



PEDOMAN

No. 02 /P /BM /2025

Bidang Jalan

SISTEM PEMELIHARAAN JALAN KOTA (*CITY ROAD MANAGEMENT SYSTEM*)



K E M E N T E R I A N P E K E R J A A N U M U M
D I R E K T O R A T J E N D E R A L B I N A M A R G A



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

Jalan Pattimura No. 20, Selong Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12110, Telp. (021) 7203165

Yth.

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

SURAT EDARAN
NOMOR: 02/SE/Db/2025
TENTANG
PEDOMAN SISTEM PEMELIHARAAN JALAN KOTA
(*CITY ROAD MANAGEMENT SYSTEM*)

A. Umum

Bahwa pemeliharaan jalan merupakan kegiatan penanganan jalan, berupa pencegahan, perawatan, dan perbaikan yang dilakukan untuk mempertahankan kondisi jalan agar tetap berfungsi secara optimal melayani lalu lintas sehingga umur rencana yang ditetapkan dapat tercapai.

Bahwa dalam rangka mendukung penyelenggaraan Manajemen Aset Prasarana Jalan di Direktorat Jenderal Bina Marga khususnya untuk jalan kota yang menggunakan *City Road Management System* (CRMS), diperlukan pedoman Sistem Pemeliharaan Jalan Kota (*City Road Management System*) sebagai acuan yang komprehensif tentang pengoperasian Sistem CRMS, prosedur pelaksanaan inspeksi, prosedur pembuatan anggaran, dan metode pemeliharaan jalan untuk jalan kota.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, perlu menetapkan Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga tentang Pedoman Sistem Pemeliharaan Jalan Kota (*City Road Management System*).

B. Dasar Pembentukan

1. Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 132, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4444) sebagaimana telah beberapa kali diubah terakhir dengan Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Perubahan Kedua Atas Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2022 Nomor 12, Tambahan Lembaran Negara Nomor 6760);
2. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 244, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5587) sebagaimana telah beberapa kali diubah terakhir dengan Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja



- menjadi Undang-Undang (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2023 Nomor 41, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6856);
3. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4655);
 4. Peraturan Pemerintah Nomor 12 Tahun 2019 tentang Pengelolaan Keuangan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 42, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6322);
 5. Peraturan Presiden Nomor 88 Tahun 2019 tentang Petunjuk Teknis Dana Alokasi Khusus Fisik Tahun Anggaran 2020 (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2019 Nomor 257);
 6. Peraturan Presiden Nomor 170 Tahun 2024 tentang Kementerian Pekerjaan Umum (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 366);
 7. Keputusan Presiden Nomor 28/TPA Tahun 2025 tentang Perberhentian dan Pengangkatan dari dan dalam Jabatan Pimpinan Tinggi Madya di Lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum;
 8. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 612);
 9. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 5 Tahun 2023 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Perencanaan Teknis Jalan (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2023 Nomor 372);
 10. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 1 Tahun 2024 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 955);
 11. Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 16.1/SE/Db/2020 tentang Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2);
 12. Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 01/SE/Db/2021 tentang Pedoman Survei Pengumpulan Data Kondisi Jaringan Jalan;
 13. Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 15/SE/Db/2024 tentang Manual Desain Perkerasan Jalan 2024.

C. Maksud dan Tujuan

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai panduan yang komperhensif terkait dengan pengoperasian Sistem CRMS, prosedur pelaksanaan inspeksi, prosedur pembuatan anggaran, dan metode pemeliharaan jalan untuk jalan kota bagi pihak-pihak yang terlibat secara langsung baik dalam pekerjaan inspeksi, penyusunan anggaran pemeliharaan, dan konstruksi pemeliharaan, maupun terlibat dalam pengawasan dan konfirmasi rencana anggaran pemeliharaan jalan kota.

Surat Edaran ini bertujuan agar penyelenggaraan manajemen aset prasarana jalan di Direktorat Jenderal Bina Marga, khususnya untuk Jalan Kota dapat berjalan efektif dan efisien, seiring dengan pesatnya perkembangan infrastruktur jalan yang membutuhkan sistem pemeliharaan terstruktur dan terstandardisasi.



D. Ruang Lingkup

Lingkup Surat Edaran ini mengatur tentang pemeliharaan jalan kota menggunakan sistem CRMS meliputi pembahasan aplikasi sistem CRMS (termasuk didalamnya *Data Processing System – International Roughness Index* dan *Visual Inspection System*) penggunaan aplikasi sistem CRMS, peran personel dalam pengoperasian dan pengelolaan, peralatan dan perlengkapan untuk pengoperasian, tata cara dan ketentuan inspeksi jalan, alur kerja penyusunan anggaran, serta metode pemeliharaan jalan daerah.

E. Pengaturan Sistem Pemeliharaan Jalan Kota (*City Road Management System*)

Ketentuan mengenai sistem pemeliharaan jalan kota (*city road management system*), meliputi:

1. Ketentuan Umum

Bagian ketentuan umum meliputi pengaturan tentang:

- a. gambaran umum dan tahapan pengoperasian CRMS;
- b. kebutuhan personel pengelolaan CRMS;
- c. perangkat dalam pengelolaan CRMS; dan
- d. siklus pemeliharaan jalan daerah.

2. Ketentuan Teknis

Bagian ketentuan teknis meliputi pengaturan tentang:

- a. antarmuka aplikasi;
- b. inspeksi jalan;
- c. survei IRI;
- d. survei *screening*;
- e. inspeksi visual;
- f. verifikasi lapangan;
- g. alur kerja umum penyusunan anggaran;
- h. detail dan tindakan preventif dalam pekerjaan manajemen pemeliharaan perkerasan;
- i. hal-hal yang perlu diperhatikan untuk *overlay* beton aspal (AC); dan
- j. campuran aspal dan desain campuran (*mix design*).

3. Prosedur

Bagian prosedur meliputi pengaturan tentang:

- a. tata cara dan ketentuan pelaksanaan survei IRI dengan kendaraan;
- b. prosedur langkah demi langkah dalam merumuskan rencana jangka menengah;
- c. prosedur langkah demi langkah untuk menyusun rencana tahunan;
- d. perumusan proyek kandidat dan penyerahan permintaan anggaran;
- e. pelaksanaan rencana tahunan; dan
- f. pengawasan rencana pemeliharaan.

Ketentuan lebih rinci mengenai sistem pemeliharaan jalan kota (*city road management system*) termuat dalam Lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Surat Edaran Direktur Jenderal ini.

F. Penutup

Surat Edaran Direktur Jenderal ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

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

Tembusan:

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

Ditetapkan di Jakarta

Pada tanggal 12 Februari 2025

DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA,


ROY RIZALI ANWAR

NIP 198104302003121006

PRAKATA

Pedoman Sistem Pemeliharaan Jalan Kota (*City Road Management System, CRMS*) yang selanjutnya disebut Pedoman CRMS ini disusun sebagai panduan komprehensif bagi seluruh pihak yang terlibat dalam kegiatan pemeliharaan jalan kota. Tujuannya adalah untuk memastikan pelaksanaan tugas dan tanggung jawab berjalan lebih efektif dan efisien, seiring dengan pesatnya perkembangan infrastruktur jalan yang membutuhkan sistem pemeliharaan terstruktur dan terstandardisasi. Pedoman ini mencakup pembahasan aplikasi CRMS (termasuk aplikasi *Data Processing System – International Roughness Index* atau disingkat DPS-IRI dan aplikasi *Visual Inspection System* atau disingkat VIS), tata cara inspeksi jalan, tata cara penganggaran, dan metode pemeliharaan jalan dalam kerangka ekosistem CRMS.

Pembuatan pedoman ini merupakan hasil dari kerja sama antara *Japan International Cooperation Agency (JICA)* dengan Kementerian Pekerjaan Umum melalui Pusat Fasilitas Infrastruktur Daerah (PFID) sebagai pembuat keputusan anggaran Dana Alokasi Khusus (DAK) untuk jalan daerah serta Direktorat Jenderal Bina Marga sebagai regulator yang menetapkan standardisasi teknis dalam hal ini khususnya adalah preservasi jalan. Pedoman ini juga mengintegrasikan pengetahuan dari literatur otoritatif Jepang dan Amerika Serikat, manual dan pedoman eksisting, serta pengalaman dari proyek percontohan JICA di Indonesia sehingga diharapkan dapat menjadi rujukan resmi bagi insinyur jalan di Indonesia dalam upaya meningkatkan kualitas pemeliharaan jalan daerah.

Semoga pedoman ini dapat memberikan manfaat yang besar bagi peningkatan kualitas jalan dan keselamatan pengguna jalan. Akhir kata, kami menyadari bahwa pedoman ini masih memiliki kekurangan dan perlu penyempurnaan di masa mendatang. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan masukan dan saran yang konstruktif dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan pedoman ini.

Jakarta, 12 Februari 2025

Direktur Jenderal Bina Marga,



Roy Rizali Anwar



DAFTAR ISI

Prakata.....	ii
Daftar Isi.....	III
Daftar Tabel.....	VI
Daftar Gambar	VII
Pendahuluan.....	X
1. Ruang Lingkup	1
2. Acuan Normatif.....	1
3. Istilah dan Definisi	2
4. Ketentuan Umum.....	8
4.1. Gambaran Umum dan Tahapan Pengoperasian CRMS.....	8
4.1.1. Manajemen Inventaris Jalan dan Fasilitas Jalan.....	9
4.1.2. Sistem Inspeksi Jalan.....	10
4.1.3. Perencanaan Pemeliharaan	15
4.1.4. Pemantauan dan Laporan	17
4.2. Kebutuhan Personel Pengelolaan CRMS	17
4.3. Perangkat dalam Pengelolaan CRMS.....	19
4.3.1. Spesifikasi Aplikasi dan Komponen Program CRMS	19
4.3.2. Instalasi Aplikasi	20
4.3.3. Perlengkapan dan Peralatan pada Inspeksi Jalan.....	20
4.4. Siklus Pemeliharaan Jalan Daerah.....	21
4.4.1. Siklus PDCA untuk Manajemen dan Pemeliharaan Jalan.....	21
4.4.2. Pemeliharaan Jalan.....	22
5. Ketentuan Teknis	24
5.1. Antarmuka Aplikasi	24
5.1.1. Antarmuka Aplikasi CRMS	24
5.1.2. Antarmuka Aplikasi DPS-IRI.....	29
5.1.3. Antarmuka Aplikasi VIS	30
5.2. Inspeksi Jalan.....	31
5.2.1. Alur Kerja	32
5.2.2. Hubungan Data Antar Langkah	33
5.2.3. Data Inventaris Jalan.....	34
5.2.4. Jadwal Inspeksi Perkerasan Jalan	34
5.2.5. Rencana Survei.....	35
5.2.6. Manajemen Keselamatan.....	36
5.2.7. Pekerjaan Lapangan	38
5.2.8. Laporan Kerja Harian	39
5.2.9. Evaluasi Kerusakan.....	39
5.3. Survei IRI.....	40
5.3.1. Alur Kerja	40
5.3.2. Pekerjaan Lapangan	40
5.3.3. Pengukuran dengan Kendaraan.....	41
5.3.4. Pemrosesan DPS-IRI	41
5.3.5. Apa yang ditunjukkan oleh IRI	42
5.4. Survei <i>Screening</i>	42
5.4.1. Alur Kerja	42



5.4.2. Tingkat Prioritas Survei <i>Screening</i>	43
5.5. Inspeksi Visual.....	43
5.5.1. Alur Kerja	43
5.5.2. Pekerjaan Lapangan	44
5.6. Verifikasi Lapangan	46
5.6.1. Alur Kerja	46
5.6.2. Pekerjaan Lapangan	47
5.7. Alur Kerja Umum Penyusunan Anggaran.....	48
5.8. Detail dan Tindakan Preventif dalam Pekerjaan Manajemen Pemeliharaan Perkerasan	51
5.8.1. Pengabutan Aspal Emulsi (<i>Fog Seal</i>)	51
5.8.2. Laburan Aspal – <i>Asphalt Sealing (Seal Coats)</i>	52
5.8.3. Laburan Aspal – <i>Chip Seal</i> (Perawatan Permukaan).....	52
5.8.4. <i>Slurry Aspal</i>	53
5.8.5. <i>Micro Surfacing</i>	55
5.8.6. Lapis Tipis Beton Aspal (<i>Carpet-Coat</i>).....	56
5.8.7. Penggantian Lokal (<i>Local Replacement</i>) Perkerasan Beton Semen.....	57
5.8.8. Penggantian Penuh (<i>Full Replacement</i>) Beton Semen.....	58
5.8.9. Perkuatan Dowel (<i>Dowel Retrofit</i>)	60
5.8.10. Segel Sambungan dan Retakan.....	60
5.8.11. Stabilisasi dan Pemulihan	63
5.8.12. Daur Ulang Lapis Fondasi di tempat.....	64
5.8.13. Penggantian Beton Aspal (<i>AC Replacement</i>)	66
5.8.14. <i>Overlay</i> Beton Aspal (<i>AC Overlay</i>)	73
5.8.15. <i>Mill</i> dan <i>Overlay</i> (Penggantian Lapis Permukaan dan Lapis Pengikat)	76
5.9. Hal – Hal yang perlu Diperhatikan untuk <i>Overlay</i> Beton Aspal (AC).....	77
5.9.1. Persiapan Sebelum <i>Overlay</i>	77
5.9.2. Pemadatan.....	79
5.9.3. Sambungan.....	83
5.9.4. Tampilan Permukaan Perkerasan.....	85
5.10. Campuran Aspal dan Desain Campuran (<i>Mix Design</i>)	86
5.10.1. Jenis Campuran Aspal.....	86
5.10.2. Pengujian Aspal	87
5.10.3. Desain Campuran <i>Marshall</i>	91
5.10.4. Hal yang perlu Diperhatikan dan Penyebab Kegagalan.....	94
6. Prosedur.....	98
6.1. Tata Cara dan Ketentuan Pelaksanaan Survei IRI dengan Kendaraan	98
6.1.1. Garis Besar	98
6.1.2. Kewajiban dan Peran, Pertimbangan	98
6.1.3. Alur Kerja	98
6.1.4. Registrasi/Pembaruan Inventaris Jalan	100
6.1.5. Rencana Survei.....	100
6.1.6. Persiapan/Pelaksanaan.....	100
6.1.7. Pengukuran dengan Kendaraan.....	101
6.1.8. Pemrosesan IRI menggunakan [DPS-IRI]	105
6.1.9. Keabsahan/Validasi Nilai IRI.....	105
6.2. Prosedur Langkah Demi Langkah dalam Merumuskan Rencana Jangka Menengah	106



6.2.1. Alur Umum	106
6.2.2. Persiapan	106
6.2.3. Inspeksi Jalan	107
6.2.4. Perencanaan Pemeliharaan	107
6.3. Prosedur Langkah Demi Langkah untuk Menyusun Rencana Tahunan	109
6.3.1. Alur Umum	109
6.3.2. Persiapan	110
6.3.3. Konfirmasi Daftar Rencana Jangka Menengah	110
6.3.4. Verifikasi Lapangan	110
6.3.5. Perencanaan Pemeliharaan Tahunan.....	111
6.4. Perumusan Proyek Kandidat dan Penyerahan Permintaan Anggaran	112
6.4.1. Perumusan Proyek Kandidat.....	112
6.4.2. Penyerahan Permintaan Anggaran.....	112
6.4.3. Dana Alokasi Khusus (DAK).....	112
6.4.4. Dana Provinsi.....	113
6.4.5. Pendapatan Asli Daerah (PAD) dan Dana Alokasi Umum (DAU).....	113
6.5. Pelaksanaan Rencana Tahunan	114
6.5.1. Persiapan Rencana Implementasi.....	114
6.5.2. Implementasi Rencana Pemeliharaan Tahunan.....	115
6.5.3. Desain Terperinci.....	115
6.5.4. Metode Pengadaan	115
6.5.5. Pengawasan dan <i>Monitoring</i>	115
6.5.6. Evaluasi dan Pelaporan.....	116
6.6. Pengawasan Rencana Pemeliharaan	116
6.6.1. Rencana Jangka Menengah.....	116
6.6.2. Rencana Tahunan	116
6.6.3. Pekerjaan Pemeliharaan yang Tidak Direncanakan	116
Bibliografi	117
Daftar Penyusun dan Unit Kerja Pemrakarsa	118
Lampiran A - (Informatif) Definisi Kerusakan Jalan Beraspal.....	119
Lampiran B - (Informatif) Definisi Kerusakan Fasilitas Jalan.....	131
Lampiran C - (Normatif) Jenis dan Tingkat Keparahan Kerusakan	136
Lampiran D - (Informatif) Konfigurasi Modul IRI.....	141
Lampiran E - (Informatif) Format Laporan dan Tabel	167
Lampiran F - (Informatif) Refleksi dari <i>Pilot Project</i>	16871



DAFTAR TABEL

Tabel 1 – Tugas personel dalam inspeksi jalan.....	18
Tabel 2 – Konfigurasi perangkat keras android untuk VIS.....	19
Tabel 3 – Konfigurasi perangkat keras PC untuk DPS-IRI	19
Tabel 4 – Perlengkapan untuk aktivitas inventaris dan inspeksi.....	20
Tabel 5 – Perangkat lunak untuk aktivitas pengolahan data IRI, survei <i>screening</i> dan inspeksi	20
Tabel 6 – Definisi PDCA dalam manajemen dan pemeliharaan jalan.....	21
Tabel 7 – Jenis pekerjaan pemeliharaan	22
Tabel 8 – Deskripsi hubungan data antar langkah	33
Tabel 9 – Jadwal rencana inspeksi perkerasan	35
Tabel 10 – Ceklis sebelum pekerjaan inspeksi jalan	38
Tabel 11 – Pelaksana survei IRI	41
Tabel 12 – Pelaksana inspeksi visual	44
Tabel 13 – Pelaksana verifikasi lapangan	47
Tabel 14 – Ketebalan nominal minimum campuran aspal	87
Tabel 15 – Amplop gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal	87
Tabel 16 – Penyebab dan akibat ketidakstabilan perkerasan	95
Tabel 17 – Sebab dan akibat kurangnya durabilitas.....	95
Tabel 18 – Sebab dan akibat permeabilitas	95
Tabel 19 – Sebab dan akibat permeabilitas	96
Tabel 20 – Sebab dan akibat permasalahan ketahanan fatik yang buruk	96
Tabel 21 – Sebab dan akibat permasalahan <i>skid resistance</i> yang buruk	97
Tabel 22 – Kriteria perencanaan survei	100
Tabel 23 – Ceklis persiapan survei	101
Tabel 24 – Pengaturan kamera aksi	103
Tabel 25 – Definisi kerusakan jalan beraspal (retak/retak).....	119
Tabel 26 – Definisi kerusakan jalan beraspal (retak/retak melintang).....	120
Tabel 27 – Definisi kerusakan jalan beraspal (retak/retak memanjang)	121
Tabel 28 – Definisi kerusakan jalan beraspal (lubang).....	122
Tabel 29 – Definisi kerusakan jalan beraspal (alur).....	123
Tabel 30 – Definisi kerusakan jalan beraspal (sungkur).....	124
Tabel 31 – Definisi kerusakan jalan beraspal (pelepasan butir)	125
Tabel 32 – Definisi kerusakan jalan beraspal (kegemukan)	126
Tabel 33 – Definisi kerusakan jalan beraspal (kerusakan tepi).....	127
Tabel 34 – Definisi kerusakan jalan beraspal (keriting)	128
Tabel 35 – Definisi kerusakan jalan beraspal (gangguan).....	129
Tabel 36 – Definisi kerusakan fasilitas jalan (drainase).....	131
Tabel 37 – Definisi kerusakan fasilitas jalan (trotoar)	132
Tabel 38 – Definisi kerusakan fasilitas jalan (jalur sepeda).....	133
Tabel 39 – Definisi kerusakan fasilitas jalan (lubang resapan).....	134
Tabel 40 – Definisi kerusakan fasilitas lampu jalan	135



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 – Diagram aktivitas pemeliharaan jalan dengan CRMS	8
Gambar 2 – Bagian-bagian fasilitas jalan	10
Gambar 3 – Sistem inspeksi jalan	11
Gambar 4 – Pemasangan kamera aksi pada kendaraan	11
Gambar 5 – Model <i>quarter-car</i>	12
Gambar 6 – <i>Output</i> nilai IRI per-basis segmen	13
Gambar 7 – <i>Output</i> visual gambar perdetik	13
Gambar 8 – Proses data <i>sharing</i> antara VIS dan CRMS	14
Gambar 9 – Perkiraan deteriorasi pada CRMS	16
Gambar 10 – Personel Pengelolaan CRMS	17
Gambar 11 – Siklus PDCA dalam manajemen dan pemeliharaan jalan	21
Gambar 12 – <i>Dashboard</i> aplikasi CRMS	24
Gambar 13 – Daftar inventaris jalan	25
Gambar 14 – Jendela editing geometri	25
Gambar 15 – Daftar seksi jalan	26
Gambar 16 – Daftar segmen jalan	26
Gambar 17 – Detail segmen jalan	27
Gambar 18 – Registrasi median jalan pada fasilitas jalan	27
Gambar 19 – Modul peta CRMS	30
Gambar 20 – Survei <i>screening</i>	30
Gambar 21 – Menu <i>Project</i> – Data <i>editing</i> pada DPS-IRI	29
Gambar 22 – Menu data master – database jalan	30
Gambar 23 – Tampilan utama VIS	31
Gambar 24 – Alur kerja inspeksi jalan	32
Gambar 25 – Hubungan data antar langkah	33
Gambar 26 – Contoh peta rute survei	36
Gambar 27 – Rambu survei untuk pekerjaan survei IRI (penempatan bumper belakang kendaraan)	37
Gambar 28 – Rambu survei untuk pekerjaan inspeksi visual/verifikasi lapangan	37
Gambar 29 – Skala tingkat kerusakan	39
Gambar 30 – Alur kerja kegiatan survei IRI	40
Gambar 31 – Alur kerja kegiatan survei <i>screening</i>	43
Gambar 32 – Alur kerja kegiatan inspeksi visual	44
Gambar 33 – Bagian fasilitas jalan pada potongan jalan	45
Gambar 34 – Alur kerja kegiatan verifikasi lapangan	47
Gambar 35 – Alur kerja umum CRMS	49
Gambar 36 – Alur umum untuk penganggaran DAK	50
Gambar 37 – Jadwal untuk penganggaran DAK	50
Gambar 38 – Alur kerja umum dan jadwal anggaran untuk dana Provinsi	50
Gambar 39 – Alur kerja umum dan jadwal anggaran untuk PAD/DAU (Sukabumi)	51
Gambar 40 – Alur kerja umum dan jadwal anggaran untuk PAD/DAU (Tebing Tinggi)	51
Gambar 41 – Implementasi <i>fog seal</i>	52
Gambar 42 – Pekerjaan <i>chip seal</i> (kiri); Pekerjaan <i>chip seal</i> menggunakan mesin khusus (kanan)	52
Gambar 43 – Mesin <i>slurry seal</i>	54



