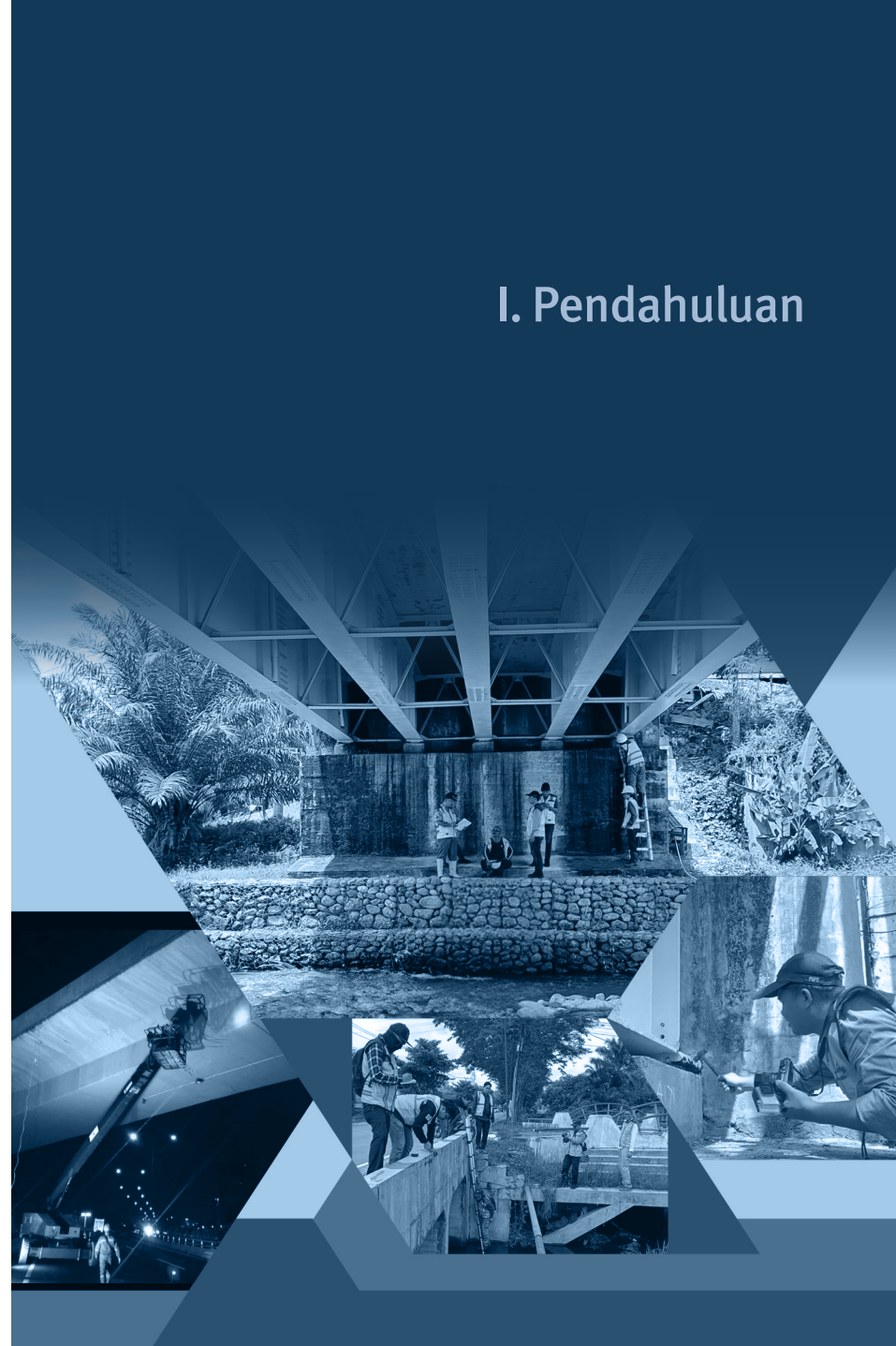
Gambar 1	Diagram “ <i>Tree House of Failure</i> ” (TU Delft)	3
Gambar 2	Ilustrasi kode kerusakan 101 Penurunan mutu bata/batu	11
Gambar 3	Ilustrasi kode kerusakan 101 Keretakan	11
Gambar 4	Ilustrasi kode kerusakan 102 Dinding Pasangan yang menggembung	11
Gambar 5	Ilustrasi kode kerusakan 103 Bagian yang pecah atau hilang (mortar, batu)	12
Gambar 6	Ilustrasi kode kerusakan 201 Beton rontok/ <i>spalling</i>	16
Gambar 7	Ilustrasi kode kerusakan 201 Beton keropos	16
Gambar 8	Ilustrasi kode kerusakan 201 Beton berongga	16
Gambar 9	Ilustrasi kode kerusakan 202 Retak (elemen beton)	17
Gambar 10	Ilustrasi kode kerusakan 203 Karat baja tulangan	18
Gambar 11	Ilustrasi kode kerusakan 204 Kotor, berlumut, penuaan atau pelapukan beton, rembesan	18
Gambar 12	Ilustrasi kode kerusakan 205 Pecah atau hilangnya bahan (delaminasi, abrasi, aus)	19
Gambar 13	Ilustrasi kode kerusakan 206 Defleksi	19
Gambar 14	Ilustrasi kode kerusakan 301 Penurunan mutu dan atau kinerja proteksi korosi (lapisan pelindung/cat)	25
Gambar 15	Ilustrasi kode kerusakan 302 Karat	25
Gambar 16	Ilustrasi kode kerusakan 303 Perubahan bentuk pada komponen	26
Gambar 17	Ilustrasi kode kerusakan 304 Retak (elemen baja dan las)	26
Gambar 18	Ilustrasi kode kerusakan 305 Komponen yang rusak/ Hilang (sobek, abrasi)	27
Gambar 19	Ilustrasi kode kerusakan 307 Kabel jembatan rusak (Biro Pembangunan Daerah Shikoku, Maret 2016)	27
Gambar 20	Ilustrasi kode kerusakan 308 Sambungan yang longgar dan karat	27

Gambar 21	Ilustrasi kode kerusakan 401 Lapuk	32
Gambar 22	Ilustrasi kode kerusakan 401 Serangan serangga	32
Gambar 23	Ilustrasi kode kerusakan 401 Pecah/belahnya kayu	32
Gambar 24	Ilustrasi kode kerusakan 401 Serat yang miring dan mata kayu (BMS 1993)	32
Gambar 25	Ilustrasi kode kerusakan 401 Melengkung (BMS 1993)	33
Gambar 26	Ilustrasi kode kerusakan 402 Komponen yang rusak atau hilang (termasuk retak, delaminasi)	33
Gambar 27	Ilustrasi kode kerusakan 403 Penyusutan (BMS 1993)	33
Gambar 28	Ilustrasi kode kerusakan 404 Penurunan mutu pelindung permukaan	34
Gambar 29	Ilustrasi kode kerusakan 405 Sambungan yang longgar	34
Gambar 30	Ilustrasi kode kerusakan 511 Bagian yang hilang atau tidak ada	40
Gambar 31	Ilustrasi kode kerusakan 521 Pengikisan di sekitar kepala jembatan	40
Gambar 32	Ilustrasi kode kerusakan 522 Retak, penggembungan	40
Gambar 33	Ilustrasi kode kerusakan 522 Penurunan	41
Gambar 34	Ilustrasi kode kerusakan 531 Penggembungan dinding panel	41
Gambar 35	Ilustrasi kode kerusakan 532 Retak, rontok atau pecah dari panel tanah bertulang	42
Gambar 36	Ilustrasi kode kerusakan 501 Pendangkalan sungai akibat endapan (agradasi)	49
Gambar 37	Ilustrasi kode kerusakan 502 Penumpukan debris dan hambatan aliran sungai	49
Gambar 38	Ilustrasi kode kerusakan 503 Pengikisan di sepanjang aliran sungai	49
Gambar 39	Ilustrasi kode kerusakan 504 Air sungai macet yang mengakibatkan terjadinya banjir (<i>excess afflux</i>)	50
Gambar 40	Ilustrasi kode kerusakan 551 Kepala jembatan atau pilar bergerak	54

Gambar 41	Ilustrasi Kode Kerusakan 561 untuk Bangunan atas dan bangunan bawah yang longgar, hilang atau rusak atau tidak berfungsi	55
Gambar 42	Ilustrasi kode kerusakan 541 Tidak stabil	60
Gambar 43	Ilustrasi kode kerusakan 711 Pipa cucuran dan drainase yang tersumbat	61
Gambar 44	Ilustrasi kode kerusakan 712 Tidak sesuai (hilang, kurang panjang)	61
Gambar 45	Ilustrasi kode kerusakan 701 Pergerakan yang berlebihan arah memanjang sambungan akibat lepasnya kabel prategang lateral pada jembatan <i>voided slab</i>	69
Gambar 46	Ilustrasi Kode Kerusakan 702 Lendutan yang berlebihan	69
Gambar 47	Ilustrasi kode kerusakan 721 Permukaan licin	70
Gambar 48	Ilustrasi kode kerusakan 722 Permukaan yang kasar/berlubang (<i>debonding</i> , aus), Retak pada lapisan permukaan	70
Gambar 49	Ilustrasi kode kerusakan 723 Lapis permukaan yang bergelombang dan alur dari jalur roda (<i>rutting</i>)	70
Gambar 50	Ilustrasi kode kerusakan 724 Lapis permukaan yang berlebihan	70
Gambar 51	Ilustrasi kode kerusakan 731 Permukaan trotoar licin	71
Gambar 52	Ilustrasi kode kerusakan 732 Lubang pada trotoar	71
Gambar 53	Ilustrasi kode kerusakan 733 Bagian yang hilang/tidak ada	71
Gambar 54	Ilustrasi kode kerusakan 801 Kerusakan sambungan lantai yang tidak sama tinggi	78
Gambar 55	Ilustrasi kode kerusakan 802 Kehilangan kemampuan bergerak	78
Gambar 56	Ilustrasi kode kerusakan 803 Bagian yang longgar	78
Gambar 57	Ilustrasi kode kerusakan 804 Lepasnya ikatan	78
Gambar 58	Ilustrasi kode kerusakan 805 Bagian yang rusak/hilang	79
Gambar 59	Ilustrasi kode kerusakan 806 Retak aspal akibat pergerakan sambungan (tipe <i>asphaltic plug joint</i>)	79

Gambar 60	Ilustrasi kode kerusakan 601 Tidak cukupnya tempat untuk bergerak	79
Gambar 61	Ilustrasi kode kerusakan 602 Kedudukan landasan yang tidak sempurna	79
Gambar 62	Ilustrasi kode kerusakan 603 Mortar dasar retak atau rontok	80
Gambar 63	Ilustrasi kode kerusakan 604 Perpindahan yang berlebih	80
Gambar 64	Ilustrasi kode kerusakan 604 Perubahan (deformasi yang berlebihan)	80
Gambar 65	Ilustrasi kode kerusakan 901 Bagian yang rusak atau hilang	86
Gambar 66	Ilustrasi kode kerusakan 911 Tulisan tidak jelas	86
Gambar 67	Ilustrasi kode kerusakan 912 Bagian yang hilang atau tidak ada	87
Gambar 68	Ilustrasi kode kerusakan 921 Penurunan mutu bahan/deteriorasi	87
Gambar 69	Ilustrasi kode kerusakan 922 Bagian yang hilang	87
Gambar 70	Ilustrasi kode kerusakan 931 Tidak berfungsi, tidak sesuai penempatannya	88
Gambar 71	Ilustrasi kode kerusakan 941 Hilang/lepas	88
Gambar 72	Ilustrasi kode kerusakan 942 Retak/rusak/tidak berfungsi	88

I. Pendahuluan



I. Pendahuluan

A. Konsep Identifikasi Kerusakan

Setiap sistem dan barang teknik, tidak terkecuali jembatan tentu saja mempunyai kecenderungan untuk rusak disebabkan beberapa faktor di antaranya sebagaimana yang dikemukakan oleh Radomski, 2002 berupa:

- a. Faktor karakter struktur jembatan termasuk kualitas proses pembangunan dan bahan yang digunakan dalam struktur jembatan;
- b. Faktor beban lalu lintas yang melewati jembatan;
- c. Faktor cuaca dan lingkungan di sekitar jembatan; dan
- d. Faktor penanganan yang dilakukan di jembatan.

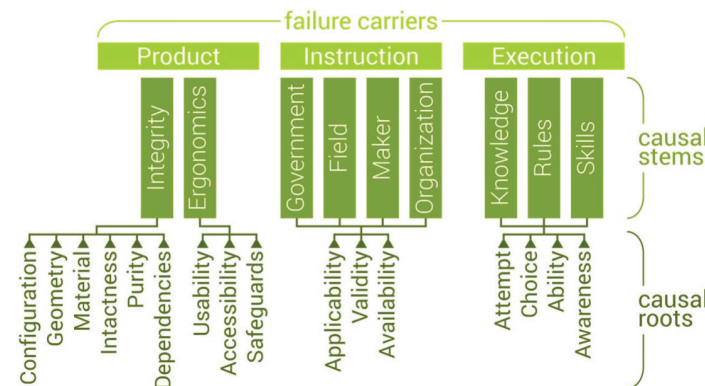
Untuk dapat mengambil tindakan pengendalian sebelum menimbulkan kerusakan yang lebih parah dan akhirnya menyebabkan sistem tersebut tidak berfungsi dan tidak melayani kebutuhan yang direncanakan, perlu terlebih dahulu dilakukan identifikasi beberapa komponen kegagalan, sebagaimana yang dikemukakan oleh Daley 2022, berupa:

- a. Penyebab;
- b. Berkurangnya pencegahan terhadap mekanisme kegagalan/ *failure mechanism*;
- c. Mekanisme kegagalan/ *failure mechanism* mulai terjadi;
- d. Deteriorasi yang terukur;
- e. Cacat/ *defect* berupa potensi kegagalan (kerusakan hingga ke titik di mana sistem tidak dapat menangani beban yang direncanakan)
- f. Mode Kegagalan/ *failure mode* ; dan
- g. Kegagalan.

Penyebab kegagalan dalam sistem teknik menurut OCW TU Delft *Forensic Engineering: Learning from Failures*, sebagaimana diuraikan lebih rinci pada berupa:

- a. Yang terkait dengan produk berupa:
 - i. Integritas produk yang berakar dari:
 - a) Kelengkapan sistem dan konfigurasi yang baik;
 - b) Geometri dan posisi komponen;
 - c) Bahan yang dapat mengakibatkan kegagalan;
 - d) Keutuhan bentuk komponen dan sistem;
 - e) Sesuatu yang seharusnya tidak ada atau penghambat sistem; dan
 - f) Ketergantungan antar komponen dalam sistem.
 - ii. Kondisi ergonomis suatu desain sistem yang berakar dari:
 - a) Kemudahan pemakaian;
 - b) Kemudahan untuk mendapatkan akses dan pengendalian; dan
 - c) Pengamanan melalui penggunaan yang tepat, instruksi dan peringatan yang jelas, atau kegunaan dan aksesibilitas yang baik.
- b. Yang terkait dengan instruksi terkait desain, pembuatan, dan penggunaan berupa:
 - i. Pengaturan publik seperti hukum, peraturan, perjanjian, dan lain sebagainya;
 - ii. Norma, standar, pedoman, kriteria teknis yang dibuat oleh organisasi selain pemerintah;
 - iii. Spesifikasi teknis mengenai desain, pembuatan, pemeliharaan, dan penggunaan;
 - iv. Instruksi yang digunakan dalam lingkungan kerja;
 - v. Yang kesemuanya berakar dari:
 - a) Kemudahan suatu instruksi untuk dapat diterapkan;
 - b) Validitas suatu instruksi; dan
 - c) Kemudahan suatu instruksi untuk dapat diperoleh.

- c. Yang terkait dengan prosedur pelaksanaan berupa:
 - i. Pengetahuan untuk menjalankan prosedur;
 - ii. Ketertiban untuk menjalankan prosedur ;
 - iii. Kesalahan dalam menjalankan tindakan yang seharusnya;
- iv. Yang kesemuanya berakar dari :
 - a) Sesuatu yang tidak berjalan sesuai rencana mengakibatkan sesuatu yang tidak tercapai;
 - b) Kesalahan pengambilan keputusan;
 - c) Kemampuan untuk membuat pilihan yang tepat atau melakukan tindakan dengan benar; dan
 - d) Kepedulian terhadap sesuatu hal yang penting.



Gambar 1 Diagram “Tree House of Failure” (TU Delft)

Selanjutnya mekanisme kegagalan/*failure mechanism* didenifisikan sebagai proses atau fenomena fisik yang menyebabkan kegagalan pada suatu komponen atau sistem. Hal ini mencakup cara-cara spesifik di mana material atau komponen mengalami kerusakan yang menjelaskan bagaimana kegagalan terjadi, misalnya: korosi terjadi akibat reaksi kimia dengan lingkungan, dan fatik yang disebabkan oleh beban siklik yang berulang. Sedangkan Mode kegagalan/*failure mode* adalah cara atau bentuk spesifik kegagalan suatu komponen atau sistem terwujud. Hal ini menggambarkan kondisi akhir atau gejala kegagalan yang terlihat yang merujuk pada cara atau bentuk kegagalan yang terlihat pada sistem,

komponen, atau material ketika gagal menjalankan fungsinya. Mode kegagalan dapat berupa:

Mekanisme kegagalan yang terjadi dapat berbentuk antara lain mekanisme kegagalan mekanik, mekanisme kegagalan fisik, mekanisme kegagalan kimia, mekanisme kegagalan lingkungan. Pengetahuan mekanisme kegagalan ini sangat penting agar dapat memilih dan mencegah kegagalan agar sistem, struktur, dan bahan yang dapat digunakan tahan lama. Hubungan mekanisme kegagalan dan mode kegagalan yang dimaksud dapat berupa:

- a. Peningkatan tegangan baik secara bertahap atau tiba-tiba menyebabkan:
 - i. Inisiasi dan propagasi retak yang berbentuk retakan kecil dapat terbentuk karena konsentrasi tegangan, cacat bahan, atau ketidaksempurnaan permukaan;
 - ii. Deformasi bahan terutama yang berbentuk perubahan bentuk permanen pada material ketika tegangan yang diterapkan melebihi batas elastis material tersebut;
 - iii. Tekuk, dimana komponen mengalami deformasi yang tiba-tiba di bawah beban tekan;
 - iv. Benturan atau dampak berupa gaya atau beban mendadak yang besar, yang dapat menyebabkan retakan, deformasi, atau kerusakan total pada material;
 - v. Fraktur yang berupa patah atau retak. Akibat pemutusan bahan akibat tegangan yang melebihi kekuatan;
 - vi. Rangkak/*creep* yang berupa paparan jangka panjang terhadap tegangan dan suhu tinggi dapat menyebabkan material perlahan-lahan berubah bentuk seiring waktu; dan
 - vii. Delaminasi berupa pemisahan lapisan dalam bahan komposit akibat tegangan atau kerusakan mekanis, yang dapat mengurangi kekuatan dan integritas struktural bahan.
- b. Beban yang dilakukan yang bersifat siklik menyebabkan:
 - i. Fatik bahan akibat beban siklik atau berulang yang menyebabkan inisiasi dan propagasi retak seiring waktu; dan
 - ii. Efek Termal yang bahan menjadi melunak, mengembang,

atau mengalami perubahan fase, menyebabkan kelelahan termal bila terjadi pemanasan dan pendinginan berulang menyebabkan retakan terbentuk dan tumbuh.

- c. Reaksi kimia berupa paparan akibat bahan kimia berbahaya di lingkungan, seperti asam atau basa kuat, yang dapat menyebabkan degradasi material dalam bentuk:
 - i. Oksidasi berupa reaksi logam dengan oksigen dalam bentuk karat
 - ii. Korosi berupa degradasi bahan, terutama logam, akibat reaksi kimia dengan elemen lingkungan seperti oksigen, air, dan garam dengan berbagai variasi bentuk berupa:
 - a. Kombinasi tegangan mekanis dan lingkungan korosif yang menyebabkan retakan pada material/ *stress corrosion cracking*;
 - b. Korosi dua logam berbeda bersentuhan dalam lingkungan elektrolit/ *galvanic corrosion*;
 - c. Korosi lokal yang menghasilkan lubang kecil pada permukaan material/ *pitting corrosion*; dan
 - d. Korosi celah/ *crevice corrosion* yang terjadi di celah atau area tertutup di mana cairan korosif dapat terperangkap, menyebabkan korosi lokal yang intens;
 - iii. *Embrittlement* hidrogen berupa penyerapan hidrogen ke dalam logam yang membuat rapuh dan rentan terhadap retakan, terutama di bawah tegangan tarik.
- d. Degradasi material dalam jangka panjang akibat cuaca berupa:
 - i. Degradasi kimia untuk material non-logam, seperti polimer atau keramik, yang mengalami kerusakan akibat reaksi kimia dengan lingkungan, seperti degradasi plastik oleh sinar UV atau bahan kimia, yang dapat menyebabkan retak, perubahan warna, dan penurunan kekuatan material;
 - ii. Pelapukan berupa proses degradasi material akibat paparan jangka panjang terhadap elemen cuaca seperti hujan, angin, dan suhu ekstrem; dan
 - iii. Serangan Biologis yang menyebabkan berupa kerusakan bahan akibat aktivitas organisme seperti misalnya di darat berupa mikroorganisme, serangga, dan tumbuhan, dan di

laut berupa cacing kapal dan kutu laut yang merusak kayu, *biofouling*, dan bakteri ini dapat menyebabkan korosi pada struktur logam di lingkungan laut dengan menghasilkan hidrogen sulfida, yang sangat korosif terhadap baja dan logam lainnya.

- e. Pengikisan dalam jangka panjang akibat persingungan antara bahan yang tidak bergerak dengan bahan yang bergerak berupa:
 - i. Keausan dan abrasi berupa hilangnya material dari permukaan akibat gesekan atau kontak berulang dengan permukaan lain; dan
 - ii. Erosi berupa pengikisan permukaan material akibat aksi mekanis dari partikel-partikel seperti pasir, air, atau angin. Ini sering terjadi pada struktur yang terkena aliran air atau angin kencang;

B. Sistem Penilaian Kerusakan Jembatan

Sistem penilaian kerusakan jembatan adalah cara menerapkan identifikasi kerusakan yang sudah diuraikan di atas mulai dari penyebab, mekanisme dan mode kegagalan yang sudah sejak lama diperkenalkan di Indonesia dengan mengeluarkan Panduan Pemeriksaan Jembatan BMS 1992. Dimana untuk memudahkan dan menstandarkan proses penilaian kerusakan sebenarnya sudah ditetapkan secara terpisah dalam bentuk komponen penilaian seperti yang terlihat pada **Tabel 1** yang terdiri dari :

- a. Struktur (S) yang secara konsep menetapkan terjadinya mode kegagalan;
- b. Kerusakan (R) merupakan bentuk penilaian propagansi kegagalan;
- c. Kuantitas (K) merupakan bentuk penilaian kuantitas terhadap degradasi kegagalan; dan
- d. Fungsi (F) dan Pengaruh (P) merupakan bentuk penilaian kegagalan akhir yang umumnya merusak fungsi suatu elemen secara individu dan akhirnya berpengaruh pada elemen-elemen yang lain.