Gambar 44 – Diagram alir dari tipikal mesin <i>mixer slurry seal</i>	55
Gambar 45 – Contoh struktur alat <i>paver</i> khusus.....	56
Gambar 46 – Implementasi <i>micro surfacing</i>	56
Gambar 47 – Pekerjaan lapis tipis beton aspal (<i>carpet-coat</i>).....	57
Gambar 48– Penggantian lokal pada tepi (atas); Penggantian lokal pada bagian dengan retakan transversal (bawah).....	58
Gambar 49 – Contoh tulangan untuk retak memanjang.....	60
Gambar 50 – Betuk parit/celah untuk menutup retakan progresif pada perkerasan beton	61
Gambar 51 – Injeksi <i>sealant</i>	62
Gambar 52 – Injeksi <i>sealant</i>	62
Gambar 53 – Injeksi <i>sealant</i> berbasis resin	62
Gambar 54 – Susunan lubang injeksi	63
Gambar 55 – Nozel injeksi aspal	64
Gambar 56 – Mengangkat <i>slab</i> beton.....	64
Gambar 57 – Contoh stabilisasi menggunakan perkerasan eksisting	66
Gambar 58– Prosedur tanpa <i>pretreatment</i> (stabilisasi daur ulang semen dan bitumen di tempat).....	66
Gambar 59 – Pemotongan perkerasan.....	69
Gambar 60 – Pembongkaran perkerasan (dengan mesin pemotong jalan)	70
Gambar 61 – Pembongkaran perkerasan (dengan mesin <i>crusher</i>)	70
Gambar 62 – Ekskavasi perkerasan.....	70
Gambar 63 – Konstruksi <i>subgrade</i> (dengan mesin <i>roller</i>).....	70
Gambar 64 – Konstruksi lapis pondasi (dengan mesin <i>spreader</i>).....	71
Gambar 65 – Konstruksi lapis pondasi (dengan mesin <i>roller</i>).....	71
Gambar 66 – Konstruksi lapis pondasi (pemadatan pada tepi).....	71
Gambar 67 – Aplikasi emulsi (dengan mesin <i>sprayer</i>).....	72
Gambar 68 – Mesin <i>paving</i> (penghamparan)	72
Gambar 69 – Pemadatan (dengan <i>roller Makadam</i>).....	72
Gambar 70 – Pemadatan (dengan <i>roller</i> ban pneumatik)	73
Gambar 71 – Pembersihan permukaan jalan (dengan <i>road sweeper</i>).....	74
Gambar 72 – Pengaplikasian <i>tack coat</i> (dengan mesin <i>distributor</i>)	75
Gambar 73 – <i>Overlay</i> (dengan mesin/alat penghampar)	75
Gambar 74 – <i>Overlay</i> (dengan <i>roller</i>)	75
Gambar 75 – Contoh <i>run-off</i> di sekitar struktur tepi jalan.....	76
Gambar 76 – Contoh <i>run-off</i> di sekitar titik awal dan akhir jalur kendaraan utama.....	76
Gambar 77 – <i>Cutting</i>	77
Gambar 78 – Pertimbangan desain untuk konstruksi <i>baji leveling (wedges leveling)</i>	78
Gambar 79 – Contoh metode pemadatan dengan mesin <i>roller</i>	80
Gambar 80 – Pemadatan pada sambungan panas longitudinal.....	82
Gambar 81 – Contoh sambungan longitudinal pada setiap lapisan	83
Gambar 82 – <i>Overlapping</i> sambungan longitudinal	84
Gambar 83 – Pemadatan sambungan longitudinal	84
Gambar 84 – Sambungan transversal <i>bulkhead</i> (sisi kiri).....	85
Gambar 85 – Uji penetrasi.....	88
Gambar 86 – Uji daktilitas	88
Gambar 87 – Uji titik lembek	89
Gambar 88 – Uji titik nyala	89
Gambar 89 – <i>Rolling thin film oven</i>	90



Gambar 90 – <i>Marshall drop hammer</i> (kiri) ; <i>Marshall stability-flow apparatus</i> (kanan)	90
Gambar 91– Rongga dalam agregat mineral (VMA) dalam spesimen campuran yang dipadatkan.....	91
Gambar 92 – <i>Air voids</i> /rongga udara pada campuran perkerasan aspal yang dipadatkan ...	92
Gambar 93 – Rongga pada agregat mineral (VMA) pada <i>specimen</i> campuran terpadatan ..	93
Gambar 94 – Alur/ <i>rutting</i> dari campuran yang buruk	94
Gambar 95 – Perilaku gaya geser pada agregat	94
Gambar 96 – Alur validasi nilai IRI.....	99
Gambar 97 – Penempatan kamera aksi	104
Gambar 98 – Alur umum untuk merumuskan rencana jangka menengah.....	106
Gambar 99 – Matriks pemilihan pekerjaan perbaikan untuk perkerasan beton aspal (contoh)	108
Gambar 100 – Alur umum untuk merumuskan rencana tahunan	110
Gambar 101 – Prosedur penyampaian dan persetujuan DAK	113
Gambar 102 – Prosedur pengajuan dan persetujuan dana Provinsi.....	113
Gambar 103 – Prosedur pengajuan dan persetujuan PAD/DAU.....	114
Gambar 104 – Alur pelaksanaan pekerjaan perbaikan dan pemeliharaan	115
Gambar 105 – Contoh tampilan pengawasan rencana pemeliharaan.....	116



PENDAHULUAN

Pedoman ini disusun melibatkan implementasi proyek yang diselenggarakan oleh *Japan International Cooperation Agency* (JICA) dalam Proyek Peningkatan Tata Kelola Jalan Daerah. Fokus utama dalam penyusunan dokumen ini adalah mendukung penyelenggaraan Manajemen Aset Prasarana Jalan di Direktorat Jenderal Bina Marga, khususnya untuk Jalan Kota melalui *City Road Management System* (CRMS). CRMS adalah sistem daring yang mencakup inspeksi jalan, perencanaan anggaran, dan persiapan pekerjaan pemeliharaan dalam satu sistem terintegrasi. CRMS secara khusus berfokus pada program pemeliharaan untuk Jalan Kota. Saat ini, Direktorat Jenderal Bina Marga sudah memiliki *Integrated Road Management System* (IRMS) sebagai instrumen untuk manajemen aset Jalan Nasional dan *Provincial/Kabupaten Road Management System* (PKRMS) sebagai instrumen untuk manajemen aset Jalan Provinsi dan Jalan Kabupaten. CRMS mengisi kekosongan dengan mengimplementasikan sistem di Jalan Kota dengan antarmuka yang ramah pengguna dengan banyak pilihan aset inventaris fasilitas jalan sesuai dengan karakteristik kota.

Pengoperasian CRMS dilaksanakan melalui pengambilan data kondisi jalan menggunakan kendaraan survey yang direkam dengan kamera aksi yang diproses pada aplikasi *Data Processing System - International Roughness Index* atau yang disebut DPS-IRI sehingga menghasilkan nilai IRI yang konsisten dan dapat diandalkan. Selanjutnya seluruh data tersebut diimpor pada aplikasi berbasis *web* CRMS yang dapat mengelola dan menyajikan informasi pemeliharaan jalan, baik *database* jaringan jalan, prioritas perbaikan, data inspeksi, rencana perbaikan, hingga laporan perbaikan. Sedangkan *Visual Inspection System* atau yang disebut VIS merupakan aplikasi berbasis android yang digunakan inspektur guna mengkonfirmasi tingkat kerusakan, jenis perbaikan, dan volume perbaikan. Serangkaian prosedur inspeksi telah disusun pada pedoman ini sedemikian rupa untuk mendukung ekosistem CRMS dan sejalan dengan manual inspeksi yang berlaku.

Langkah-langkah petunjuk secara umum tentang penganggaran yang ada dalam pedoman ini merupakan integrasi dari petunjuk operasional anggaran berdasarkan praktik dari Pemerintah Daerah, khususnya pada kota percontohan dan Pusat Fasilitas Infrastruktur Daerah dengan sistem CRMS sebagaimana diperlukan jadwal, format, otoritas dan sebagainya. Sehingga membantu prosedur pembuatan anggaran kota di wilayah jalan dan pemeliharaan dan berkontribusi untuk manajemen aset jalan kota. Selain itu pedoman ini memaparkan penjelasan lebih mendalam mengenai metode perbaikan dan/atau metode konstruksi dalam konteks pemeliharaan jalan kota. Kajian mengenai pemeliharaan jalan eksisting disertai penjelasan dari literatur, serta merefleksikan *sharing knowledge* yang diperoleh melalui proyek percontohan atau *pilot project* juga dipaparkan dalam pedoman ini.

Pedoman ini diharapkan menjadi pedoman yang komprehensif tentang pengoperasian Sistem CRMS, prosedur pelaksanaan inspeksi, prosedur pembuatan anggaran, dan metode pemeliharaan jalan untuk jalan kota. Calon pengguna pedoman ini adalah staf Dinas Pekerjaan Umum Kota yang secara langsung terlibat dalam pekerjaan inspeksi, penyusunan anggaran pemeliharaan dan konstruksi pemeliharaan serta staf Pusat Fasilitas Infrastruktur Daerah yang terlibat dalam pengawasan dan konfirmasi rencana anggaran pemeliharaan jalan yang diserahkan oleh Kota, namun tidak terlepas dari pihak-pihak yang berwenang lainnya.



Sistem Pemeliharaan Jalan Kota (*City Road Management System*)

1. Ruang Lingkup

Ruang lingkup proyek ini melibatkan implementasi proyek yang diselenggarakan oleh *Japan International Cooperation Agency* (JICA) dalam Proyek Peningkatan Tata Kelola Jalan Daerah. Fokus utama dalam penyusunan dokumen ini adalah mendukung penyelenggaraan Manajemen Aset Prasarana Jalan di Direktorat Jenderal Bina Marga, khususnya untuk jalan Kota melalui *City Road Management System* (CRMS). CRMS adalah sistem daring yang mencakup inspeksi jalan, perencanaan anggaran, dan persiapan pekerjaan pemeliharaan dalam satu sistem terintegrasi. CRMS secara khusus berfokus pada program pemeliharaan untuk jalan Kota. Saat ini, Direktorat Jenderal Bina Marga sudah memiliki *Integrated Road Management System* (IRMS) sebagai instrumen untuk manajemen aset jalan nasional dan *Provincial/Kabupaten Road Management System* (PKRMS) sebagai instrumen untuk manajemen aset jalan Provinsi dan jalan Kabupaten. CRMS mengisi kekosongan dengan mengimplementasikan sistem di Jalan Kota dengan antarmuka yang ramah pengguna dengan banyak pilihan aset inventaris fasilitas jalan sesuai dengan karakteristik kota.

Sistem CRMS terdiri dari tiga aplikasi dasar, yaitu CRMS (*City Road Management System*), *Data Processing System - International Roughness Index* (DPS-IRI), dan *Visual Inspection System* (VIS). Aplikasi ini terintegrasi dan memiliki beberapa modul untuk membentuk manajemen aset yang komprehensif dalam satu paket. Aplikasi CRMS berfungsi sebagai pusat, dapat diakses secara daring dan *real-time* melalui server PU. Serangkaian modul dalam aplikasi CRMS meliputi:

- a) Inventaris Jalan: meliputi atribut *geo-spatial*, lebar, jenis lapisan jalan, dan informasi administratif.
- b) Inventaris Fasilitas Jalan: termasuk saluran air, trotoar, jalur sepeda motor, dan fasilitas jalan lainnya (12 fasilitas secara total).
- c) *Survey Screening*: melakukan survei awal untuk menilai kondisi jalan.
- d) Peta Interaktif: menyediakan representasi visual data jalan.
- e) Modul Perencanaan Pemeliharaan: membantu dalam merencanakan kegiatan pemeliharaan.
- f) Modul Pelaporan: menghasilkan laporan yang dapat dimasukkan ke dalam SipDJD.

Pedoman CRMS ini dibuat untuk menjadi rujukan pemeliharaan jalan kota menggunakan sistem CRMS, yang pembahasannya antara lain:

- a) Pembahasan aplikasi sistem CRMS (termasuk didalamnya DPS-IRI, dan VIS);
- b) Peran personel dalam pengoperasian dan pengelolaan;
- c) Peralatan dan perlengkapan untuk pengoperasian;
- d) Tata cara dan ketentuan inspeksi jalan;
- e) Alur kerja penyusunan anggaran; dan
- f) Metode pemeliharaan jalan daerah.

2. Acuan Normatif

Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 132, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor



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

Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 244, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5587) sebagaimana telah beberapa kali diubah terakhir dengan Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja menjadi Undang-Undang (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2023 Nomor 41, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6856)

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

Peraturan Pemerintah Nomor 12 Tahun 2019 tentang Pengelolaan Keuangan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 42, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6322)

Peraturan Presiden Nomor 88 Tahun 2019 tentang Petunjuk Teknis Dana Alokasi Khusus Fisik Tahun Anggaran 2020 (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2019 Nomor 257)

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 612)

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 5 Tahun 2023 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Perencanaan Teknis Jalan (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2023 Nomor 372)

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

Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 01/SE/Db/2021 tentang Pedoman Survei Pengumpulan Data Kondisi Jaringan Jalan

Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 15/SE/Db/2024 tentang Manual Desain Perkerasan Jalan 2024

Manual Direktur Jenderal Bina Marga Bidang Konstruksi dan Bangunan Nomor 001-01/M/BM/2011 tentang Survei Kondisi Jalan untuk Pemeliharaan Rutin

3. Istilah dan Definisi

3.1

agregat

batu pecah atau batu

3.2

anggaran pendapatan dan belanja daerah

yang selanjutnya disingkat APBD merupakan rencana keuangan pemerintah daerah selama 1 (satu) tahun yang ditetapkan oleh peraturan daerah



3.3

anggaran pendapatan dan belanja negara

yang selanjutnya disingkat APBN merupakan rencana keuangan tahunan pemerintah pusat selama 1 (satu) tahun yang ditetapkan oleh undang-undang

3.4

application programming interface

yang selanjutnya disingkat API adalah sebuah aplikasi yang berguna untuk menghubungkan perangkat satu dengan perangkat lainnya

3.5

aspal beton

bahan konstruksi jalan biasanya terdiri dari campuran bitumen dan agregat, juga dikenal sebagai campuran panas (*hot-mix*) atau *hot-rolled asphalt*

3.6

badan jalan

bagian jalan termasuk bahu untuk penggunaan kendaraan

3.7

badan perencanaan pembangunan nasional

yang selanjutnya disingkat BAPPENAS adalah kementerian yang mempunyai tugas menyelenggarakan urusan pemerintah di bidang perencanaan pembangunan nasional untuk membantu presiden dalam menyelenggarakan pemerintahan negara

3.8

bantuan keuangan

yang selanjutnya disingkat BANKEU adalah dana yang diterima dari daerah lainnya baik dalam rangka kerja sama daerah, pemerataan peningkatan kemampuan keuangan, dan/atau tujuan tertentu lainnya

3.9

bantuan keuangan provinsi

yang selanjutnya disingkat BKP adalah BANKEU yang sumbernya berasal dari daerah provinsi

3.10

base course

elemen struktural utama dari perkerasan terletak di antara lapis permukaan dan lapis *sub-base*

3.11

binder

bahan perekat, biasanya bitumen atau emulsi aspal, digunakan untuk menutup permukaan jalan serta berfungsi sebagai lapisan kedap air untuk menerima dan menahan agregat. Pengikat yang paling umum berbasis bitumen. Pengikat juga digunakan untuk menyatukan agregat dalam campuran aspal



3.12

binder course

bagian pembentuk lapisan dari permukaan bitumen tepat di bawah lapisan aus

3.13

bitumen

bahan lengket berwarna hitam hingga coklat tua yang terutama terdiri dari hidrokarbon berbobot molekul tinggi. Sebagian besar bitumen berasal dari penyulingan minyak mentah. Bitumen adalah bahan termoplastik yang secara bertahap mencair saat dipanaskan

3.14

city road management system

yang selanjutnya disingkat CRMS adalah sistem manajemen jalan kota yang dikembangkan oleh pusat fasilitasi infrastruktur daerah dalam proyek peningkatan tata kelola jalan daerah

3.15

dana alokasi khusus

yang selanjutnya disingkat DAK adalah dana yang bersumber dari pendapatan APBN yang dialokasikan kepada daerah tertentu dengan tujuan untuk membantu mendanai kegiatan khusus yang merupakan urusan daerah dan sesuai dengan prioritas nasional

3.16

dana alokasi umum

yang selanjutnya disingkat DAU adalah dana yang bersumber dari pendapatan APBN yang dialokasikan dengan tujuan pemerataan kemampuan keuangan antardaerah untuk mendanai kebutuhan daerah dalam rangka pelaksanaan desentralisasi

3.17

dana bagi hasil

yang selanjutnya disingkat DBH adalah dana yang bersumber dari pendapatan APBN yang dialokasikan kepada daerah berdasarkan angka persentase untuk mendanai kebutuhan daerah dalam rangka pelaksanaan desentralisasi

3.18

dana insentif daerah

yang selanjutnya disingkat DID adalah dana yang bersumber dari APBN yang dialokasikan kepada daerah tertentu berdasarkan kriteria tertentu dengan tujuan untuk memberikan penghargaan atas perbaikan dan/atau pencapaian kinerja tertentu

3.19

data processing system/sistem pemrosesan data IRI

yang selanjutnya disingkat DPS-IRI merupakan program pemrosesan data kekasaran jalan untuk perhitungan nilai IRI yang menjadi bagian dari CRMS

3.20

database

yang selanjutnya disingkat DB adalah basis data dalam sistem



3.21

field verification

yang selanjutnya disingkat FV adalah investigasi untuk mengidentifikasi metode perbaikan berdasarkan situasi kerusakan yang menggunakan aplikasi seluler

3.22

financial management information system

yang selanjutnya disingkat FMIS adalah sebuah aplikasi untuk melakukan penatausahaan keuangan daerah yang dikembangkan oleh Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan

3.23

global navigation satellite system

yang selanjutnya disingkat GNSS merupakan konstelasi satelit yang menyediakan layanan penentuan posisi, navigasi, dan waktu secara global

3.24

inspektur

individu yang melakukan inspeksi dan pengawasan kondisi jalan kota

3.25

international roughness index

yang selanjutnya disingkat IRI adalah besaran nilai ketidakrataan permukaan jalan, yang diperoleh dari panjang kumulatif turun naiknya permukaan per satuan panjang

3.26

kamera aksi (untuk survei IRI)

kamera digital yang dirancang untuk merekam saat beraksi. Kamera dapat merekam video dan foto definisi tinggi, dengan informasi vektor, seperti akselerasi XYZ, kecepatan, waktu, posisi oleh GNSS

3.27

lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT)

yang selanjutnya disingkat LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama 1 (satu) tahun penuh

3.28

lapis aus

bagian permukaan jalan yang bersentuhan dengan roda lalu lintas kendaraan

3.29

lapis permukaan

lapisan atas jalan beraspal yang terdiri dari lapisan aus dan kadang-kadang *base* atau pengikat

3.30

lapisan perkerasan

struktur jalan di atas formasi didesain untuk menyebarkan beban di atas *base* dan *subbase*



3.31

matlab

suatu perangkat lunak untuk melakukan perhitungan matematik, analisis data, mengembangkan algoritma, melakukan simulasi dan pemodelan, serta menyajikannya dalam bentuk grafis

3.32

operator (pengolahan data)

penanggung jawab penyimpanan data yang disediakan oleh operator survei, analisis data, pengolahan data dan pendaftaran ke *database* salah satu inspektur

3.33

operator (survei)

penanggung jawab pengoperasian peralatan, arahan untuk pengemudi dan pengaturan data salah satu inspektur

3.34

pemerintah daerah

yang selanjutnya disingkat pemda adalah penyelenggaraan urusan pemerintahan oleh pemerintah daerah dan Dewan Perwakilan Rakyat Daerah menurut asas otonomi dan tugas pembantuan dengan prinsip otonomi seluas-luasnya dalam sistem dan prinsip Negara Kesatuan Republik Indonesia sebagaimana dimaksud dalam Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945

3.35

prime coat* dan *tack coat

lapisan pengikat viskositas rendah yang diterapkan pada tanah yang distabilkan atau dipadatkan secara alami sebelum disegel atau diperkeras

3.36

python

bahasa pemrograman interpretatif multiguna dengan filosofi perancangan yang berfokus pada tingkat keterbacaan kode

3.37

quarter car model

yang selanjutnya disingkat QC model adalah model matematis yang disederhanakan yang hanya memodelkan seperempat kendaraan, dengan asumsi bahwa tiga roda lainnya berperilaku serupa digunakan untuk menganalisis perilaku sistem suspensi kendaraan

3.38

rencana kerja pembangunan daerah

yang selanjutnya disingkat RKPD adalah dokumen perencanaan daerah untuk periode 1 (satu) tahun



3.39

rencana pembangunan jangka menengah daerah

yang selanjutnya disingkat RPJMD adalah dokumen perencanaan pembangunan daerah untuk periode 5 (lima) tahun

3.40

rencana pembangunan jangka panjang nasional

yang selanjutnya disingkat RPJPN adalah dokumen perencanaan pembangunan nasional untuk periode 20 (dua puluh) tahun

3.41

rencana umum jangka menengah jaringan jalan

yang selanjutnya disingkat RUJMJJ adalah rencana jaringan jalan yang mencakup rumusan mengenai tujuan dan sasaran yang hendak dicapai dalam jangka waktu 5 (lima) tahun

3.42

response-type road roughness measuring system

yang selanjutnya disingkat RTRRMS adalah sistem pengukuran ketidakrataan permukaan jalan dengan menghubungkan pengukuran RTRRMS dengan perhitungan IRI dari suatu profil

3.43

sistem informasi pemerintahan daerah

yang selanjutnya disingkat SIPD adalah sistem aplikasi pengelolaan informasi perencanaan, keuangan, dan pelaporan pemerintah daerah yang terintegrasi

3.44

sistem kolaborasi perencanaan dan informasi kinerja anggaran

yang selanjutnya disingkat KRISNA adalah sistem yang diinisiasi oleh Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas, Kementerian Keuangan, dan Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi untuk mendukung proses perencanaan, penganggaran, serta pelaporan informasi kinerja

3.45

sistem pengelolaan database jalan provinsi dan kabupaten/kota

yang selanjutnya disingkat SIPDJD adalah sebuah sistem aplikasi yang dibangun dengan tujuan untuk memudahkan komunikasi antara daerah dan pusat dalam hal pengelolaan jalan daerah berikut dengan jembatan

3.46

subbase

lapisan material antara *base course* dan *subgrade*/tanah dasar

3.47

visual inspection

yang selanjutnya disingkat VI adalah inspeksi berkala dan inspeksi darurat, menggunakan aplikasi seluler



3.48

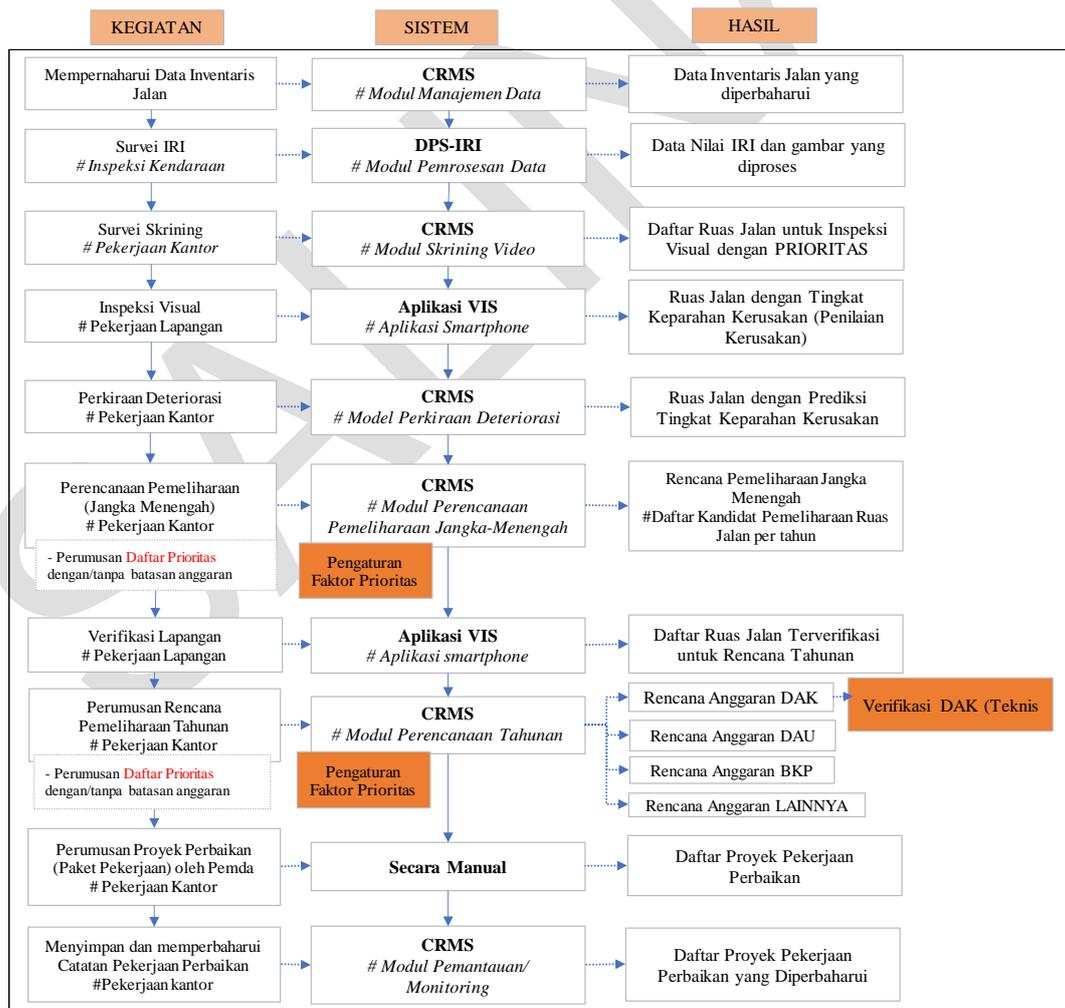
visual inspection system

yang selanjutnya disingkat VIS adalah sistem inspeksi visual kerusakan jalan yang merupakan bagian dari CRMS

4. Ketentuan Umum

4.1. Gambaran Umum dan Tahapan Pengoperasian CRMS

City Road Management System (CRMS) merupakan sistem pemeliharaan jalan yang terpadu, terdiri dari beberapa sistem aplikasi yang memiliki masing-masing fungsi, yaitu Aplikasi *Data Processing System – International Roughness Index* (DPS-IRI) yang dikembangkan secara *offline* untuk menghitung nilai IRI dari hasil ekstraksi perekaman kamera aksi saat inspeksi dengan kendaraan, aplikasi CRMS yang dikembangkan secara *online web-base* yang berfungsi untuk mengelola *database* jalan dan fasilitas berikut aktivitas perencanaan pemeliharaan jalan dan pelaporan pemeliharaan lainnya dan aplikasi *Visual Inspection System* (VIS) sebagai aplikasi inspeksi jalan yang dikembangkan dalam bentuk aplikasi *smartphone*. Ketiga aplikasi tersebut terintegrasi untuk menghasilkan siklus pemeliharaan jalan yang komperhensif dan akuntabel guna mengetahui potensi peningkatan kapasitas jalan daerah terutama pada jalan kota.



Gambar 1 - Diagram aktivitas pemeliharaan jalan dengan CRMS



Seperti diagram di atas, aplikasi CRMS memiliki kemampuan untuk menginventarisir data jalan dan fasilitas jalan, melakukan survei *screening*, memperkirakan deteriorasi perkerasan jalan, memformulasi rencana jangka menengah, memformulasi rencana tahunan, *monitoring* pekerjaan pemeliharaan jalan dan pelaporan dari aktivitas pemeliharaan jalan tersebut. Aplikasi DPS-IRI mampu memproses nilai IRI per segmennya dan visual gambar dari inspeksi dengan kendaraan untuk selanjutnya digunakan untuk survei *screening*. Sedangkan aplikasi VIS mampu merekam hasil inspeksi visual dengan fitur panduan jalan dengan prioritas perbaikan sehingga didapatkan hasil ruas jalan yang memiliki tingkat kerusakan tertentu untuk perencanaan jangka menengah, membuat verifikasi lapangan dengan fitur panduan daftar kandidat jalan sehingga didapatkan hasil ruas jalan yang terverifikasi untuk perbaikan dalam perencanaan tahunan, dan inspeksi fasilitas jalan.

4.1.1. Manajemen Inventaris Jalan dan Fasilitas Jalan

a. Manajemen Inventaris Jalan

Manajemen Inventaris Jalan merupakan kegiatan pengelolaan data jalan sehingga data yang digunakan merupakan data terbaru sesuai dengan Surat Keputusan Walikota tentang Daftar Nama dan Ruas-Ruas Jalan di Wilayah Kota pada masing-masing wilayah kota. Aktivitas ini meliputi penambahan, pengurangan, dan penyesuaian data jalan sehingga nama jalan, nomor jalan, panjang jalan, lebar jalan, jenis perkerasan, dan atribut lainnya sesuai dengan kondisi yang ada. Pada kegiatan inventaris jalan juga dapat dilakukan penandaan secara geometris akan letak jalan yang ada di peta yang digunakan untuk kebutuhan dari masing-masing aktivitas.

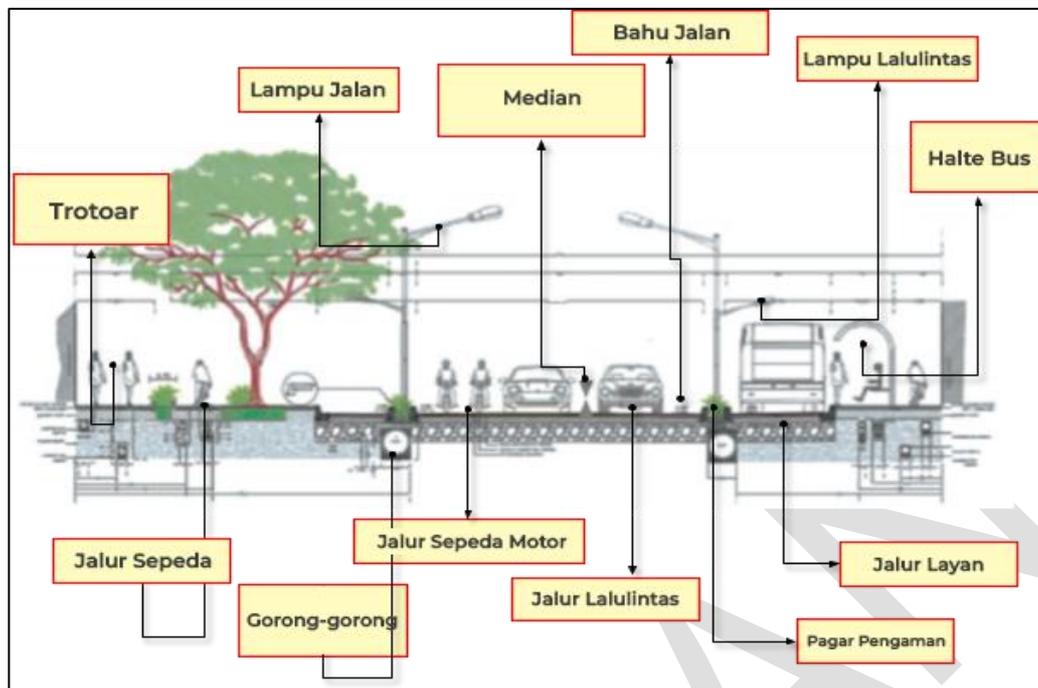
b. Manajemen Inventaris Fasilitas Jalan

Manajemen Inventaris Fasilitas Jalan adalah kegiatan pengelolaan data fasilitas jalan yang ada pada suatu ruas jalan. Aktivitas ini meliputi penambahan, pengurangan, dan penyesuaian data masing-masing fasilitas jalan sehingga data atribut seperti panjang, lebar, dan tipe dari spesifikasi masing-masing fasilitas jalan sesuai dengan kondisi yang ada. Inventaris fasilitas jalan juga dapat melakukan penandaan secara geometris akan letak fasilitas jalan yang ada di peta yang digunakan untuk kebutuhan dari masing-masing aktivitas.

Fasilitas Jalan yang dapat diakomodasi pada aplikasi CRMS antara lain:

- 1) Bahu jalan;
- 2) Jalur pejalan kaki/trotoar;
- 3) Median jalan;
- 4) Jalur layan;
- 5) Halte/tempat pemberhentian bus;
- 6) Jalur sepeda motor;
- 7) Jalur sepeda;
- 8) Jalur saluran samping;
- 9) Gorong-gorong;
- 10) Pagar pengaman;
- 11) Penerangan jalan umum; dan
- 12) Lampu lalu lintas.



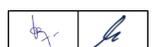


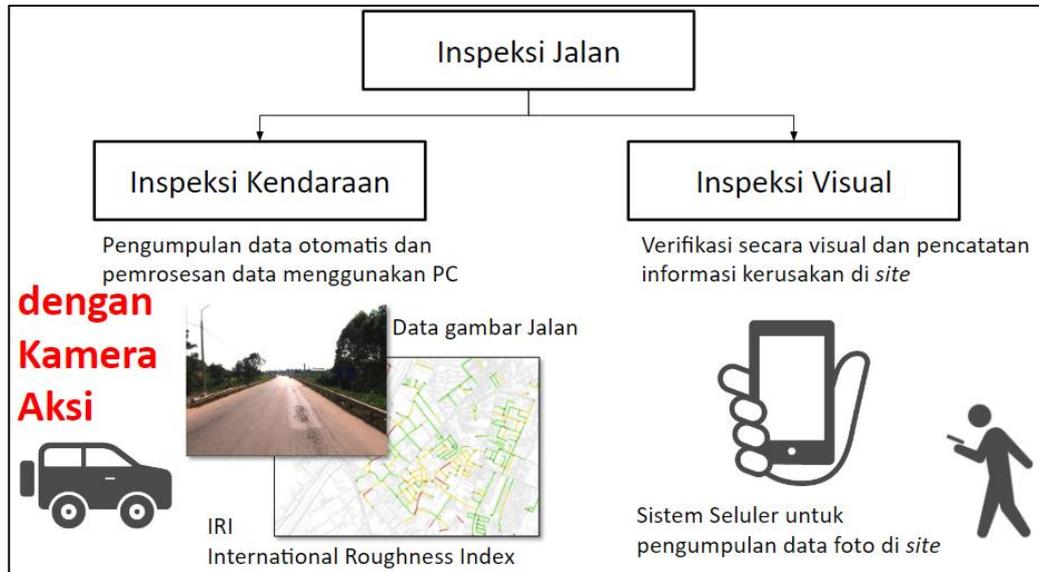
Gambar 2 - Bagian-bagian fasilitas jalan

CRMS telah mengakomodasi fasilitas-fasilitas tersebut di dalam sistemnya. Namun, jenis fasilitas jalan yang dikelola dapat disesuaikan oleh pelimpahan tanggung jawab yang diberikan pada masing-masing daerah.

4.1.2. Sistem Inspeksi Jalan

Inspeksi jalan adalah pemeriksaan jalan secara sistematis terhadap suatu jalan atau ruas jalan untuk mengetahui kondisi jalan. Dalam hal kelengkapan alat dan prosedur kerjanya, sistem inspeksi jalan pada CRMS memiliki 2 (dua) kegiatan lapangan, yaitu inspeksi dengan kendaraan dan inspeksi visual. Inspeksi dengan kendaraan memiliki tujuan untuk mengukur nilai IRI dan merekam visual jaringan jalan secara holistik oleh karena itu dibutuhkan kendaraan dengan kecepatan tertentu untuk dapat merekam kondisi seluruh jaringan jalan secara efisien. Kamera aksi digunakan sebagai media perekaman dari kegiatan inspeksi tersebut. Sedangkan Inspeksi Visual bertujuan untuk mengidentifikasi kerusakan permukaan jalan dan volume pekerjaan perbaikan, serta menentukan metode perbaikan pada ruas-ruas jalan yang terindikasi dalam prioritas penanganannya. Aplikasi VIS dalam *smartphone* dapat merekam seluruh aktivitas inspeksi tersebut secara digital berikut penginputan nilai kerusakan beserta foto kondisinya yang terintegrasi.





Gambar 3 - Sistem inspeksi jalan

Berikut adalah beberapa bagian penjelasan dari sistem inspeksi yang digunakan di dalam rencana pemeliharaan jalan menggunakan CRMS:

a. Inspeksi dengan Kendaraan

Inspeksi dengan kendaraan merupakan aktivitas pengambilan data tingkat kekasaran jalan dengan cara melintasi ruas jalan tersebut menggunakan kendaraan yang spesifikasinya telah ditentukan. Aktivitas ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran kasar mengenai tingkat kenyamanan dalam pengemudi melintasi ruas jalan yang di inspeksi. Kendaraan yang digunakan pada operasional CRMS adalah segala jenis mobil penumpang. Sedangkan, satuan pengukuran yang digunakan untuk aktivitas ini adalah *International Roughness Index* (IRI). Nilai IRI dapat dihasilkan dengan cara menganalisis nilai vektor perpindahan dan kecepatan kendaraan. Nilai ini diambil oleh Kamera Aksi yang ditempelkan pada kendaraan di bagian kaca depan. Kendaraan ini kemudian digunakan untuk menyusuri ruas jalan yang hendak diambil datanya untuk dilakukan pemrosesan.

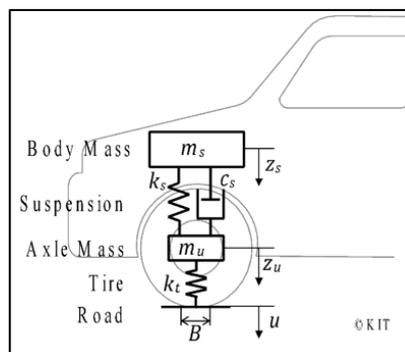


Gambar 4 - Pemasangan kamera aksi pada kendaraan



b. International Roughness Index (IRI)

International Roughness Index (IRI) adalah indikator umum kondisi perkerasan yang dikembangkan oleh Bank Dunia. IRI adalah skala kekasaran yang didasarkan pada simulasi respons kendaraan bermotor umum terhadap kekasaran pada jalur roda tunggal pada permukaan jalan. IRI adalah indeks berbasis profil yang dihitung untuk satu profil permukaan. Dalam perhitungannya, profil dihaluskan dengan filter rata-rata bergerak 250 mm kecuali interval pengambilan sampel tidak kurang dari 167 mm dan/atau alat pengukur menggunakan filter rata-rata bergerak. Kemudian profil tersebut disaring lebih lanjut dengan model simulasi matematis kendaraan yang disebut *quarter-car* dengan parameter *Golden Car* yang ditentukan. Alat ukur kekasaran yang utama antara lain adalah alat perhitungan IRI.



Gambar 5 - Model *quarter-car*

Dalam pengukuran IRI, terdapat beberapa kelas pengukuran berdasarkan tingkat akurasi. Namun, semakin akurat nilai IRI yang didapatkan, semakin rumit pengerjaan yang dilakukan. Aktivitas pengambilan nilai IRI dapat disesuaikan kelasnya dengan mempertimbangkan kebutuhan tingkat keakuratan nilai dan keterbatasan dalam pengambilan nilai. Pembagian kelas pengukuran IRI adalah sebagai berikut:

- 1) Kelas 1
Metode berbasis profil yang mirip dengan Kelas 2 digunakan. Pengukuran berbasis profil memenuhi syarat sebagai pengukuran Kelas 1 jika pengukuran tersebut sangat akurat sehingga peningkatan akurasi lebih lanjut tidak akan terlihat.
- 2) Kelas 2
Metode berbasis profil digunakan yang dapat direproduksi dan stabil terhadap waktu, dan dikalibrasi secara independen terhadap alat ukur kekasaran lainnya.
- 3) Kelas 3
Pengukuran yang diperoleh dari RTRRMS dikalibrasi ke skala IRI melalui korelasi dengan pengukuran referensi dari sistem Kelas 1 atau 2.
- 4) Kelas 4
Ukuran kekasaran tidak dapat direproduksi atau stabil terhadap waktu, dan hanya dapat dibandingkan dengan IRI melalui estimasi subjektif.

Pengukuran Kelas 1 dan Kelas 2 merupakan metode berbasis profil yang perbedaannya didasarkan pada keakuratan pengukuran. Pengukuran Kelas 3 disebut sistem tipe respons yang menggunakan persamaan korelasi yang telah dihitung sebelumnya dan pengukuran Kelas 4 adalah metode subjektif seperti inspeksi visual. Dalam klasifikasi ini,

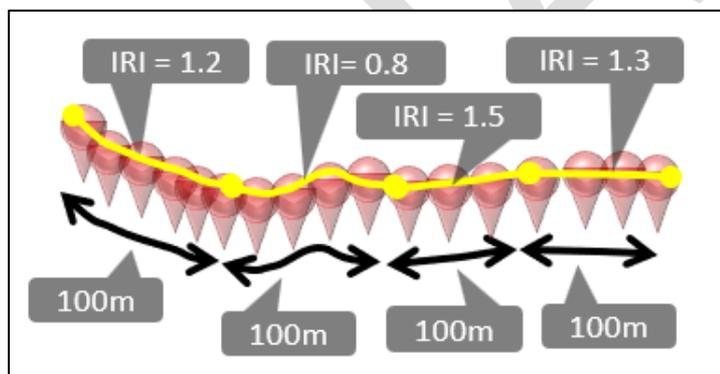


keakuratan dan kenyamanan biasanya berada dalam hubungan pertukaran. Hal penting yang harus kita pikirkan adalah kita harus memilih ukuran yang tepat dan tujuan yang tepat. Misalnya, pengendalian kualitas konstruksi akan dilakukan dengan pengukuran Kelas 2, sedangkan pemantauan kekasaran di tingkat jaringan akan diterapkan dengan pengukuran Kelas 3.

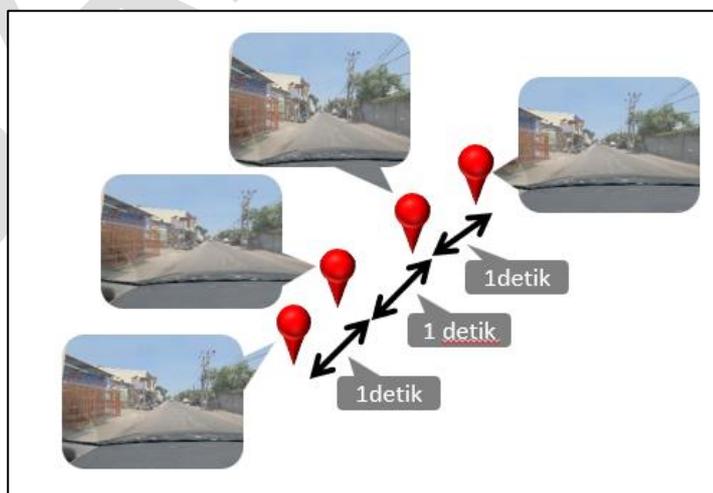
c. Pemrosesan Nilai IRI menggunakan Aplikasi DPS-IRI

Pemrosesan data telemetri didapatkan setelah ekstraksi dari data yang direkam oleh kamera aksi, data tersebut kemudian dilakukan pengunggahan ke Aplikasi DPS-IRI untuk dilakukan pemrosesan nilai IRI. Proses tersebut melewati proses mengkonversi video menjadi gambar perdetik, mengolah data lokasi dan waktu dari gambar, mengolah data akselerasi, *editing* titik pengukuran, penentuan awal dan akhir ruas jalan, serta ekspor data.

Aplikasi DPS-IRI akan menghasilkan 2 (dua) *output* utama yaitu menampilkan nilai IRI persegmen yang ditentukan dari informasi nilai akselerasi yang diolah, dan visual gambar perdetik. Sehingga Aplikasi DPS-IRI memungkinkan untuk menampilkan kondisi jalan secara ringkas dan efisien. *File* dari hasil Aplikasi DPS-IRI dapat diekspor untuk dapat diunggah kedalam CRMS untuk dilakukan proses survei screening.



Gambar 6 - Output nilai IRI per-basis segmen



Gambar 7 - Output visual gambar perdetik



d. Survei *Screening*

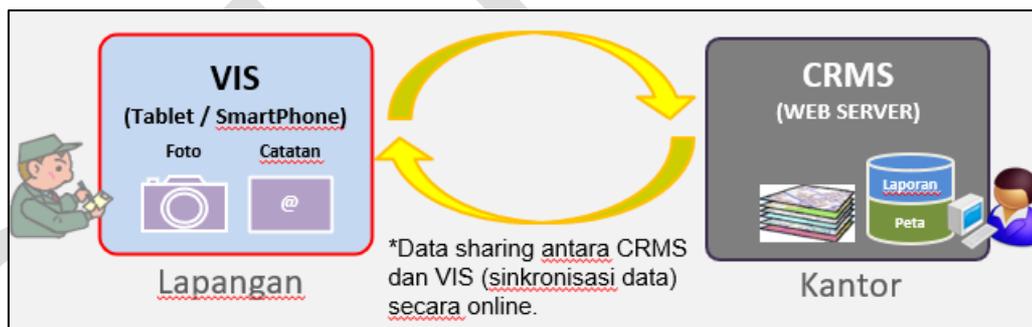
Survei skrining adalah kegiatan menentukan prioritas inspeksi jalan berdasarkan citra kondisi ruas jalan dengan referensi nilai IRI. Data citra dan nilai IRI didapatkan dari aplikasi DPS-IRI yang kemudian diunggah ke dalam aplikasi CRMS pada modul *Screening Video*.

Proses survei *screening* dilakukan oleh Inspektur sebelum melakukan pengambilan data di lapangan sehingga pekerjaan inspeksi lebih efisien. Terdapat tiga kategori prioritas inspeksi ruas jalan: rendah, sedang, dan tinggi. Prioritas tinggi memiliki arti terdapat kerusakan yang harus ditinjau di lapangan dan butuh penanganan dalam jangka dekat, prioritas sedang memiliki arti terdapat kerusakan yang tidak butuh penanganan dalam jangka waktu yang dekat namun perlu ditinjau apabila dibutuhkan, sedangkan prioritas rendah tidak terdapat kerusakan yang berarti dan tidak perlu dilakukan inspeksi visual.

Jalan yang sudah diberikan peringkat prioritas kemudian dikirimkan ke Aplikasi *Visual Inspection System* (VIS) untuk dilakukan inspeksi visual dan verifikasi lapangan.

e. Inspeksi Visual dengan VIS

Inspeksi Visual adalah aktivitas pengambilan data kerusakan perkerasan jalan menggunakan Aplikasi *Visual Inspection System* (VIS). Aplikasi VIS adalah aplikasi seluler untuk perencanaan pemeliharaan perkerasan dan fasilitas jalan (kecuali jembatan), yang merupakan sebagian fungsi dari Sistem Manajemen Jalan Kota (CRMS). Aplikasi VIS adalah aplikasi ponsel pintar yang memungkinkan pemeriksa mencatat kerusakan jalan atau informasi metode perbaikan di lokasi. Data kerusakan perkerasan yang diambil meliputi lokasi kerusakan, jenis kerusakan, dimensi kerusakan, level kerusakan, dan citra kerusakan. Penjelasan lebih lanjut mengenai penilaian tingkat kerusakan perkerasan jalan dapat dilihat pada Ketentuan Teknis pada Pedoman ini.



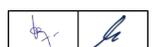
Gambar 8 – Proses data *sharing* antara VIS dan CRMS

f. Inspeksi Fasilitas Jalan dengan VIS

Selain melakukan inspeksi pada perkerasan jalan, inspeksi pada fasilitas jalan juga dapat dilakukan dengan VIS. Selain untuk menilai kerusakan, Inspeksi Fasilitas Jalan dengan VIS juga dapat sebagai input untuk inventaris fasilitas jalan.

g. Verifikasi Lapangan dengan VIS

Verifikasi lapangan digunakan untuk merekam data kerusakan dan rencana perbaikannya dalam menyusun rencana tahunan pemeliharaan jalan. Sebagai panduan lokasi perbaikan dalam verifikasi lapangan, pada aplikasi VIS terdapat daftar kandidat yang telah disusun pada rencana jangka menengah di aplikasi CRMS.