Selanjutnya pada sistem penilaian kerusakan jembatan untuk masing-masing komponen penilaian diberikan nilai sebesar 1 atau 0 yang masing-masing menggambarkan apakah untuk yang memenuhi atau tidak memenuhi kriteria kerusakan yang dijelaskan dalam bentuk pertanyaan sebagaimana yang diperlihatkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1 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

Dimana secara umum konsep penilaian kerusakan jembatan adalah :

- a. Pencatatan hanya dilakukan untuk elemen yang memiliki kerusakan. Hal ini dilakukan untuk menyederhanakan prosedur pemeriksaan.
- b. Yang dimaksud dengan kerusakan adalah :
 - i. Kerusakan tersebut merugikan dan telah berkembang sampai tingkat yang berat, atau;
 - ii. Kerusakan tersebut membahayakan, telah berkembang sampai tingkat kerusakan yang berat, dan telah meluas;
 - iii. Ini berarti elemen-elemen yang memiliki kerusakan akan mendapat Nilai Kondisi paling sedikit 2;
 - iv. Bila suatu elemen memiliki nilai kondisi kurang dari 2 (yaitu 0 atau 1), maka elemen ini berada dalam kondisi yang baik atau memiliki cacat yang kecil dan belum meluas. Elemen seperti ini tidak memerlukan pemeliharaan atau dapat diperbaiki dalam pemeliharaan rutin; dan
 - v. Elemen dengan nilai kondisi 2 memiliki kerusakan kecil yang telah meluas atau kerusakan besar yang belum meluas. Elemen-elemen dengan kondisi ini membutuhkan pemantauan. Pemantauan biasanya bertujuan agar perbaikan atau pemeliharaan dilaksanakan pada masa yang akan datang.
- c. **Komponen penilaian F dan P dilakukan setelah menilai secara berurutan komponen penilaian S,R,K, dan digunakan**

untuk mengkonfirmasi ruang lingkup penanganan jembatan berupa pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, rehabilitasi dan penggantian di level elemen dan jembatan yang tidak dapat ditampung oleh komponen S,R,K yang dinilai sebelumnya.

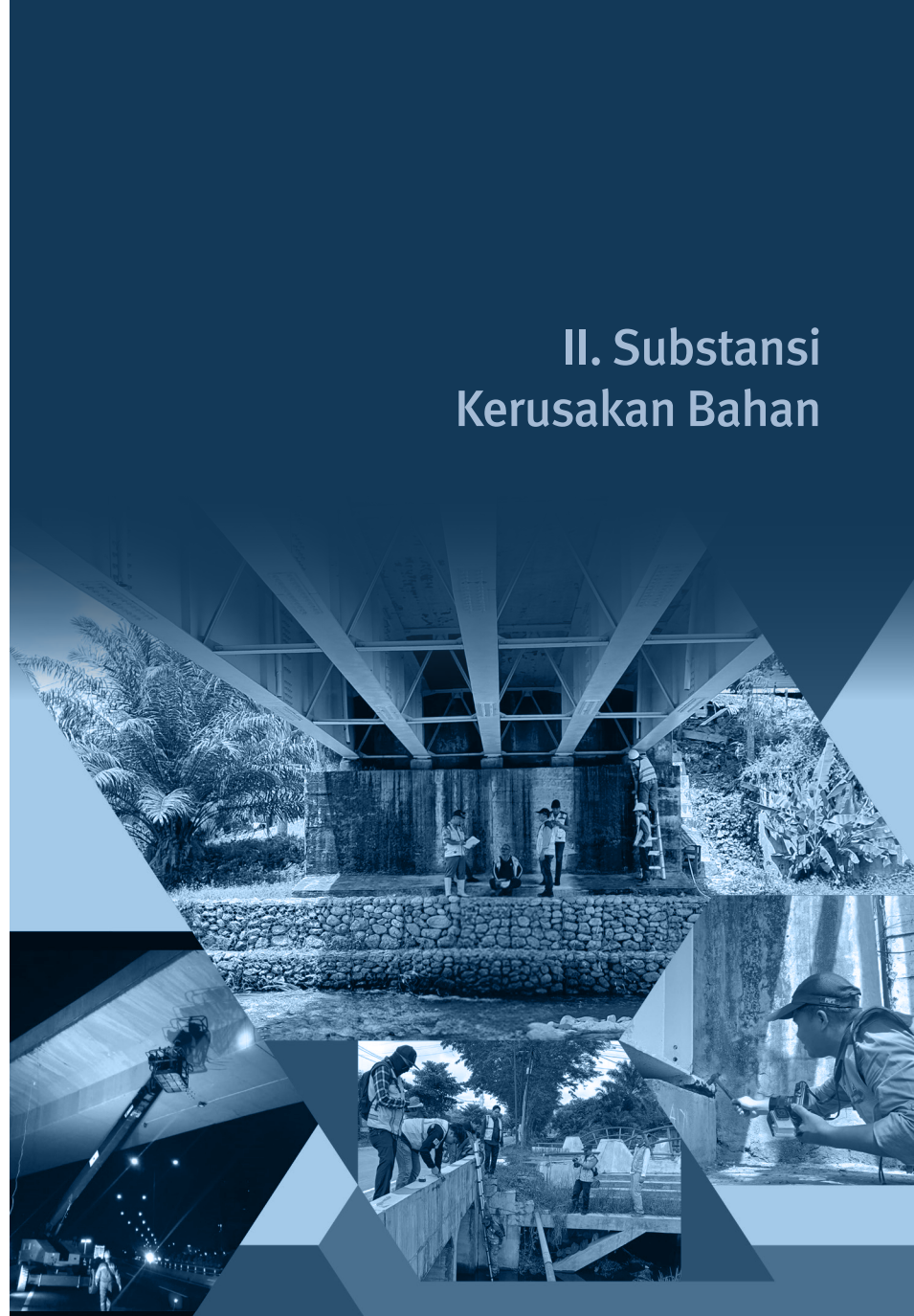
- d. **Komponen F** akan bernilai 1 kalau didukung dengan bukti berupa dokumentasi yang memperlihatkan elemen tersebut sudah tidak berfungsi.
- e. **Komponen P** akan bernilai 1 kalau didukung bukti berupa potensi risiko yang akan terjadi dan tabel F, P elemen lain yang terpengaruh. Penjelasan pada **Tabel 8, Tabel 10, Tabel 13, Tabel 16, Tabel 20, Tabel 23, Tabel 29, Tabel 30, dan Tabel 31** memperlihatkan signifikansi elemen yang dinilai berdasarkan pengaruhnya pada integritas struktur jembatan yang dinyatakan dengan penyesuaian nilai kondisi dari Level 5 menuju Level 1 berupa:
 - i. Penyesuaian nilai 0-1 berarti elemen signifikan;
 - ii. Penyesuaian nilai 2 berarti elemen sedikit signifikan;
 - iii. Penyesuaian nilai 3 berarti elemen kurang signifikan; dan
 - iv. Penyesuaian nilai 4 berarti elemen tidak signifikan.

Penilaian kondisi selanjutnya dilakukan secara berjenjang dalam 5 Level. Dimana masing-masing level menunjukkan sistem hierarki pada struktur jembatan mulai dari Level 1 adalah jembatan, Level 2 adalah komponen jembatan yang terdiri dari jalan pendekat, aliran sungai, bangunan bawah, bangunan atas, pelengkap, gorong-gorong, dan perlintasan basah, dilanjutkan ke Level 3 adalah elemen utama, dan Level 4 adalah elemen, sedangkan Level 5 adalah kondisi tingkat 4 yang telah ditentukan lokasinya.

Level 1 digunakan sebagai bahan informasi untuk pimpinan dan biaya pemrograman jembatan, sedangkan Level 2 dan Level 3 untuk menjelaskan lebih detail dan melihat elemen-elemen yang berpengaruh untuk mendapatkan Level 1. Sedangkan Level 4 dan Level 5 untuk mengidentifikasi suatu gambaran potensi kerusakan yang sering terjadi dan digunakan untuk mendetailkan alokasi biaya pemeliharaan, rehabilitasi dan penggantian jembatan.

Selanjutnya identifikasi kerusakan mengklasifikasikan informasi dalam bentuk kode kerusakan agar data yang diperoleh hanya dapat dibaca oleh orang yang memiliki kompetensi atau yang berwenang agar data sensitif aman, terlindungi, dapat diolah secara efektif, dan mudah untuk ditelusuri dan dievaluasi kembali.

II. Substansi Kerusakan Bahan



II. Substansi Kerusakan Bahan

A. Bahan Pasangan Batu/Bata

1. Konstruksi jembatan berbahan pasangan batu/bata

- a. Pasangan batu/bata menggunakan bahan-bahan yang langsung berasal dari alam seperti batu atau yang dibuat di pabrik seperti batu bata tanah liat. Pasangan batu/bata banyak dipakai untuk konstruksi jembatan lengkung yang dibangun sekitar tahun 1940-an.
- b. Konstruksi pasangan batu/bata dapat dibuat dari blok-blok dengan bentuk teratur atau dari batu yang tidak teratur, yang biasanya direkatkan menggunakan adukan mortar (pasir dan semen). Batu dapat direkatkan dengan menggunakan beton atau adukan mortar.

2. Elemen berbahan pasangan batu/bata yang penting untuk diperiksa

Elemen penting berbahan pasangan batu/bata yang penting untuk dilakukan pemeriksaan berupa:

- a. Elemen-elemen di sekitar daerah perletakan, daerah pembebanan dan daerah yang mengalami tekanan tanah.
- b. Batu/bata atau mortar yang hilang, hancur, atau retak.
- c. Zona geser tinggi dekat dengan area perletakan pada antarmuka pelengkung atau di antara elemen batu/batu secara individual dalam pelengkung;

- d. Dinding pelengkung yang terdorong keluar atau hilang akibat gaya melintang yang disebabkan oleh beban mati material timbunan dan beban hidup tambahan;
- e. Perubahan geometri bentuk elemen pasangan batu/bata pada area yang luas pada struktur;
- f. Rembesan air melalui struktur dapat disebabkan oleh drainase yang buruk;
- g. Setiap elemen yang pernah dilakukan perbaikan harus diperiksa secara menyeluruh;
- h. Bangunan atas jembatan tipe pelengkung, jembatan pelengkung, elemen kepala jembatan, dinding penahan tanah dan talud.

3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP dan uraian gambar kerusakan elemen berbahan pasangan batu/bata

- a. Kriteria penilaian SRK kerusakan bahan pasangan batu/bata dijelaskan pada **Tabel 2** dengan uraian berupa:
 - i. Kode 101: Penurunan mutu bata/batu umumnya akan terjadi pada adukan pengikat terlebih dahulu dibandingkan dengan bata/batu, kerusakan ini akan berbahaya jika mengakibatkan bata/batu bergeser, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 2**;
 - ii. Kode 101: Keretakan dapat terjadi pada bagian adukan atau bagian bata/batu. Retak menjadi berbahaya jika akibat retak tersebut konstruksi pasangan batu/bata tidak lagi bekerja sebagai satu kesatuan. Retak dapat berkembang dan mengakibatkan keruntuhan pada konstruksi pasangan batu/bata, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 3**;
 - iii. Kode 102: Dinding pasangan yang menggembung disebabkan adanya tekanan (beban) di belakang dinding dan fondasi yang runtuh. Terdapat tiga pengaruh utama terjadinya kerusakan ini yaitu bentuk pelengkung yang berubah, dinding pelengkung yang lepas dari pelengkung aslinya, dan pergerakan fondasi, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 4**; dan
 - iv. Kode 103: Bagian yang pecah atau hilang (mortar, batu) dapat mengakibatkan berkurangnya kekuatan pada pasangan batu/bata dan struktur jembatan secara keseluruhan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 5**.

- b. Kriteria penilaian FP dijelaskan pada **Tabel 8, Tabel 10, Tabel 13, Tabel 16, Tabel 20, Tabel 23, dan Tabel 29** untuk masing-masing elemen jalan pendekat, aliran sungai, bangunan bawah, bangunan atas, sistem lantai, sistem pengendali pergerakan jembatan, dan perlengkapan.



Gambar 2 Ilustrasi kode kerusakan 101 Penurunan mutu bata/batu



Gambar 3 Ilustrasi kode kerusakan 101 Keretakan



Gambar 4 Ilustrasi kode kerusakan 102 Dinding Pasangan yang menggembung



Gambar 5 Ilustrasi kode kerusakan 103
Bagian yang pecah atau hilang (mortar, batu)

Tabel 2 Kriteria kerusakan S,R,K pada Bahan Pasangan Batu/Bata

KERUSAKAN PADA BAHAN PASANGAN BATU BATA			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
101	Penurunan mutu bata atau batu	Aus karena umur Benturan Terkikis Mutu yang jelek	Berbahaya	Batu/Bata	Parah	Hitung/ukur luas elemen pasangan batu bata/pasangan batu yang mengalami penurunan mutu	Hitung/ukur luas permukaan total elemen pasangan batu/bata sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi atau Meter Kubik
				Adukan Sedalam ≤ 20 mm	Tidak parah			
				Sedalam > 20 mm	Parah			
	Keretakan	Pondasi runtuh Bergerak Beban berlebihan Tumbuhan liar Getaran	Berbahaya	Adukan Selebar ≤ 5 mm	Tidak parah	Hitung/Ukur luas elemen pasangan batu bata/pasangan batu yang mengalami keretakan		
Adukan Selebar > 5 mm				Parah				
102	Dinding pasangan yang mengembang	Fondasi runtuh	Berbahaya	Pergerakan ke arah luar dari permukaan > 40 mm	Parah	Hitung/Ukur luas elemen fondasi pasangan batu bata/pasangan batu yang permukaannya mengembang akibat adanya fondasi yang runtuh atau beban yang berlebihan		
		Beban berlebihan		Panjang ≤ 750 mm	Tidak parah			
				Panjang > 750 mm	Parah			
103	Bagian yang pecah atau hilang (mortar, batu)	Apa saja	Berbahaya	Elemen struktural	Parah	Hitung/Ukur luas elemen pasangan batu bata/pasangan batu yang pecah atau bagian yang hilang dan mencatat kedalamannya		
				Elemen non-struktural	Tidak parah			

B. Bahan Beton

1. Konstruksi jembatan berbahan beton

Konstruksi jembatan berbahan beton yang terdapat di lapangan berupa:

- Beton merupakan bahan komposit yang terdiri atas semen, agregat kasar, agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk suatu material padat. Kadar air semen dalam beton harus dijaga, semakin besar kadar air semen dapat menurunkan mutu beton.
- Beton adalah bahan yang keras, awet dan kuat menahan tekanan tetapi lemah dalam hal menahan tarik.

2. Elemen berbahan beton yang penting harus diperiksa

Elemen berbahan beton yang penting untuk dilakukan pemeriksaan berupa:

- Elemen-elemen yang dekat dengan daerah tumpuan termasuk di daerah penggantung atau kolom jembatan balok pelengkung;
- Elemen yang mengalami retak geser di bagian dekat dengan tumpuan, hubungan antara balok dan kolom pada jembatan tipe portal, elemen dinding tegak dan dinding bawah gelagar boks;
- Elemen yang mengalami retak akibat gaya tarik dan gaya lentur seperti yang umum terjadi di tengah bentang jembatan gelagar, pelat lantai, bagian lengkung di jembatan pelengkung, elemen dinding tegak, dinding bawah, kantilever lantai gelagar boks;
- Elemen yang selalu lembab dan basah;
- Elemen blok angkur termasuk hubungan antar struktur pracetak seperti pelat gelagar boks, dan struktur gorong-gorong;
- Elemen-elemen yang mengalami kerusakan akibat tumbukan dari kendaraan yang melintas di bawah atau berdekatan dengan anggota struktur;
- Elemen-elemen jembatan bersudut/skew yang seringkali mengalami perpindahan lateral;
- Elemen-elemen yang mengalami perbedaan temperatur yang tidak seragam antara dua permukaan beton;

- i. Elemen-elemen struktur yang mengalami gaya prategang atau paskatarik termasuk daerah di sekitar jalur kabel;
- j. Elemen-elemen yang permukaannya, berdiri pada sokongan-sokongan sementara yang belum diambil, elemen dalam stuktur jembatan dengan lawan lendut yang tidak seperti direncanakan;
- k. Elemen-elemen yang mendapatkan perbaikan sebelumnya; dan
- l. Elemen-elemen sekunder seperti misalnya diafragma gelagar dan pengaku melintang balok pelengkung;
- m. Bangunan atas tipe gorong-gorong, pelengkung, gelagar, jembatan tipe portal, balok pelengkung, gelagar komposit, gelagar boks, jembatan pelat, lantai jembatan gelagar tipe U, lantai jembatan rangka, jembatan *pile-slab* lantai jembatan gantung, lantai jembatan beruji kabel (*cable stayed*), dan jembatan pelat berongga.

3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP dan uraian gambar kerusakan elemen berbahan beton

- a. Kriteria penilaian SRK kerusakan bahan beton dijelaskan pada **Tabel 3** dengan uraian berupa:
 - i. Kode 201: Beton rontok/*spalling* dengan kondisi terlepasnya sebagian beton, yang terjadi karena proses kimiawi, seperti pengembangan volume pada baja tulangan yang karat (selimut beton tipis) dan karbonasi, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 6**;
 - ii. Kode 201: Beton keropos dengan kondisi keropos terjadi akibat tidak terisinya rongga-rongga antar agregat, campuran beton yang tidak homogen, kurangnya pemadatan, hilangnya pasta semen akibat acuan yang bocor atau terlalu rapatnya baja tulangan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 7**;
 - iii. Kode 201: Beton berongga dengan kondisi kerusakan ini dapat diidentifikasi dengan cara memukul elemen beton dengan palu. Beton yang berongga akan berbunyi seperti drum atau pecah jika dipukul dengan palu, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 8**;
 - iv. Kode 201: Kualitas yang rendah dengan kondisi kerusakan dimana beton mempunyai kekuatan yang rendah. Kerusakan ini sulit bagi pemeriksa untuk menentukan dan diperlukan alat yang khusus. Indikasi awal beton dengan kualitas yang

- rendah adalah jika dipukul dengan palu, permukaan beton akan menimbulkan bekas/lekukan dan/atau pecah,
- v. Kode 202: Retak (elemen beton) dibagi menjadi retak struktural dan retak non struktural dengan penjelasan:
 - a) Retak struktural yang diakibatkan oleh beban yang melebihi beban rencana atau kekuatan potongan mempunyai ciri retak struktural adalah terbuka dan melebar ketika beban lalu-lintas lewat di atasnya (lebih sering terjadi di daerah pelat lantai dan gelagar jembatan) serta terus berkembang seiring dengan berlangsungnya pergerakan dan penurunan (lebih sering terjadi pada bangunan bawah) , sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 9**; dan
 - b) Retak nonstruktural umumnya terjadi pada bagian permukaan dan umumnya tidak bertambah besar.
- vi. Kode 203: Karat baja tulangan merupakan proses oksidasi, dimana baja terpapar oleh udara dan air dalam periode waktu tertentu. Oksigen dalam udara akan beraksi dengan besi/baja dalam beton dan menghasilkan besi oksida. Karat akan terjadi dengan lebih cepat jika berada dalam lingkungan berair asin, adanya kerusakan pada beton, dan tidak cukupnya selimut beton. Karat dapat dikenali dengan baja tulangan yang terbuka dan berkarat, serta terlihat warna karat pada permukaan beton, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 10**;
- vii. Kode 204: Kotor, berlumut, penuaan atau pelapukan beton, rembesan yang ditandai dengan adanya kerusakan pada sambungan/siar muai dan pengaruh dari area beton yang sering terkena air serta lembab menyebabkan permukaan beton menjadi kotor dan berlumut. Akar lumut jika dibiarkan akan terus tumbuh dan berkembang sehingga dapat menembus dan merusak struktur beton. Selain itu, pelapukan terjadi akibat beton terus-menerus terkena bahan kimia sehingga berpotensi menghilangkan agregat halus. Kerusakan ini biasa terjadi pada beton yang bersentuhan langsung dengan air. Jika terdapat kandungan kimia yang bersifat merusak sifat keras beton, maka beton akan mengalami lapuk atau bahkan hancur, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 11**;
- viii. Kode 205: Pecah atau hilangnya bahan (delaminasi, abrasi, aus) dengan kerusakan yang disebabkan oleh gaya luar, seperti benturan, pengikisan oleh air, beban dan gaya pratekan. Jika sebagian beton hancur atau hilang tetapi tidak memper-

lihatkan adanya kerusakan pada baja tulangan hal ini merupakan kerusakan 205, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 12**; dan

- ix. Kode 206: Defleksi berupa kerusakan yang dimaksud adalah lendutan pada gelagar jembatan. Lendutan ini merupakan perubahan bentuk pada struktur gelagar akibat terjadinya gaya vertikal yang diterima atau perubahan pada struktur (keruntuhan fondasi). Lendutan yang terjadi pada struktur tidak boleh melebihi dari lendutan izinnnya. Apabila suatu struktur melewati batas yang diizinkan maka dapat timbul kerusakan pada struktur tersebut, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 13**.
- b. Kriteria penilaian FP dijelaskan pada **Tabel 8, Tabel 10, Tabel 13, Tabel 16, Tabel 20, Tabel 23, dan Tabel 29** untuk masing-masing elemen jalan pendekat, aliran sungai, bangunan bawah, bangunan atas, sistem lantai, sistem pengendali pergerakan jembatan, dan perlengkapan.