4.1.3. Perencanaan Pemeliharaan

Perencanaan Rencana pemeliharaan jalan secara umum dikategorikan ke dalam 4 (empat), yaitu rencana jangka panjang, rencana jangka menengah, rencana tahunan dan rencana darurat. Definisi dari tiap rencana pemeliharaan digambarkan secara singkat di bawah ini.

a. Perencanaan Jangka Panjang

Rencana jangka panjang harus menggambarkan strategi dan target dari perkembangan jangka panjang kota/daerah selama 20 (dua puluh) tahun yang secara umum mengikuti rencana pembangunan nasional strategis. Rencana Jangka Menengah akan direviu ketika Gubernur melihat bahwa ini perlu direvisi. Di dalam CRMS, perumusan jangka panjang tidak ditentukan secara spesifik, namun ini dapat dirumuskan dengan cara menentukan jangka waktu analisis yang lebih lama seperti 20 (dua puluh) tahun dengan cara yang sama seperti yang digunakan untuk rencana jangka menengah.

b. Rencana Jangka Menengah

Rencana Jangka Menengah harus menggambarkan strategi dan target pengembangan jangka menengah yaitu program 5 (lima) tahun. Targetnya antara lain indeks kinerja jalan seperti presentasi kondisi jalan yang baik, trotoar, fasilitas jalan, rambu lalu lintas, penandaan perkerasan, lampu lalu lintas, dan lain-lain. Rencana jangka menengah harus menggambarkan dana yang diperlukan tiap tahun untuk mencapai target. Rencana jangka menengah akan dibuat setiap 5 (lima) tahun, yang memastikan pencapaian target dan dana yang diterima sebenarnya dari rencana 5 (lima) tahun sebelumnya untuk ditinjau. CRMS memiliki peralatan untuk merumuskan rencana jangka menengah. Rencana jangka menengah disarankan memiliki durasi 3 (tiga) sampai 5 (lima) tahun, dengan mempertimbangkan perubahan dalam kondisi jalan dan sosial ekonomi di sekitar jalan.

c. Rencana Tahunan

Rencana anggaran harus dipersiapkan sesuai dengan rencana jangka menengah untuk pemeliharaan jalan. Rencana Anggaran Tahunan untuk pemeliharaan harus menggambarkan kebutuhan dana untuk kegiatan pemeliharaan tahunan kota atau daerah yang diperlukan. Rencana Anggaran Tahunan harus berdasarkan penilaian rekayasa dan data pendukung seperti nama proyek (nama jalan), lokasi, kondisi permukaan jalan, gambaran kerusakan, metode perbaikan, volume perbaikan, harga satuan, total biaya dan metode pengadaan. Rencana Tahunan harus dibuat setiap tahun. CRMS memiliki peralatan untuk merumuskan rencana tahunan.

d. Rencana Darurat

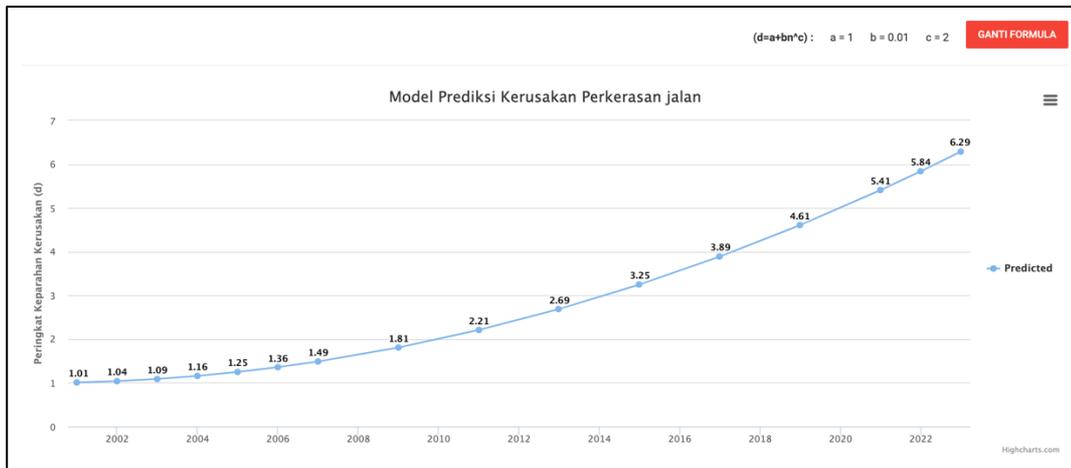
Rencana darurat bukan rencana regular tetapi harus direncanakan jika ada pekerjaan pemeliharaan darurat yang diperlukan karena kerusakan mendadak infrastruktur jalan atau rusak oleh bencana alam, dan kerusakan bisa mengganggu operasi lalu lintas atau menyebabkan bahaya keselamatan lalu lintas yang serius. Metodologi perencanaan dapat berlaku sebagai dasar *ad-hoc* berdasarkan urgensi dan skala kerusakan.

e. Perkiraan Deteriorasi

Perkiraan Deteriorasi adalah proyeksi peningkatan kerusakan perkerasan jalan seiring berjalannya waktu. Proyeksi ini dilakukan dengan model dasar $d = 1 + 0.01t^2$ menyesuaikan dengan model paramater jalan nasional. Model dasar ini dapat diubah



pada Aplikasi CRMS namun diperlukan pemahaman dan konsekuensi atas perubahan parameter tersebut sebelum mengubahnya



Gambar 9 - Perkiraan deteriorasi pada CRMS

f. Dengan dan Tanpa Batasan Anggaran

Mempertimbangkan ketersediaan anggaran dan persyaratan perencanaan strategis, rencana pemeliharaan dengan mempertimbangkan ketersediaan anggaran dan persyaratan perencanaan strategis, rencana pemeliharaan mungkin perlu merumuskan skenario dengan dan tanpa batasan anggaran dengan tingkat pelayanan yang telah ditentukan. Bahkan dalam skenario batasan anggaran, analisis mungkin diperlukan untuk tingkat layanan target yang berbeda. CRMS memiliki alat untuk memungkinkan perumusan rencana pemeliharaan dengan dan tanpa skenario batasan anggaran. Dalam hal batasan anggaran, pengguna harus memasukkan jumlah anggaran terbatas secara manual.

g. Rencana Pemeliharaan untuk Perkerasan

Rencana pemeliharaan untuk perkerasan harus dirumuskan dengan memperhatikan prediksi kerusakan perkerasan khususnya rencana jangka menengah. Alat prediksi deteriorasi telah disediakan di CRMS. Sedangkan untuk rencana tahunan, informasi perbaikan dan kerusakan yang dikumpulkan melalui verifikasi lapangan akan digunakan.

h. Rencana Pemeliharaan untuk Fasilitas Jalan

Prediksi kerusakan fasilitas jalan seperti saluran samping, trotoar, median, lampu lalu lintas, penerangan jalan, pagar, dan lain-lain tidaklah langsung seperti perkerasan. Karena itu, alat prediksi kerusakan tidak tersedia untuk fasilitas jalan di CRMS. Rencana pemeliharaan (jangka menengah dan tahunan) harus dirumuskan berdasarkan kondisi kerusakan sebenarnya yang direkam selama inspeksi.

i. Rencana Pemeliharaan Terpadu

Karena pendekatan perencanaan pemeliharaan untuk perkerasan dan fasilitas jalan sedikit berbeda dan dirumuskan secara terpisah, integrasi diperlukan untuk menggabungkan kegiatan pemeliharaan ruas jalan yang terdiri dari pekerjaan pemeliharaan perkerasan dan fasilitas jalan berdasarkan tahun. Alat tersedia di CRMS untuk memadukan rencana perkerasan dan fasilitas jalan.



4.1.4. Pemantauan dan Laporan

a. Perintah Kerja dan Pemantauan

Perintah kerja dan pemantauan adalah modul yang ada dalam aplikasi CRMS yang berfungsi sebagai daftar pekerjaan pemeliharaan yang akan diterapkan dalam tahun pelaksanaan tersebut. Lembar digital untuk pelaksanaan pemeliharaan jalan disiapkan untuk dapat mengetahui status tugas dari masing-masing paket pekerjaan.

b. Progres Inspeksi

Progres inspeksi memberikan serangkaian data pertahun dari hasil pekerjaan inspeksi. CRMS menyediakan beberapa progres inspeksi yang dapat ditampilkan dan juga diekspor ke dalam data *spreadsheet*, diantaranya adalah progres inspeksi kendaraan, inspeksi visual, dan verifikasi lapangan.

c. Pelaporan SIPDJD

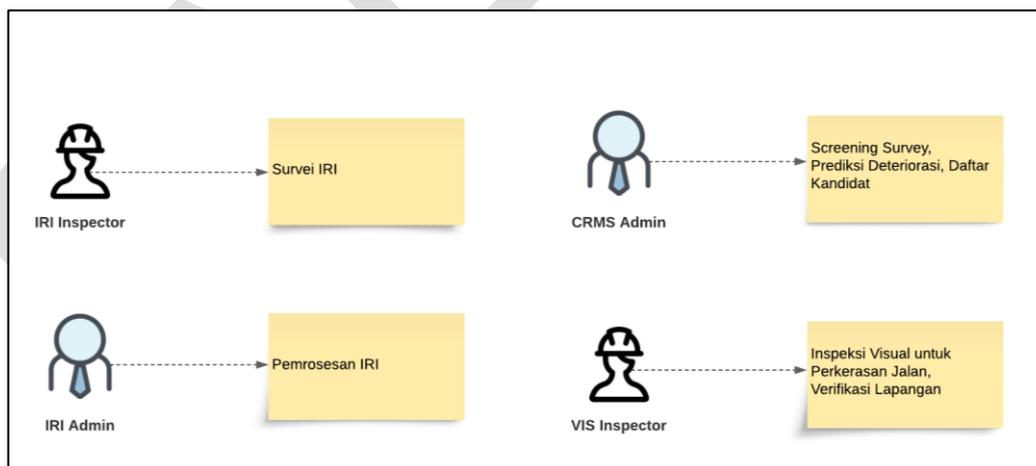
CRMS juga memberikan fleksibilitas dalam mengintegrasikan data inventaris jalan dan data kondisi jalan untuk pelaksanaan pelaporan pada Sistem Informasi Database Jalan (SIPDJD). Secara khusus menu pelaporan SIPDJD didesain agar format pelaporan sesuai dengan kondisi pelaporan saat ini.

d. Laporan Pendukung

Sebagai data pendukung untuk asistensi teknis, laporan pendukung disiapkan dalam aplikasi CRMS. Penyajian laporan ini berikut dengan foto pengukuran inspeksi jalan beserta nilai IRI persegmen dan juga foto visual inspeksi beserta penilaian kerusakannya.

4.2. Kebutuhan Personel Pengelolaan CRMS

Ada berbagai macam peran dan aktor yang terlibat dalam pelaksanaan inspeksi jalan secara menyeluruh. Setiap peran memiliki tugas dan tanggung jawab yang berbeda. Subbagian ini mendefinisikan setiap aktor dan peran yang terlibat dalam proses.



Gambar 10 – Personel pengelolaan CRMS

Ada 4 (empat) peran utama dalam kegiatan inspeksi jalan. Pemeriksa yaitu Inspektur IRI, Admin IRI, Admin CRMS, dan Inspektur VIS. Pembagian peran didasarkan pada jenis lingkungan kerja masing-masing peran.



Tabel 1 – Tugas personel dalam inspeksi jalan

Personel	Tugas
Inspektur IRI	Inspektur IRI bertanggung jawab atas kegiatan kerja lapangan. Kegiatan utamanya meliputi persiapan survei IRI, survei IRI itu sendiri, dan memberikan hasil survei IRI kepada Admin IRI. Kegiatan lain yang dilakukan oleh Inspektur IRI adalah memelihara <i>hardware</i> yang dibutuhkan untuk melakukan IRI survei.
Admin IRI	Admin IRI bertanggung jawab atas aktivitas pekerjaan kantor. Kegiatan utama meliputi mengimpor hasil survei IRI ke DPS-IRI, melakukan pemrosesan IRI, dan memberikan hasil pemrosesan IRI ke CRMS.
Admin CRMS	Peran Admin CRMS adalah aktor yang mengatur semua fungsi di CRMS. Dalam kegiatan inspeksi jalan, Admin CRMS bertanggung jawab atas fungsi survei <i>screening</i> . Admin CRMS juga bertanggung jawab atas perencanaan pemeliharaan jalan yang dituangkan dalam bab berikut.
Inspektur VIS	Inspektur VIS adalah aktor yang bertanggung jawab atas kegiatan inspeksi visual perkerasan jalan dan verifikasi lapangan. Inspektur VIS adalah aktor yang bertanggung jawab melakukan kerja lapangan dari proses tersebut di atas. Inspektur VIS juga bertanggung jawab memelihara peralatan untuk melakukan pekerjaan lapangan.

Kendati demikian, penggunaan sistem komputer ini memerlukan seorang administrator sistem yang bertanggung jawab untuk pengadaan, instalasi, operasi, dan pemeliharaan sistem. Dalam aplikasi sistem program CRMS, Administrator sistem memiliki 3 (tiga) tugas utama sebagai berikut:

a. Mengatur sistem informasi program CRMS

Sistem informasi aplikasi program CRMS berupa informasi lokasi administratif yaitu data provinsi, kota, dan sebagainya. Jika aplikasi sistem program CRMS telah digunakan pada suatu wilayah administratif dan akan digunakan pada wilayah administratif lainnya, maka administrator sistem harus mengatur sistem informasi dasar sesuai dengan wilayah administratifnya.

b. Membuat arsip versi-versi program CRMS (dokumen aplikasi sistem program CRMS dan dokumen basis data aplikasi sistem program CRMS)

Jika sistem versi baru diterbitkan, administrator sistem harus menyimpan sistem baru di dalam direktori CRMS Vn.r. dengan n adalah nomor versi dan r adalah nomor edisi sistem.

c. Mengelola pengguna aplikasi sistem program CRMS

Terdapat dua jenis pengguna aplikasi sistem program CRMS yaitu administrator sistem dan pengguna umum. Administrator sistem bertugas untuk melakukan manajemen pengguna untuk menghindari pengguna umum melakukan perubahan pada data yang dianggap penting. Manajemen pengguna yang dimaksud terdiri dari pembuatan pengguna baru (*create new user*) dan pengalokasian profil dan hak pengguna baru.



4.3. Perangkat dalam Pengelolaan CRMS

4.3.1. Spesifikasi Aplikasi dan Komponen Program CRMS

Aplikasi Sistem Program CRMS merupakan salah satu instrumen berbasis komputer dan ponsel pintar yang dikembangkan untuk mendukung kegiatan Dinas PU dalam pemeliharaan jalan kota. Aplikasi Sistem Program CRMS terbagi menjadi tiga aplikasi utama: Aplikasi CRMS, Aplikasi VIS, dan Aplikasi DPS-IRI.

a. Komponen Aplikasi CRMS

Aplikasi CRMS merupakan aplikasi berbasis web yang dibuat dengan bahasa pemrograman utama *Python*. Aplikasi CRMS berbasis *cloud* yang ditanamkan pada Server Kominfo dan dikelola oleh Divisi Pusat Data dan Informasi (Pusdatin) PU.

Untuk dapat menggunakan aplikasi sistem program CRMS, komputer yang digunakan harus memenuhi syarat spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Memiliki peramban *web* seperti Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera, dan lainnya yang mendukung pemutaran multimedia; dan
- 2) Terhubung dengan koneksi internet dengan kecepatan minimal 5 Mbps.

Aplikasi CRMS dapat diakses melalui tautan <https://crms.pu.go.id/>.

b. Komponen Aplikasi VIS

Aplikasi VIS adalah aplikasi ponsel pintar berbasis Android. Untuk menggunakan Aplikasi VIS, dapat mengunduh pada Google Play Store melalui tautan <https://play.google.com/store/apps/details?id=jica.vis>. Adapun untuk menggunakan Aplikasi VIS, ponsel pintar yang digunakan harus memenuhi syarat spesifikasi pada tabel berikut:

Tabel 2 – Konfigurasi perangkat keras android untuk VIS

Konfigurasi yang Disarankan	Konfigurasi Minimal
CPU - Qualcomm Snapdragon 845, Kirin 810 atau lebih baik	CPU - Arm v8a 64 bit atau setara
Memori - 4GB RAM	Memori - 3GB RAM
OS - Android 13	OS - Android 13
Kapasitas - 8GB ROM	Kapasitas - 8GB ROM

Ponsel pintar juga diharapkan untuk dapat terhubung dengan layanan internet untuk dapat menggunakan semua fungsi yang ada di dalam aplikasi.

c. Komponen Aplikasi DPS-IRI

Aplikasi DPS-IRI merupakan aplikasi berbasis web yang dibuat dengan bahasa pemrograman utama *Python* dan formulanya dijalankan dengan *Matlab*. Aplikasi DPS-IRI berbasis klien dan dapat digunakan pada komputer dengan cara melakukan instalasi program. Untuk dapat menggunakan aplikasi Sistem Program CRMS, komputer yang digunakan harus memenuhi syarat spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3 – Konfigurasi perangkat keras PC untuk DPS-IRI

Konfigurasi yang Disarankan	Konfigurasi Minimal
CPU – Intel Core i3 atau lebih baik	CPU – Intel Pentium 4 atau setara



Konfigurasi yang Disarankan	Konfigurasi Minimal
Memori – 8 GB RAM OS – Windows 10 atau lebih baik Kapasitas – 8 GB ROM	Memori – 4 GB RAM OS – Windows XP Service Pack 2 Kapasitas – 8 GB ROM

4.3.2. Instalasi Aplikasi

Program CRMS yang terdiri dari Aplikasi CRMS, Aplikasi VIS, dan Aplikasi DPS-IRI. Ketiga aplikasi ini menunjang pekerjaan satu sama lain dan dibangun sesuai dengan kebutuhan dari lingkup pekerjaan yang dilakukan. Ketiga aplikasi ini berinteraksi melalui *Application Programming Interface* (API). API untuk ketiga aplikasi ini sudah tertanam di dalam aplikasi sehingga pengguna tidak perlu melakukan integrasi pada bagian *database*. Adapun untuk instalasi aplikasi dapat mengacu pada panduan pengguna dari masing-masing aplikasi.

4.3.3. Perlengkapan dan Peralatan pada Inspeksi Jalan

Untuk menjaga konsistensi dan kompatibilitas data, peralatan berikut harus digunakan untuk mengumpulkan data kondisi inventaris dan inspeksi.

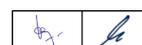
Tabel 4 – Perlengkapan untuk aktivitas inventaris dan inspeksi

Inventaris	<p>Pengukuran Panjang: Pita pengukuran standar</p> <p>Posisi Geospasial: Perangkat GPS atau perangkat seluler (ponsel pintar, tablet, etc.)</p> <p>Gambar: Kamera digital atau perangkat seluler</p>
Inspeksi (Kondisi)	<p>Survei IRI: Kamera Aksi (GoPro <i>Version</i> 10) ditempel pada kendaraan untuk survei</p> <p>Kendaraan Survei: Mobil penumpang atau <i>pick up van</i> (transmisi otomatis atau manual) dengan kaca depan bening</p>
	<p>Inspeksi Visual: Tablet Android dengan Aplikasi VIS terinstall </p> <p>Verifikasi Lapangan: Tablet Android dengan Aplikasi VIS terinstal</p>

Alat (perangkat lunak) berikut harus digunakan untuk pemrosesan data IRI, survei penyaringan, dan inspeksi.

Tabel 5 – Perangkat lunak untuk aktivitas pengolahan data IRI, survei *screening* dan inspeksi

Pemrosesan Data IRI	Sistem pengolahan data untuk perhitungan IRI (DPS-IRI) dipasang di server lokal setiap kota yang disediakan oleh Proyek JICA
<i>Screening</i> Survei (<i>Screening</i> Video)	<i>City Road Management System</i> (https://crms.pu.go.id)



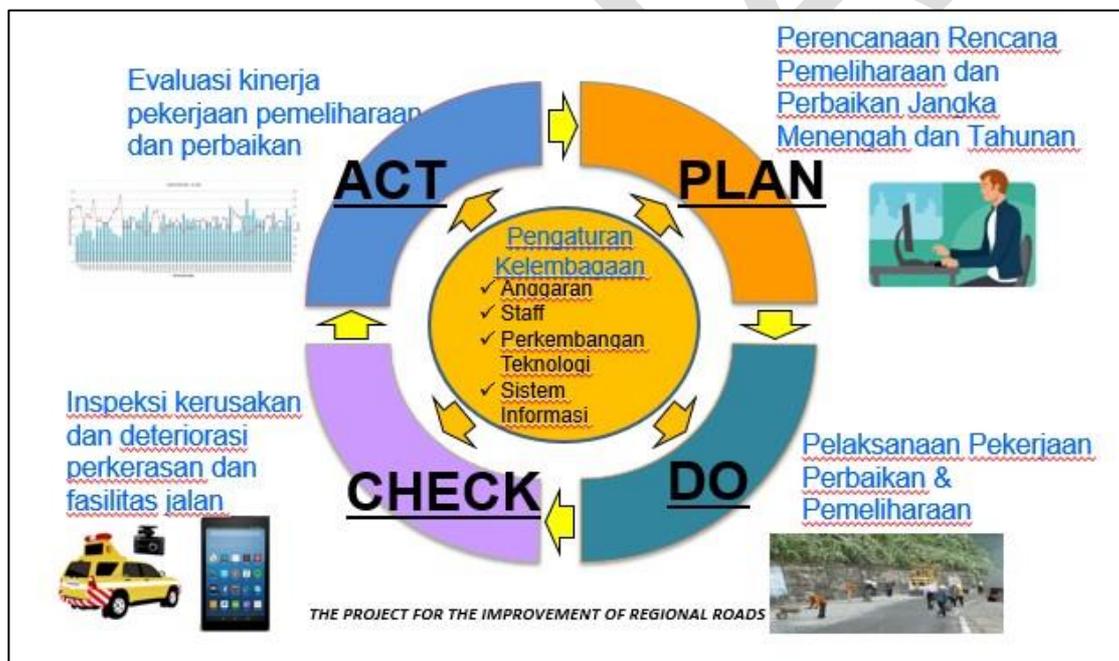
Inspeksi (Kondisi)	Inspeksi VIS: Inspeksi Visual, alat Inspeksi Fasilitas Jalan yang dikembangkan di Aplikasi VIS berbasis android	
	Verifikasi Lapangan: Alat Verifikasi Lapangan dikembangkan pada Aplikasi VIS berbasis android, aplikasi FV berbasis android	

4.4. Siklus Pemeliharaan Jalan Daerah

4.4.1. Siklus PDCA untuk Manajemen dan Pemeliharaan Jalan

Pemeliharaan dan manajemen jalan merupakan tugas yang berkelanjutan yang perlu dilakukan sepanjang umur jalan baik setelah pekerjaan konstruksi baru ataupun perbaikan. Kegiatan manajemen dan pemeliharaan jalan yang terencana dan sistematis harus mengikuti siklus pemeliharaan dan manajemen.

Pengembangan kegiatan manajemen dan pemeliharaan jalan dapat dilaksanakan melalui pelaksanaan siklus PDCA seperti yang terlihat di **Gambar 11**.



Gambar 11 – Siklus PDCA dalam manajemen dan pemeliharaan jalan

Tabel 6 – Definisi PDCA dalam manajemen dan pemeliharaan jalan

Plan (P)	Plan untuk rencana pemeliharaan jalan jangka menengah dan tahunan menggunakan peralatan perencanaan seperti CRMS.
Do (D)	Menerapkan pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan jalan berdasarkan rencana yang dipersiapkan dan didukung oleh instansi terkait seperti Kementerian PU dan Kota.



Check (C)	Melakukan inspeksi jalan regular dan berkala setelah konstruksi baru atau pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan menggunakan peralatan standar seperti DPS-IRI dan VIS.
Action (A)	Melakukan analisa data yang dikumpulkan oleh inspeksi jalan (yaitu data DPS-IRI dan VIS) dan mengevaluasi. Berdasarkan hasil analisa dan evaluasi, menentukan apakah rencana yang diadopsi efektif, efisien, layak, dan membawa pelajaran yang didapat ke siklus selanjutnya.

Siklus PDCA ini harus diulang secara berkelanjutan sampai akhir dari umur desain jalan. CRMS menerapkan siklus PDCA sebagai landasan untuk mencapai proses preservasi jalan pada hampir seluruh bagiannya. Sehingga diharapkan dapat menghasilkan sebuah sistem yang efektif, dan efisien.

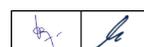
4.4.2. Pemeliharaan Jalan

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan, pekerjaan pemeliharaan jalan didefinisikan sebagai **kegiatan penanganan jalan yang mengambil bentuk pencegahan, pemeliharaan dan perbaikan yang dibutuhkan untuk menjaga kondisi jalan agar tetap berfungsi secara optimal untuk melayani lalu lintas sehingga umur manfaat yang direncanakan sebagaimana ditetapkan akan tercapai**. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 13/PRT/M/2011 mengatur 4 (empat) jenis pekerjaan pemeliharaan seperti yang dijelaskan pada tabel di bawah ini.

Tabel 7 – Jenis pekerjaan pemeliharaan

Pemeliharaan Reguler (Pemeliharaan Rutin)	Pemeliharaan rutin adalah kegiatan untuk menjaga dan memperbaiki berbagai kerusakan jalan agar supaya membuat jalan dalam kondisi layan yang stabil.
Pemeliharaan Berkala	Pemeliharaan berkala jalan adalah kegiatan untuk menangani dan mencegah kerusakan berat dan kerusakan apapun yang diperhitungkan di dalam desain sehingga penurunan kondisi jalan dapat dikembalikan ke kestabilan sesuai rencana.
Rehabilitasi Jalan	Rehabilitasi Jalan adalah kegiatan untuk menangani, mencegah kerusakan berat dan kerusakan yang tidak diperhitungkan dalam desain yang mengakibatkan penurunan kondisi kemantapan bagian/ruas jalan tertentu dalam kerusakan ringan sehingga penurunan kemantapan dapat dikembalikan ke kestabilan (kondisi yang stabil) sesuai rencana.
Rekonstruksi Jalan	Rekonstruksi adalah perbaikan/peningkatan struktur pembentuk suatu kegiatan penanganan untuk meningkatkan kemampuan bagian jalan yang rusak parah agar bagian/ruas jalan tersebut stabil kembali sesuai dengan rencana masa manfaat yang ditetapkan.

Secara teknis, jenis pekerjaan pemeliharaan sangat bergantung dengan tingkat keparahan kerusakan dan volume kerusakannya, namun tidak terlepas dari faktor-faktor lainnya. Di sistem CRMS, terdapat matriks antara jenis pekerjaan pemeliharaan dan metode



perbaikannya, termasuk harga satuan pekerjaan pada setiap metode perbaikan yang digunakan. Jenis pekerjaan pemeliharaan juga dapat ditentukan oleh tingkat pelayanan yang dilaksanakan berdasarkan kebijakan masing-masing daerah.

Pedoman ini juga meninjau terhadap manual/pedoman pemeliharaan jalan yang saat ini berlaku yaitu Surat Edaran Nomor 15/SE/DB/2024 tentang Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Pedoman ini secara suplementer memberikan penjelasan secara fotografis, gambar dan penjelasan tambahan dalam kaitannya pemeliharaan jalan daerah serta refleksi pengetahuan yang diperoleh melalui proyek percontohan.

Berikut adalah iktisar pembahasan pada ketentuan teknis pedoman ini:

- a. Detail dan tindakan preventif dalam pekerjaan manajemen pemeliharaan perkerasan, termasuk diantaranya:
 - 1) Pengabutan Aspal Emulsi (*Fog Seal*);
 - 2) Laburan Aspal – *Asphalt Sealing (Seal Coats)*;
 - 3) Laburan Aspal – *Chip Seal* (Perawatan Permukaan);
 - 4) *Slurry Aspal*;
 - 5) *Micro Surfacing*;
 - 6) Lapis Tipis Beton Aspal (*Carpet-Coat*);
 - 7) Penggantian Lokal (*Local Replacement*) Perkerasan Beton Semen;
 - 8) Penggantian Penuh (*Full Replacement*) Beton Semen;
 - 9) Perkuatan Dowel (*Dowel Retrofit*);
 - 10) Segel Sambungan dan Retakan;
 - 11) Stabilisasi dan Pemulihan;
 - 12) Daur Ulang Lapis Pondasi di Tempat;
 - 13) Penggantian Beton Aspal (*AC Replacement*);
 - 14) *Overlay* Beton Aspal (*AC Overlay*); dan
 - 15) *Mill* dan *Overlay* (Penggantian Lapis Permukaan dan Lapis Pengikat).
- b. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk *overlay* beton aspal (AC), diantaranya:
 - 1) Persiapan Sebelum *Overlay*;
 - 2) Pemasangan;
 - 3) Sambungan; dan
 - 4) Tampilan Permukaan Perkerasan.
- c. Campuran aspal dan desain campuran (*mix design*), diantaranya:
 - 1) Jenis Campuran Aspal;
 - 2) Pengujian Aspal;
 - 3) Desain Campuran *Marshall*; dan
 - 4) Hal yang perlu Diperhatikan dan Penyebab Kegagalan.
- d. Refleksi pengetahuan yang diperoleh melalui Proyek Percontohan/*Pilot Project*, diantaranya:
 - 1) Aplikasi CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*);
 - 2) Aplikasi TCM (Tambalan Cepat Mantap);
 - 3) Aplikasi *Aqua Patch*; dan
 - 4) Aplikasi MD *Seal*.

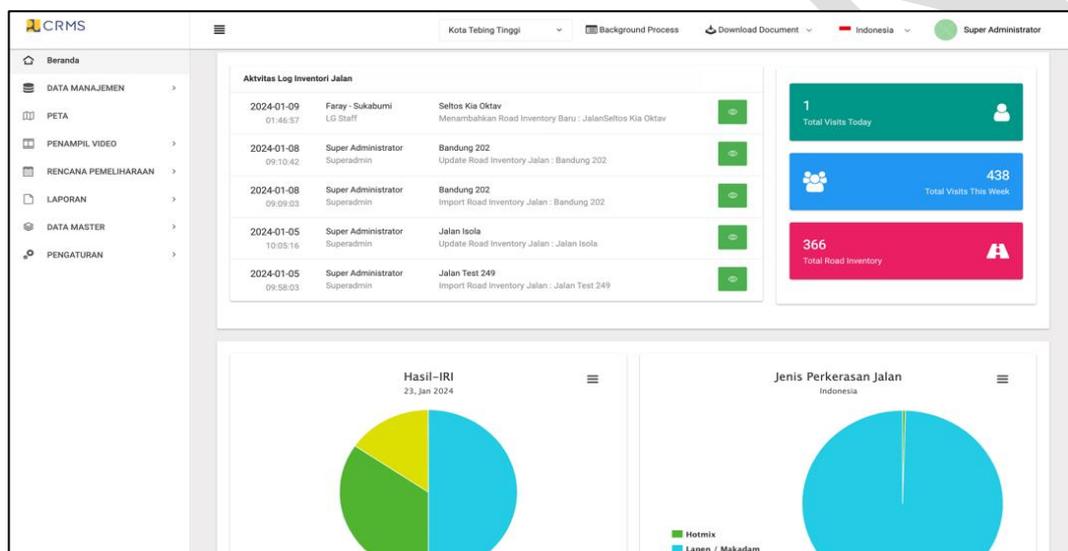


5. Ketentuan Teknis

5.1. Antarmuka Aplikasi

5.1.1. Antarmuka Aplikasi CRMS

Program CRMS yang terdiri dari tiga aplikasi utama memiliki antarmuka yang berbeda. Antarmuka dari ketiga aplikasi yang ada disesuaikan dengan kebutuhan dan kemudahan pengguna dalam penggunaan aplikasi. Aplikasi CRMS memiliki antarmuka yang paling kompleks. Hal ini dikarenakan Aplikasi CRMS merupakan aplikasi utama untuk manajemen data, pengaturan, perencanaan anggaran, pemantauan, dan pelaporan dilakukan pada Aplikasi CRMS. Secara lebih detail tentang penggunaan aplikasi CRMS dapat mengacu pada Panduan Pengguna Aplikasi CRMS. Berikut adalah menu utama Aplikasi CRMS:



Gambar 12 – Dashboard aplikasi CRMS

- a. **Manajemen Data** – merupakan kelompok fungsi untuk melakukan pengelolaan data inventaris jalan, yaitu:
 - 1) Inventaris Jalan
Inventaris Jalan adalah data induk sebuah jalan yang memuat nomor jalan, nama jalan beserta panjangnya. Fitur yang disiapkan untuk mengelola data Nomor ID jalan, nama jalan, panjang jalan berdasarkan SK, posisi geospasial, dan atribut lainnya.



Data Jalan

Export Menu (Excel) + Tambah Data Jalan + Report Menu (PDF) + Report Menu (Excel)

Data Jalan Dipukul Perubahan

Jawa Barat Kota Sukabumi

Pencarian: Tipe to filter: Menampilkan: 200 Data

Nomor Jalan	Nama Jalan	Panjang Jalan (Meter) (Meter)	Panjang Jalan (Berdasarkan SK) (Kilometers)	Nama Kota	Diperbaharui oleh	Perubahan Terakhir	Status	Aksi
22.05.0001	Jalan KH Abdul Aziz	997.2314637196363	0.6	Kota Sukabumi	Super Administrator	04-Jan-2024 09:19:23	On Way	  
22.05.0002	Jalan Assaleem	-	1.2	Kota Sukabumi	-	-	On Way	  
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	1186.069376148966	1.244	Kota Sukabumi	Super Administrator	04-Jan-2024 09:19:23	On Way	  
22.05.0004	Jalan Alun - Alun Utara	96.79787591627905	0.095	Kota Sukabumi	Super Administrator	22-Jan-2024 11:21:03	Completed	  
22.05.0005	Jalan Armetta Azmal	1230.7754302370441	1.23	Kota Sukabumi	Super Administrator	04-Jan-2024 09:19:23	On Way	  
22.05.0006	Jalan Amubawa Sasana	833.5051498185303	0.805	Kota Sukabumi	Super Administrator	04-Jan-2024 09:19:23	On Way	  
22.05.0007	Jalan Arief Rachman Hakim	930.487825142958	0.92	Kota Sukabumi	Super Administrator	04-Jan-2024 09:19:23	On Way	  
22.05.0008	Jalan Asrud Lubis, Kapt.	566.4116499064508	0.55	Kota Sukabumi	Super Administrator	04-Jan-2024 09:19:23	On Way	  
22.05.0009	Jalan Balaikan Sima	407.79759813477	0.4	Kota Sukabumi	Super Administrator	04-Jan-2024 09:19:23	On Way	  
22.05.0010	Jalan Balai Desa	344.1751470507397	0.336	Kota Sukabumi	Super Administrator	04-Jan-2024 09:19:23	Completed	  
22.05.0011	Jalan Belandongan I	-	0.588	Kota Sukabumi	-	-	On Way	  
22.05.0012	Jalan Belandongan II	-	0.218	Kota Sukabumi	-	-	On Way	  
22.05.0013	Jalan Bentar Panjang	387.148052206846	0.447	Kota Sukabumi	Super Administrator	04-Jan-2024 09:19:23	On Planning	  
22.05.0014	Jalan Beqeg	453.8111837320493	0.537	Kota Sukabumi	Super Administrator	22-Jan-2024 11:18:35	On Way	  

Gambar 13 - Daftar inventaris jalan

Edit Data Jalan

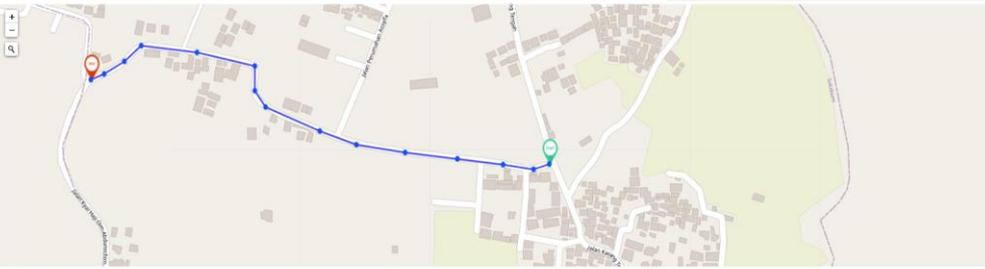
Nomor Jalan* 22.05.0001 Nama Jalan* Jalan KH Abdul Aziz

Provinsi* Jawa Barat Kota Kabupaten* Kota Sukabumi

Panjang Jalan (Berdasarkan SK) - KM* 0.6 District Passed By GUNUNG POLUKI

Access To Kota Road Length (M) 997.2314637196363

Status On Way Volume Lalu Lintas (Sebuhan) 2718



Road Length 997.2306424691527

START DRAW

REBAHAL OK

Gambar 14 - Jendela editing geometri

2) Inventaris Seksi Jalan

Inventaris Seksi Jalan adalah pengelolaan data jalan pada interval panjang tertentu untuk digunakan sebagai acuan. Interval ini membagi ruas jalan dengan interval yang tetap secara otomatis. Dalam operasional CRMS, interval yang digunakan adalah 100 meter.



Data Ruas Jalan						EXPORT EXCEL
Pencarian: <input type="text" value="Type to filter..."/>						Menampilkan: 200 Data
Nomor Jalan	Nama Jalan	Nama Kota	Kode Ruas Jalan	Parjang Ruas Jalan (Meter)	Aksi	
22.05.0001	Jalan Kh Abdul Aziz	Kota Sukabumi	22.05.0001_1	100	[icon]	
22.05.0001	Jalan Kh Abdul Aziz	Kota Sukabumi	22.05.0001_2	100	[icon]	
22.05.0001	Jalan Kh Abdul Aziz	Kota Sukabumi	22.05.0001_3	100	[icon]	
22.05.0001	Jalan Kh Abdul Aziz	Kota Sukabumi	22.05.0001_4	100	[icon]	
22.05.0001	Jalan Kh Abdul Aziz	Kota Sukabumi	22.05.0001_5	100	[icon]	
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	Kota Sukabumi	22.05.0003_1	100	[icon]	
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	Kota Sukabumi	22.05.0003_2	100	[icon]	
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	Kota Sukabumi	22.05.0003_3	100	[icon]	
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	Kota Sukabumi	22.05.0003_4	100	[icon]	
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	Kota Sukabumi	22.05.0003_5	100	[icon]	
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	Kota Sukabumi	22.05.0003_6	100	[icon]	
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	Kota Sukabumi	22.05.0003_7	100	[icon]	
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	Kota Sukabumi	22.05.0003_8	100	[icon]	
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	Kota Sukabumi	22.05.0003_9	100	[icon]	
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	Kota Sukabumi	22.05.0003_10	100	[icon]	
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	Kota Sukabumi	22.05.0003_11	100	[icon]	
22.05.0003	Jalan Ahmad Yani	Kota Sukabumi	22.05.0003_12	144	[icon]	
22.05.0005	Jalan Aminta Azmali	Kota Sukabumi	22.05.0005_1	100	[icon]	
22.05.0005	Jalan Aminta Azmali	Kota Sukabumi	22.05.0005_2	100	[icon]	
22.05.0005	Jalan Aminta Azmali	Kota Sukabumi	22.05.0005_3	100	[icon]	

Gambar 15 - Daftar seksi jalan

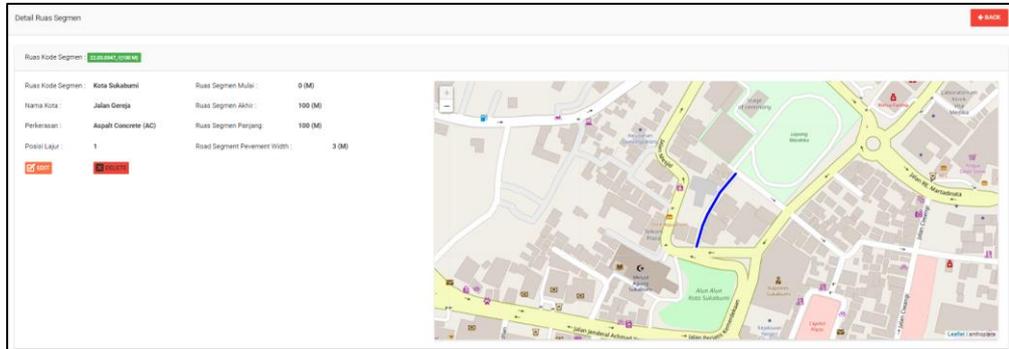
3) Inventaris Segmen Jalan

Inventaris Segmen Jalan adalah pengelolaan data ruas jalan di mana seksi-seksinya memiliki karakteristik yang sama. Aktivitas ini ditujukan untuk mengelompokkan seksi-seksi dari ruas jalan menjadi satu kelompok yang sama untuk memudahkan pengelolaan. Atribut yang menjadi fitur data di segmen jalan adalah lebar jalan, jenis perkerasan, jumlah lajur, LHRT dan lain sebagainya.

Ruas Segment							EXPORT SEGMENT	TAMBAH SEGMENT
Pencarian: <input type="text" value="Type to filter..."/>							Show: 100	
Nama Kota	Nama Jalan	Mulai - Akhir (M)	Parjang Jalan (M)	Terkahir Update				
Kota Sukabumi	Jalan Gerjaja	0 - 100	100	22-Nov-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Pasar Wetan	0 - 100	100	23-Oct-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Terminus Lettu Bakri	0 - 100	200	23-Nov-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Teah Hoar	0 - 100	100	23-Oct-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Misyawati Atas	0 - 100	200	28-Aug-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Parung Seah	0 - 1000	1000	14-Jul-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Prana	0 - 1008	1008	23-Oct-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Cikujang	0 - 1047	1047	22-Nov-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Koping	0 - 1168	1168	28-Aug-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan T. Aminta, Lenda	0 - 1197	1197	23-Oct-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Lettu Sobri	0 - 120	120	22-Nov-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Aminta Azmali	0 - 1230	1230	23-Nov-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Ahmad Yani	0 - 1244	1244	23-Nov-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Lemping	0 - 1245	1245	22-Nov-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan PGRI	0 - 130	130	20-Oct-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Benteng Kidul	0 - 1310	1310	23-Nov-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Karamat	0 - 1320	1320	12-Jul-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Nangela	0 - 1381	1381	22-Nov-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Pasar Ciwang	0 - 140	140	23-Oct-2023	[icon]			
Kota Sukabumi	Jalan Fayhan	0 - 1402	1402	22-Nov-2023	[icon]			

Gambar 16 - Daftar segmen jalan

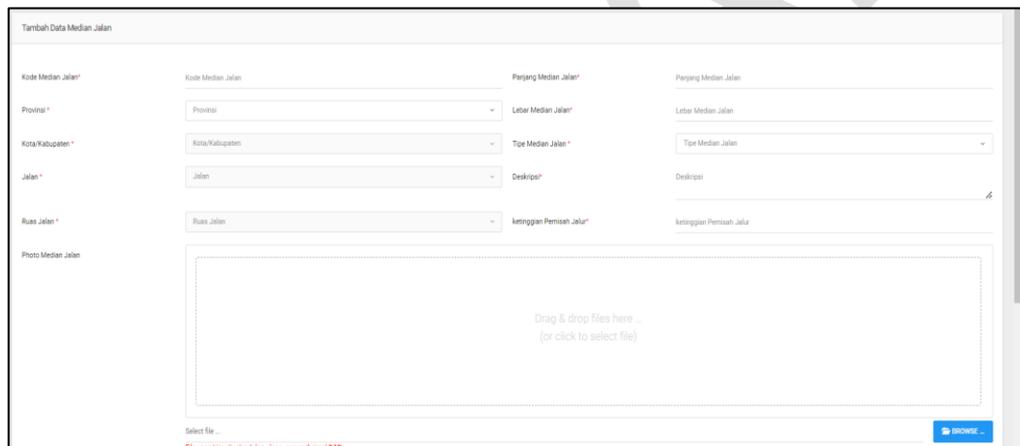




Gambar 17 - Detail segmen jalan

4) Inventaris Fasilitas Jalan

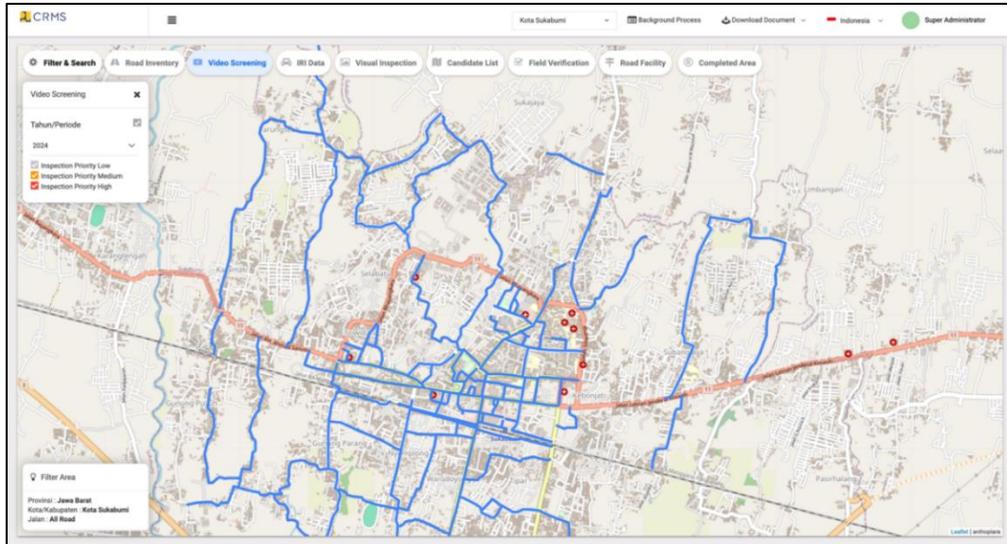
Inventaris Fasilitas Jalan yang ada pada CRMS dapat mengelola 12 (dua belas) jenis fasilitas yang berbeda, karakteristik umum pada masing-masing fasilitas seperti, panjang fasilitas, ukuran, jenis dan penandaan lokasi fasilitas adalah fitur yang *mandatory* ada dalam Inventaris Fasilitas Jalan pada CRMS.



Gambar 18 - Registrasi median jalan pada fasilitas jalan

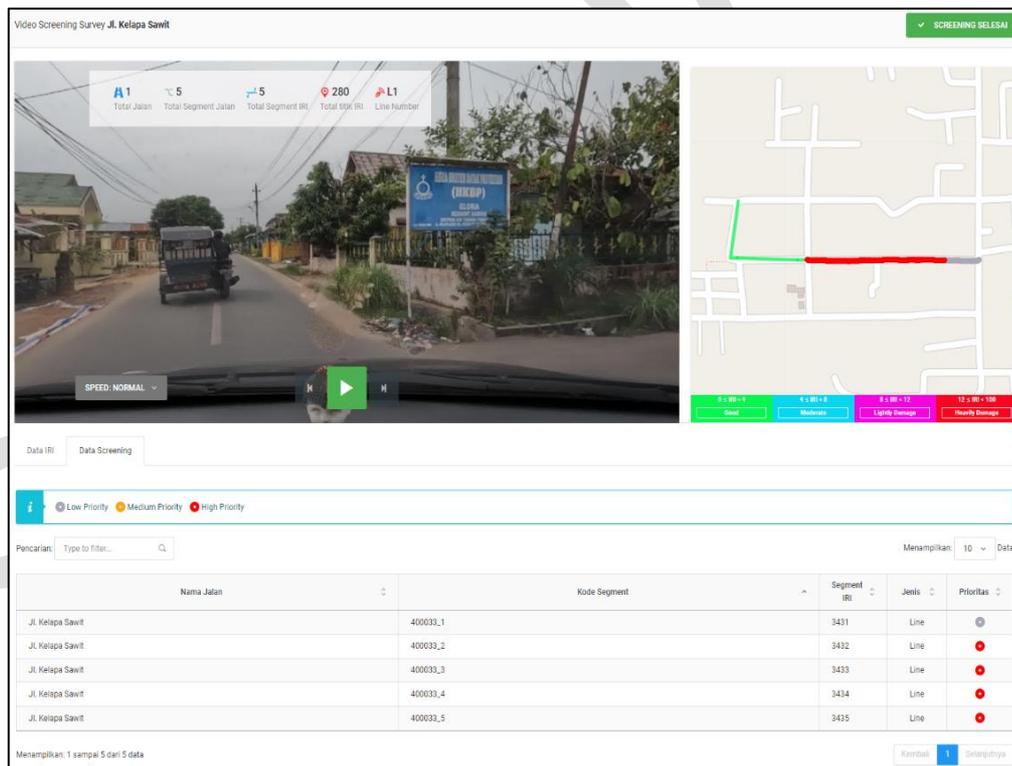
- b. **Peta** – Fitur *Peta/Map* merupakan fungsi untuk menampilkan visualisasi inventaris jalan, nilai IRI pada jaringan jalan, prioritas perbaikan, inspeksi visual, daftar kandidat, dan verifikasi lapangan yang di-*superimpose* pada peta dasar. Fitur ini memberikan gambaran komprehensif tentang progres inspeksi yang dilakukan di berbagai wilayah kota. Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai cara mengakses fitur map, dapat mengacu Panduan Pengguna Aplikasi CRMS.