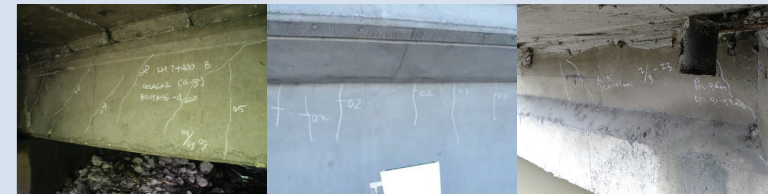
Gambar 6 Ilustrasi kode kerusakan 201 Beton rontok/spalling



Gambar 7 Ilustrasi kode kerusakan 201 Beton keropos

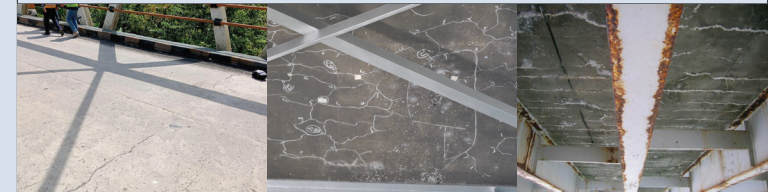


Gambar 8 Ilustrasi kode kerusakan 201 Beton berongga



JICA, 2017

Contoh kerusakan retak pada elemen gelagar beton



New York DOT, 2017

Contoh kerusakan retak pada elemen lantai beton



Contoh kerusakan retak pada bangunan bawah (kepala jembatan)

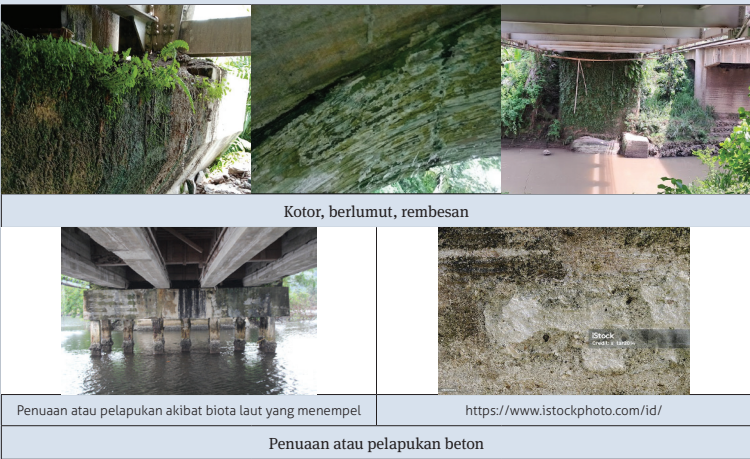


Contoh kerusakan retak pada jembatan pelengkung beton

Gambar 9 Ilustrasi kode kerusakan 202 Retak (elemen beton)



Gambar 10 Ilustrasi kode kerusakan 203 Karat baja tulangan



Gambar 11 Ilustrasi kode kerusakan 204 Kotor, berlumut, penuaan atau pelapukan beton, rembesan



Gambar 12 Ilustrasi kode kerusakan 205 Pecah atau hilangnya bahan (delaminasi, abrasi, aus)



Gambar 13 Ilustrasi kode kerusakan 206 Defleksi

Tabel 3 Kriteria kerusakan S,R,K pada Bahan Beton

KERUSAKAN PADA BAHAN BETON (TERMASUK TULANGAN)			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
201	Beton rontok/ <i>spalling</i>	Karbonasi Pengembangan volume Tidak cukup selimut beton Serangan kimiawi	Berbahaya	Tulangan tidak terlihat	Tidak parah	Hitung/ukur luas permukaan / Volume beton yang mengalami kerontokan, keropos, beton yang berbunyi jika dipukul dan yang mempunyai kualitas beton yang rendah atau tidak sesuai dengan peruntukannya (kerusakan 201)	Hitung luas permukaan/ volume elemen beton sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi / Meter Kubik
	Beton keropos	Pengerjaan yang buruk		Tulangan terlihat	Parah			
	Beton yang berongga/ berbunyi	Karbonasi Pengerjaan yang buruk Pengembangan volume Serangan kimiawi						
		Kualitas yang rendah						
202	Retak (elemen beton)	Beban berlebih atau kapasitas tidak mencukupi	Berbahaya	Lebar retak ≤ 0.2 mm	Tidak parah	Hitung Panjang retakan pada elemen (gelagar, pilar, kolom, diafragma) beton	Hitung Ketinggian/ lebar elemen beton sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Panjang
		Gaya pratekan	Berbahaya	Lebar retak > 0.2 mm	Parah			
		Retak di sambungan antar segmen gelagar atau diafragma ke gelagar	Berbahaya	Terlihat adanya rembesan atau bocor				
		Karbonasi	Berbahaya	Terlihat adanya rembesan atau bocor	Parah	Hitung/ukur luas permukaan beton pada elemen lantai yang mengalami retak	Hitung luas permukaan elemen lantai beton sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi
		Benturan	Berbahaya					
		Kegagalan fondasi	Berbahaya	Lebar retak ≤ 0.4 mm	Tidak parah			
		Susut	Tidak Berbahaya	Lebar retak > 0.4 min	Parah			
		Tumbuhan (yang menyebabkan retak bertambah lebar)	Berbahaya					

Tabel 3 (lanjutan)

KERUSAKAN PADA BAHAN BETON (TERMASUK TULANGAN)			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
203	Karat baja tulangan	Apa saja	Berbahaya	≤ 10% dari diameter baja tulangan atau dimensi penampang baja tulangan	Tidak parah	Hitung panjang tulangan yang terkorosi	Hitung panjang total tulangan sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Panjang
				> 10% dari diameter baja tulangan atau dimensi penampang baja tulangan	Parah	Hitung/ukur luas permukaan baja tulangan yang terlihat adanya tanda karat (kode kerusakan 203)	Hitung/ukur luas permukaan tulangan total sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi
204	Kotor, berlumut, penuaan atau pelapukan beton, rembesan	Abrasi Penuaan Serangan kimiawi Benturan Pengerjaan yang buruk Pengembangan volume	Berbahaya	≤ Selimut beton	Tidak parah	Hitung/ukur luas / volume elemen yang mengalami kerusakan kode 204	Hitung/ukur luas/volume permukaan beton total elemen sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi atau Meter kubik
				> Selimut beton	Parah			
205	Pecah atau hilangnya bahan (delaminasi, abrasi, aus)	Apa saja	Berbahaya	Elemen struktural	Parah	Hitung/Ukur luas elemen beton yang pecah atau bagian yang hilang	Hitung/ukur luas permukaan beton total elemen sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi
				Elemen non-struktural	Tidak parah	Hitung volume elemen kerusakan pada beton	Hitung volume total elemen beton sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Kubik
206	Lendutan	Benturan Pondasi runtuh Beban berlebihan	Berbahaya	Struktur jembatan < Panjang Bentang Tunggal / 600	Tidak parah	Hitung/ukur luas elemen total yang mengalami lendutan	Hitung/ukur luas lantai total sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi
				> Panjang Bentang Tunggal / 600	Parah			
				Elemen lain < 20 mm	Tidak parah	Hitung Volume elemen yang mengalami lendutan		Meter Kubik
				> 20 mm	Parah			

C. Bahan Baja

1. Konstruksi bahan baja

Konstruksi jembatan berbahan baja banyak digunakan sebagai konstruksi jembatan karena kekuatannya dan tahan lama apabila dipelihara secara baik. Kebanyakan jembatan yang dibangun sejak pertengahan tahun 1970 terbuat dari konstruksi baja berupa rangka maupun gelagar baja dengan lantai beton. Sebelum masa itu, banyak jembatan baja yang dibangun tanpa sistem lapisan penutup yang cukup memadai.

2. Elemen berbahan baja yang penting untuk diperiksa

Elemen berbahan baja yang penting untuk dilakukan pemeriksaan berupa:

- a. Elemen-elemen yang berada pada daerah dekat tumpuan;
- b. Elemen-elemen yang berada pada daerah yang mengalami momen lentur yang besar seperti pada gelagar dan struktur gorong-gorong pipa;
- c. Elemen-elemen yang berada pada daerah yang mengalami tarik dan tekan besar seperti misalnya struktur rangka;
- d. Elemen-elemen yang berada pada daerah yang akan mengalami tekuk yang besar seperti struktur kolom, balok pelengkung, dan juga portal ujung jembatan rangka;
- e. Elemen-elemen jembatan yang dekat dengan sambungan dan sambungan itu sendiri termasuk pelat buhul, dan elemen penggantungan;
- f. Elemen-elemen yang mengalami kerusakan akibat tumbukan dari kendaraan yang melintas di bawah atau berdekatan dengan anggota struktur;
- g. Elemen-elemen yang mendapatkan perbaikan sebelumnya;
- h. Elemen-elemen sekunder seperti misalnya diafragma gelagar dan pengaku melintang balok pelengkung; dan
- i. Bangunan atas tipe gorong-gorong, gelagar, balok pelengkung, gelagar komposit, gelagar baja, jembatan gelagar tipe U, jembatan rangka, jembatan gantung, jembatan beruji kabel (*cable stayed*).

3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP dan uraian gambar kerusakan elemen berbahan baja

- a. Kriteria penilaian SRK kerusakan bahan baja dijelaskan pada **Tabel 4** dengan uraian gambar berupa:
 - i. Kode 301: Penurunan mutu dan atau kinerja proteksi korosi (lapisan pelindung/cat). Dimana lapisan pelindung permukaan dapat rusak akibat waktu/ umur, lecet akibat suatu gesekan, tumbukan kendaraan, retak, dan kondisi lembab (akibat korosi). Penurunan mutu pada awalnya cepat terlihat dengan timbulnya gelembung pada permukaan. Ini menandakan bahwa karat mulai timbul di bawah lapisan pelindung. Penurunan mutu dari galvanis terjadi dengan berkaratnya lapisan galvanis (*zinc*). Bercak putih pada permukaan galvanis menunjukkan bahwa proses karat sedang terjadi, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 14**;
 - ii. Kode 302: Karat dapat terlihat apabila permukaan baja berwarna coklat karat. Apabila tidak segera ditangani maka karat dapat menjalar dan memakan ke bagian dalam baja dan terjadilah lekukan. Lekukan ini merupakan penggerusan akibat karat pada permukaan baja dan apabila proses karat ini tidak dihentikan maka baja akan menjadi serpihan-serpihan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 15**;
 - iii. Kode 303: Perubahan bentuk pada komponen. Dimana kerusakan ini disebabkan oleh benturan, keruntuhan fondasi, dan beban berlebih yang mengakibatkan kerusakan dan pembengkokan pada komponen jembatan baja. Kerusakan tersebut dapat berbentuk perubahan bentuk komponen setempat atau perubahan bentuk komponen secara keseluruhan. Selain itu, panas dari api dapat menyebabkan baja berubah bentuk. Kerusakan akibat panas ini mengakibatkan terjadinya lendutan dan melepuhnya elemen karena panas, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 16**;
 - iv. Kode 304: Retak (elemen baja dan las) dapat terjadi disebabkan oleh suatu benturan akibat kecelakaan (tumbukan kendaraan dan lain-lain) atau adanya beban berulang (kelelahan pada logam/fatig). Retak dapat terjadi pada komponen itu sendiri atau pada sambungan seperti las. Segala jenis retak pada struktur baja atau las biasanya merupakan hal yang berbahaya, karena itu jika ditemukan retakan, maka perlu dilakukan

suatu pemeriksaan secara khusus, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 17**;

- v. Kode 305: Komponen yang rusak /hilang (sobek, abrasi). Dimana kesalahan dalam konstruksi, kecelakaan atau kerusakan dapat dimasukkan dalam komponen yang rusak atau hilang. Komponen yang hilang biasanya dapat diketahui dengan adanya tempat sambungan tanpa ada komponen yang disambung, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 18**;
- vi. Kode 306: Elemen yang salah pemasangan. Dimana kesalahan pemasangan komponen lebih sulit untuk ditentukan tanpa suatu pengalaman yang cukup luas. Kesalahan pemasangan atau hilangnya komponen jembatan merupakan suatu hal yang berbahaya dan harus dicatat untuk diambil tindakan secepatnya. Diperlukan referensi terhadap gambar rencana/panduan pemasangan jika ada keragu-raguan;
- vii. Kode 307: Kabel jembatan rusak. Dimana kabel merupakan elemen utama pada struktur jembatan gantung dan jembatan kabel. Penurunan mutu kabel pada umumnya disebabkan oleh ka-rat, aus atau kelebihan beban yang dapat mengakibatkan kabel menjadi lemah, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 19**;
- viii. Kode 308: Sambungan yang longgar dan karat, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 20**, dengan ciri-ciri berupa:
 - a) Adanya gerakan saat kepala sambungan baut dipukul secara perlahan;
 - b) Adanya celah antara pelat dan sambungan baut;
 - c) Ulir baut yang kurang panjang;
 - d) Karat pada sambungan baut yang menyebabkan lekatan/friksi baut menjadi berkurang.
- b. Kriteria penilaian FP dijelaskan pada **Tabel 8, Tabel 10, Tabel 13, Tabel 16, Tabel 20, Tabel 23**, dan **Tabel 29** untuk masing-masing elemen jalan pendekat, aliran sungai, bangunan bawah, bangunan atas, sistem lantai, sistem pengendali pergerakan jembatan, dan perlengkapan.



Gambar 14 Ilustrasi kode kerusakan 301
Penurunan mutu dan atau kinerja proteksi korosi (lapisan pelindung/cat)



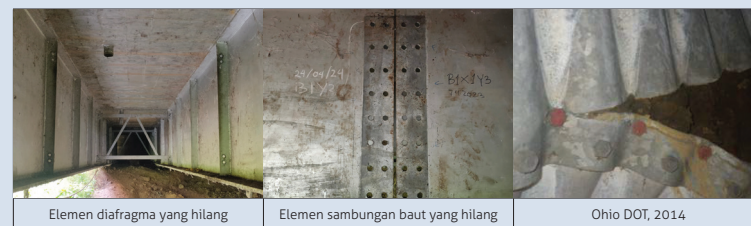
Gambar 15 Ilustrasi kode kerusakan 302 Karat



Gambar 16 Ilustrasi kode kerusakan 303
Perubahan bentuk pada komponen



Gambar 17 Ilustrasi kode kerusakan 304 Retak (elemen baja dan las)



Gambar 18 Ilustrasi kode kerusakan 305
Komponen yang rusak/Hilang (sobek, abrasi)



Gambar 19 Ilustrasi kode kerusakan 307 Kabel jembatan rusak
(Biro Pembangunan Daerah Shikoku, Maret 2016)



Gambar 20 Ilustrasi kode kerusakan 308
Sambungan yang longgar dan karat

Tabel 4 Kriteria kerusakan S,R,K pada Bahan Baja

KERUSAKAN PADA BAHAN BAJA			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
301	Penurunan mutu dan atau kinerja proteksi korosi (lapisan pelindung/ cat)	Penuaan	Berbahaya	Permukaan dasar baja belum terlihat	Tidak parah	Hitung/ukur luas kerusakan pada permukaan baja	Hitung/ukur luas permukaan total elemen baja sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi
		Retak	Tidak berbahaya	Sebaliknya	Parah			
		Lembab (akibat korosi)	Berbahaya					
		Tindakan kekerasan	Tidak berbahaya					
		Pemakaian / terkikis	Berbahaya					
302	Karat	Apa saja	Berbahaya	Belum terbentuk titik titik karat, lapisan galvanis/cat mulai menipis dan adanya karat tipis atau $\leq 10\%$ dari dimensi penampang	Tidak parah	Hitung/ukur luas permukaan baja yang karat	Hitung/ukur luas permukaan total elemen baja sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi
				Lapisan galvanis/cat sudah mulai rusak walau belum pada seluruh permukaan dan sudah mulai terjadi karat pada daerah ujung, goresan dan baut atau $> 10\%$ dari dimensi penampang	Parah	Hitung luas korosi terhadap penampang profil	Hitung luas penampang profil sesuai dengan level pemeriksaan	
303	Perubahan bentuk pada komponen	Benturan	Berbahaya	Elemen struktural (tegak lurus arah memanjang) ≤ 20 mm	Tidak parah	Hitung/ukur tinggi/lebar permukaan baja yang mengalami perubahan bentuk (tegak lurus terhadap sumbu memanjang elemen)	Hitung/ukur tinggi (dimensi) elemen sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Panjang
		Pondasi runtuh		> 20 mm	Parah			
		Panas		Non-elemen struktural	Tidak parah			
303	Beban berlebih							
304	Retak (elemen baja dan las)	Apa saja	Berbahaya	Dimana saja	Parah	Hitung/ukur panjang permukaan baja yang mengalami retak	Hitung/ukur dimensi panjang total panjang elemen sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Panjang
305	Komponen yang rusak / Hilang (sobek, abrasi)	Apa saja	Berbahaya	Elemen struktural	Parah	Hitung jumlah komponen yang hilang sesuai dengan elemennya	Hitung total komponen sesuai dengan level pemeriksaan	Buah
				Elemen non struktural	Tidak parah			

Tabel 4 (lanjutan)

KERUSAKAN PADA BAHAN BAJA			S	R		K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
306	Elemen yang salah pemasangan	Apa saja	Berbahaya	Dimensi lebih kecil	Parah	Hitung jumlah elemen yang salah pemasangannya	Hitung jumlah total elemen sesuai dengan level pemeriksaan	Buah
				Sebaliknya	Tidak parah			
307	Kabel jembatan rusak	Apa saja	Berbahaya	$\leq 5\%$ dari strand	Tidak parah	Hitung jumlah panjang kabel jembatan yang rusak	Hitung jumlah total elemen kabel sesuai dengan level pemeriksaan	Buah
				$> 5\%$ dari strand	Parah			
308	Sambungan yang longgar	Apa saja	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung jumlah baut yang longgar dalam satu titik buhul	Hitung jumlah total baut dalam satu titik buhul sesuai dengan level pemeriksaan	Buah

D. Bahan Kayu

1. Konstruksi jembatan berbahan kayu

Konstruksi jembatan berbahan kayu mempunyai serat alamiah yang relatif ekonomis pada lokasi tertentu dengan lalu lintas rendah. Kayu kurang tahan lama jika dibandingkan dengan baja atau beton sehingga memerlukan pemeriksaan yang lebih teliti. Karena kayu tumbuh tanpa aturan, maka cacat alamiah akan ditemukan meskipun kayu tersebut masih baru.

2. Elemen berbahan kayu yang penting untuk diperiksa

Elemen berbahan kayu yang penting untuk dilakukan pemeriksaan berupa:

- Elemen-elemen yang dekat dengan landasan yang sudah tidak lurus dan terdapatnya bagian yang hancur;
- Elemen-elemen dekat perletakan jembatan yang diperkirakan akan mengalami gaya geser terbesar baik berupa geser horisontal ataupun geser vertikal;
- Elemen-elemen yang mengalami kehilangan penampang akibat pelapukan atau kebakaran, terutama di dekat pertengahan bentang;
- Komponen yang mengalami gaya tekan;
- Elemen-elemen yang terpapar oleh air di sepanjang bentang;

- f. Area Serangan Serangga;
- g. Elemen-elemen yang mengalami kerusakan akibat tumbukan dari kendaraan yang melintas di bawah atau berdekatan dengan anggota struktur;
- h. Elemen-elemen yang mendapatkan perbaikan sebelumnya; dan
- i. Bangunan atas tipe gelagar, rangka, jalur kendaraan jembatan rangka baja darurat dan jembatan gantung.

3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP dan uraian gambar kerusakan elemen berbahan kayu

- a. Kriteria penilaian SRK kerusakan bahan kayu dijelaskan pada **Tabel 5** dengan uraian gambar berupa:
 - i. Kode 401: Lapuk disebabkan oleh serangan jamur yang berhubungan dengan kelembaban dalam kayu. Sejalan dengan berkembangnya pelapukan, maka kekuatan kayu akan menurun, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 21**;
 - ii. Kode 401: Serangan serangga umumnya dapat diketahui dengan terlihatnya lubang-lubang pada permukaan kayu dan biasanya ada bubuk kayu disekeliling lubang tersebut. Kayu pada dan dibawah permukaan air, khususnya dilingkungan laut harus diperiksa terhadap serangan organisme laut. Organisme laut akan mengurangi kekuatan dari tiang pancang kayu dan kayu lainnya yang berhubungan dengan air laut ataupun air payau, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 22**;
 - iii. Kode 401: Pecah/belahnya kayu dapat mengurangi kekuatan geser dari kayu dan tidak dikehendaki pada tempat-tempat dimana gaya gesernya besar, sebagai contoh, ujung dari balok-balok kayu. Selain itu, pecahnya kayu dekat sambungan dapat berbahaya terutama jika pecahan terjadi dekat ujung kayu sehingga baut pengikat dapat tergeser keluar, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 23**;
 - iv. Kode 401: Melengkung dapat terjadi disebabkan oleh pembebanan yang menjadi eksentris, kekuatan dari kayu yang digunakan sebagai kolom akan berkurang cukup banyak dan harus dicatat dalam pemeriksaan jika cukup berbahaya, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 25**;
 - v. Kode 401: Serat yang miring dan mata kayu adalah cacat yang berbahaya pada kayu. Kemiringan urat/serat kayu dikategori-

kan parah jika kemiringan urat kayu $> 1:16$. Mata kayu merupakan salah satu cacat kayu yang paling berpengaruh pada kayu, terutama pada balok kayu. Jika ukuran dan letak dari sebuah mata kayu dapat dilihat, maka dapat diperkirakan berkurangnya kekuatan yang diakibatkannya, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 24**;

- vi. Kode 402: Komponen yang rusak atau hilang (termasuk retak, delaminasi) merupakan kondisi dimana terdapat komponen yang rusak atau hilangnya bahan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 26** yang disebabkan oleh :
 - a) Kecelakaan;
 - b) Pelaksanaan yang jelek;
 - c) Penurunan mutu dan hancurnya elemen;
 - d) Kerusakan akibat api;
 - e) Pemotongan;
 - f) Kekerasan atau pencurian;
 - g) Jika elemen atau sambungannya merupakan bagian yang struktural maka hal tersebut dapat membahayakan.
- vii. Kode 403: Penyusutan secara umum terjadi ketika adanya penurunan kadar air dalam kayu. Penyusutan pada kayu mempengaruhi perubahan dimensi kayu tersebut. Penyusutan dikategorikan parah jika terjadi lendutan lebih besar dari 50 mm pada struktur kayu, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 27**;
- viii. Kode 404: Penurunan mutu pelindung permukaan pada proteksi/pengaman permukaan kayu umumnya menggunakan lapisan cat, aspal, anti jamur atau lapisan anti rayap. Pelindung permukaan akan mengalami penurunan yang disebabkan umur/usia, tindakan kekerasan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 28**; dan
- ix. Kode 405: Sambungan yang longgar atau sambungan yang dalam kondisi tidak kencang mengakibatkan jembatan akan bergetar atau bergoyang yang selanjutnya akan mengakibatkan kerusakan pada konstruksi jembatan tersebut. Semua baut harus diperiksa kekencangannya. Jika digunakan paku periksalah apakah paku tersebut masih kuat, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 29**.

- b. Kriteria penilaian FP dijelaskan pada **Tabel 8, Tabel 10, Tabel 13, Tabel 16, Tabel 20, Tabel 23, dan Tabel 29** untuk masing-masing elemen jalan pendekat, aliran sungai, bangunan bawah, bangunan atas, sistem lantai, sistem pengendali pergerakan jembatan, dan perlengkapan.