Gambar 19 - Modul peta CRMS

- c. **Survei Screening** – merupakan kelompok fungsi untuk melakukan validasi nilai IRI yang telah didapatkan dari inspeksi jalan menggunakan kendaraan, yang meliputi:
- 1) Impor IRI; dan
 - 2) Survei Screening.



Gambar 20 – Survei screening

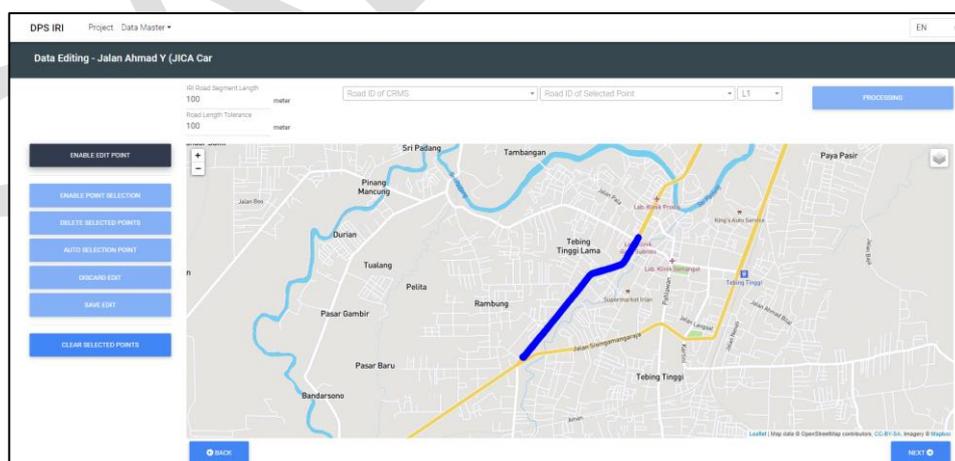
- d. **Rencana Pemeliharaan** – merupakan kelompok fungsi untuk melakukan perencanaan anggaran untuk pemeliharaan jalan kota, meliputi:
- 1) Pengaturan Analisis;
 - 2) Rencana Jangka Menengah;
 - 3) Daftar Kandidat;



- 4) Rencana Jangka Tahunan;
 - 5) Pemantauan; dan
 - 6) Perintah Kerja.
- e. **Laporan** – merupakan kelompok fungsi untuk melakukan pembuatan laporan yang berkaitan dengan perencanaan pemeliharaan jalan kota, meliputi:
- 1) Kekasaran Jalan;
 - 2) Progres Inspeksi;
 - 3) SipDJD;
 - 4) Rekapitulasi;
 - 5) Jejak Audit; dan
 - 6) Laporan Penempatan.
- f. **Data Master** – merupakan kelompok fungsi untuk melakukan pengaturan untuk berbagai faktor yang meliputi inspeksi dan perencanaan pada program CRMS, yaitu:
- 1) Pemeliharaan;
 - 2) Inspeksi Jalan;
 - 3) Fasilitas Jalan;
 - 4) Rekapitulasi; dan
 - 5) Lainnya.

5.1.2. Antarmuka Aplikasi DPS-IRI

Aplikasi DPS-IRI merupakan aplikasi yang memiliki antarmuka yang cukup sederhana, terdiri dari 3 (tiga) menu utama yaitu *Project*, *Data Master*, dan *About*. *Project* merupakan fungsi utama untuk mengelola proyek inspeksi jalan kota yang telah diinspeksi menggunakan metode pengambilan nilai IRI dengan menyusuri jalan menggunakan kendaraan roda empat yang dilengkapi kamera aksi. *Data Master* adalah fungsi utama untuk melakukan sinkronisasi dengan data inventaris jalan yang dimiliki oleh Aplikasi CRMS. Sedangkan *About* hanya menampilkan pengaturan bahasa. Informasi lebih lengkap tentang antarmuka dan penggunaan DPS-IRI dapat mengacu pada Panduan Pengguna Aplikasi DPS-IRI.



Gambar 21 - Menu *project* – data editing pada DPS-IRI



DPS IRI Project Data Master About

Road Line

Data Road Line

[DOWNLOAD TEMPLATE](#)
[REPLACE DATA](#)
[EXPORT DATA](#)
[SYNC WITH OSM DATA](#)

Show 10 entries Search:

No.	Road Number	Road Name	Road Length	Inventory Number
1	6321	Jl. Perak	110.987	400249
2	6408	Jl. Bawang Putih VI	111.874	400293
3	6367	Gg. Rahmad	343.084	400292
4	6322	Jl. Penghubung	155.01	400376

Gambar 22 - Menu data *master* – database jalan

5.1.3. Antarmuka Aplikasi VIS

Aplikasi VIS memiliki empat menu fungsi utama: Inspeksi Visual, Verifikasi Lapangan, Fasilitas Jalan, dan Pengaturan. Inspeksi Visual adalah menu fungsi utama untuk melakukan kegiatan inspeksi secara visual kerusakan perkerasan jalan yang ditemukan. Verifikasi Lapangan merupakan fungsi utama untuk melakukan kegiatan verifikasi lapangan akan kondisi terkini kerusakan perkerasan yang ada sudah diambil datanya. Fasilitas Jalan merupakan menu fungsi utama untuk melakukan inspeksi pada fasilitas jalan yang berisikan:

- a. Trotoar;
- b. Median Jalan;
- c. Lampu Lalu Lintas;
- d. Penerangan Jalan Umum;
- e. Saluran Samping;
- f. Gorong-gorong;
- g. Jalur Layan;
- h. Bahu Jalan;
- i. Pagar Pengaman;
- j. Halte;
- k. Jalur Sepeda; dan
- l. Jalur Sepeda Motor.

Sedangkan, Pengaturan merupakan menu fungsi utama untuk melakukan berbagai pengaturan terkait data master, data inventaris, dan kota lokasi inspeksi. Informasi lebih lengkap tentang antar muka dan penggunaan DPS-IRI dapat mengacu pada Panduan Pengguna Aplikasi VIS.





Gambar 23 - Tampilan utama VIS

5.2. Inspeksi Jalan

Inspeksi jalan terdiri dari Inspeksi Visual (inspeksi berkala, patroli darurat & inspeksi darurat) dan pengumpulan informasi pemeliharaan.

a. Inspeksi Visual (Inspeksi Berkala)

Inspeksi visual (inspeksi berkala) dilakukan setiap tahun dengan menggunakan hasil survei *screening* CRMS secara efisien.

Karena rencana pemeliharaan menengah/tahunan dan rencana anggaran disusun berdasarkan hasil inspeksi berkala, inspeksi berkala harus diselesaikan pada bulan April sebelum dimulainya persiapan rencana pemeliharaan menengah/tahunan dan rencana anggaran.

b. Patroli Darurat & Inspeksi Darurat

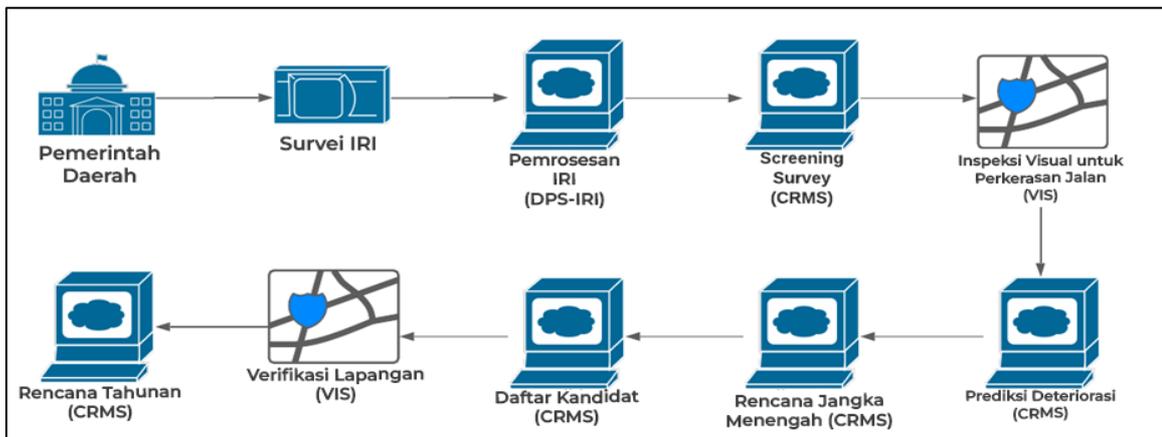
Lubang yang baru terjadi saat musim hujan menjadi faktor penyebab kemacetan lalu lintas. Namun, karena sulit untuk diasumsikan pada tahap persiapan rencana pemeliharaan, biaya perbaikan lubang mungkin tidak dapat diperkirakan. Oleh karena itu, Patroli Darurat & Inspeksi Darurat harus dilakukan untuk menghilangkan lubang yang baru terjadi selama musim hujan dan menemukan di mana konstruksi mendesak harus dilakukan setelah musim hujan.

c. Pengumpulan Informasi Pemeliharaan

Informasi Pemeliharaan harus dicatat setiap kali pekerjaan perbaikan dilakukan. Karena Informasi Pemeliharaan diperlukan untuk menyiapkan rencana pemeliharaan menengah/tahunan dan rencana anggaran untuk tahun fiskal berikutnya, maka harus diselesaikan pada bulan April.



5.2.1. Alur Kerja



Gambar 24 – Alur kerja inspeksi jalan

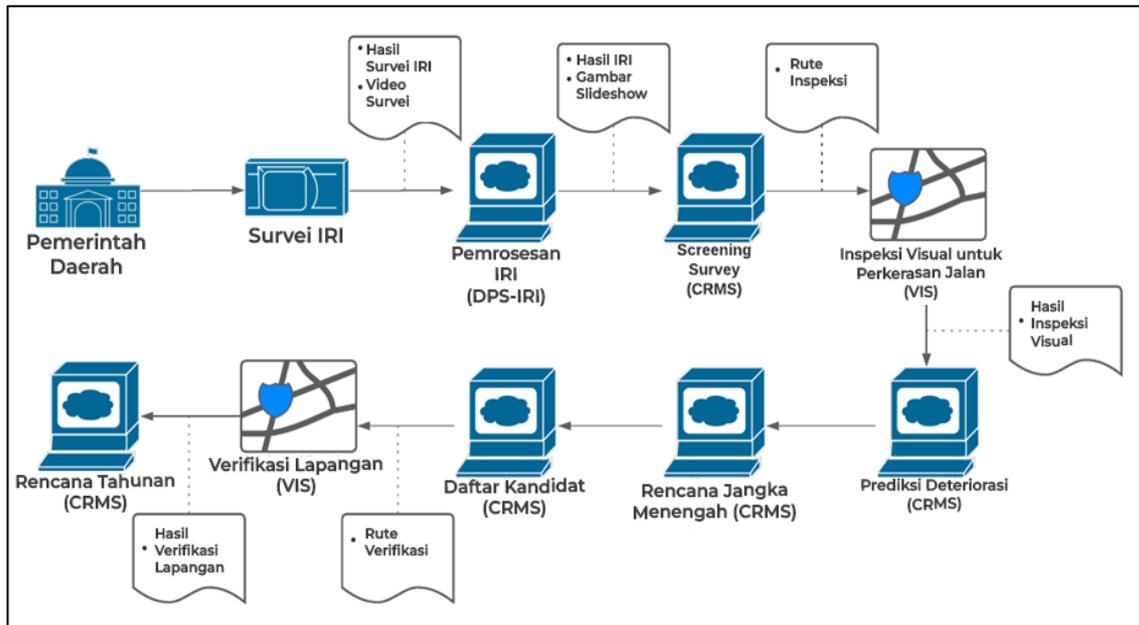
- Survei IRI:** Kegiatan inspeksi jalan yang pertama adalah melakukan Survei IRI. Proses ini bertujuan untuk menangkap data video dan mengumpulkan informasi vektor termasuk perpindahan vertikal permukaan jalan dengan kendaraan untuk pengukuran. Inspektur melakukan perjalanan melalui jalan yang ditentukan dan mencatat kekasaran jalan dan kondisi visual jalan tersebut. Kemudian, dengan Pemrosesan IRI, umpan data dan video serta informasi vektor diproses menggunakan [DPS-IRI] untuk menghitung Nilai IRI dan kondisi jalan secara visual.
- Survei Screening:** Kegiatan selanjutnya adalah melakukan Survei *Screening* nilai IRI dan kondisi jalan di [CRMS]. Proses ini bertujuan untuk memprioritaskan tempat target dan membuat rute untuk diperiksa. Data yang diekstraksi dari [DPS-IRI] kemudian ditransfer ke [CRMS] secara otomatis menggunakan fungsi API. Admin CRMS dapat mengakses fungsi ini melalui Survei *Screening Module* di [CRMS]. Keluaran dari proses ini adalah rute inspeksi yang diatur untuk ditransfer ke [VIS].
- Inspeksi Visual:** Setelah tempat-tempat yang diprioritaskan untuk diperiksa dipindahkan ke [VIS], Inspektur melakukan kegiatan Inspeksi Visual yaitu pemeriksaan kondisi riil jalan beserta fasilitas jalan berdasarkan Kondisi IRI dan hasil Survei *Screening* untuk kemudian mengidentifikasi secara visual jenis/ukuran/keparahan cacat secara langsung, dan merekamnya di sistem seluler. Hasilnya dikirim ke [CRMS] sebagai sumber utama untuk menentukan Prakiraan Kerusakan/Deteriorasi dan Perencanaan Jangka Menengah.
- Verifikasi Lapangan:** Inspektur melakukan kegiatan Verifikasi Lapangan yang merupakan tahap terakhir dari Inspeksi Jalan sesuai dengan Daftar Kandidat yang disusun berdasarkan Rencana Jangka Menengah dari [CRMS]. Inspektur mengidentifikasi secara visual keparahan/jumlah kerusakan jalan secara langsung, dan menentukan metode perbaikannya, kemudian mencatatnya pada sistem seluler. Hasilnya dikirim ke [CRMS] sebagai sumber utama untuk menentukan Rencana Jangka Waktu Tahunan.

Informasi Pemeliharaan harus dicatat setiap kali pekerjaan perbaikan dilakukan. Karena Informasi Pemeliharaan diperlukan untuk menyiapkan rencana pemeliharaan menengah/tahunan dan rencana anggaran untuk tahun fiskal berikutnya, maka harus diselesaikan pada bulan April.



5.2.2. Hubungan Data Antar Langkah

Bagian ini mendefinisikan hubungan data dari setiap prosedur dalam Pemeriksaan Jalan. Data dapat dihubungkan ke database sistem. Hubungan data dapat membantu pengguna untuk memahami pertukaran data selama setiap prosedur.

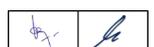


Gambar 25 – Hubungan data antar langkah

Berikut adalah tabel deskripsi dari masing-masing data:

Tabel 8 – Deskripsi hubungan data antar langkah

Data	Deskripsi
Hasil Survei IRI	Hasil Survei IRI adalah data keluaran Survei IRI pada kegiatan kerja lapangan. Data dikumpulkan secara otomatis oleh <i>Action Cam</i> yang dipasang di Mobil Inspektur selama Survei IRI. Data berupa <i>file</i> video bertipe .mp4 beserta informasi vektor (akselerasi/kecepatan/waktu/posisi).
Video Survei	Video Survei adalah data pelengkap Hasil Survei IRI. Video survei membantu Admin IRI untuk memproses perhitungan IRI di kantor. Datanya berupa <i>file</i> MP4 dengan maksimal 20 GB.
Hasil IRI	Hasil IRI adalah data keluaran Pemrosesan IRI di [DPS-IRI]. Hasil IRI diperoleh dengan mengolah Hasil Survei IRI dengan menggunakan rumus pada Modul IRI. Hasil IRI digunakan untuk proses <i>Screening</i> Survei. Data diekspor langsung ke [CRMS].
Gambar <i>Slideshow</i>	Untuk proses survei <i>screening</i> pada aktivitas selanjutnya, gambar <i>Slideshow</i> juga diekspor ke [CRMS]. Gambar dihasilkan dengan memotong Video



Data	Deskripsi
	Survei di [DPS-IRI]. Gambar Tampilan Slide direkam dalam jenis <i>file</i> .jpeg dan diekspor langsung ke [CRMS].
Rute Inspeksi	Rute Inspeksi dihasilkan dengan melakukan Survei <i>Screening</i> untuk jalan di [CRMS]. Rute Inspeksi dikirim ke [VIS] oleh integrasi di [CRMS].
Hasil VI	Hasil VI merupakan produk Inspeksi Visual Perkerasan Jalan. Inspektur mencatat kerusakan yang terjadi di Rute Inspeksi selama Inspeksi Visual. Hasil VI dikirim ke [CRMS] sebagai sumber utama untuk menentukan Peramalan Kerusakan dan Perencanaan Jangka Menengah.
Daftar Verifikasi	Daftar Verifikasi berfungsi sama dengan Jalur Inspeksi. Ini berisi daftar item Verifikasi yang akan diverifikasi oleh Inspektur oleh Modul Verifikasi Lapangan di [VIS].
Hasil FV	Hasil FV merupakan produk dari kegiatan Verifikasi Lapangan. Pemeriksa menerima Daftar Verifikasi yang memuat Butir-butir Verifikasi yang akan diverifikasi. Hasil FV dikirim ke [CRMS] sebagai sumber utama untuk menentukan Rencana Jangka Waktu Tahunan.

5.2.3. Data Inventaris Jalan

Agar pekerjaan pengelolaan jalan dapat terlaksana dengan lancar, pertama-tama diperlukan adanya gambar dan informasi yang menggambarkan secara komprehensif kondisi jalan sasaran saat ini dan hal-hal mendasar lainnya yang berkaitan dengan pengelolaan jalan. Inventarisasi Jalan adalah informasi penting untuk memahami dan memelihara kondisi jalan saat ini, dan. Inventarisasi Jalan adalah informasi penting untuk pekerjaan inspeksi jalan dan harus sudah disiapkan (didaftarkan atau diperbarui) di CRMS sebelum melakukan semua pekerjaan inspeksi jalan terlebih dahulu.

5.2.4. Jadwal Inspeksi Perkerasan Jalan

Inspeksi perkerasan jalan akan selesai pada akhir April. Berdasarkan data survei, rencana pemeliharaan untuk tahun anggaran berikutnya harus dibuat. “Disarankan untuk melakukan survei kondisi jalan minimal 4 (empat) kali dalam setahun. Lebih baik ketika sebelum dan sesudah musim hujan. Hal ini berdasarkan pertimbangan bahwa kerusakan kecil akan cepat meningkat menjadi besar pada saat musim hujan.” (Diuraikan dalam “001-01/M/BM/2011-Manual Survei Kondisi Jalan Untuk Pemeliharaan Rutin” oleh Bina Marga).



Tabel 9 – Jadwal rencana inspeksi perkerasan

Aktivitas	Musim	Hujan			Kemarau					Hujan					Kemarau			
	Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
Inspeksi Berkala																		
Patroli harian																		
Penyampaian hasil Pemeriksaan																		
Draf Pra-Anggaran																		
Rancangan Anggaran																		
Dokumen Pelaksanaan Anggaran																		
Pekerjaan Perbaikan																		

5.2.5. Rencana Survei

Untuk melakukan survei secara efisien, diperlukan rencana survei untuk memandu kegiatan Pemeriksaan Jalan. Rencana Survei adalah membuat rencana jadwal waktu/rute/peralatan/penempatan yang akan disurvei untuk Inspeksi Jalan.

a. Jam survei

Inspeksi berbasis kendaraan harus dilakukan pada siang hari (tidak di malam hari). Jam survei yang disarankan pada siang hari adalah pukul 09:00 hingga 15:00. Alasan rekomendasi ini karena selama ini posisi matahari sebagian besar berada di atas kepala. Posisi matahari yang lebih rendah mempengaruhi kualitas gambar kamera yaitu gambar kamera menjadi terlalu terang.

Namun, karena iklim dan kondisi lalu lintas seperti jam kemacetan lalu lintas berbeda-beda tergantung pada negara atau wilayah lokasi kerja survei, waktu survei aktual yang sesuai di setiap lokasi dapat disesuaikan beberapa jam sebelum atau setelah waktu standar yang dijelaskan di atas.



b. Rute survei

Saat membuat rencana survei, rute dan titik awal/akhir harus ditentukan untuk setiap jalan sasaran. Inspektur IRI harus sudah membuat peta survei dengan simbol titik awal dan akhir pada peta sebelum survei, dan terlebih dahulu mengkonfirmasi rute pada peta. Misalnya, titik awal dengan lingkaran, dan titik akhir dengan segitiga dapat digunakan untuk simbol tersebut.



Gambar 26 – Contoh peta rute survei

5.2.6. Manajemen Keselamatan

Manajemen Keselamatan untuk kegiatan Inspeksi Jalan sangat penting. Sebab, kegiatan tersebut termasuk mengoperasikan kendaraan dengan peralatan dan prosedur tertentu. Inspeksi Jalan akan dilakukan pada jalan yang aktif. Keselamatan seluruh pengguna jalan, pejalan kaki, kendaraan lain dan pengemudi, harus selalu menjadi prioritas utama.

Mengenai aspek keselamatan bagi Pengemudi/Inspektur, khususnya pengemudi kendaraan ukur. Hal pertama yang harus dilakukan adalah memastikan bahwa pengemudi dalam keadaan *fit*. Pastikan pengemudi cukup tidur dan dalam kondisi kesehatan yang baik. Selibhnya, semua staf yang terlibat dalam inspeksi harus mengenakan pakaian dengan visibilitas tinggi.

Mengenai aspek keselamatan kendaraan, kendaraan yang digunakan untuk Inspeksi Jalan harus dalam kondisi baik. Sebelum melakukan survei, pengemudi dan inspektur harus melakukan inspeksi pra-penggunaan.

Agar tidak mengganggu lalu lintas umum, kecelakaan lalu lintas atau mengganggu pengguna jalan lainnya, maka kendaraan pengukur harus memasang rambu-rambu peringatan kepada pengguna jalan bahwa kendaraan tersebut sedang dalam kegiatan Inspeksi Jalan.





Gambar 27 – Rambu survei untuk pekerjaan survei IRI (penempatan bumper belakang kendaraan)

Rambu lalu lintas yang menunjukkan pekerjaan survei jalan sedang dilakukan di jalan dan kemungkinan mengurangi kecepatan maksimum adalah suatu keharusan untuk mengingatkan pengguna jalan. Rambu-rambu lalu lintas harus ditempatkan dengan jarak yang cukup bagi pengguna jalan untuk mengurangi kecepatan dengan aman sebelum area Inspeksi Jalan.



Gambar 28 – Rambu survei untuk pekerjaan inspeksi visual/verifikasi lapangan

Sebelum melakukan Inspeksi Jalan, pemeriksaan awal pekerjaan harus dilakukan untuk memastikan bahwa tidak ada kerusakan pada kendaraan atau perangkat sistem. Persiapan khusus ini diperlukan untuk menyelesaikan tugas dengan lancar. *Checklist* persiapan berguna untuk memudahkan proses persiapan sebelum melakukan Inspeksi Jalan. Periksa status Pengemudi, Inspektur, Peralatan, termasuk manajemen keselamatan sesuai daftar periksa di bawah ini sebelum memulai pekerjaan Inspeksi Jalan di lapangan.

Jika ditemukan satu atau lebih "Tidak OK", jangan lakukan pekerjaan Inspeksi Jalan sampai item "Tidak OK" telah dikoreksi/diperbaiki/diselesaikan.



Tabel 10 – Ceklis sebelum pekerjaan inspeksi jalan

Target	Check point	Status
Kondisi	Cuaca	OK/Tidak OK
	Waktu	OK/Tidak OK
Pengemudi	Kondisi tidak mabuk	OK/Tidak OK
	Kesehatan	OK/Tidak OK
	Kecukupan tidur	OK/Tidak OK
Inspektur	Kesadaraan	OK/Tidak OK
	Kesehatan	OK/Tidak OK
	Kecukupan tidur	OK/Tidak OK
Kendaraan	Suara mesin	OK/Tidak OK
	Rem/Stir	OK/Tidak OK
	Level cairan: Radiator/Oli/Rem	OK/Tidak OK
	Ban: Profil/Kondisi ulir	OK/Tidak OK
	Ban: Cacat/Rusak	OK/Tidak OK
	Ban: Tekanan, Baut	OK/Tidak OK
	Lampu: Depan/Belakang/Indikator	OK/Tidak OK
	Lampu: Peringatan	OK/Tidak OK
	Bensin	OK/Tidak OK
	Perangkat seluler/Kamera Aksi & Aksesoris	Pengisian baterai
Baterai/Baterai cadangan		OK/Tidak OK
<i>Memory card</i> /kartu memori		OK/Tidak OK
Fungsi perekaman kamera		OK/Tidak OK
Fungsi GNSS		OK/Tidak OK
Koneksi internet		OK/Tidak OK
Aksesoris		OK/Tidak OK

5.2.7. Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan Lapangan merupakan kegiatan utama dalam melakukan Inspeksi Jalan. Kerja Pekerjaan Lapangan adalah proses perjalanan ke jalan yang ditentukan dan melakukan aktivitas sesuai rencana survei.

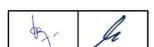
a. Periksa Rute Survei

Sebelum berangkat survei, Inspektur harus memastikan rute pada peta rencana survei dan menuju ke titik awal rute survei.

b. Mengemudi dengan Aman

Prioritas pada pekerjaan lapangan adalah keselamatan. Perilaku berkendara berikut ini tidak hanya berbahaya berkendara yang dapat mengakibatkan kecelakaan lalu lintas, tetapi juga keakuratan data pengukuran/pemeriksaan menjadi tidak stabil dan rendah mutunya, serta pekerjaan yang sia-sia.

- 1) Mulai tiba-tiba, pengereman mendadak dan jalan berbelok;
- 2) Melewati kendaraan lain yang mengemudi kecuali menghindari kecelakaan lalu lintas; dan
- 3) Menggunakan ponsel genggam atau perangkat genggam saat mengemudi dan memperbaiki dan mengoperasikan kamera saat sedang mengemudi (Pengemudi



hanya dapat menggunakan perangkat komunikasi saat kendaraan diparkir dengan aman).

- c. Kecepatan Mengemudi dan Penjagaan Jarak ke Depan
Pengemudi harus mematuhi batas kecepatan yang sah dan mengemudi dengan kecepatan yang sesuai dengan cuaca dan kondisi jalan, serta keselamatan. Apapun yang terjadi, keselamatan harus selalu menjadi prioritas utama.
Selain itu diperlukan juga untuk menjaga jarak yang cukup dari mobil di depan di jalan raya untuk berkendara dengan aman. Sebagai tambahan, menjaga jarak memungkinkan untuk memeriksa permukaan jalan di depan secara luas dan jelas.

5.2.8. Laporan Kerja Harian

Pada hari Inspeksi Jalan dilakukan, rincian pekerjaan pada hari itu (Tanggal, Inspektur, Jam, Jalan, dan Arah) harus dicatat dalam laporan pekerjaan harian. Ini membuatnya lebih mudah untuk mengatur data video yang diambil langsung di kantor, dan membuat pemrosesan selanjutnya bekerja lebih efisien. Selain itu, karena dimungkinkan untuk mengetahui jalan mana yang telah disurvei, ini berguna untuk kemajuan pekerjaan. Format Laporan Kerja Harian dapat dilihat pada Lampiran E – Format Laporan dan Tabel.

5.2.9. Evaluasi Kerusakan

Bagian ini menjelaskan Evaluasi Kerusakan permukaan perkerasan jalan.

- a. Definisi Kerusakan
Kerusakan didefinisikan sebagai cacat yang terlihat di permukaan (perkerasan jalan dan fasilitas jalan) dan diasumsikan cacat struktural yang tidak terlihat tetapi dapat ditebak berdasarkan kondisi di permukaan.
- b. Tingkat Keparahan Kerusakan
Peringkat kerusakan adalah kategorisasi skala cacat dalam skala 1-5 secara kualitatif berdasarkan inspeksi visual dan semata-mata tergantung pada penilaian inspektur.



Gambar 29 – Skala tingkat kerusakan

Tingkat keparahan kerusakan untuk perkerasan dan fasilitas jalan dapat dilihat pada Lampiran C.



5.3. Survei IRI

Bagian ini menjelaskan proses yang diperlukan untuk melakukan Survei IRI.

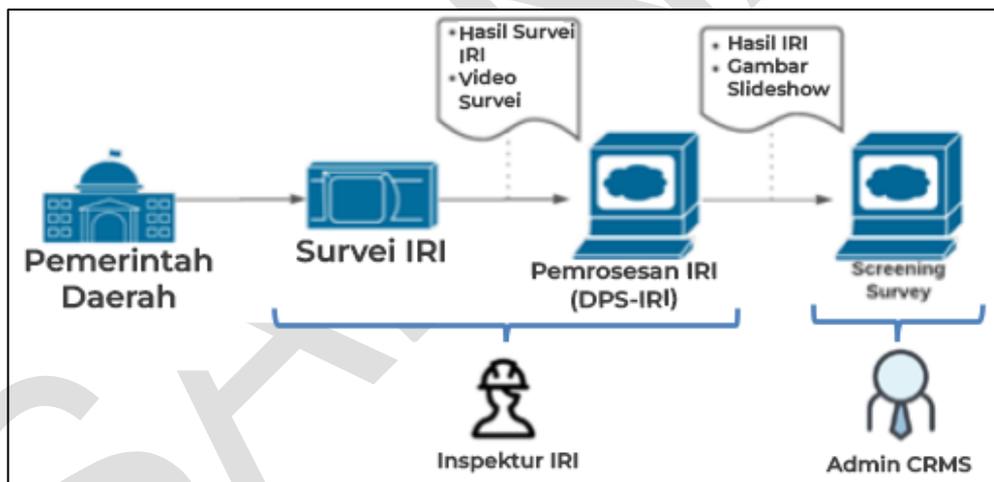
5.3.1. Alur Kerja

Subbagian ini menjelaskan alur kerja kegiatan Survei IRI. Di bawah ini adalah alur kerja dasar dari Survei IRI. Langkah-langkahnya meliputi inspeksi jalan dengan kendaraan dan Pemrosesan IRI menggunakan [DPS-IRI].

Pertama, Inspektur menyiapkan aspek-aspek yang diperlukan untuk melakukan survei. Persiapan meliputi data/dokumen, peralatan, dan rencana survei.

Selanjutnya, dilakukan pengukuran kendaraan. Inspektur melakukan perjalanan melalui rute yang ditentukan berdasarkan rencana survei. Selama proses tersebut, Inspektur merekam data video beserta informasi vektor, seperti akselerasi/kecepatan/waktu/posisi, untuk mendapatkan nilai perkerasan jalan dari jalan yang dilalui menggunakan peralatan yang ditentukan.

Setelah semua data yang diperlukan terkumpul, selanjutnya data tersebut dibawa ke kantor untuk dilakukan Pemrosesan IRI dengan menggunakan [DPS-IRI]. Keabsahan hasil pemrosesan, nilai IRI yang dihitung, juga harus diperiksa kembali. Nilai IRI yang berhasil divalidasi ditransfer ke [CRMS] untuk Survei *Screening*.



Gambar 30 – Alur kerja kegiatan survei IRI

5.3.2. Pekerjaan Lapangan

Bagian ini menjelaskan beberapa pertimbangan dalam pekerjaan lapangan untuk pengukuran perkerasan jalan. Hal-hal mengenai tindakan dasar dan tindakan pencegahan dalam kegiatan kerja lapangan, serta semua pihak yang berkepentingan harus mematuhi standar yang ditunjukkan pada bagian 5.2.1. Pekerjaan Lapangan.

a. Pelaksana

Sebagai standar, pengukuran dengan kendaraan dilakukan oleh 2 (dua) orang.



Tabel 11 – Pelaksana survei IRI

Nama	Peran	Peralatan/Perangkat	Catatan
Pengemudi	Mengemudi	Kendaraan	
Inspektur IRI	Mengoperasikan peralatan navigasi rute	Kamera Aksi & Aksesoris	Gopro 10

- b. Kecepatan Mengemudi dan Penjagaan Jarak ke Depan
Saat bergerak di lokasi dengan kendaraan, Pengemudi harus mematuhi batas kecepatan yang sah dan mengemudi dengan kecepatan yang sesuai dengan cuaca dan kondisi jalan serta keselamatan. Dalam hal akurasi data, selama pengukuran kendaraan di jalan kota, kecepatan berkendara harus dijaga sedapat mungkin antara **20 km/jam dan 40 km/jam**. Namun, jika batas kecepatan resmi jalan tersebut kurang dari 40km/jam, pengemudi **tidak boleh melebihi batas kecepatan resmi**. Apapun yang terjadi, keselamatan harus selalu menjadi prioritas utama.
Selain itu, diperlukan juga untuk menjaga jarak yang cukup dari mobil di depan di jalan raya untuk berkendara dengan aman. Menjaga jarak aman memungkinkan pengemudi untuk menangkap video/gambar permukaan jalan di depan secara luas dan jelas.
- c. Survei di Jalan Banyak Lajur
Jalan kota biasanya memiliki banyak lajur. Dikarenakan nilai IRI untuk setiap lajur harus dihitung dan dicatat, maka setiap lajur harus disurvei. Pengemudi diperlukan untuk tetap mengemudi di lajur target sebisa mungkin kecuali harus menghindari kecelakaan lalu lintas.
Pekerjaan survei dapat berjalan lancar apabila inspektur dapat melihat terlebih dahulu apakah ada kendaraan yang parkir atau ada lajur atau ruas yang tidak dapat dilalui karena pekerjaan konstruksi.
- d. Kondisi Cuaca
Saat cuaca buruk dan permukaan jalan basah karena hujan, sulit untuk mengidentifikasi kerusakan perkerasan dari video/gambar yang diambil. Cuaca buruk juga meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas. Oleh karena itu, pengukuran kendaraan tidak dianjurkan pada cuaca hujan.

5.3.3. Pengukuran dengan Kendaraan

Pengukuran dengan kendaraan dalam kegiatan Survei IRI merupakan langkah krusial untuk merekam data mentah berupa data video beserta informasi vektor, seperti akselerasi/kecepatan/waktu/posisi, yang diperlukan untuk mendapatkan nilai kekasaran jalan dari jalan yang dilalui dengan menggunakan peralatan yang ditentukan.

Karena kondisi pemasangan peralatan dan kondisi mengemudi kendaraan mempengaruhi akurasi data pengukuran dan nilai IRI yang dihitung dari data pengukuran, maka prosedur pengukuran perlu dipahami sepenuhnya.

5.3.4. Pemrosesan DPS-IRI

Pengolahan data dalam kegiatan Survei IRI dilakukan oleh [DPS-IRI]. Langkah ini mencakup pengubahan data video dan informasi vektor yang terekam dalam pengukuran kendaraan



menjadi data yang sesuai untuk langkah selanjutnya, guna menghitung nilai IRI permukaan jalan.

Setelah semua data yang diperlukan terkumpul di lapangan, selanjutnya data tersebut dibawa ke kantor untuk dilakukan IRI *Processing*. Di kantor, Inspektur IRI melakukan Pemrosesan IRI menggunakan [DPS-IRI]. Model QC (*Quarter Car*) digunakan untuk perhitungan nilai IRI. Hasil dari proses tersebut kemudian ditransfer ke Modul Survei *Screening* di [CRMS].

5.3.5. Apa yang ditunjukkan oleh IRI

Perlu dimiliki pemahaman yang tepat tentang karakteristik dari Nilai IRI. Nilai IRI adalah rasio antara nilai kumulatif (mm) perpindahan vertikal yang diterima kendaraan dari permukaan jalan terhadap jarak tempuh (100m).

Nilai IRI dengan pengukuran kendaraan merupakan indikator kerataan permukaan jalan dimana lajur yang diukur merupakan lajur yang dilalui kendaraan. Nilai IRI menunjukkan ketidakrataan permukaan jalan sepanjang lajur yang dilalui ban kendaraan pada saat pengukuran. Jadi, meskipun sebenarnya ada ketidakrataan permukaan jalan akibat kerusakan di lapangan, jika ban kendaraan tidak melewati daerah kerusakan pada saat pengukuran, maka ketidakrataan tersebut tidak akan dimasukkan dalam nilai IRI. Sebaliknya, jika ban kendaraan melewati *speed bump* atau perlintasan kereta api, meskipun tidak ada permukaan jalan yang tidak rata akibat kerusakan, nilai IRI menunjukkan lebih tinggi dari yang sebenarnya.

Hal ini menunjukkan perlunya melakukan penilaian tidak hanya berdasarkan nilai IRI tetapi juga hasil observasi lapangan, untuk memahami kondisi permukaan jalan dengan benar.

5.4. Survei *Screening*

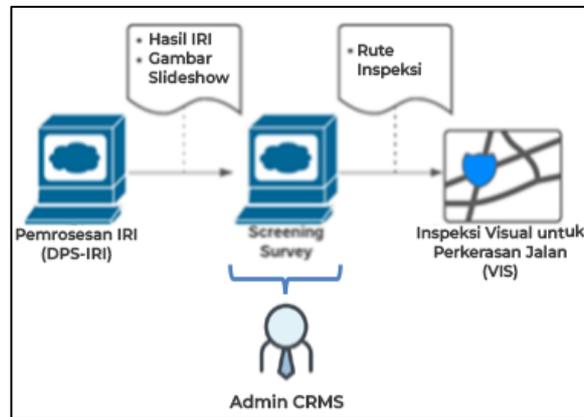
Bagian ini menjelaskan proses Survei *Screening* di [CRMS]. Nilai prioritas keparahan kerusakan permukaan jalan diambil dengan melihat gambar dan rekaman inspeksi jalan dengan menekan tombol yang sesuai dengan tingkat keparahan kerusakan.

Karena titik inspeksi terhubung dengan informasi geografis, titik kerusakan di seluruh jalan inspeksi dapat diketahui.

5.4.1. Alur Kerja

Subbagian ini menjelaskan alur kerja kegiatan Survei *Screening*. Di bawah ini adalah alur kerja dasar Survei *Screening* menggunakan [CRMS]. Pertama, pengukuran jalan dan Pemrosesan IRI di jalan-jalan yang berkepentingan untuk Survei *Screening* harus sudah selesai. Data masukan yang diperlukan adalah nilai IRI dan gambar yang telah disimpan dalam database [CRMS]. Nilai IRI digunakan sebagai acuan, dan kerusakan permukaan jalan diperiksa pada data vektor, dan dicatat peringkat kerusakannya. Perencanaan untuk pekerjaan inspeksi visual diprioritaskan berdasarkan peringkat kerusakan. Setelah semua data yang diperlukan terdaftar, data disinkronisasikan ke [VIS].





Gambar 31 – Alur kerja kegiatan survei *screening*

5.4.2. Tingkat Prioritas Survei *Screening*

Admin CRMS dapat memilih 3 (tiga) tingkat prioritas terhadap urgensi dari inspeksi visual yang dilakukan, prioritas tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Tinggi
Dimaksudkan untuk segera melakukan inspeksi visual pada area tersebut. Jalan terindikasi rusak berat dan membutuhkan perbaikan dalam kurun waktu kurang dari 1 (satu) tahun.
- b. Sedang
Inspektur perlu melakukan inspeksi visual pada area tersebut setidaknya 1 (satu) kali dalam setahun. Jalan terindikasi mengalami rusak ringan hingga sedang dan membutuhkan pemeliharaan atau perbaikan preventif.
- c. Rendah
Tidak perlu dilakukan inspeksi visual. Jalan bagus dan tidak membutuhkan pemeliharaan.

Didalam sistem CRMS, pemberian tingkat prioritas dilakukan per-segmen atau per-100 meter. Seluruh informasi tersebut tersinkronisasikan pada aplikasi VIS secara *realtime*.

5.5. Inspeksi Visual

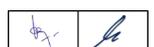
Bagian ini mencakup kegiatan Inspeksi Visual.

5.5.1. Alur Kerja

Subbagian ini menjelaskan alur kerja Inspeksi Visual. Di bawah ini adalah alur kerja dasar Inspeksi Visual.

Pertama, Inspektur menyiapkan aspek-aspek yang diperlukan untuk melakukan survei. Persiapan meliputi data/dokumen, peralatan, dan rencana survei berdasarkan hasil cacat yang ditemukan oleh Survei *Screening*.

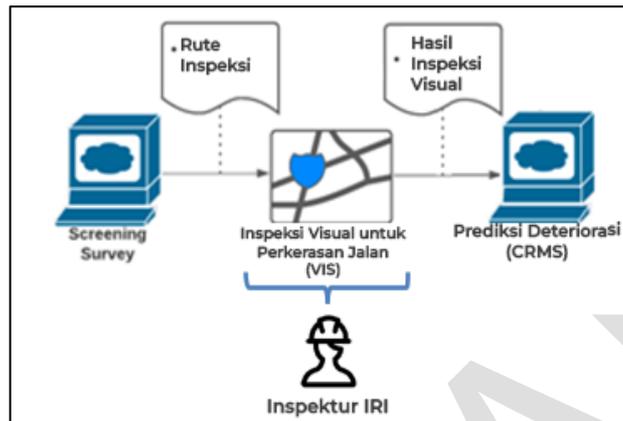
Selanjutnya dilakukan Inspeksi Visual. Inspektur melakukan perjalanan melalui rute yang ditentukan berdasarkan rencana survei. Selama proses tersebut, permukaan perkerasan jalan dan fasilitas jalan diperiksa secara visual untuk melihat tanda-tanda kerusakan atau



kecacatan. Hal ini termasuk mencari retakan, lubang, bekas roda, ketidakrataan, dan cacat lainnya.

Semua pengamatan yang dilakukan selama inspeksi harus dicatat, termasuk lokasi dan jenis/ukuran/keparahan cacat dengan foto.

Setelah semua data yang diperlukan terkumpul, data tersebut disinkronkan ke [CRMS].



Gambar 32 – Alur Kerja kegiatan inspeksi visual

5.5.2. Pekerjaan Lapangan

Subbagian ini menjelaskan pertimbangan khusus pekerjaan lapangan untuk Inspeksi Visual. Hal-hal mengenai tindakan dasar dan tindakan pencegahan dalam kegiatan kerja lapangan, serta semua pihak yang berkepentingan harus mematuhi standar yang ditunjukkan pada bagian 5.2.1. Pekerjaan Lapangan.

a. Pelaksana

Sebagai standar, Inspeksi Visual dilakukan oleh tiga orang, Pengemudi, Inspektur dan Asisten Inspektur. Inspektur diharapkan memiliki pengetahuan dasar tentang perbaikan jalan.

Tabel 12 – Pelaksana inspeksi visual

Nama	Peran	Peralatan/Perangkat	Catatan
Pengemudi	Mengemudi	Kendaraan	Pengetahuan mengemudi secara tepat dan area yang akan diinspeksi
Inspektur	Inspeksi Pengumpulan data	Pengukuran menggunakan sistem seluler	Pengetahuan tentang perbaikan Jalan diperlukan
Asisten Inspektur	Inspeksi Kontrol lalu lintas	Pengukuran	Pengetahuan tentang perbaikan Jalan diperlukan



b. Manajemen Keselamatan

Saat berkendara di lokasi menggunakan kendaraan, Pengemudi harus mematuhi batas kecepatan yang sah dan mengemudi dengan kecepatan yang sesuai dengan cuaca dan kondisi jalan, serta menjaga keselamatan.

Dalam hal pemeriksaan kerusakan jalan di jalan kota, kecepatan mengemudi harus diusahakan sepele mungkin dan memasang rambu-rambu untuk memperingatkan pengguna jalan bahwa kendaraan sedang dalam pelaksanaan kegiatan Pemeriksaan Jalan. Juga harus diperhatikan untuk menjaga jarak yang cukup dari mobil di depan jalan raya.

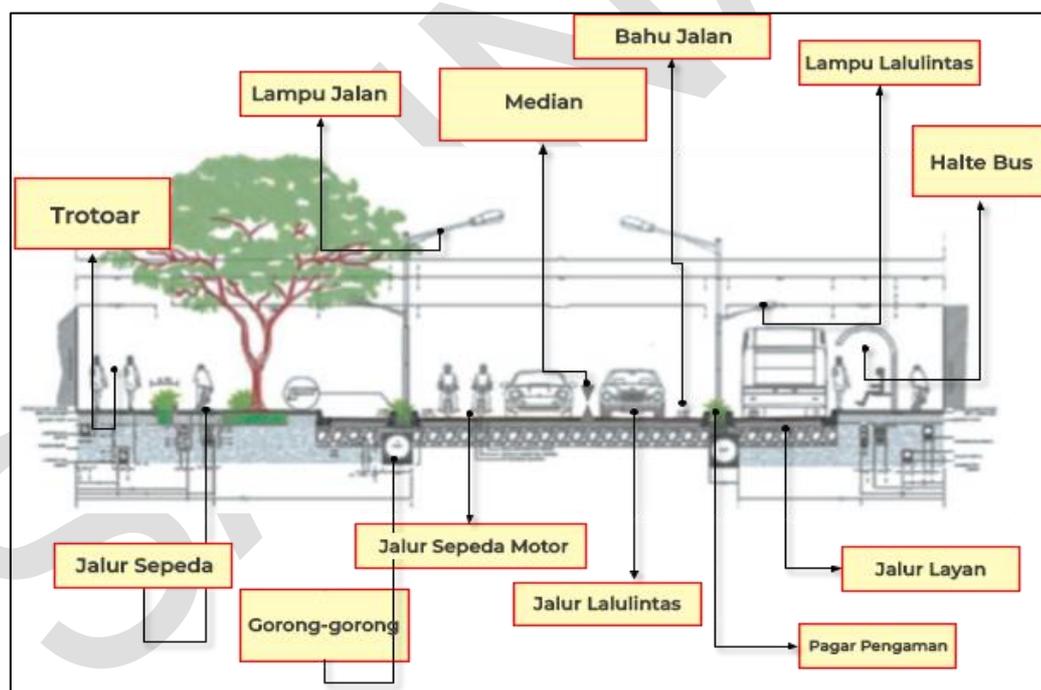
Dalam hal pemeriksaan kerusakan jalan, harus diperhatikan keselamatan baik semua pengguna jalan di sekitar area kerja, termasuk pejalan kaki dan petugas pemeriksaan.

c. Kondisi Cuaca

Saat cuaca buruk dan permukaan jalan basah akibat hujan, sulit untuk mengidentifikasi kerusakan perkerasan jalan di lapangan. Ini juga meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas. Oleh karena itu Inspeksi Visual tidak dilakukan pada cuaca hujan.

d. Subjek Pemeriksaan Fasilitas Jalan

Inspektur harus memeriksa tidak hanya permukaan perkerasan jalan tetapi juga fasilitas jalan, seperti Drainase Sampung, Trotoar, dan Lampu Lalu Lintas, Gorong-gorong, untuk setiap cacat atau tanda-tanda ketidakstabilan.



Gambar 33 – Bagian fasilitas jalan pada potongan jalan

e. Pemeriksaan Permukaan Jalan Beraspal

Inspektur harus memeriksa permukaan perkerasan jalan apakah ada retakan, lubang, ketidakrataan, atau tanda-tanda cacat lainnya. Mereka juga harus memeriksa tepi dan bahu jalan dari erosi atau tanda-tanda ketidakstabilan.