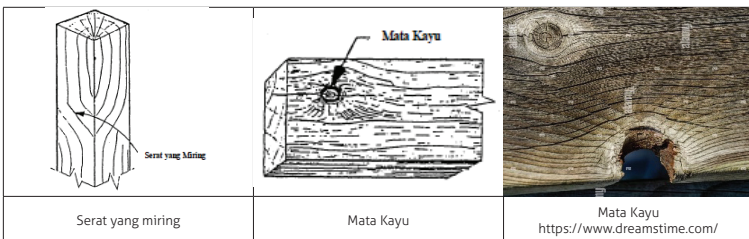
Gambar 21 Ilustrasi kode kerusakan 401 Lapuk



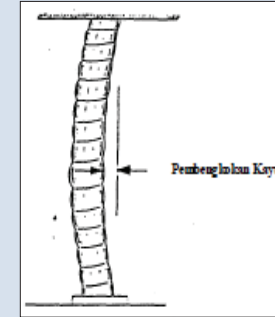
Gambar 22 Ilustrasi kode kerusakan 401 Serangan serangga



Gambar 23 Ilustrasi kode kerusakan 401 Pecah/belahnya kayu



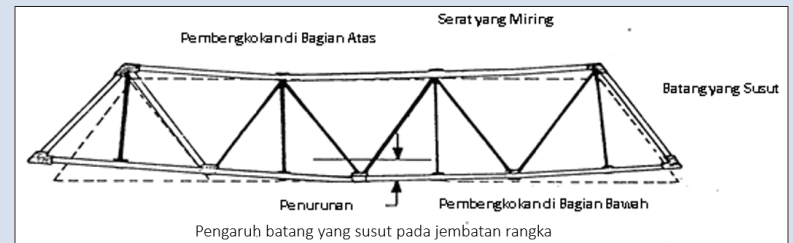
Gambar 24 Ilustrasi kode kerusakan 401 Serat yang miring dan mata kayu (BMS 1993)



Gambar 25 Ilustrasi kode kerusakan 401 Melengkung (BMS 1993)



Gambar 26 Ilustrasi kode kerusakan 402 Komponen yang rusak atau hilang (termasuk retak, delaminasi)



Gambar 27 Ilustrasi kode kerusakan 403 Penyusutan (BMS 1993)



Gambar 28 Ilustrasi kode kerusakan 404
 Penurunan mutu pelindung permukaan



Gambar 29 Ilustrasi kode kerusakan 405 Sambungan yang longgar

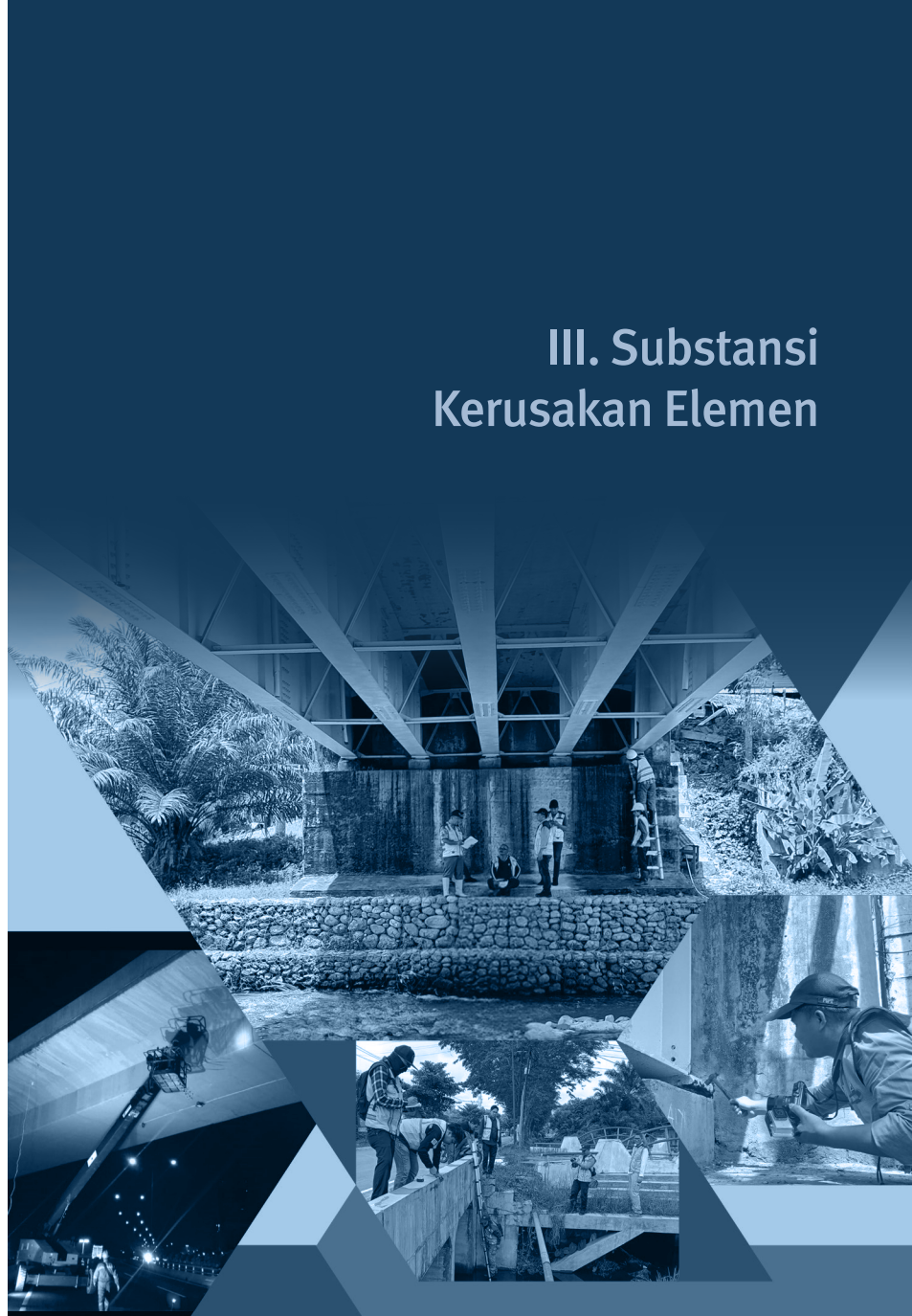
Tabel 5 Kriteria kerusakan S,R,K pada Bahan Kayu

KERUSAKAN BAHAN KAYU			S		R	K		
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	SATUAN UKURAN
401	Lapuk	Lembab	Berbahaya	> 15% dari potongan kayu	Parah	Hitung panjang/ kedalaman/ diameter/ volume kayu yang membusuk/serangan serangga terhadap potongan melintang kayu	Hitung panjang/ kedalaman/ diameter/ volume total potongan melintang kayu sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Panjang atau Meter Persegi atau Meter Kubik
	Serangan serangga	Banyak dirubung oleh serangga		≤ 15% dari potongan kayu	Tidak parah			
	Pecahnya/ belahnya kayu	Penuaan	Berbahaya	Retak < 10 mm lebarnya dan/ atau < 1 m panjangnya kayu	Tidak parah	Hitung panjang retak kayu yang pecah terhadap diameter kayu potongan melintang atau panjang retak	Hitung panjang/ diameter total potongan melintang kayu atau panjang total elemen kayu sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Panjang
		Kering	Tidak Berbahaya	Retak ≥ 10 mm lebarnya dan/ atau ≥ 1 m panjangnya kayu	Parah			
	Melengkung	Bahan tidak sempurna	Berbahaya	Deviasi ≤ 50 mm sepanjang 3 m	Tidak parah	Hitung jumlah elemen kayu yang mengalami lengkungan (deviasi)	Hitung jumlah total elemen kayu sesuai dengan level pemeriksaan	Buah
		Bahan berlebihan (untuk batang tekan)	Tidak berbahaya	Deviasi > 50 mm sepanjang 3 m	Parah			
	Serat yang miring dan mata kayu	Bahan tidak sempurna	Berbahaya	Ukuran mata kayu ≤ 15% penampang	Tidak parah	Hitung jumlah elemen kayu yang mempunyai serat miring yang tidak sesuai dengan persyaratan	Hitung total elemen kayu sesuai dengan level pemeriksaan	Buah
		Beban berlebihan (untuk batang tarik)	Berbahaya	Miring urat kayu ≤ 1 per 16	Tidak parah			
				Miring urat kayu > 1 per 16	Parah			
402	Komponen yang rusak atau hilang (termasuk retak, delaminasi)	Apa saja	Berbahaya	Elemen struktural	Parah	Hitung jumlah elemen kayu yang hancur atau hilang	Hitung jumlah total elemen yang hilang atau hancur sesuai dengan level pemeriksaan	Buah
				Sebaliknya	Tidak parah			

Tabel 5 (lanjutan)

KERUSAKAN BAHAN KAYU			S	R		K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
403	Penyusutan	Kualitas jelek	Tidak berbahaya	Lendutan ≤ 50 mm pada struktur rangka	Tidak parah	Hitung jumlah elemen kayu yang mengalami penyusutan	Hitung jumlah total elemen kayu sesuai dengan level pemeriksaan	Buah
				Lendutan > 50 mm pada struktur rangka	Parah			
				Pada struktur lain	Tidak parah			
404	Penurunan mutu pelindung permukaan	Umur Tindakan kekerasan Terkikis	Berbahaya	Tidak terlihatnya lapis pelindung pada permukaan kayu dan/atau elemen struktur	Parah	Hitung luas elemen kayu yang mengalami catnya mulai rusak	Hitung total luas elemen kayu sesuai level pemeriksaan	Meter Persegi
				Elemen lain	Tidak parah			
405	Sambungan yang longgar	Apa saja	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung jumlah baut/paku yang longgar dalam satu titik buhul	Hitung jumlah total baut/paku dalam satu titik buhul sesuai dengan level pemeriksaan	Buah

III. Substansi Kerusakan Elemen



III. Substansi Kerusakan Elemen

A. Elemen-elemen jalan pendekat

1. **Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada jalan pendekat**
 - a. Bentuk kerataan geometrik perkerasan jalan pendekat;
 - b. Bentuk kerataan geometrik tanah timbunan;
 - c. Saluran tepi di sepanjang timbunan bagian atas atau bawah;
 - d. Saluran air ke samping dari dasar jalan pendekat;
 - e. Kondisi pengaman lalu-lintas;
 - f. Retak dan kerusakan di bagian yang diperkirakan mempunyai konsentrasi tegangan tinggi dan pergerakan yang besar berdasarkan perhitungan analisis struktur penahan tanah jalan pendekat; dan
 - g. Elemen-elemen yang pernah dilakukan pemeliharaan berkala, perbaikan, dan perkuatan sebelumnya.

2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen jalan pendekat

Penjelasan gambar kerusakan elemen-elemen jalan pendekat berupa:

- a. Kode 511: Bagian yang hilang atau tidak ada pada pelindung gerusan (bangunan pengaman) yang dipasang untuk mengendalikan masalah gerusan adalah membahayakan. Pelindung gerusan dapat mengalami kerusakan bagian yang hilang atau tidak ada akibat erosi, banjir atau pelapukan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 30**;
- b. Kode 521: Pengikisan di sekitar kepala jembatan merupakan kerusakan yang diakibatkan oleh saluran drainase yang buruk. Kerusakan ini dapat mengakibatkan terjadinya rongga di sekitar jalan pendekat dan kepala jembatan serta dapat menyebabkan penutupan bahkan keruntuhan badan jalan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 31**;
- c. Kode 522: Retak, penurunan, penggembungan yang besar bisa jadi penanda suatu timbunan yang tidak stabil. Retak memungkinkan perembesan air dan mengarah pada gerusan atau pelemahan lapis perkerasan jalan. Penurunan jalan pendekat jembatan di sekitar kepala jembatan dapat menimbulkan masalah seperti permukaan jalan yang bergelombang atau berlubang yang berdampak meningkatnya beban kejut pada jembatan. Bila permukaan jalan telah menurun di kepala jembatan, maka kemungkinan telah terjadi penurunan juga di bawah balok kepala jembatan/ *crosshead*. Kondisi ini memerlukan pemeriksaan pada timbunan jalan pendekat untuk menghindari kemungkinan keruntuhan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 32** dan **Gambar 33**; dan
- d. Kode 531: Genggembungan dinding panel dan 532 Retak, rontok atau pecah dari panel tanah bertulang. Kerusakan panel tanah bertulang dapat disebabkan oleh adanya benturan, tindak kekerasan, bergerak dan anker lepas. Kerusakan akibat benturan dan tindakan kekerasan/perusakan cukup jelas terlihat, tetapi kerusakan karena penurunan/bergerak biasanya tampak dalam bentuk retak. Karena panel-panel muka saling kunci, maka sedikit saja gerakan pada dinding dapat memecahkan atau mematahkan tepi-tepi panel, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 34** dan **Gambar 35**.

3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen jalan pendekat

Penerapan kriteria penilaian SRKFP elemen-elemen jalan pendekat yaitu pada:

- a. Kerusakan bahan pasangan batu/bata untuk elemen dinding penahan tanah, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 2**;
- b. Kerusakan bahan beton untuk elemen perkerasan, pelat injak, elemen dinding penahan tanah (DPT), sebagian elemen tanah bertulang/mechanically stabilized earth (MSE) dan elemen pengaman lalu lintas sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 3**;
- c. Kerusakan bahan baja dan kerusakan bahan kayu untuk elemen DPT, sebagian elemen MSE, dan elemen pengaman lalu lintas, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 4** dan **Tabel 5**;
- d. Kerusakan 511 untuk DPT dan Kerusakan 521, 522 untuk tanah timbunan jalan pendekat termasuk elemen geosintetik, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 6**;
- e. Kerusakan untuk elemen tanah bertulang/ MSE, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 7**;
- f. Kerusakan untuk elemen elemen perkerasan jalan pendekat, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 18**;
- g. Kerusakan untuk elemen drainase, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 15**;
- h. Kerusakan untuk elemen perkuatan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 12**;
- i. Kerusakan pengaman lalu-lintas, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 27**; dan
- j. Kriteria penilaian FP khusus untuk elemen-elemen jalan pendekat yang dijelaskan pada **Tabel 8**.



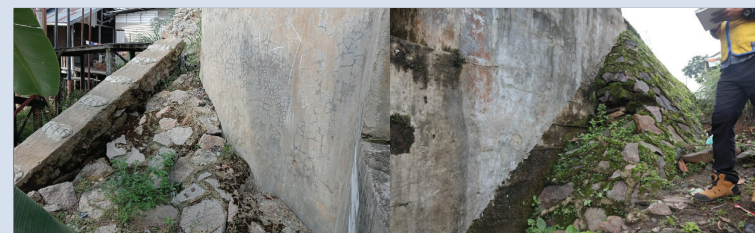
Gambar 30 Ilustrasi kode kerusakan 511
Bagian yang hilang atau tidak ada



Gambar 31 Ilustrasi kode kerusakan 521
Pengikisan di sekitar kepala jembatan



Gambar 32 Ilustrasi kode kerusakan 522 Retak, pengembangan



Penurunan dinding penahan tanah



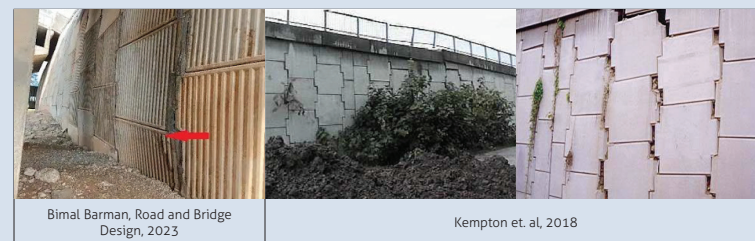
Penurunan jalan pendekat



Penurunan fondasi

Penurunan tanah timbunan

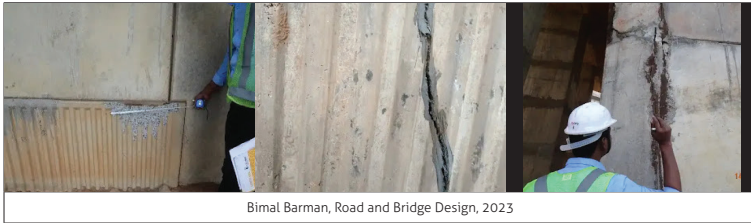
Gambar 33 Ilustrasi kode kerusakan 522 Penurunan



Bimal Barman, Road and Bridge
Design, 2023

Kempton et. al, 2018

Gambar 34 Ilustrasi kode kerusakan 531 Pengembangan dinding panel



Bimal Barman, Road and Bridge Design, 2023

Gambar 35 Ilustrasi kode kerusakan 532
Retak, rontok atau pecah dari panel tanah bertulang

Tabel 6 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk
Elemen Utama 3.120 Tanah Timbunan, 3.220 Bangunan Pengaman,
3.310 Fondasi, dan 3.850 Struktur Pendukung Gorong-gorong

KERUSAKAN PADA 3.120 TANAH TIMBUNAN, 3.220 BANGUNAN PENGAMAN, 3.310 FONDASI, DAN 3.850 STRUKTUR PENDUKUNG GORONG-GORONG			S	R		K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
511	Bagian yang hilang atau tidak ada	Apa saja	Berbahaya	≤ 10%	Tidak parah	Hitung volume bagian elemen yang hilang	Hitung volume total elemen bangunan sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Kubik
				> 10%	Parah			
521	Pengikisan di sekitar kepala jembatan	Arus aliran sungai	Berbahaya	Rongga (undermining)	Parah	Hitung jumlah volume elemen yang terkikis	Hitung volume total elemen bangunan sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Kubik
				Sebaliknya	Tidak parah			
522	Retak	Apa saja	Tidak berbahaya	Apa saja	Tidak parah	Hitung luas bangunan yang retak, mengalami penurunan atau pengembangan	Hitung volume total bangunan sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi Perlu pemeriksaan Khusus
	Penurunan	Apa saja	Berbahaya	Permukaan lebih rendah dari pada ketinggian pondasi atau 6x dimensi pondasi tiang	Parah			
				Sebaliknya	Tidak parah			
	Pengembangan	Apa saja	Berbahaya	≤ 300 mm	Tidak parah			
				> 300 mm	Parah			

Tabel 7 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk
Klaster Elemen 4.132 Tanah bertulang

KERUSAKAN PADA 4.132 TANAH BERTULANG			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
531	Penggembungan dinding panel	Lepasnya anker penahan	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung luas dinding panel yang menggembung	Hitung luas total dinding panel total sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi
532	Retak, rontok atau pecah dari panel tanah bertulang	Angker lepas	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung luas dinding panel yang retak, rontok atau pecah	Hitung luas panel total sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi
		Benturan	Tidak berbahaya	> 3 panel atau	Parah			
		Bergerak		> 10% permukaan rusak	Parah			
		Tindakan kekerasan		Sebaliknya	Tidak parah			

Tabel 8 Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk
Komponen 2.100 Jalan Pendekat

Kode	Level 3 (Elemen Utama) / Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke Elemen Utama/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
3.110	Perkerasan Jalan Pendekat	• Melindungi jalan pendekat dari rembesan air • Melayani lalu-lintas	Struktural	• Lapis perkerasan berlubang • Lapis perkerasan retak • Lapis perkerasan berdeformasi • Tebal lapis perkerasan yang berlebihan • Lapis perkerasan tidak rata • Lapis perkerasan aus • Drainase perkerasan yang tersumbat atau tidak berfungsi	Kendaraan kurang nyaman ketika akan masuk dan keluar jembatan	Kurang Signifikan
4.113	Pelat injak	Menyediakan transisi antara perkerasan jalan pendekat dengan struktur lantai jembatan	Struktural	Tanah timbunan mengalami penurunan/ ambias	Perkerasan tidak rata	Kurang Signifikan
4.114	Sleeper Slab	Menyebarkan beban dari perkerasan ke tanah	Struktural	Tanah timbunan mengalami penurunan/ ambias;	Perkerasan tidak rata	Kurang Signifikan

Tabel 8 (lanjutan)

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke Elemen Utama/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
4.115	Drainase Perkerasan	Melancarkan pergerakan aliran air di permukaan perkerasan jalan pendekat ke drainase tanah timbunan	Non struktural	• Drainase tidak tersedia atau kurang panjang • Drainase tersumbat, tidak berfungsi • Gompal pada dinding drainase	Permukaan perkerasan jalan pendekat menjadi licin	Tidak signifikan
3.120	Tanah Timbunan	Menyediakan alinyemen vertikal atau kemiringan jalan	Struktural	• Tanah timbunan longsor; • Tanah timbunan mengalami penurunan/ ambles; • Tanah timbunan bergeser; • Tanah timbunan retak; • Rembesan air pada tanah timbunan; • Permukaan tanah timbunan tidak rata • Tumpukan debris pada daerah tanah timbunan • Timbunan dengan sistem geosintetik rusak (longsor, lepas) • Pengembangan tanah dasar diluar area timbunan • Jejak aliran pada timbunan • Basah pada kaki timbunan	• Perkerasan tidak rata • Jembatan menjadi tidak stabil/ berdeformasi	Signifikan
4.122	Timbunan Ringan	Menyediakan alinyemen vertikal atau kemiringan jalan	Struktural	• Timbunan ringan longsor, lepas; • Pengembangan tanah dasar diluar tanah timbunan; • Retak timbunan ringan; • Gompal, Pecah (sesuai dg beton);	• Perkerasan tidak rata • Jembatan menjadi tidak stabil/ berdeformasi	Signifikan
4.123	Geosintetik	Mendukung kestabilan tanah timbunan	Struktural	Geosintetik terekspose/ terlihat	Tanah timbunan mengalami keruntuhan	Signifikan

Tabel 8 (lanjutan)

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke Elemen Utama/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
4.124	Drainase tanah timbunan	Meminimalisasi erosi lereng	Non Struktural	• Drainase tidak tersedia atau kurang panjang • Drainase tersumbat sehingga tidak berfungsi • Gompal pada dinding drainase	Erosi terjadi pada tanah timbunan	Kurang Signifikan
3.130	Struktur Penahan Tanah Jalan Pendekat	Memberikan tahanan terhadap longsor pada tanah timbunan	Struktural	• Dinding penahan tanah longsor • Dinding penahan tanah deformasi • Dinding penahan tanah runtuh sebagian	Tanah timbunan mengalami keruntuhan	Sedikit Signifikan
4.132	Tanah Bertulang/ Mechanically Stabilized Earth (MSE)	Memberikan tahanan terhadap longsor pada tanah timbunan	Struktural	• Tanah bertulang (reinforced earth) ambles; • Deformasi pada muka panel; • Tanah timbunan mengalami penurunan/ ambles; • Tanah timbunan bergeser; • Retak; • Vegetasi; • Pengembangan tanah dasar diluar area timbunan; • Basah/ rembesan air; • Tanah bertulang deformasi; • Bengkok; • Penurunan; • Panel tanah bertulang pecah, lepas; • Deformasi pada muka panel;	Tanah timbunan mengalami keruntuhan	Sedikit Signifikan
4.133	Drainase Struktur Penahan Tanah	Mengurangi tekanan air tanah pada Struktur Penahan Tanah Jalan Pendekat	Non Struktural	• Drainase tidak tersedia atau kurang panjang • Drainase tersumbat sehingga tidak berfungsi	Kestabilan dinding penahan tanah terganggu	Kurang Signifikan

Tabel 8 (lanjutan)

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke Elemen Utama/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
3.140	Pengaman lalu-lintas	Penghalang keselamatan untuk mencegah pengendara meninggalkan jalan	Non Struktural	Tiang dan pagar pengaman yang sudah tidak dalam posisi yang lurus	Kendaraan berisiko mengalami kecelakaan	Tidak Signifikan

B. Elemen-elemen aliran sungai

1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada aliran sungai

Elemen-elemen aliran sungai yang penting untuk dilakukan pemeriksaan berupa:

- Dasar sungai termasuk di dalamnya perilaku aliran, profil arus memanjang, pola saluran, bahan dasar sungai, perkembangan sedimentasi, karakter bahan dan tanaman penutup;
- Tebing sungai termasuk ketinggian tebing, rata-rata sudut kemiringan dasar sungai, perlindungan lereng menggunakan tanaman, tekstur tanah lereng sungai, pengeluaran massa dan keruntuhan tebing, penggerusan tebing;
- Daerah genangan banjir termasuk formasi, lebar, dan cakupannya;
- Bangunan pengaman termasuk perlindungan dasar sungai, struktur pengendalian kemiringan, dan perlindungan konsolidasi tanah dan pelindung tebing;
- Karakteristik jembatan termasuk kemiringan badan pilar terhadap aliran sungai lebih dari 15 derajat, penyempitan saluran;
- Bendung atau bendungan atau bangunan pengendali aliran sungai yang dimanfaatkan juga untuk irigasi persawahan dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA);
- Penambangan galian pasir dan batu;
- Bahan hanyutan;
- Tanda-tanda banjir atau adanya penyumbatan yang menanda-

kan bahwa bukaan air tidak cukup dan dapat mengakibatkan gerusan;

- Elemen-elemen yang pernah dilakukan pemeliharaan berkala, perbaikan, dan perkuatan sebelumnya; dan
- Adukan mortar pasangan batu yang retak, tumbuhan liar, rembesan air melalui daerah retak, hilang atau hancurnya batu, rontok dan lainnya memburuk mutu pasangan batu.

2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen aliran sungai

Penjelasan gambar kerusakan elemen-elemen aliran sungai berupa:

- Kode 501: Pendangkalan sungai akibat endapan (agradasi) terjadi bila alur air di sungai tidak cukup untuk menghanyutkan material dan lumpur sehingga mengendap di dasar sungai. Pengendapan ini dapat terjadi karena adanya erosi tanah di hulu sungai ketika alih fungsi lahan terjadi. Laju pengendapan sedimentasi yang besar semakin mempercepat proses pendangkalan. Pengendapan di dasar sungai maupun di bagian tepi sungai membuat daya tampung sungai menurun. Pada beberapa kejadian, endapan lumpur akan menyempitkan alur air di sekitar fondasi, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 36**;
- Kode 502 Penumpukan debris dan hambatan aliran sungai berupa sampah buangan, kayu hanyutan, sisa bangunan lama, dan lain sebagainya sering terhanyut di sungai dan tersangkut di fondasi atau bangunan pengaman pilar jembatan. Debris dan hambatan ini dapat menumpuk tinggi pada pilar atau abutmen sehingga menimbulkan beban lateral tambahan pada struktur dan penyempitan alur air, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 37**;
- Kode 503 Pengikisan di sepanjang aliran sungai yang terjadi di tebing sungai dan bangunan bawah jembatan akibat pengaruh dari arus aliran sungai, dimana kerusakan ini sering terjadi pada tipe sungai berkelok dan/atau berjaln. Pengikisan pada tebing sungai lebih lanjut dapat menyebabkan tergerusnya dinding penahan tanah pada kepala jembatan atau pada jalan pendekat/jalan pendekat, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 38**; dan
- Kode 504 Air sungai macet yang mengakibatkan terjadinya banjir (*excess afflux*). Jembatan dengan panjang bentang dan penampang basah sungai yang tidak memadai dapat mengakibatkan aliran air terhambat oleh struktur jembatan dan menyebabkan

limpasan di bantar sungai hulu jembatan. Hambatan aliran akan berakibat kecepatan aliran yang sangat tinggi dan terjadi gerusan. Hambatan aliran juga dapat menyebabkan banjir di sekitar jembatan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 39**.

3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen aliran sungai

Penerapan kriteria penilaian SRKFP elemen-elemen aliran sungai yaitu pada:

- Kerusakan bahan pasangan batu/bata pada elemen bangunan pengaman, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 2**;
- Kerusakan bahan beton pada bangunan pengaman, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 3**;
- Kerusakan bahan baja pada bangunan pengaman, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 4**;
- Kerusakan bahan kayu pada bangunan pengaman, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 5**;
- Kerusakan di sepanjang aliran sungai termasuk yang terjadi di bangunan bawah, bangunan bawah dan tebing di sekitar aliran sungai, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 9**;
- Kerusakan 511 untuk elemen bangunan pengaman, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 6**;
- Kerusakan perkuatan untuk elemen bangunan pengaman sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 12**; dan
- Kriteria penilaian FP khusus untuk elemen-elemen aliran sungai yang dijelaskan pada **Tabel 10**.



Gambar 36 Ilustrasi kode kerusakan 501
Pendangkalan sungai akibat endapan (agradasi)



Gambar 37 Ilustrasi kode kerusakan 502
Penumpukan debris dan hambatan aliran sungai



Gambar 38 Ilustrasi kode kerusakan 503
Pengikisan di sepanjang aliran sungai



Gambar 39 Ilustrasi kode kerusakan 504
Air sungai macet yang mengakibatkan terjadinya banjir (*excess afflux*)

Tabel 9 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk
Elemen Utama 3.210 Aliran Sungai

KERUSAKAN PADA ELEMEN 3.210 - ALIRAN SUNGAI			S	R		K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
501	Pendangkalan sungai akibat endapan *) (agradasi)	Arus aliran sungai	Berbahaya	Mengurangi $\leq 20\%$ aliran sungai	Tidak parah	Hitung/ perkiraan luas/volume penampang aliran sungai pada area yang ada pada aliran sungai	Hitung luas/ volume penampang aliran sungai pada area yang berpengaruh terhadap jembatan	Meter Persegi atau Meter Kubik
				Mengurangi $> 20\%$ aliran sungai	Parah			
502	Penumpukan debris dan hambatan aliran sungai **)	Tumpukan debris dan hambatan aliran sungai **)	Berbahaya	Mengurangi $\leq 20\%$ aliran sungai dan/atau ketinggian pilar masih tersisa $> 20\%$	Tidak parah	Hitung/ perkiraan luas/volume daerah aliran sungai pada area yang berpengaruh terhadap jembatan	Hitung luas/ volume daerah aliran sungai pada area yang berpengaruh terhadap jembatan	Meter Kubik atau Meter Persegi
				Sebaliknya	Parah			
503	Pengikisan di sepanjang aliran sungai	Arus aliran sungai	Berbahaya	$\leq$ ketinggian pondasi atau 6x diameter tiang pancang	Tidak parah	Ukur luas penampang awal / jarak antar dinding kepala jembatan pangkal dan ujung	Ukur luas total penampang akhir	Meter Persegi
				Sebaliknya	Parah			
				Terjadi gerusan di dekat tebing	Parah			
504	Air sungai macet yang mengakibatkan terjadinya banjir (<i>excess afflux</i>)	Hujan	Berbahaya	Jarak muka air banjir terhadap Bangunan atas > 250 mm	Tidak parah	Hitung/ perkiraan luas penampang daerah aliran sungai yang tergenangi pada saat banjir	Hitung/ perkiraan luas total penampang daerah aliran sungai sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi
		Kurang panjangnya bukaan jembatan		≤ 250 mm	Parah			

Keterangan :

*) : endapan yang dimaksud selain lumpur juga dapat berupa material sungai berupa batu, agregat kasar, agregat halus, dan lain sebagainya;

**) : debris dan hambatan yang dimaksud benda-benda yang menghambat aliran sungai berupa: sampah buangan, kayu hanyutan, sisa bangunan lama dan lain sebagainya.

***) ketinggian pilar dihitung dari *footing* atau balok fondasi.

Tabel 10 Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk
Komponen 2.200 Aliran Sungai

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke Elemen Utama/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
3.210	Aliran Sungai	Menyediakan aliran sungai yang lancar	Struktural	- Daerah aliran sungai utama mengalami degradasi; - Daerah aliran sungai utama mengalami aggradasi; - Benda hanyutan menghambat aliran sungai; - Struktur yang menghambat aliran sungai; - Gerusan pada daerah kepala jembatan; - Gerusan pada daerah pilar; - Gerusan pada tanah timbunan; - Migrasi aliran sungai dalam arah lateral berupa sungai mender dan berjaln	- Jembatan menjadi tidak stabil - Banjir terjadi pada jembatan	Signifikan
4.211	Tebing Sungai	Memberikan tanah timbunan terhadap gerusan	Struktural	- Tebing sungai longsor; - Tebing sungai tergerus;	- Aliran air utama berubah arah - Bangunan bawah jembatan dan tanah timbunan menjadi tidak stabil	Signifikan

Tabel 10 (lanjutan)

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke Elemen Utama/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
4.213	Daerah genangan banjir	Menyediakan tampungan bagi aliran sungai yang meluap	Non struktural	• Penyempitan daerah aliran sungai yang akan mengakibatkan banjir; • Daerah genangan air banjir longsor;	Aliran air utama mengakibatkan banjir pada jembatan	Kurang signifikan
3.220	Bangunan Pengaman	Mengamankan kepala jembatan dan pilar dari gerusan air sungai dan tabrakan kapal	Struktural	• Struktur mengalami abrasi • Struktur berdeformasi	Tebing sungai, kepala jembatan dan pilar menjadi tidak stabil	Signifikan

C. Elemen-elemen bangunan bawah

1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada bangunan bawah

Elemen-elemen bangunan bawah yang penting untuk dilakukan pemeriksaan berupa:

- Pergerakan vertikal/penurunan, pergerakan lateral, dan pergerakan rotasi pada fondasi;
- Gerusan setempat di bangunan bawah dan gerusan kontraksi di bagian dasar sungai;
- Lubang drainase dan lubang suling-suling;
- Penurunan mutu beton pada daerah yang terpengaruh pasang surut dan yang terkena rembesan akibat tidak mencukupinya panjang saluran drainase bangunan atas;
- Genangan air di kepala jembatan/pilar;
- Bagian yang diperkirakan mempunyai konsentrasi tegangan tinggi dan pergerakan yang besar berdasarkan perhitungan analisis struktur termasuk blok angkur prategang, sambungan/pertemuan antar elemen dan elemen penyambungannya seperti sambungan dengan baut, las, paku keling, sambungan pengecoran dan sambungan pracetak;
- Bagian dengan perubahan penampang secara drastis;

- Elemen-elemen bangunan bawah di sekitar perletakan jembatan;
- Tembok kepala jembatan/*ballast wall*/pilar akibat tumbukan bangunan atas jembatan yang tidak mencukupi pergerakannya;
- Retak horizontal, vertikal dinding kepala Jembatan/pilar dan penurunan yang tidak seragam pada bagian fondasi;
- Retak pada hubungan antara tembok sayap atau pada kepala jembatan;
- Adukan mortar pasangan batu yang retak, tumbuhan liar, rembesan air melalui daerah retak, hilang atau hancurnya batu, rontok dan mulainya memburuk mutu pasangan batu;
- Retak dan pecah dinding kepala jembatan/pilar akibat tumbukan kapal laut atau debris/ bahan hanyutan; dan
- Elemen-elemen yang pernah dilakukan pemeliharaan berkala, perbaikan, dan perkuatan sebelumnya;
- Rembesan, tumbukan sampah, dan vegetasi di sekitar pada bangunan atas;
- Bentuk kelurusan *railing* dan rata permukaan lantai kendaraan;
- Kemiringan dan posisi sambungan pipa drainase.

2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen bangunan bawah

Penjelasan gambar kerusakan elemen-elemen bangunan bawah berupa:

- Kode 551: Kepala jembatan atau pilar bergerak yang merupakan kerusakan berdeformasi pada kepala jembatan atau pilar dapat disebabkan oleh gaya-gaya yang berlebihan, gerusan dan penurunan. Kerusakan ini ditandai dengan adanya gerakan pada kepala jembatan atau pilar, seperti gerak memiring akibat penurunan dan gerusan, gerak memutar akibat kegagalan geser timbunan dan gerak mengguling akibat gaya tekanan tanah berlebihan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 40**; dan
- Kode 561: Longgar, Hilang atau rusak atau tidak berfungsi, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 41**.

3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen bangunan bawah

Penerapan kriteria penilaian SRKFP elemen-elemen bangunan bawah yaitu pada:

- Kerusakan pasangan batu/bata pada fondasi langsung, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 2**;
- Kerusakan beton untuk fondasi, kepala jembatan, dan pilar, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 3**;
- Kerusakan bahan baja untuk fondasi, kepala jembatan, dan pilar, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 4**;
- Kerusakan kayu untuk fondasi, kepala jembatan, dan pilar, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 5**;
- Kerusakan 522 untuk elemen fondasi, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 6**;
- Kerusakan 551 untuk bangunan bawah, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 11**;
- Kerusakan perkuatan untuk elemen bangunan bawah, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 12**;
- Kerusakan drainase untuk elemen kepala jembatan dan pilar, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 15**;
- Kriteria penilaian FP khusus untuk elemen-elemen bangunan bawah yang dijelaskan pada **Tabel 13**.



Gambar 40 Ilustrasi kode kerusakan 551 Kepala jembatan atau pilar bergerak



Gambar 41 Ilustrasi Kode Kerusakan 561 untuk Bangunan atas dan bangunan bawah yang longgar, hilang, rusak atau tidak berfungsi

Tabel 11 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.320 Kepala Jembatan/Pilar

KERUSAKAN PADA 3.320 KEPALA JEMBATAN/PILAR			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
551	Kepala Jembatan atau pilar bergerak	Guling	Berbahaya	Berputar < rasio kemiringan perbandingan 1 dalam arah memanjang dan 12 dalam arah vertikal	Tidak parah	Hitung jumlah unit yang mengalami kerusakan	Hitung jumlah total unit	Buah
		Berputar	Berbahaya	Penurunan ≤ 50 mm	Tidak parah			
		Turun/ Settlement	Berbahaya	Tidak terlihat adanya puntiran	Tidak parah			
		Puntir	Berbahaya	Sebaliknya	Parah			

Tabel 12 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Klaster Elemen Perkuatan dan 4.614 Sistem Pendukung Landasan, 4.615 Penahan Pergerakan Landasan, Elemen 4.324 b Balok penahan gempa / stopper lateral, dan Elemen utama 3.630 Perlengkapan Aerodinamik Jembatan

KERUSAKAN PADA ELEMEN PERKUATAN *) DAN 4.614 SISTEM PENDUKUNG LANDASAN			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
561	Longgar	Apa saja	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung jumlah elemen yang longgar/hilang/tidak berfungsi	Hitung jumlah total elemen yang seharusnya terpasang sesuai dengan level pemeriksaan	Buah
	Hilang atau rusak atau tidak berfungsi	Apa saja	Berbahaya	Apa saja	Parah			

Keterangan *) : Elemen perkuatan adalah Klaster Elemen 4.224 Perkuatan Bangunan Pengaman, 4.326 Perkuatan Bangunan Bawah, 4.414 Perkuatan Gelagar, 4.425 Perkuatan Jembatan Pelat, 4.433 Perkuatan Pelengkung, 4.446 Perkuatan Balok Pelengkung, 4.456 Perkuatan Jembatan Rangka, 4.485 Perkuatan Pilon, 4.495 Perkuatan Gelagar Boks, 4.515 Perkuatan Sistem Lantai, dan Elemen Utama 3.860 Perkuatan Gorong-gorong

Tabel 13 Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk Komponen 2.300 Bangunan Bawah

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen yang terpengaruh	Pengaruh ke Elemen/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
3.310	Fondasi	• Mentransfer beban; • Meminimalkan penurunan struktur	Struktural	Pergerakan vertikal/ penurunan, pergerakan lateral, dan pergerakan rotasi	Pergerakan yang teramati pada bangunan atas dan bangunan bawah yang membahayakan keutuhan struktur jembatan	Signifikan
4.314	Fondasi balok pelengkung	• Mentransfer beban dari bangunan di atasnya ke dalam tanah; • Mentransfer gaya horizontal	Struktural	Pergerakan vertikal/ penurunan, pergerakan lateral, dan pergerakan rotasi	Balok pelengkung menjadi tidak stabil	Signifikan
4.317	Struktur Jembatan Apung	Menahan beban	Struktural	• Penurunan pada bangunan atas • Lepasnya penambat ponton/ mooring yang terdiri dari kabel dan angkur • Kebocoran	Bangunan atas berdeformasi	Signifikan
3.320	Kepala jembatan/Pilar	• Menahan dan mentransfer beban ke fondasi; • Penahan tanah di belakangnya;	Struktural	• Pergerakan vertikal/ penurunan, pergerakan lateral, dan pergerakan rotasi • Ketidakstabilan daerah landasan/ bearing areas • Tegangan gaya lentur dan gaya geser tinggi yang mengakibatkan retak • Bagian struktur yang mengalami tegangan gaya lentur dan gaya geser yang tinggi • Kelembaban pada daerah yang terbuka untuk menjadi lembab • Korosi pada tulangan beton • Tumbukan lalu-lintas pada daerah yang • Fraktur untuk elemen-elemen yang terbuat dari baja	Bangunan atas berdeformasi	Signifikan

Tabel 13 (lanjutan)

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen yang terpengaruh	Pengaruh ke Elemen/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
4.323	Balok Kepala Jembatan/ Pilar termasuk Tembok kepala jembatan/ ballast wall/ pilar	• Mendistribusikan beban dari perletakan ke struktur di bawahnya • Menahan beban pelat injak dan tanah di bagian bawah pelat injak • Menahan pergerakan horizontal jembatan melalui perantara sambungan/ siar muai atau longitudinal damper (buffer)	Struktural	• Retak dan pecah pada bagian badan struktur balok kepala	• Penurunan pelat injak dan tanah di bawahnya • Bangunan atas mengalami deformasi	Sedikit Signifikan
4.324	Struktur Pengaku khususnya tembok sayap	Mentransfer beban Menahan beban tanah yang tertahan di bagian belakang kepala jembatan	Struktural	• Sama dengan yang telah diuraikan pada bagian penjelasan kepala jembatan/ pilar	• Erosi dan penurunan tanah timbunan • Penurunan pelat injak	Signifikan
4.324 a	Konsol (penggantian perletakan)	Dudukan untuk mempermudah penggantian perletakan jembatan	Non Struktural	• Bagian takikan mengalami retak geser	Tidak ada	Sedikit Signifikan
4.324 b	Balok penahan gempa/ stopper lateral	Menahan pergerakan lateral jembatan	Struktural	• Retak di bagian penghubung dengan balok kepala jembatan • Pecah di bagian yang bersentuhan dengan batang penahan gempa	Bangunan atas jembatan akan bergeser secara lateral bila terkena gempa	Sedikit Signifikan
4.327	Drainase Kepala Jembatan/Pilar	Melancarkan pergerakan air dari drainase bangunan atas ke badan air/bak penampungan	Struktural	• Drainase tidak tersedia atau kurang panjang • Drainase tersumbat sehingga tidak berfungsi	Bangunan bawah yang terkena rembesan aliran air	Sedikit Signifikan

D. Elemen-elemen bangunan atas

1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada bangunan atas

Elemen-elemen bangunan atas yang penting untuk dilakukan pemeriksaan berupa:

- Lawan lendut bangunan atas dan sistem lantai;

- b. Bentuk kelurusan railing dan rataannya permukaan lantai kendaraan;
- c. Bagian-bagian pangkal dan ujung bangunan atas yang dekat dengan perletakan;
- d. Bagian ujung dan bagian tengah bentang bangunan atas;
- e. Bagian sambungan termasuk pelat buhul dan sambungan beton pracetak;
- f. Bagian yang diperkirakan mempunyai konsentrasi tegangan tinggi dan pergerakan yang besar berdasarkan perhitungan analisis struktur termasuk blok angkur pratang, sambungan/pertemuan antar elemen dan elemen penyambungannya seperti sambungan dengan baut, las, paku keling, sambungan pengecoran dan sambungan pracetak;
- g. Bagian dibentuk dari sambungan atau hubungan antar elemen yang membuat suatu ruang cenderung tertutup dan menyempit seperti pada gelagar boks, sambungan rangka dengan gelagar melintang, sambungan gelagar dengan diafragma;
- h. Bagian dengan perubahan penampang secara drastis;
- i. Elemen yang tertanam oleh elemen lainnya;
- j. Elemen-elemen yang pernah tertabrak oleh kendaraan terutama yang mengalami deformasi berlebihan;
- k. Elemen-elemen yang pernah dilakukan pemeliharaan berkala, perbaikan, dan perkuatan sebelumnya;
- l. Permukaan atas dan bawah lantai kendaraan;
- m. Angkur, elemen-elemen penahan, sadel, sambungan, dan selubung pelindung kabel;
- n. Kecukupan panjang pipa drainase dari lantai agar tidak membasahi atau menggenangi bangunan atas dan tembok kepala jembatan/pilar;
- o. Rembesan, tumbukan sampah, dan vegetasi di sekitar pada bangunan atas; dan
- p. Kemiringan dan posisi sambungan pipa drainase.

2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen bangunan atas

Penjelasan gambar kerusakan elemen-elemen bangunan atas berupa:

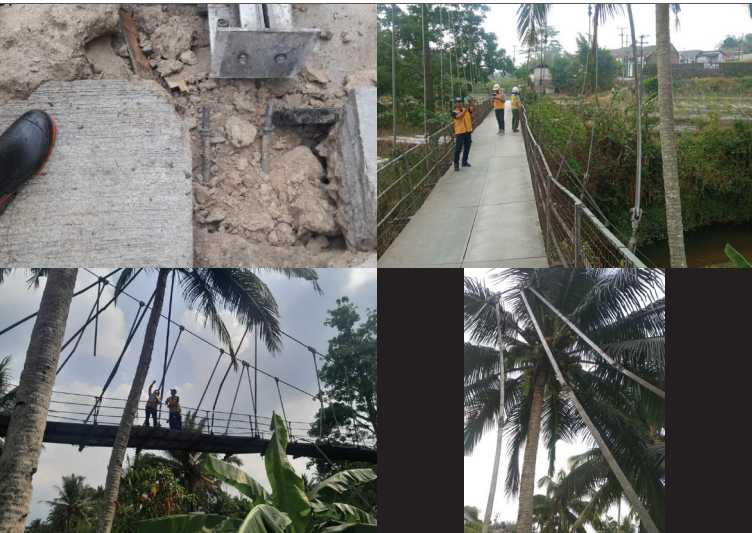
- a. Kode 541: Tidak stabil. Salah satu elemen utama untuk menjaga kestabilan dan keamanan jembatan beruji kabel dan jembatan gantung adalah angkur. Kerusakan pada salah satu angkur kabel, seperti bergerak karena tidak stabil dapat menyebabkan jembatan melendut. Jika pergerakan tersebut berlebihan atau angker-angker "tercabut," maka jembatan akan runtuh. Jika angker-angker tidak stabil, maka tanah di sekitar angker dapat menampakkan tanda-tanda seperti kerutan atau retak, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 42**;
- b. Kode 711: Pipa cucuran dan drainase yang tersumbat dapat menyebabkan genangan air di permukaan lantai jembatan dan erosi di sekitar kepala jembatan jembatan (arus air menuju daerah kepala jembatan). Selain itu, kerusakan 711 dapat terjadi bila tekanan pori yang berlebihan pada air yang tertahan di belakang dinding penahan tanah. Suling-suling dibuat dan dipasang agar air dapat menembus dinding untuk melepaskan tekanan air yang terjadi. Jika suling-suling tersumbat, maka tekanan pori tanah dapat menyebabkan keruntuhan dinding penahan tanah tersebut, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 43**; dan
- c. Kode 712: Tidak sesuai (hilang, kurang panjang). Kerusakan yang terjadi adalah bagian yang hilang dan kurang panjang pada elemen pipa cucuran. Kerusakan ini dapat menyebabkan air membasahi elemen gelagar, pilar dan landasan. Dengan kondisi yang basah maka elemen jembatan yang terbuat dari baja akan mengalami karat. Panjang pipa cucuran diharuskan mempunyai panjang adalah 20 cm di bawah permukaan bawah gelagar, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 44**.

3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen bangunan atas

Penerapan kriteria penilaian SRKFP elemen-elemen bangunan atas yaitu pada:

- a. Kerusakan pasangan batu/bata untuk bangunan atas pelengkung, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 2**;
- b. Kerusakan bahan beton untuk seluruh tipe bangunan termasuk pylon atas kecuali rangka dan jembatan gantung sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 3**;

- c. Kerusakan bahan baja untuk bangunan atas tipe gelagar, balok pelengkung, rangka, Jembatan-Beruji-Kabel (*Cable-stayed*) gantung, jembatan gantung, dan gelagar boks, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 4**;
- d. Kerusakan bahan kayu bangunan atas tipe gelagar dan rangka, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 5**;
- e. Kerusakan 541 untuk blok angkur yang terletak di badan pilon dan bangunan atas dan elemen penggantung, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 14**;
- f. Kerusakan untuk elemen perkuatan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 12**;
- g. Kerusakan jembatan pelat dan sistem lantai, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 17**;
- h. Kerusakan untuk elemen drainase, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 15**; dan
- i. Kriteria penilaian FP khusus untuk elemen-elemen bangunan atas yang dijelaskan pada **Tabel 16**.



Gambar 42 Ilustrasi kode kerusakan 541 Tidak stabil



Gambar 43 Ilustrasi kode kerusakan 711 Pipa cucuran dan drainase yang tersumbat



Gambar 44 Ilustrasi kode kerusakan 712 Tidak sesuai (hilang, kurang panjang)

Tabel 14 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Klaster Elemen 4.462 Sistem Penahan Kabel Jembatan-Beruji-Kabel dan 4.474 Sistem Penahan Kabel Jembatan Gantung

KERUSAKAN PADA 4.462 SISTEM PENAHAN KABEL JEMBATAN-BERUJI-KABEL, 4.472 BATANG PENGGANTUNG JEMBATAN GANTUNG DAN 4.474 SISTEM PENAHAN KABEL JEMBATAN GANTUNG			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
541	Tidak stabil	Beban berlebihan Pengerjaan yang jelek	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung jumlah elemen yang mengalami kerusakan	Hitung jumlah total elemen sesuai dengan level pemeriksaan	Buah

Tabel 15 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk
Klaster Elemen Drainase

KERUSAKAN PADA DRAINASE *)			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
711	Pipa cucuran dan drainase yang tersumbat	Apa saja	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung jumlah pipa cucuran yang tersumbat	Hitung jumlah pipa cucuran total yang seharusnya ada sesuai dengan level pe- meriksaan	Buah
712	Tidak sesuai (hilang, kurang panjang)	Apa saja	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung jumlah pipa cucuran yang hilang		

Keterangan *): 4.115 Drainase Perkerasan, 4.124 Drainase Tanah Timbunan, 4.133 Drainase Struktur Penahan Tanah, 4.327 Drainase Kepala Jembatan/Pilar, 4.416 Drainase Gelagar, 4.426 Drainase Jembatan Pelat, 4.434 Drainase Pelengkung, 4.447 Drainase Balok Pelengkung, 4.457 Drainase Rangka, 4.485 Drainase Pilon, 4.496 Drainase Gelagar Boks, 4.517 Drainase Lantai, 4.607 Drainase Sambungan/Siar Muai, 4.824 Drainase Gorong Gorong Persegi Boks, 4.832 Drainase Gorong Gorong Pipa, dan 4.844 Drainase Gorong Gorong Pelengkung Baja Bergelombang

Tabel 16 Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk
Komponen 2.400 Bangunan Atas

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke elemen/Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
3.410	Gelagar	Menahan dan mentransfer beban ke perletakan	Struktural	- Retak diagonal - Retak vertikal - Distorsi - Delaminasi selimut beton dan terlihat tulangan dan kabel prategang - Retak di bagian blok angkur - Retak di bagian sambungan dan hubungan - Retak di bagian dekat perletakan - Lendutan yang berlebihan	Sistem lantai	Signifikan
4.412	Diafragma	- Menstabilkan pergerakan antar- gelagar; - Memperkuat gelagar;	Struktural	- Retak - Distorsi - Sambungan - Retak arah memanjang jembatan pada bagian atas permukaan lantai	Sistem lantai	Signifikan

Tabel 16 (lanjutan)

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke elemen/Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
3.420	Jembatan pelat	Menahan dan mentransfer beban ke perletakan	Struktural	- Sama dengan yang diuraikan pada gelagar beton; - Retak dan karat pada bagian angkur kabel paska tarik arah lateral - Retak arah memanjang jembatan pada bagian atas permukaan lantai terutama untuk pelat pracetak yang dibuat secara segmental	Sistem lantai	Signifikan
3.430	Pelengkung	- Menahan dan mentransfer beban ke perletakan - Menahan tanah di bagian sisi dinding pelengkung	Struktural	- Retak pada serat terbawah pelengkung - Lepasnya batu kunci - Retak pada dinding tegak - Penurunan pada tanah timbunan - Pengembangan pada dinding pelengkung	- Lapis permukaan sistem lantai - Tanah timbunan di atas pelengkung	Signifikan
3.440	Balok pelengkung	Menahan dan mentransfer beban ke perletakan atau langsung ke fondasi balok pelengkung	Struktural	- Retak - Distorsi - Tekuk	Sistem lantai	Signifikan
4.441 e 4.441 f 4.445	Kolom vertikal balok pelengkung Kolom/batang penggantung Penggantung rangka baja	Menahan dan mentransfer beban ke balok pelengkung atau sistem rangka dan gelagar memanjang ujung atau gelagar melintang	Struktural	- Retak - Distorsi - Tekuk	- Balok pelengkung atau sistem rangka - Gelagar memanjang ujung - Gelagar melintang	Signifikan
4.442	Pengaku balok pelengkung	Menstabilkan pergerakan balok pelengkung;	Struktural	- Retak - Distorsi - Tekuk	- Balok pelengkung atau sistem rangka - Gelagar memanjang ujung - Gelagar melintang	Signifikan
4.443	Sambungan balok pelengkung	Menstabilkan pergerakan balok pelengkung;	Struktural	- Distorsi keluar bidang/ out-of-plane distortions - Retak pada sambungan - Longgarnya baut/ paku keling	Elemen yang disambung	Signifikan

Tabel 16 (lanjutan)

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke elemen/Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
3.450	Rangka	Menahan dan mentransfer beban ke perletakan	Struktural	- Retak - Distorsi - Tekuk	Sistem lantai	Signifikan
4.454	Pengaku rangka	Menstabilkan pergerakan balok pelengkung	Non struktural	- Retak; - Distorsi; - Sambungan	Struktur bangunan atas	Signifikan
4.455	Sambungan rangka	Menstabilkan pergerakan balok pelengkung	Struktural	- Distorsi keluar bidang/ out-of-plane distortions - Retak fatik pada bagian sambungan - Longgarnya baut/ paku keling;	Elemen-elemen Rangka	Signifikan
3.460	Jembatan-be-ruji-kabel (cable-stayed)	Menahan dan mentransfer beban	Struktural	- Rusak dan putus-nya kabel - Jembatan kurang stabil pergerakan-nya akibat gaya angin	Sistem lantai	Signifikan
4.461	Sistem kabel jembatan-be-ruji-kabel	- Mengamankan pergerakan kabel - Mentransfer beban	Struktural	- Rusak dan putus-nya kabel - Terkelupasnya pembungkus kabel - Kabel kurang tere-dam dan bergetar agak lama	Struktur bangunan atas	Signifikan
4.462	Sistem penahan kabel jembatan-be-ruji-kabel	- Mengamankan pergerakan kabel - Mentransfer beban	Struktural	Deformasi kabel yang berlebihan	- Struktur bangunan atas - Struktur bangunan bawah	Signifikan
3.470	Jembatan gantung	Menahan dan mentransfer beban	Struktural	- Rusak dan putus-nya kabel - Jembatan kurang stabil pergerakan-nya akibat gaya angin	- Sistem lantai - Struktur bangunan bawah	Signifikan
4.471	Sistem kabel jembatan gantung	Mentrasfer beban	Struktural	- Rusak dan putus-nya kabel - Terkelupasnya pembungkus kabel - Kabel kurang tere-dam dan bergetar agak lama	Struktur bangunan atas	Signifikan
4.472	Batang penggantung jembatan gantung	Mentrasfer beban;	Struktural	- Retak - Distorsi - Tekuk	Struktur bangunan atas	Signifikan

Tabel 16 (lanjutan)

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke elemen/Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
4.474	Sistem penahan kabel jembatan gantung	- Mengamankan pergerakan kabel - Mentransfer beban	Struktural	- Deformasi kabel yang berlebihan - Deformasi Sistem Penahan Kabel Jembatan Gantung	- Struktur bangunan atas - Struktur bangunan bawah	Signifikan
3.480	Pilon	Menahan dan mentransfer beban ke perletakan	Struktural	- Retak - Distorsi - Tekuk	- Sistem lantai - Struktur bangunan atas - Struktur bangunan bawah	Signifikan
4.481 h sampai dengan 4.481 k	Diafragma pilon	Menstabilkan pergerakan pilon;	Struktural	- Retak - Distorsi - Tekuk	Pilon	Signifikan
3.490	Gelagar boks	Menahan dan mentransfer beban ke perletakan	Struktural	- Retak - Retak fatik pada bagian sambungan - Distorsi - Tekuk	Sistem Lantai	Signifikan
4.492	Pengaku gelagar boks	Menstabilkan pergerakan gelagar boks;	Struktural	- Retak - Distorsi - Tekuk	Gelagar Boks	Signifikan
4.491 e 4.494 a	Blok angkur dan Blok deviator kabel prategang	- Melindungi kabel - Mentransfer beban	Struktural	Retak pada bagian blok angkur	Gelagar Boks	Signifikan
4.416 4.426 4.434 4.447 4.457 4.462 g 4.474 h 4.486 4.496	Drainase Gelagar Drainase Jembatan Pelat Drainase Pelengkung Drainase Balok Pelengkung Drainase Rangka Drainase blok angkur di tanah jembatan-be-ruji-kabel Drainase blok angkur di tanah jembatan gantung Drainase Pilon Drainase Gelagar Boks	Melancarkan pergerakan aliran air dari drainase lantai ke drainase bangunan bawah	Non struktural	- Drainase tidak tersedia atau kurang panjang - Drainase tersumbat sehingga tidak berfungsi	Rembesan pada bangunan atas	Sedikit signifikan

E. Elemen-elemen Sistem Lantai

1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada sistem lantai

Elemen-elemen sistem lantai yang penting untuk dilakukan pemeriksaan berupa:

- a. Daerah lain yang berisiko/ terekspos terhadap lalu-lintas termasuk daerah yang bergelombang dan aus karena roda kendaraan;
- b. Daerah tempat masuknya rembesan air seperti daerah yang tergenang, delaminasi, dan pecah;
- c. Daerah tempat struktur lantai bertumpu;
- d. Daerah sambungan pengecoran atau hubungan antar pelat pra-fabrikasi termasuk *shear key*, sambungan baut, dan sambungan las;
- e. Bagian yang diperkirakan mempunyai konsentrasi tegangan tinggi dan pergerakan yang besar berdasarkan perhitungan analisis struktur termasuk blok angkur kabel dan batang prategang, sambungan/pertemuan antar elemen dan elemen penyambungannya seperti sambungan dengan baut, las, paku keling, sambungan pengecoran dan
- f. Bagian tepi luar lantai jembatan;
- g. Permukaan bagian atas dan bawah dan atas lantai jembatan;
- h. Daerah yang dekat dengan sambungan/siar muai;
- i. Pelat beton acuan lantai termasuk pelat baja bergelombang; dan
- j. Elemen-elemen yang pernah dilakukan pemeliharaan berkala, perbaikan, dan perkuatan sebelumnya.

2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen sistem lantai

Penjelasan gambar kerusakan elemen-elemen sistem lantai berupa:

- a. Kode 701: Pergerakan yang berlebih arah memanjang sambungan. Kerusakan sambungan lantai memanjang banyak dijumpai pada pelebaran jembatan. Sambungan antara kedua penampang lantai mengalami kerusakan terutama karena gerakan yang tidak sama antar bangunan lama dan bangunan baru (pelebaran). Selain itu,

kerusakan ini banyak dijumpai juga pada jembatan tipe *voided slab*, dimana terjadi pergerakan arah memanjang sambungan akibat lepasnya kabel prategang lateral, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 45**;

- b. Kode 702: Lendutan yang berlebih pada struktur lantai, dimana perubahan bentuk pada struktur akibat terjadinya gaya vertikal yang diterima atau perubahan pada struktur (keruntuhan fondasi). Lendutan yang terjadi tidak boleh melebihi dari lendutan izinya. Apabila suatu struktur melewati batas yang diizinkan maka dapat timbul kerusakan pada struktur tersebut, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 46**;
- c. Kode 721: Permukaan licin. Permukaan jalan yang licin atau kegemukan adalah kondisi kerusakan yang terjadi saat temperatur naik sehingga aspal menjadi lunak dan jejak roda kendaraan akan membekas pada permukaan aspal. Kerusakan ini umumnya terjadi pada jalan aspal yang menggunakan kadar aspal yang terlalu banyak pada campuran aspal atau pada tahapan *prime coat*, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 47**;
- d. Kode 722: Permukaan yang kasar/ berlubang (*debonding*, aus) dan 722 Retak pada lapisan permukaan. Lubang pada permukaan perkerasan terjadi akibat hilangnya lapis aus dan material lapis fondasi (*base*) di jalan pendekat. Salah satu penyebab kerusakan ini antara lain air yang meresap pada retakan sehingga membuat rapuh lapisan-lapisan jalan, campuran material lapis permukaan yang kurang baik, dan beban lalu-lintas yang mengakibatkan disintegrasi lapis fondasi. Tercabutnya aspal pada lapis aus akibat melekat pada ban kendaraan. Pengausan dapat terjadi dikarenakan penggunaan agregat yang tidak tahan aus terhadap roda-kendaraan atau agregat yang tidak berbentuk cubical. Terdapat berbagai jenis retak yang terjadi pada lapis permukaan, antara lain retak buaya, retak pinggir, retak sambungan bahu, retak refleksi, retak susut, dan retak slip. Salah satu faktor penyebab terjadinya retak tersebut adalah sistem drainase jalan yang tidak baik, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 48**;
- e. Kode 722: Retak pada lapisan permukaan Terdapat berbagai jenis retak yang terjadi pada lapis permukaan, antara lain retak buaya, retak pinggir, retak sambungan bahu, retak refleksi, retak susut, dan retak slip. Salah satu faktor penyebab terjadinya retak tersebut adalah sistem drainase jalan yang tidak baik, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 48**;

- f. Kode 723: Lapis permukaan yang bergelombang dan alur dari jalur roda (*rutting*) adalah deformasi permukaan perkerasan aspal dalam bentuk turunnya perkerasan ke arah memanjang jalan pada lintasan roda kendaraan. Salah satu penyebab kerusakan ini antara lain pemadatan yang kurang baik, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 49**;
- g. Kode 724: Lapis permukaan yang berlebih terjadi jika lapisan aspal baru dihampar langsung pada lapis perkerasan lama tanpa dibuang atau dikurangi terlebih dahulu. Jika tebal tebal lapisan berlebih, maka kapasitas pikul jembatan akan berkurang. Semua jembatan harus direncanakan untuk bisa memikul beban tambahan yang berupa aspal beton setebal 50 mm untuk pelapisan kembali di kemudian hari kecuali ditentukan lain oleh instansi yang berwenang, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 50**;
- h. Kode 731: Permukaan trotoar licin. Pemeriksaan dilakukan pada permukaan trotoar yang teridentifikasi licin. Tingkat kerusakan dikategorikan R=1 jika terdapat kondisi tergelincir, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 51**;
- i. Kode 732: Lubang pada trotoar. Pengukuran kerusakan dilakukan pada trotoar yang mengalami kerusakan berupa berlubang. Jika terdapat lubang dengan kedalaman > 20 mm dikategorikan tingkat kerusakan parah dengan (R=1), sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 52**; dan
- j. Kode 733: Bagian yang hilang/tidak ada. Pemeriksaan dilakukan pada bagian trotoar dan kerb yang mempunyai bagian hilang/tidak ada. Kategori kerusakan secara struktur (S=1) dan tingkat keparahan (R=1) jika terdapat bagian yang hilang, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 53**.

3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen sistem lantai

Penerapan kriteria penilaian SRKFP elemen-elemen sistem lantai yaitu pada:

- a. Kerusakan bahan pasangan batu/bata, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 2**;
- b. Kerusakan bahan beton, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 3**;
- c. Kerusakan bahan baja, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 4**;

- d. Kerusakan bahan kayu, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 5**;
- e. Kerusakan perkuatan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 12**;
- f. Kerusakan jembatan pelat dan sistem lantai, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 17**;
- g. Kerusakan lapis permukaan/ perkerasan sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 18**;
- h. Kerusakan trotoar dan kerb sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 19**;
- i. Kerusakan drainase sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 15**;
- j. Kerusakan railing, median, dan pengaman pengguna jalan di jembatan sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 27**; dan
- k. Kriteria penilaian FP khusus untuk elemen-elemen sistem lantai yang dijelaskan pada **Tabel 20**.



Gambar 45 Ilustrasi kode kerusakan 701 Pergerakan yang berlebih arah memanjang sambungan akibat lepasnya kabel prategang lateral pada jembatan voided slab



Gambar 46 Ilustrasi Kode Kerusakan 702 Lendutan yang berlebihan



Gambar 47 Ilustrasi kode kerusakan 721 Permukaan licin



Gambar 48 Ilustrasi kode kerusakan 722 Permukaan yang kasar/berlubang (debonding, aus), Retak pada lapisan permukaan



Gambar 49 Ilustrasi kode kerusakan 723 Lapis permukaan yang bergelombang dan alur dari jalur roda (rutting)



Gambar 50 Ilustrasi kode kerusakan 724 Lapis permukaan yang berlebih



Gambar 51 Ilustrasi kode kerusakan 731 Permukaan trotoar licin



Gambar 52 Ilustrasi kode kerusakan 732 Lubang pada trotoar



Gambar 53 Ilustrasi kode kerusakan 733 Bagian yang hilang/tidak ada

Tabel 17 Kriteria penilaian kerusakan S,R, untuk Elemen Utama 3.420 Jembatan Pelat dan 3.500 Sistem Lantai

KERUSAKAN PADA 3.420 JEMBATAN PELAT DAN 3.500 SISTEM LANTAI			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
701	Pergerakan yang berlebih arah memanjang sambungan	Apa saja	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung panjang sambungan yang mengalami pergerakan yang berlebih arah memanjang	Hitung panjang total sambungan pelat atau sistem lantai total pada jembatan sesuai level pemeriksaan	Meter Panjang
702	Lendutan yang berlebihan	Apa saja	Berbahaya	≤ bentang/200 > bentang/200	Tidak parah Parah	Hitung luas pelat atau sistem lantai yang mengalami lendutan yang berlebihan	Hitung luas total pelat atau sistem lantai pada jembatan sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi

Tabel 18 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Klaster Elemen 4.111 Perkerasan fleksibel jalan pendekat, 4.112 Perkerasan kaku jalan pendekat, 4.514 Lapis Permukaan Sistem Lantai

KERUSAKAN PADA 4.111 PERKERASAN FLEKSIBEL JALAN PENDEKAT, 4.112 PERKERASAN KAKU JALAN PENDEKAT, 4.514 LAPIS PERMUKAAN SISTEM LANTAI			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
721	Permukaan licin	Apa saja	Berbahaya	Tergelincir	Parah	Hitung luas lapis permukaan sistem lantai atau perkerasan jalan pendekat yang mengalami kerusakan kode 721, 722, 723, 724	Hitung luas total lapis permukaan sistem lantai jembatan sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi
722	Permukaan yang kasar/berlubang (debonding, aus)	Apa saja	Tidak berbahaya	Sebaliknya	Tidak parah			
				≤ 20 mm dalamnya	Tidak parah			
				> 20 mm dalamnya	Parah			
723	Retak pada lapisan permukaan	Apa saja	Tidak berbahaya	≤ 20 mm dalamnya	Tidak parah			
				> 20 mm dalamnya	Parah			
724	Lapis permukaan yang bergelombang dan alur dari jalur roda (rutting)	Apa saja	Tidak berbahaya	≤ 20 mm dalamnya	Tidak parah			
				> 20 mm dalamnya	Parah			
724	Lapis permukaan yang berlebihan	Apa saja	Berbahaya	≤ 100 mm dalamnya	Tidak parah			
				≥ 100 mm dalamnya	Parah			

Tabel 19 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Klaster Elemen 4.513 Trotoar dan Kerb

KERUSAKAN PADA 4.513 TROTOAR DAN KERB			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
731	Permukaan trotoar licin	Apa saja	Berbahaya	Tergelincir (skidding) Sebaliknya	Parah Tidak parah	Hitung luas trotoar atau kerb yang licin dan/atau berlubang/ bagian yang hilang	Hitung luas total trotoar atau kerb sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi
732	Lubang pada trotoar	Apa saja	Berbahaya	≤ 20 mm dalamnya > 20 mm dalamnya	Tidak parah Parah			
733	Bagian hilang/ tidak ada	Apa saja	Berbahaya	Apa saja	Parah			

Tabel 20 Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk Elemen Utama 3.500 Sistem Lantai

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke elemen/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
3.500	Sistem Lantai	• Mentransfer beban kendaraan ke bangunan atas • Menyediakan lajur lintasan kendaraan • Menyediakan lajur pejalan kaki	Struktural	• Retak • Berlubang • Ketidakrataan permukaan	Kendaraan kurang nyaman ketika akan melewati jembatan	Signifikan
4.511 d	Pelat lantai baja orthotropic	Mentransfer beban kendaraan ke bangunan atas	Struktural	• Retak • Berlubang • Ketidakrataan permukaan • Kerusakan sistem sambungan	Kendaraan kurang nyaman ketika akan melewati jembatan	Signifikan
4.514	Lapis Permukaan Sistem Lantai	• Melindungi jalan pendekat dari rembesan air • Memberikan	Struktural	• Retak • Berlubang • Ketidakrataan permukaan	Kendaraan kurang nyaman ketika akan melewati jembatan	Signifikan
3.620	Pengaman Pengguna Jalan	• Mengarahkan lalu-lintas • Melindungi jembatan dan pejalan kaki terhadap benturan kendaraan	Struktural	• Retak • Berlubang • Kerusakan sambungan	Kendaraan kurang nyaman ketika akan melewati jembatan	Signifikan

Tabel 20 (lanjutan)

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke elemen/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
4.517	Drainase Lantai	Melancarkan pergerakan aliran air di permukaan lantai kendaraan ke drainase bangunan atas	Non Struktural	• Drainase tidak tersedia atau kurang panjang • Drainase tersumbat sehingga tidak berfungsi	Permukaan lantai jembatan menjadi licin	Sedikit Signifikan

F. Elemen-elemen sistem pengendali pergerakan jembatan (siar muai, perletakan, perlengkapan aerodinamik jembatan)

1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada sistem pengendali pergerakan jembatan (siar muai, perletakan, perlengkapan aerodinamik jembatan)

- Celah dan bagian yang terlepas;
- Ujung permukaan lantai yang berkontak dengan siar muai;
- Sambungan baut siar muai;
- Bagian konsol penahan siar muai;
- Ketinggian di atas sambungan antara elevasi jembatan dan elevasi jalan pendekat;
- Drainase siar muai;
- Permukaan siar muai;
- Permukaan perletakan;
- Sambungan baut sistem perletakan;
- Permukaan dan elemen beton pada Pendukung Landasan;
- Angkur-angkur pengikat atau penahan pergerakan jembatan;
- Permukaan dan Sambungan baut Perlengkapan Aerodinamik Bangunan Atas; dan
- Permukaan Perlengkapan Aerodinamik Permukaan Kabel Jembatan.

2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen sistem pengendali pergerakan jembatan (siar muai, perletakan, perlengkapan aerodinamis)

Penjelasan gambar kerusakan elemen-elemen sistem pengendali pergerakan jembatan berupa:

- Kode 801: Kerusakan sambungan lantai yang tidak sama tinggi. Kerusakan yang terjadi berupa beda tinggi pada sambungan lantai/siar muai. Jika terdapat perbedaan antar sambungan > 20 mm maka kerusakan ini dikategorikan parah (R=1), sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 54**;
- Kode 802: Kehilangan kemampuan bergerak. Kehilangan kemampuan bergerak pada sambungan/siar muai dapat disebabkan beberapa factor antara lain sambungan yang diberi aspal di atasnya, dan sambungan yang terisi batuan di bagian dalam atau celah antar sambungan sehingga tidak dapat bergerak/memuai, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 55**;
- Kode 803: Bagian yang longgar. Kerusakan bagian yang longgar adalah kondisi sambungan/siar muai yang mengalami gerakan. Hal ini dapat disebabkan karena hilangnya rekatan antara sambungan dan beton, seperti baut yang longgar pada sambungan dan bagian yang lepas ikatan antara sambungan dan betonnya. Bagian yang longgar umumnya terjadi pada sambungan/siar muai tipe baja, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 56**;
- Kode 804: Lepasnya ikatan merupakan bagian yang mengalami lepasnya ikatan baik di bagian siku, *elastomeric membrane* maupun plat penutup sambungan/siar muai, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 57**;
- Kode 805: Bagian yang rusak/hilang. Bagian sambungan lantai dapat merenggang dan mengalami kerusakan. Contoh kerusakan bagian yang hilang antara lain pelat penutup sambungan yang terlepas, penutup air/*elastomeric membrane* dari karet atau *neoprin* yang hilang, atau bagian sambungan/siar muai yang tidak ada atau tidak lengkap, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 58**;
- Kode 806: Retak aspal akibat pergerakan sambungan (tipe *Asphaltic Plug Joint*) umumnya pada sambungan dengan pelat geser, seringkali terjadi retak di lapisan aspal. Retak yang terjadi jika >15 mm atau sudah berkembang menjadi lubang akan menimbulkan beban kejutan dan rembesan air ke lokasi bangunan bawah,

sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 59**;

- g. Kode 601: Tidak cukupnya tempat untuk bergerak. Kehilangan kemampuan bergerak adalah kondisi dimana landasan tidak dapat bergerak, kaku atau terkekang. Dengan kondisi ini landasan atau komponen struktur yang lain lambat laun akan timbul kerusakan. Beberapa contoh kerusakan tidak cukupnya tempat untuk bergerak, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 60** antara lain:
 - i. Landasan tertahan oleh batuan atau serpihan lain di antara abutmen dan bangunan atas sehingga tidak dapat bergerak;
 - ii. Baut penahan landasan terlalu kencang sehingga tumpuan tidak dapat bergerak; dan
 - iii. Landasan yang tertutup bahan cor beton atau aspal atau bahan lain yang menyebabkan kehilangan kemampuan bergerak.
- h. Kode 602: Kedudukan landasan yang tidak sempurna. Kedudukan landasan yang tidak sempurna dapat disebabkan pemasangan saat konstruksi atau adanya pergerakan dari bangunan bawah. Kondisi ini menyebabkan penyaluran beban yang tidak merata atau terpusat dari bangunan atas ke bangunan bawah yang selanjutnya dapat berakibat pada kerusakan baik pada landasan atau komponen-komponen lain yang terhubung dengannya, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 61**;
- i. Kode 603: Mortar dasar retak atau rontok. Bila landasan tidak merata atau terkekangnya bidang gerak landasan, maka mortar landasan dapat mengalami kerusakan berupa retak atau rontok, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 62**;
- j. Kode 604: Perpindahan yang berlebihan, Perubahan (deformasi yang berlebihan). Perpindahan dan perubahan yang berlebih dapat terjadi jika landasan tidak ditempatkan dengan benar saat pembangunan atau telah terjadi gerakan yang berlebihan pada struktur jembatan (gempa, pergerakan bangunan atas, pergerakan bangunan bawah). Perubahan bentuk arah memanjang merupakan kondisi paling umum terjadi meskipun perubahan bentuk arah transversal juga bisa terjadi. Pemeriksaan tambahan harus dilakukan untuk mengecek kondisi bangunan bawah jika terdapat kerusakan perpindahan atau perubahan yang berlebih, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 63**;
- k. Kode 605: Aus karena umur, Landasan yang pecah, sobek atau retak. Kerusakan ini umumnya terjadi pada jembatan yang menggu-

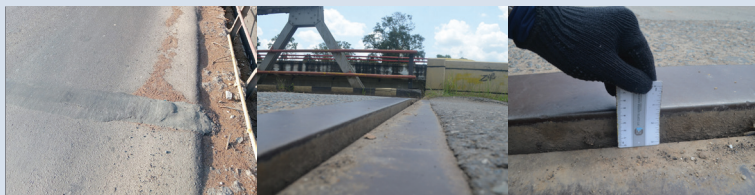
nakan landasan tipe karet. Kerusakan yang sering terjadi adalah aus, pecah, sobek, dan retak. Kondisi ini dapat disebabkan karena beberapa faktor, antara lain usia layan (umumnya landasan karet mempunyai usia layan 15-20 tahun), mutu bahan yang tidak sesuai, pemasangan, temperatur, dan beban;

- l. Kode 606: Bagian yang rusak. atau hilang atau tidak berfungsi merupakan jenis kerusakan lain yang terjadi pada elemen perletakan, seperti bagian baut pengikat yang longgar atau hilang, perletakan baja yang berkarat, landasan baja berubah bentuk dan kondisi lainnya yang tidak terdapat pada kode kerusakan perletakan; dan
- m. Kode 607: Landasan logam yang kering. Kurangnya pelumas pada landasan logam dapat menyebabkan keausan, macet dan karat akibat adanya gesekan antar permukaan logam. Penggunaan sistem pelumasan dapat memperpanjang umur pakai komponen yang saling bergesekan dan mengurangi keausan. Pelumasan pada landasan logam harus dilakukan setiap tahun.

3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen sistem pengendali pergerakan jembatan (siar muai, perletakan, perlengkapan aerodinamis)

Penerapan kriteria penilaian SRKFP elemen-elemen sistem pengendali pergerakan jembatan yaitu pada:

- a. Kerusakan bahan beton, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 3**;
- b. Kerusakan bahan baja, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 4**;
- c. Kerusakan siar muai, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 21**;
- d. Kerusakan perletakan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 22**;
- e. Kerusakan perlengkapan aerodinamis, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 12**;
- f. Kerusakan drainase, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 15**; dan
- g. Kriteria penilaian FP khusus untuk elemen-elemen sistem pengendali pergerakan jembatan yang dijelaskan pada **Tabel 23**.



Gambar 54 Ilustrasi kode kerusakan 801
Kerusakan sambungan lantai yang tidak sama tinggi



Gambar 55 Ilustrasi kode kerusakan 802
Kehilangan kemampuan bergerak



Gambar 56 Ilustrasi kode kerusakan 803 Bagian yang longgar



Gambar 57 Ilustrasi kode kerusakan 804 Lepasnya ikatan



Gambar 58 Ilustrasi kode kerusakan 805 Bagian yang rusak/hilang



Gambar 59 Ilustrasi kode kerusakan 806
Retak aspal akibat pergerakan sambungan (tipe asphaltic plug joint)



Gambar 60 Ilustrasi kode kerusakan 601
Tidak cukupnya tempat untuk bergerak



Gambar 61 Ilustrasi kode kerusakan 602
Kedudukan landasan yang tidak sempurna



Gambar 62 Ilustrasi kode kerusakan 603 Mortar dasar retak atau rontok



Gambar 63 Ilustrasi kode kerusakan 604 Perpindahan yang berlebih



Gambar 64 Ilustrasi kode kerusakan 604 Perubahan (deformasi yang berlebihan)

Tabel 21 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk
Elemen Utama 3.600 Sambungan/Siar muai
kecuali Klaster Elemen 4.607 Sistem Drainase Sambungan/Siar muai

KERUSAKAN PADA 3.600 SAMBUNGAN / SIAR MUAI KECUALI 4.607 SISTEM DRAINASE SAMBUNGAN/SIAR MUAI			S		R	K		SATUAN UKURAN	
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN		
801	Kerusakan sambungan lantai yang tidak sama tinggi	Apa saja	Tidak Berbahaya	Perbedaan level ≤ 20 mm Perbedaan level > 20 mm	Tidak parah Parah	Hitung panjang sambungan siar muai yang tidak sama tinggi dan celah yang terisi	Hitung panjang total sambungan/ siar muai yang ada pada jembatan sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Panjang	
802	Kehilangan kemampuan Bergeraknya	Apa saja	Berbahaya	Untuk bentang ≤ 25 meter Untuk bentang > 25 meter	Tidak parah Parah				
				Jika terdapat lapisan Perkerasan pada siar muai > 25 mm Sebaliknya	Parah` Tidak parah				
803	Bagian yang longgar	Apa saja	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung panjang sambungan siar muai yang longgar lepas	Hitung panjang total sambungan/ siar muai yang ada pada jembatan sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Panjang	
804	Lepasnya ikatan	Apa saja	Tidak Berbahaya	Lepas $\leq 25\%$ Lepas $> 25\%$	Tidak parah Parah	Hitung panjang sambungan siar muai aspal yang retak aspal	Hitung panjang total sambungan/ siar muai yang ada pada jembatan sesuai dengan level pemeriksaan		
805	Bagian yang rusak/hilang	Apa saja	Berbahaya	Apa saja	Parah				
806	Retak aspal akibat pergerakan sambungan (tipe Asphaltic Plug Joint)	Apa saja	Tidak Berbahaya	Retak ≤ 15 mm Retak > 15 mm	Tidak parah Parah			Meter Panjang	

Tabel 22 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.610 Perletakan

KERUSAKAN PADA 3.610 PERLETAKAN			S	PENGUKURAN	R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN				VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
601	Tidak cukupnya tempat untuk bergerak	Apa saja	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung jumlah perletakan jembatan yang tidak cukupnya tempat untuk bergerak		
				Terdapat gap $\leq 2 \text{ mm}^*$	Tidak parah			
				Terdapat gap $> 2 \text{ mm}^*$	Parah			
602	Kedudukan landasan yang tidak sempurna	Apa saja	Berbahaya	$\leq 1/2$ bagian dari tempatnya	Tidak parah	Hitung jumlah landasan yang tidak tepat dudukan		
				$> 1/2$ bagian dari tempatnya	Parah			
603	Mortar dasar retak atau rontok	Apa saja	Berbahaya	$\leq 15\%$ bagian rusak	Tidak parah	Hitung jumlah mortar di bawah landasan yang rusak		
				$> 15\%$ bagian rusak	Parah			
604	Perpindahan yang berlebihan	Apa saja	Berbahaya	Perpindahan $\leq 30 \text{ mm}$	Tidak parah	Hitung jumlah landasan yang mengalami perpindahan dan perubahan (deformasi) berlebihan	Hitung jumlah total perletakan jembatan sesuai dengan level pemeriksaan	Buah
				Perpindahan $> 30 \text{ mm}$	Parah			
	Perubahan (deformasi) yang berlebihan	Apa saja	Berbahaya	$\leq 20\%$ dari tebal landasan*	Tidak parah			
605	Aus karena umur	Apa saja	Tidak berbahaya	$\leq 25\%$ aus	Tidak parah	Hitung jumlah perletakan jembatan yang mengalami aus, pecah, sobek, retak		Buah
				$> 25\%$ aus	Parah			
	Landasan yang pecah, sobek atau retak	Apa saja	Tidak berbahaya	Apa saja	Parah			
606	Bagian yang rusak atau hilang atau tidak berfungsi	Apa saja	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung jumlah perletakan jembatan yang rusak dengan level pemeriksaan	Hitung jumlah total perletakan jembatan sesuai dengan level pemeriksaan	Buah

Tabel 22 (lanjutan)

KERUSAKAN PADA 3.610 PERLETAKAN			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
607	Landasan logam yang kering	Kurangnya pelumasan	Berbahaya	Apa saja	Parah	Hitung jumlah perletakan jembatan yang kering	Hitung jumlah total perletakan jembatan sesuai dengan level pemeriksaan	Buah

Tabel 23 Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk Elemen Utama 3.600 Sambungan / Siar muai, 3.610 Perletakan, 3.630 Perlengkapan Aerodinamik Jembatan

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke elemen/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
3.600	Sambungan / Siar muai	Memfasilitasi pergerakan ekspansi/muai dan kontraksi/ susut dari jembatan	Struktural	- Perbedaan ketinggian di atas sambungan antara elevasi jembatan dan elevasi jalan pendekat - Retak di bagian kontak ujung permukaan jembatan - Retak permukaan siar muai - Kerusakan sistem sambungan	Kendaraan kurang nyaman ketika akan melewati jembatan	Signifikan
3.610	Perletakan	Mentransfer beban	Struktural	- Deformasi yang berlebihan - Kerusakan sistem sambungan	- Retak dan pecah di bagian tembok kepala jembatan/ pilar - Siar muai yang tertekan	Signifikan
3.630	Perlengkapan Aerodinamik Jembatan	Memfasilitasi pergerakan jembatan akibat gaya angin	Struktural	- Kerusakan sistem sambungan - Kerusakan permukaan	Terganggunya pergerakan bangunan atas	Sedikit Signifikan
4.607	Drainase Sambungan/ Siar muai	Melancarkan pergerakan aliran air di permukaan lantai kendaraan ke drainase bangunan bawah	Non Struktural	- Drainase tidak tersedia atau kurang panjang - Drainase tersumbat sehingga tidak berfungsi	Rembesan pada tembok kepala jembatan/pilar	Signifikan

G. Elemen-elemen perlengkapan

1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada perlengkapan

- a. Sistem elektrik;
- b. Sistem mekanis;
- c. Celah dan bagian yang terlepas;
- d. Posisi sambungan baut dan las; dan
- e. Kabel penahan portal dan ankur;

2. Uraian gambar kerusakan elemen-elemen perlengkapan

Penjelasan gambar kerusakan elemen-elemen perlengkapan berupa:

- a. Kode 901: Bagian yang rusak atau hilang. Portal, penunjang perlengkapan dan struktur penutup jembatan merupakan fitur keamanan yang digunakan untuk mencegah jembatan mengalami kerusakan lebih lanjut. Bagian yang rusak atau hilang harus diperiksa untuk memastikan struktur elemen di atas dalam kondisi stabil, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 65**;
- b. Kode 911: Tulisan tidak jelas. Perangkat pengendali lalu lintas, penanda jembatan dan pendukung sandaran/median bersifat penting dalam membantu mengatur lalu lintas kendaraan. Elemen tersebut menjadi kurang bermanfaat jika tulisan sudah tidak terbaca/jelas dikarenakan faktor usia, paparan matahari, angin, hujan, dan aus akibat lalu lintas kendaraan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 66**;
- c. Kode 912: Bagian yang hilang atau tidak ada dapat disebabkan kerusakan akibat kecelakaan, perusakan, atau tidak dipasang/dibuat, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 67**;
- d. Kode 921: Penurunan mutu bahan/deteriorasi. Kerusakan berupa karat dan penurunan mutu cat pada tiang penerangan dan sebagainya, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 68**;
- e. Kode 922: Bagian yang hilang. Kerusakan berupa baut tiang penerangan yang hilang, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 69**;
- f. Kode 931: Tidak berfungsi, tidak sesuai penempatannya. Kerusakan tidak berfungsi merupakan hilangnya sebagian elemen

yang menyebabkan tidak membentuk suatu struktur yang utuh untuk mengamankan pengguna jalan. Kurang sesuai penempatannya adalah utilitas seperti pipa air, saluran pembuangan, saluran listrik, dan pipa bahan bakar di luar tanggungjawab otoritas jembatan yang ditempatkan/menumpang di lokasi bagian jembatan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 70**;

- g. Kode 941: Hilang/lepas merupakan kerusakan berupa hilang atau lepasnya bagian pada elemen 3.740, 3.750, 3.760 dan 3.770, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 71**; dan
- h. Kode 942: Retak/rusak/tidak berfungsi merupakan kerusakan berupa bagian yang retak, rusak atau tidak berfungsinya elemen 3.740, 3.750, 3.760 dan 3.770, sebagaimana yang dijelaskan pada **Gambar 72**.

3. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen perlengkapan

Penerapan kriteria penilaian SRKFP elemen-elemen perlengkapan yaitu pada:

- a. Kerusakan bahan pasangan batu/bata, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 2**;
- b. Kerusakan bahan beton, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 3**;
- c. Kerusakan bahan baja, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 4**;
- d. Kerusakan bahan kayu, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 5**;
- e. Kerusakan batas ukuran sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 24**;
- f. Kerusakan penanda sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 25**;
- g. Kerusakan penerangan sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 26**;
- h. Kerusakan utilitas yang menempel atau berada di dalam jembatan sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 27**;
- i. Kerusakan perlengkapan lainnya sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 28**; dan

- j. Kriteria penilaian FP khusus untuk elemen-elemen perlengkapan yang dijelaskan pada **Tabel 29**.



Minnesota DOT, 2020

Contoh penunjang perlengkapan yang rusak



BMRM FHWA, 2015

<https://jejakrekam.com/>

<https://banjarmasin.tribunnews.com/>

Contoh batas ukuran/portal rusak atau hilang

Gambar 65 Ilustrasi kode kerusakan 901 Bagian yang rusak atau hilang



Gambar 66 Ilustrasi kode kerusakan 911 Tulisan tidak jelas



Trotoar yang hilang atau tidak ada

Papan nama yang hilang atau tidak ada

Gambar 67 Ilustrasi kode kerusakan 912 Bagian yang hilang atau tidak ada

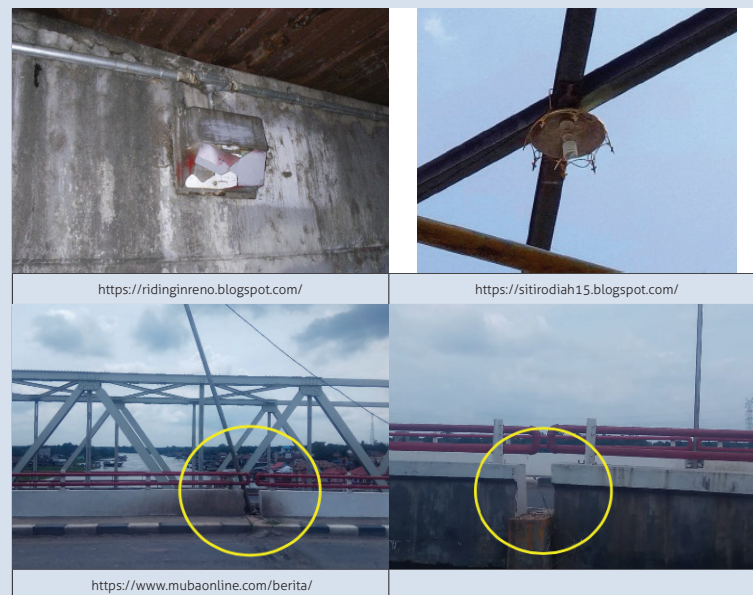


<https://www.sumselpers.com/>

<https://www.flickr.com/>

<https://pxhere.com/en/photo/836872>

Gambar 68 Ilustrasi kode kerusakan 921 Penurunan mutu bahan/deteriorasi



<https://ridinginreno.blogspot.com/>

<https://sitirodiah15.blogspot.com/>

<https://www.mubaonline.com/berita/>

Gambar 69 Ilustrasi kode kerusakan 922 Bagian yang hilang



Gambar 70 Ilustrasi kode kerusakan 931
Tidak berfungsi, tidak sesuai penempatannya



Gambar 71 Ilustrasi kode kerusakan 941 Hilang/lepas



Gambar 72 Ilustrasi kode kerusakan 942 Retak/rusak/tidak berfungsi

Tabel 24 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk
Elemen 4.711a Batas batas ukuran/ Portal,
Klaster Elemen 4.713 Penunjang perlengkapan, dan
Klaster Elemen 4.714 Struktur Penutup Jembatan

KERUSAKAN PADA 4.711a BATAS-BATAS UKURAN/ PORTAL, 4.713 PENUNJANG PERLENGKAPAN, 4.714 STRUKTUR PENUTUP JEMBATAN			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
901	Bagian yang rusak atau hilang	Apa saja	Berbahaya	Struktur tidak stabil	Parah	Hitung jumlah elemen yang rusak/hilang	Hitung jumlah total elemen yang seharusnya ada sesuai dengan level pemeriksaan	Buah
				Sebaliknya	Tidak parah			

Tabel 25 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk
Klaster Elemen 4.711 Perangkat Pengendali Lalulintas
(kecuali Elemen 4.711a), 4.712 Penanda Jembatan,
4.715 Pendukung Sandaran / Median

KERUSAKAN PADA 4.711 PERANGKAT PENGENDALI LALU LINTAS (SELAIN 4.711a), 4.712 PENANDA JEMBATAN, 4.715 PENDUKUNG SANDARAN/ MEDIAN			S		R	K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
911	Tulisan tidak jelas	Apa saja	Tidak berbahaya	> 25% tidak berfungsi ≤ 25% tidak berfungsi	Parah Tidak parah	Hitung panjang marka atau jumlah elemen yang mengalami kerusakan tulisan tidak jelas atau bagian yang hilang	Hitung panjang marka atau jumlah total elemen yang seharusnya ada sesuai dengan level pemeriksaan	Marka dalam Meter Panjang
912	Bagian yang hilang atau tidak ada	Apa saja	Tidak berbahaya	Pelat nama atau patung Sebaliknya	Parah			Klaster elemen lainnya nama dalam Buah

Tabel 26 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.720 Penerangan

KERUSAKAN PADA ELEMEN 4.721 - LAMPU, 4.722 - TIANG LAMPU DAN 4.713 - KABEL LISTRIK			S	R		K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
921	Penurunan mutu bahan/deteriorasi	Apa saja	Tidak Berbahaya	> 25% bagian ≤ 25% bagian	Parah Tidak parah	Hitung jumlah total elemen yang seharusnya ada sesuai dengan level pemeriksaan	Hitung jumlah total elemen yang seharusnya ada sesuai dengan level pemeriksaan	Buah atau elemen yang berbentuk kabel dalam Meter Panjang
922	Bagian yang hilang	Apa saja	Tidak Berbahaya	Korslet Sebaliknya	Parah Tidak parah			

Tabel 27 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.620 Pengaman Pengguna Jalan dan 3.730 Utilitas

KERUSAKAN PADA 3.620 PENGAMAN PENGGUNA JALAN DAN 3.730 UTILITAS			S	R		K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
931	Tidak berfungsi Tidak sesuai penempatannya	Apa saja	Tidak berbahaya	Apa saja	Parah Tidak parah	Hitung jumlah/panjang/luas elemen yang mengalami kerusakan tidak berfungsi atau tidak sesuai dengan level pemeriksaan	Hitung jumlah/panjang/luas total elemen yang seharusnya ada sesuai dengan level pemeriksaan	Meter Persegi atau Meter Panjang atau Buah

Tabel 28 Kriteria penilaian kerusakan S,R,K untuk Elemen Utama 3.740 Pengaman Struktur Dan Lingkungan, 3.750 SMKS (Sistem Monitoring Kesehatan Jembatan), 3.760 Perlengkapan Jembatan Gerak/Moveable Bridge, 3.770 Fasilitas Pemeriksaan Tetap, dan elemen-elemen non struktural

KERUSAKAN PADA 3.740 PENGAMAN STRUKTUR DAN LINGKUNGAN, 3.750 SMKS (SISTEM MONITORING KESEHATAN JEMBATAN), 3.760 PERLENGKAPAN JEMBATAN GERAK/MOVEABLE BRIDGE, 3.770 FASILITAS PEMERIKSAAN TETAP, DAN ELEMEN-ELEMEN NON STRUKTURAL			S	R		K		SATUAN UKURAN
KODE	JENIS KERUSAKAN	PENYEBAB KERUSAKAN	STRUKTUR	PENGUKURAN	TINGKAT KERUSAKAN	VOLUME KERUSAKAN	VOLUME TOTAL ELEMEN	
941	Hilang/lepas	Apa saja	Tidak berbahaya	Membahayakan elemen struktural Sebaliknya	Parah Tidak parah	Hitung jumlah bagian elemen yang hilang / lepas	Hitung jumlah total elemen sesuai dengan level pemeriksaan	Buah
942	Retak/rusak/tidak berfungsi	Apa saja	Tidak berbahaya	Membahayakan elemen struktural Sebaliknya	Parah Tidak parah			

Tabel 29 Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk Komponen 2.700 Perlengkapan

Kode	Level 3 (Elemen Utama) / Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke elemen/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
3.710	Perlengkapan Umum	Diuraikan lebih lanjut pada elemen-elemen di bawah ini				Diuraikan lebih lanjut pada elemen-elemen di bawah ini
4.711 d	Lampu lalu lintas	Mengatur pergerakan lalu-lintas	Non Struktural	- Ketidaktejelasan informasi yang diberikan oleh lampu lalu lintas - Fatig, retak dan bekas tabrakan pada bagian-bagian portal	Keselamatan kendaraan ketika akan masuk, melewati, dan keluar jembatan	Tidak Signifikan
4.711 b	Rambu-rambu dan tanda-tanda	Mengatur pergerakan lalu-lintas yang memberikan waktu bagi pengemudi untuk bereaksi terhadap informasi yang diberikan oleh rambu-rambu yang ada	Non Struktural	- Ketidaktejelasan informasi yang diberikan oleh rambu-rambu - Fatig, retak dan bekas tabrakan pada bagian-bagian portal	Keselamatan kendaraan ketika akan masuk, melewati, dan keluar jembatan	Tidak Signifikan

Tabel 29 (lanjutan)

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke elemen/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
4.714	Struktur Penutup Jembatan	• Melindungi pejalan kaki • Melindungi permukaan jembatan	Non Struktural	• Kerusakan permukaan • Kerusakan sambungan	Pejalan kaki dan jembatan	Tidak signifikan
4.711 a	Batas-batas ukuran / portal	Melindungi bagian terendah dari bangunan atas dari tumbukan kendaraan	Struktural	• Bagian-bagian yang mungkin tercabut • Bagian-bagian yang deformasi oleh tabrakan	Keamanan bangunan atas terhadap tabrakan kendaraan, kereta api dan kapal laut	Tidak Signifikan
4.713 4.722	Penunjang Struktur Tiang Penerangan	Menyediakan struktur bangunan yang kokoh	Struktural	• Bagian-bagian yang mungkin tercabut oleh pergerakan gaya-gaya dalam struktur pendukung akibat beban-beban lingkungan • Terdapatnya celah dukungan bagian angkur dan bagian permukaan struktur beton	Struktur bangunan perlengkapan jembatan	Kurang signifikan
3.720	Penerangan	Memberikan cahaya yang cukup untuk pengemudi kendaraan agar tidak terjadi kecelakaan	Non Struktural	• Intensitas cahaya yang tidak mencukupi terhalangi oleh Bagian-bagian yang kotor; • Bagian-bagian elektrik yang rusak yang berpotensi menghalangi fungsi penerangan; • Fatik, retak dan bekas tabrakan pada bagian-bagian struktur portal penerangan • Terjadinya sengatan listrik	Pengendara jalan dan pejalan kaki	Tidak Signifikan
3.730	Utilitas	Memfasilitasi pergerakan bahan logistik melalui struktur jembatan	Non Struktural	• Sambungan antara struktur utilitas yang ; • Rembesan air pada struktur utama • Tumpuan yang merusak struktur utama	Kinerja jangka panjang bangunan atas dan bangunan bawah	Kurang Signifikan

Tabel 29 (lanjutan)

Kode	Level 3 (Elemen Utama)/ /Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke elemen/ Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
3.740	Pengaman Struktur dan Lingkungan	Melindungi struktur jembatan	Struktural	Celah atau terlepasnya elemen dari struktur dudukannya	Kinerja jangka panjang bangunan atas dan bangunan bawah	Sedikit Signifikan
3.750	SMKS (Sistem Monitoring Kesehatan Jembatan)	Mengidentifikasi kondisi jembatan yang didapatkan dari hasil pembacaan sensor-sensor yang mencerminkan nilai-nilai beban dan respon jembatan	Non Struktural	• Celah atau terlepasnya elemen dari struktur dudukannya; • Kebocoran atau rembesan air	Identifikasi kerusakan bangunan atas dan bangunan bawah	Kurang Signifikan
3.760	Perlengkapan Jembatan Gerak/ move-able bridge	Memfasilitasi pergerakan elemen jembatan	Struktural	• Kerusakan bagian-bagian struktur bentang bergerak; • Kebocoran bagian hidrolik; • Terganggunya keutuhan kabel-kabel elektrik; • Terganggunya keutuhan bagian-bagian mekanik.	Bangunan atas	Signifikan
3.770	Fasilitas Pemeriksaan Tetap	Memfasilitasi pemeriksaan jembatan	Non Struktural	Celah atau terlepasnya elemen dari struktur dudukannya	Tidak ada	Tidak Signifikan

H. Elemen-Elemen Gorong-Gorong Dan Lintasan Basah

1. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada gorong-gorong

Elemen-elemen gorong-gorong yang penting untuk dilakukan pemeriksaan berupa:

- Bagian struktur yang mengalami tegangan gaya lentur dan gaya geser yang tinggi;
- Daerah yang terbuka untuk menjadi lembab;
- Daerah yang terbuka terhadap kemungkinan tumbukan bahan hanyutan ;

- d. Daerah yang terkena gerusan dan kerontokan/gerowongan tanah di bagian bawah gorong-gorong;
- e. Daerah ujung terjunan air termasuk apron dan tembok bawah; dan
- f. Tembok sayap.

2. Penjelasan SRKFP kerusakan gorong-gorong

Penerapan kriteria penilaian SRKFP elemen-elemen gorong-gorong yaitu pada:

- a. Kerusakan bahan beton, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 3**;
- b. Kerusakan bahan baja, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 4**;
- c. Kerusakan bahan kayu, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 5**;
- d. Kerusakan aliran sungai, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 9**;
- e. Kerusakan tanah timbunan dan kerusakan 522 untuk elemen fondasi, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 6**;
- f. Kerusakan perkuatan gorong-gorong, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 12**;
- g. Kerusakan drainase gorong-gorong, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 15**;
- h. Kerusakan lapis permukaan di atas gorong-gorong, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 18**;
- i. Kerusakan pengaman lalu lintas, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 27**; dan
- j. Kriteria penilaian FP khusus untuk elemen-elemen gorong-gorong yang dijelaskan pada **Tabel 30**.

3. Elemen-elemen penting yang harus diperiksa pada lintasan basah

Elemen-elemen lintasan basah yang penting untuk dilakukan pemeriksaan berupa:

- a. Permukaan lantai kendaraan
- b. Dasar permukaan lintasan basah
- c. Gorong-gorong pada lintasan basah

4. Penjelasan kriteria penilaian SRKFP kerusakan elemen-elemen lintasan basah

Penerapan kriteria penilaian SRKFP elemen-elemen gorong-gorong yaitu pada:

- a. Kerusakan aliran sungai, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 9**;
- b. Kerusakan lapis permukaan/ perkerasan, sebagaimana yang dijelaskan pada **Tabel 18**; dan
- c. Kriteria penilaian FP khusus untuk elemen-elemen lintasan basah yang dijelaskan pada **Tabel 31**.

Tabel 30 Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk
Komponen 2.800 Gorong-gorong

Kode	Level 3 (Elemen Utama) / / Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke elemen/Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
3.810	Tanah di dalam Struktur Gorong-gorong	- Menyediakan kerataan permukaan; - Mengurangi erosi - Membagi beban terpusat menjadi beban merata;	Struktural	- Kemungkinan melengkungnya bagian jalan dan pagar pengaman - Retak pada lapis permukaan - Tambalan pada lapis permukaan atau bukti terjadinya penurunan pada permukaan jalan pendekat - Erosi atau longsor jalan pendekat	Kenyamanan kendaraan ketika akan masuk, melewati, dan keluar jembatan	Signifikan
3.820	Gorong-gorong Persegi Boks (tipe kaku)	Menahan beban;	Struktural	Kerusakan permukaan dalam gorong-gorong seperti retak, gompal, dan berongga	- Kenyamanan kendaraan ketika akan masuk, melewati, dan keluar jembatan - Kelancaran aliran air	Signifikan
3.830	Gorong-gorong Pipa	Menahan beban;	Struktural	Kerusakan permukaan dalam gorong-gorong seperti retak, gompal, dan berongga	- Kenyamanan kendaraan ketika akan masuk, melewati, dan keluar jembatan - Kelancaran aliran air	Signifikan
3.840	Gorong-gorong Pelengkung Baja Gelombang (tipe fleksibel)	Menahan beban;	Struktural	Kerusakan permukaan dalam gorong-gorong seperti retak, gompal, dan berongga	- Kenyamanan kendaraan ketika akan masuk, melewati, dan keluar jembatan - Kelancaran aliran air	Signifikan
3.850	Struktur Pendukung Gorong-gorong	Menahan dorongan tanah	Struktural	- Penurunan tanah di dalam Struktur Gorong-gorong - Gerusan dan keron-takan/gerowongan tanah di bagian bawah gorong-gorong;	Gorong-gorong	Signifikan
3.860	Perkuatan Gorong-gorong	Memberikan tambahan atau mengembalikan kapasitas tahanan struktur gorong-gorong untuk memikul beban;	Struktural	- Lepasnya perkuatan - Kerusakan tambahan di sekitar elemen yang sudah diperkuat atau di tempat lain	Gorong-gorong	Signifikan

Tabel 30 (lanjutan)

Kode	Level 3 (Elemen Utama) / / Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen	Pengaruh ke elemen/Pelayanan jika mengalami kerusakan	Pengaruh terhadap keseluruhan jembatan (P)
4.843	Fondasi / Pelat Beton Dudukan Pelengkung Baja Gelombang	- Mentransfer beban dari bangunan di atasnya ke dalam tanah; - Meminimalkan penurunan struktur	Struktural	Pergerakan vertikal/ penurunan, pergerakan lateral, dan pergerakan rotasi	Pergerakan yang teramati pada bangunan atas dan bangunan bawah yang membahayakan keutuhan struktur gorong-gorong	Signifikan
4.824	Drainase Gorong-gorong Persegi Boks	Melancarkan pergerakan aliran air di permukaan lantai kendaraan ke drainase bangunan bawah	Non Struktural	- Drainase tidak tersedia atau kurang panjang - Drainase tersumbat sehingga tidak berfungsi	- Permukaan lantai jembatan menjadi licin - Erosi terjadi pada tanah timbunan	Sedikit signifikan
4.832	Drainase Gorong-gorong Pipa					
4.844	Drainase Gorong-gorong Pelengkung Baja Berge-lombang					

Tabel 31 Kriteria Penilaian Kerusakan F,P untuk
1.900 Lintasan Basah

Kode	Level 3 (Elemen Utama) / / Level 4 (Elemen)	Fungsi Elemen (F)	Kategori Elemen	Identifikasi kerusakan pada elemen yang terpengaruh	Pengaruh ke Komponen/Elemen Utama Lain	Nilai Pengaruh (P)
3.910	Lintasan dengan Perkerasan	Menyediakan jalur untuk kendaraan melintas	Struktural	Hambatan pada lintasan	Kendaraan tidak dapat melintas	Signifikan
3.920	Lintasan Alam (tanpa perkerasan)	Menyediakan jalur untuk kendaraan melintas	Struktural	Hambatan pada lintasan	Kendaraan tidak dapat melintas	Signifikan
3.930	Lintasan dengan struktur semi-permanen	Menyediakan jalur untuk kendaraan melintas	Struktural	Hambatan pada lintasan	Kendaraan tidak dapat melintas	Signifikan

Daftar Pustaka

Dokumen Teknis

- Introduction to Forensic Engineering, Forensic Engineering: Learning from Failures:* TU Delft, <https://ocw.tudelft.nl/courses/forensic-engineering-learning-failures/subjects/1-introduction-forensic-engineering/> [Diakses tahun 2024].
- Bahan referensi untuk manajemen terkait jembatan gantung skala kecil:* Biro Pembangunan Daerah Shikoku, Departemen Jalan, Institut Nasional untuk Laboratorium Penelitian Jembatan, Pengelolaan Lahan dan Infrastruktur. 2016. https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000717068.pdf [Diakses tahun 2024].
- Bridge Inspection Field Manual May 2020 Chapter B of the Bridge and Structure Inspection Program Manual:* Minnesota Department of Transportation. 2020.
- Bridge Inspection Manual: New York State Department of Transportation.* 2017. https://www.dot.ny.gov/divisions/engineering/structures/repository/manuals/inspection/nysdot_bridge_inspection_manual_2017_comments_allowed.pdf [Diakses tahun 2024].
- Bridge Maintenance Reference Manual:* Federal Highway Administration. 2015. <https://www.fdot.gov/maintenance/bmrm.shtm>
- Bridge Management System (BMS) Panduan Pemeriksaan Jembatan,* SMEC-Kinhill Joint Venture: Direktorat Jenderal Bina Marga – Australian International Development Assistance Bureau, May 1993.
- Bridge Inspection and Diagnosis Manual:* Japan International Cooperation Agency. 2017
- Colorado Structure Element Level Coding Guide:* Colorado Department of Transportation. 2021. <https://www.codot.gov/programs/bridge/bridge-manuals/inspection-code-guide/colorado-structure-element-level-coding-guide-v1-2-2021-08-20.pdf> [Diakses tahun 2024].
- Daley, D. , *Course No: Bo3-007 Failure Modes and Failure Mechanisms:* Continuing Education and Development, Inc. <https://www.cedengineering.com/userfiles/Failure%20Modes%20and%20Failure%20Mechanisms%20R1.pdf> [Diakses tahun 2024].
- Inspection Manual for Bridge Principal:* Japan International Co-orporation Agency. 2024. https://transport.go.ke/sites/default/files/road-manuals/01-INSPECTION_MANUAL_FOR_BRIDGES_EDITION_1.pdf [Diakses tahun 2024].
- Michigan Bridge Element Inspection Manual:* Michigan Department of Transportation. 2015.
- Manual of Bridge Inspection:* Ohio Department of Transportation. 2014.
- Manual of Bridge Inspection:* Ohio Department of Transportation. 2021.
- Radomski, W., *Bridge Rehabilitation:* Imperial College Press, 2002.
- Specifications for the National Bridge Inventory:* Federal Highway Administration. 2022. https://www.fhwa.dot.gov/bridge/snbi/snbi_march_2022_publication.pdf [Diakses tahun 2024].

- Structure Inspection Field Manual:* Wisconsin Department of Transportation, 2020.
- 2019 Interim Structure Inspection Field Manual:* Wisconsin Department of Transportation, 2019.
- Structure Inspection Manual:* Wisconsin Department of Transportation, 2017.
- Timber Bridge Maintenance Manual Part One - Background:* Queensland Government. 2019. <https://www.tmr.qld.gov.au/business-industry/technical-standards-publications/timber-bridge-maintenance-manual> [Diakses: 2024].
- Washington State Bridge Inspection Manual:* Washington State Department of Transportation. 2023. <https://wsdot.wa.gov/engineering-standards/all-manuals-and-standards/manuals/bridge-inspection-manual> [Diakses: 2024].

Situs Referensi Foto

- Barman, B., *Failure of Reinforced Earth Wall || Causes of RE Wall Failure*, <https://roadandbridgedesign.blogspot.com/2023/02/failure-of-reinforced-earth-wall-causes.html> [Diakses: 2024].
- Distress Painted Wood.* <https://www.alamy.com/stock-photo-distress-painted-wood-101344055.html> [Diakses: 2024].
- Kempton, et.al., *The Long Term Performance Of Polymeric Reinforced Walls Under Static And Seismic Conditions*, EuroGeo4 Paper number 181, 2008 [Diakses: 2024].
- Lampu Penerangan Jembatan Air Lalan Bayung Lencir Tak Lagi Menyala, Salah Satu Tiangnya Hilang.* 2020. <https://www.mubaonline.com/berita/lampu-penerangan-jembatan-air-lalan-bayung-lencir-tak-lagi-menyala-salah-satu-tiangnya-hilang-mubaz62hr> [Diakses: 2024].
- Lima, A.J.M., de Brito, J., 2006. *Road Bridge Expansion Joints: Existing Systems and Most Common Defects*, Conference: Third International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS' 06) At: Porto, Portugal. https://www.researchgate.net/figure/Cracking-in-an-asphaltic-plug-joint_fig1_283255153 [Diakses: 2024].
- Lampu Penerangan Jalan dan Jembatan Komerling Lima Desa Kotanegara Butuh Perhatian.* <https://www.sumselpers.com/2023/12/lampu-penerangan-jalan-dan-jembatan.html> [Diakses: 2024].
- Managing Bleeding and Flushing in Asphalt Pavements.* 2021: Pavement Management Services <https://www.pavement.com.au/news/managing-bleeding-and-flushing-in-asphalt-pavements> [Diakses: 2024].
- Nugroho, E. *Portal Jembatan Sungai Alalak II Batola Hancur, Dulu Pernah Rusak Ditabrak Mobil Box*, 2019. <https://banjarmasin.tribunnews.com/2019/12/03/portal-jembatan-sungai-alalak-ii-batola-hancur-dulu-pernah-rusak-ditabrak-mobil-box> [Diakses: 2024].
- Novit, E, Pratama, A., *Aspal Jalan di Banjarnegara Meleleh, Sejumlah Pengguna Jalan Terjatuh.* 2023. <https://cilacap.inews.id/read/265537/aspal-jalan-di-banjarnegara-meleleh-sejumlah-pengguna-jalan-terjatuh> [Diakses: 2024].
- Belzona Reduces Downtime for Concrete Bridge Expansion Joint Repairs.* https://khia.belzona.com/khia/Belzona_Reduces_Downtime_for_Concrete_Bridge_Expansion_Joint_Repairs [Diakses: 2024].

- Riyadi, A., *Lagi, Portal Jembatan Sei Alalak 2 Rusak Ditabrak Truk, Bahayakan Pengguna Jalan*. 2021. <https://jejakrekam.com/2021/06/16/lagi-portal-jembatan-sei-alalak-2-rusak-ditabrak-truk-bahayakan-pengguna-jalan/> [Diakses: 2024].
- Under bridge lighting....a comparative study*. 2012. <https://ridinginreno.blogspot.com/2012/02/under-bridge-lightinga-comparative.html> [Diakses: 2024].
- Mengenal Struktur Pada Jembatan*, 2019 <https://sitirodiah15.blogspot.com/2019/03/mengenal-struktur-pada-jembatan.html> [Diakses: 2024].
- <https://pxhere.com/en/photo/836872> [Diakses: 2024].
- <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photography-moss-covered-railing-overgrowing-cement-image38247047> [Diakses: 2024].
- <https://www.dreamstime.com/broken-road-bridge-big-crack-bottom-broken-road-bridge-big-crack-image115263195> [Diakses: 2024].
- <https://www.dreamstime.com/old-weathered-wooden-plank-looking-like-side-face-eye-mouth-fence-shape-sideview-figure-image227440502> [Diakses: 2024].
- <https://www.flickr.com/photos/stonebird/67021740/in/photostream/> [Diakses: 2024].
- <https://www.istockphoto.com/id/foto/tekstur-latar-belakang-dinding-grunge-beton-tua-gm510227245-46158472> [Diakses: 2024].

ISBN 978-979-8230-95-0



9 789798

230950