- f. **Mengukur Cacat**
Inspektur harus mengukur ukuran dan kedalaman cacat yang diamati menggunakan alat ukur yang sesuai seperti penggaris, pita pengukur, atau pengukur kedalaman.
- g. **Mengevaluasi Cacat**
Inspektur harus menilai tingkat keparahan cacat yang diamati dan menentukan apakah tindakan segera diperlukan atau dapat diatasi melalui pemeliharaan rutin. Jika sulit untuk mengevaluasi di lapangan, catat hasil pengamatan lokasi dan kondisi di lapangan serta ambil foto bagian yang cacat. Kemudian, diskusikan dan pertimbangkan keputusan tersebut dengan rekan kerja di kantor.
- h. **Rekaman Penemuan**
Inspektur harus mencatat semua temuan inspeksi, termasuk lokasi, jenis, ukuran, dan tingkat keparahan cacat yang diamati dengan foto. Selain itu, Inspektur juga harus mencatat kondisi lingkungan atau lalu lintas yang mungkin berkontribusi terhadap kerusakan.
- i. **Manajemen Area yang Diinspeksi dan Hasil yang Diinspeksi**
Untuk tujuan manajemen progres pekerjaan dan pencegahan duplikasi pekerjaan, perlu diketahui pada peta rute atau area mana saja pekerjaan inspeksi telah diselesaikan. Saat Inspektur melakukan pekerjaan inspeksi, Inspektur lain dapat memeriksa progres pekerjaannya. Selain itu, dengan berbagi dan merujuk hasil oleh Inspektur lain di antara para Inspektur, dimungkinkan untuk mencegah variasi akurasi hasil yang disebabkan oleh Inspektur yang berbeda.

5.6. Verifikasi Lapangan

Bagian ini menjelaskan tentang kegiatan Verifikasi Lapangan

5.6.1. Alur Kerja

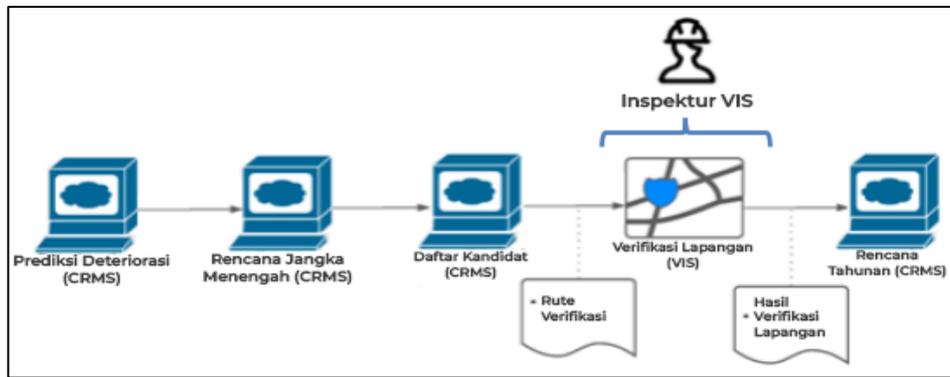
Subbagian ini menjelaskan alur kerja Verifikasi Lapangan. Di bawah ini adalah alur kerja dasar Verifikasi Lapangan.

Pertama, inspektur mempersiapkan aspek-aspek penting untuk melaksanakan survei. Persiapan meliputi data/dokumen, perlengkapan, dan rencana survei berdasarkan kerusakan yang ditemukan oleh Inspeksi Visual. Kemudian, Verifikasi Lapangan dilaksanakan.

Inspektur bepergian melalui rute yang ditentukan berdasarkan rencana survei. Selama proses tersebut, kerusakan yang ditemukan di Inspeksi Visual diteliti lebih lanjut untuk diperkirakan pekerjaan perbaikan yang tepat berdasarkan jumlah kerusakan dan metode perbaikan.

Semua pengamatan yang dibuat selama verifikasi harus direkam, termasuk juga jumlah kerusakan dan metode perbaikan dengan komentar apapun serta foto-fotonya. Setelah semua data-data penting dikumpulkan, data disinkronkan ke [CRMS].





Gambar 34 – Alur kerja kegiatan verifikasi lapangan

5.6.2. Pekerjaan Lapangan

Bab ini menjelaskan pertimbangan khusus pekerjaan lapangan untuk Verifikasi Lapangan. Hal-hal mengenai tindakan dasar dan tindakan pencegahan dalam kegiatan kerja lapangan, serta semua pihak yang berkepentingan harus mematuhi standar yang ditunjukkan pada bagian 5.2.1. Pekerjaan Lapangan.

a. Pelaksana

Sebagai standar, Verifikasi Lapangan dilakukan oleh tiga orang: Pengemudi, Inspektur, dan Asisten Inspektur. Inspektur diharapkan memiliki pengetahuan dasar perbaikan jalan.

Tabel 13 – Pelaksana verifikasi lapangan

Nama	Peran	Perlengkapan /Perangkat	Catatan
Supir	Mengemudi	Kendaraan	Pengetahuan mengemudi secara tepat dan area yang akan diinspeksi
Inspektur	Pengumpulan data inspeksi	Sistem Seluler Pengukuran	Pengetahuan tentang perbaikan Jalan diperlukan
Asisten Inspektur	Kontrol lalu lintas inspeksi	Pengukuran	Pengetahuan tentang perbaikan Jalan diperlukan

b. Manajemen Keselamatan

Ketika berkendara ke lapangan menggunakan kendaraan, Pengemudi harus menaati peraturan yang ada. Pengemudi harus mematuhi batas kecepatan yang sah dan mengemudi dengan kecepatan yang sesuai dengan cuaca dan kondisi jalan, serta keselamatan.

Dalam hal pemeriksaan kendaraan di jalan kota, kecepatan mengemudi harus diusahakan sepele mungkin dengan memasang rambu-rambu untuk memperingatkan pengguna jalan yang lain bahwa kendaraan sedang melakukan kegiatan Pemeriksaan Jalan. Pengemudi juga diharuskan menjaga jarak yang cukup dengan mobil di depan.



Dalam hal pemeriksaan kerusakan, harus diperhatikan keselamatan baik semua pengguna jalan di sekitar area kerja, termasuk pejalan kaki dan petugas pemeriksaan.

c. Kondisi Cuaca

Saat cuaca buruk dan permukaan jalan basah akibat hujan, sulit untuk mengidentifikasi kerusakan perkerasan jalan di lapangan. Cuaca hujan juga meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas. Oleh karena itu, Verifikasi Lapangan tidak dianjurkan pada cuaca hujan.

d. Penilaian Kerusakan

Untuk memperkirakan pekerjaan perbaikan yang dilakukan, perlu dilakukan penilaian tingkat kerusakan perkerasan dengan melakukan inspeksi visual terhadap permukaan jalan dengan menggunakan peralatan khusus untuk mengukur tingkat keparahan kerusakan.

e. Penentuan Metode Perbaikan

Berdasarkan penilaian kerusakan, tentukan metode perbaikan yang paling tepat. Hal ini mungkin termasuk mengisi retakan atau lubang, melapisi jalan, atau mengganti seluruh bagian trotoar.

Jika sulit menentukan metode perbaikan di lapangan, catat pengamatan lokasi dan kondisi di lapangan serta foto bagian yang cacat. Kemudian, diskusikan dan pertimbangkan keputusan tersebut dengan rekan kerja di kantor.

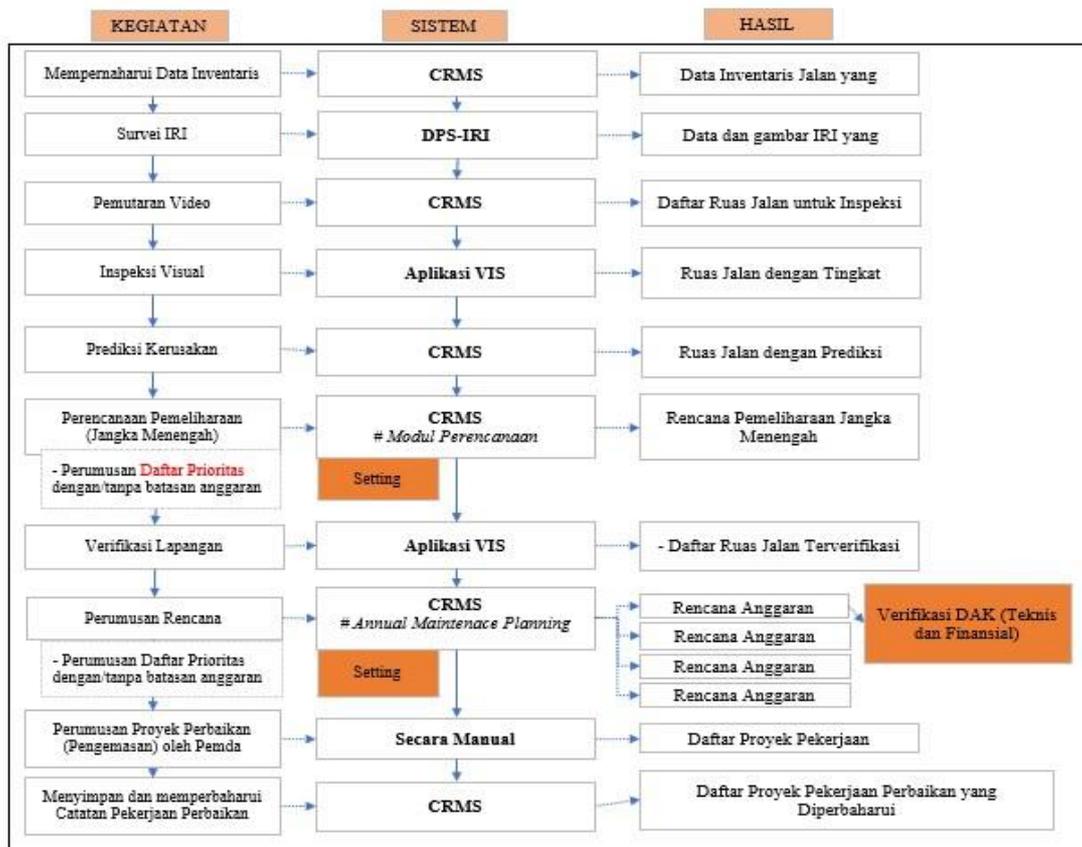
f. Perkiraan Biaya

Setelah data yang diperlukan dikumpulkan, data diatur untuk disinkronkan ke [CRMS] untuk Perencanaan Tahunan. Setelah metode perbaikan ditentukan, hitung material dan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pekerjaan di [CRMS] berdasarkan pekerjaan Verifikasi Lapangan. Perhitungan biasanya melibatkan perkiraan jumlah aspal, beton, atau bahan lain yang dibutuhkan, serta jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan. Melalui bahan dan kebutuhan tenaga kerja dihitung, perkiraan total biaya pekerjaan perbaikan didapatkan. Ini mungkin melibatkan faktor biaya peralatan, transportasi, dan biaya lain yang terkait dengan proyek.

5.7. Alur Kerja Umum Penyusunan Anggaran

Sesuai dengan gambar alur kerja CRMS, perencanaan pemeliharaan dimulai dari pengambilan data seluruh kondisi jalan. Seluruh perencanaan pemeliharaan di CRMS dilakukan pada modul Perencanaan yang terdiri atas sub-modul Perencanaan Jangka Menengah, Perumusan Rencana Tahunan, Daftar Kandidat Proyek dan Pemantauan Pelaksanaannya. Rangkaian Langkah demi Langkah dari dari setiap proses akan disajikan pada bagian Prosedur dalam pedoman ini.





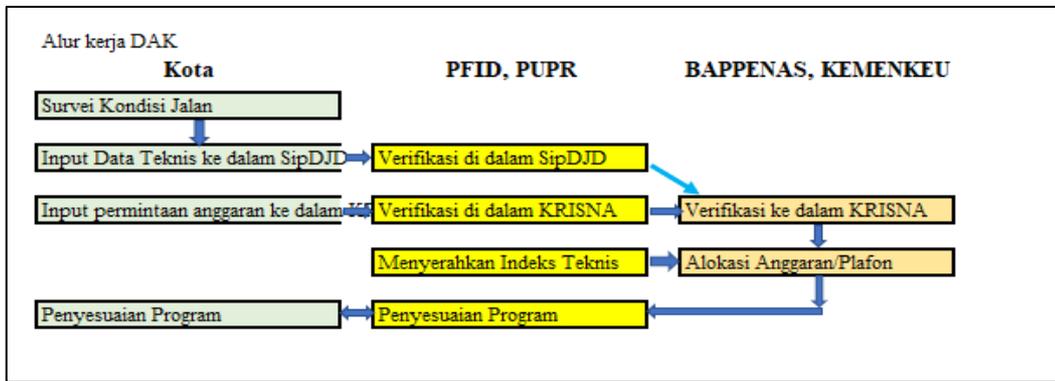
Gambar 35 – Alur kerja umum CRMS

Dalam penyusunannya, hal ini tergantung pada sumber dana anggaran yang akan diaplikasikan, prosedur dan *timeline* dapat berbeda-beda. Dalam hal anggaran pemerintah pusat seperti APBN, pemerintah pusat (yaitu BAPPENAS dan Kemenkeu) membuat keputusan akhir tentang alokasi anggaran. Biasanya, Pusat Fasilitas Infrastruktur Daerah (PFID) terlibat dalam verifikasi data teknis yang diserahkan oleh pemerintah daerah. Berdasarkan hasil dan rekomendasi PFID dalam hal teknis, BAPPENAS dan Kemenkeu membuat keputusan akhir. Sedangkan untuk APBD, BAPPEDA yang akan membuat keputusan akhir. Alur umum penganggaran nampak dalam tabel berikut. Pertama, Kota/daerah membuat survei kondisi jalan untuk mengumpulkan data teknis kondisi jalan yang dipakai untuk data pendukung permintaan anggaran dan verifikasi.

a. Dana Alokasi Khusus (DAK)

Setiap tahun pemerintah pusat menyusun arah kebijakan DAK dan menentukan sektor tematik penganggaran DAK. Berdasarkan arah kebijakan, kota-kota akan diidentifikasi apakah kota tersebut layak menerima program DAK atau tidak. Kota yang memenuhi syarat DAK menyiapkan permohonan anggaran dan mengajukannya melalui KRISNA. PFID melakukan verifikasi teknis melalui pengecekan data kondisi jalan di SipDJD dan menghitung Indeks Teknis. Hasil verifikasi akan dikirimkan ke KRISNA. BAPPENAS dan Kementerian Keuangan masing-masing menghitung Indeks Lokasi Prioritas dan Indeks Harga Konstruksi. Alokasi anggaran akan dilakukan berdasarkan total indeks. Terakhir, Kementerian Keuangan memutuskan alokasi dan pagu anggaran. Setelah itu, Kota/Kabupaten dan PFID melakukan konsultasi untuk Penyesuaian Program. Alur dan jadwal penganggaran DAK secara umum ditunjukkan pada gambar di bawah ini.





Gambar 36 – Alur umum untuk penganggaran DAK

No	Organisasi	Okt ~ Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	DAK Pemerintah Daerah	① Survei jalan	② Input ke SipDJD Data teknis			Input ke KRISNA Permintaan anggaran					Penyesuaian Program	
2	PUPR, PFID Verifikasi Teknis Alokasi Anggaran di dalam plafon		Verifikasi di SipDJD			③ Verifikasi di KRISNA	④ Menyerahkan Indeks teknis ke Kemenkeu					
3	BAPPENAS Sub-Pembuat keputusan		otomatis KRISNA			otomatis KRISNA						
4	Kemenkeu Pembuat keputusan akhir					otomatis KRISNA		⑤ alokasi anggaran plafon anggaran				

Gambar 37– Jadwal untuk penganggaran DAK

b. Dana Provinsi

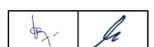
Alur kerja umum dan jadwal pendanaan provinsi ditunjukkan pada Gambar 5.3. Dana provinsi disalurkan melalui SEMERBAK yang dikelola masing-masing provinsi. SEMERBAK adalah sistem aplikasi anggaran dana provinsi. Kota memasukkan permintaan anggaran ke dalam SEMERBAK. BAPPEDA Provinsi melaksanakan pekerjaan verifikasi, menentukan prioritas dan akhirnya alokasi anggaran. Setelah memberikan pagu anggaran berdasarkan alokasi anggaran dari BAPPEDA provinsi, Kota menyiapkan program pemeliharaan jalan (dengan penyesuaian).

No	Organisasi	Okt ~ Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
1	Pemerintah Daerah Daerah Dana Provinsi	① Survei Jalan		② Input ke Sistem		Permintaan anggaran					Penyesuaian program	
2	BAPPEDA Provinsi					③ Verifikasi	④ Prioritas		⑤ Alokasi anggaran plafon anggaran			

Gambar 38 – Alur kerja umum dan jadwal anggaran untuk dana Provinsi

c. Pendapatan Asli Daerah (PAD) dan Dana Alokasi Umum (DAU)

Karena PAD dan DAU dikelola sebagai dana keranjang bersama (*common basket fund*) di bawah APBD, prosedur permohonan anggaran juga lazim dilakukan. Alur kerja dan jadwal penganggaran PAD/DAU secara umum ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Jadwal dan prosedurnya mungkin sedikit berbeda di setiap kota. Sebagai contoh, alur



substansial ke dalam permukaan yang ada, yang dapat berkisar dari satu jam untuk kondisi panas dan kering hingga 3 jam atau lebih untuk kondisi sejuk dan lembab.



Sumber: *The Asphalt Handbook, Asphalt Institute Manual Series Nomor 4*

Gambar 41 – Implementasi *fog seal*

5.8.2. Laburan Aspal – *Asphalt Sealing (Seal Coats)*

Laburan aspal (*seal coats*) adalah perawatan permukaan aspal tipis yang digunakan untuk menjaga kerusakan/*distress* permukaan. Jenis ini adalah perawatan pemeliharaan preventif, bukan meningkatkan kekuatan struktural atau memperbaiki masalah struktural seperti retakan buaya (*alligator crack*).

Sumber: *Asphalt in Pavement Maintenance, Asphalt Institute Manual Series No. 16*

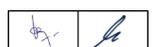
5.8.3. Laburan Aspal – *Chip Seal (Perawatan Permukaan)*

Chip seal adalah metode perawatan permukaan yang digunakan untuk membuat lapisan segel dan lapisan pelindung pada perkerasan aspal. Lapisan ini meningkatkan ketahanan air, daya tahan, mencegah penuaan, meremajakan permukaan jalan, dan meningkatkan ketahanan terhadap abrasi. Biasanya diterapkan pada jalan dengan volume lalu lintas rendah. Jenis emulsi dan agregat yang digunakan harus ditentukan berdasarkan kondisi cuaca, volume lalu lintas, dan kondisi perkerasan *eksisting*. Agregat harus berupa material keras dengan fraksi berbutir halus dan saluran minimal. Suatu metode yang menggunakan emulsi aspal termodifikasi dengan konsentrasi tinggi dan agregat berlapis awal khusus telah dikembangkan untuk perbaikan jalan dengan volume lalu lintas lebih banyak. Mesin khusus digunakan untuk menaburkan agregat dan emulsi secara bersamaan.



Sumber: *The Asphalt Handbook, Asphalt Institute Manual Series Nomor 4*

Gambar 42 – Pekerjaan *chip seal* (kiri); Pekerjaan *chip seal* menggunakan mesin khusus (kanan)



5.8.4. Slurry Aspal

a. Deskripsi

Slurry seal adalah perawatan permukaan yang digunakan untuk pemeliharaan preventif dan korektif permukaan perkerasan aspal. Terdiri dari agregat halus, mineral pengisi, aspal emulsi, dan air. Jenis ini tidak meningkatkan kekuatan struktural dan harus diperbaiki sebelum diaplikasikan pada perkerasan yang lemah. Perbaikan ketidakrataan permukaan seperti alur, gundukan, dan tepi trotoar yang rendah sangatlah penting. Penerapan yang tepat mengurangi kerusakan permukaan yang disebabkan oleh oksidasi dan getas, *seal crack*, menghentikan pelepasan butir, dan meningkatkan *skid resistance* dan tampilan perkerasan. Keuntungan dari *slurry seal* meliputi pengaplikasian yang cepat, agregat penutup rapat, tekstur permukaan yang sangat baik untuk aplikasi garis dalam pengecatan, kemampuan untuk memperbaiki ketidakrataan yang kecil, meminimalisir ketinggian tepi jalan, tidak perlu penyesuaian lubang *gutter/manhole*, dan peningkatan estetika perkerasan. Hal ini juga menghemat biaya, praktis untuk mengimpor agregat agar memiliki efek khusus seperti *skid resistance* yang tinggi, kontras warna, dan pengurangan kebisingan.

b. Mesin Slurry Seal

Mesin *Slurry* diaplikasikan dengan ketebalan 3 sampai 6 mm dan berasal dari *mixing plant* ke dalam kotak penyebar/*spreader box* yang dipasang. Mesin untuk memproduksi *slurry seal* adalah mesin pencampuran aliran kontinu yang secara akurat menghasilkan agregat, mineral pengisi, air, dan emulsi aspal dalam jumlah yang telah ditentukan melepaskan bahan yang tercampur rata ke permukaan yang telah disiapkan. Mesin *slurry* bertipe *batch* adalah unit yang dipasang pada truk dengan tangki penyimpanan terpisah, bak, dan sistem pengukuran untuk aspal emulsi, air, agregat, dan mineral pengisi. Unit pencampur aliran kontinu membuang *slurry* ke dalam *spreader box* yang dilengkapi dengan penyapu fleksibel dan pengatur lebar yang dapat disesuaikan. Mesin ini mampu menampung *slurry* kasar berkilo-kilometer yang digunakan di banyak wilayah di Amerika Serikat.

c. Mempersiapkan Campuran

Campuran bahan *golet seal* dalam proporsi yang bervariasi di laboratorium sangat penting untuk memilih campuran yang tepat. *Slurry* harus memiliki tekstur lembut, dapat mengalir lancar, berbentuk setengah cair dan homogen. Setelah menentukan proporsi campuran, campuran percobaan harus ditempatkan di lokasi kerja atau di lokasi dimana penyebaran kecil dari *slurry seal* diperbolehkan. Uji coba ini memiliki 2 (dua) tujuan: mengkalibrasi perangkat pengumpanan dan pengukuran pada mesin *slurry*, dan memastikan proporsi campuran *slurry* tepat. Penting untuk menggunakan bahan yang sama dalam pekerjaan desain laboratorium seperti yang akan digunakan dalam konstruksi lapangan. Jika terlihat adanya gumpalan, mengembang, atau agregat yang tidak tercampur, *slurry* harus dikeluarkan dari perkerasan. Retakan yang disebabkan oleh agregat yang terlalu besar harus segera diperbaiki.

d. Penghamparan Campuran

Sebelum mengaplikasikan *slurry*, permukaan perkerasan harus dibersihkan dari kotoran, debu, noda lumpur, vegetasi, dan benda asing lainnya. *Tack coat* yang terbuat dari aspal emulsi encer mungkin diperlukan, namun pada perkerasan aspal baru, *tack coat* dapat dihilangkan. Permukaan perkerasan harus lembab tetapi bebas air di area depan mesin *slurry*. Campuran homogen yang baik sangat penting untuk membuat aliran *slurry* yang



lancar. Perhatian khusus diperlukan pada sambungan *longitudinal* dan *transversal* untuk mencegah penumpukan berlebihan dan pembentukan garis yang tidak rata. Sambungan harus dibuat setelah jalur pertama ditempatkan sepenuhnya mengeras atau dalam kondisi *semi-fluid*. Kain kanvas atau karung *burlap* dapat digunakan untuk meningkatkan sambungan dan penampilan permukaan. *Slurry* harus dijaga agar tetap seragam pada jalan dengan kemiringan datar, dialirkan ke sisi tinggi dari *spreader box* pada jalan yang memiliki kemiringan tinggi atau kurva *superelevasi*, dan dipertebal pada area puncak. Pemasangan *slurry seal* hanya diperlukan di daerah di mana pematatan dengan ban *pneumatic* meningkatkan durabilitas, seperti *taxiway*, landasan pacu, halaman terminal truk, dan persimpangan jalan yang memiliki lalu lintas tinggi.

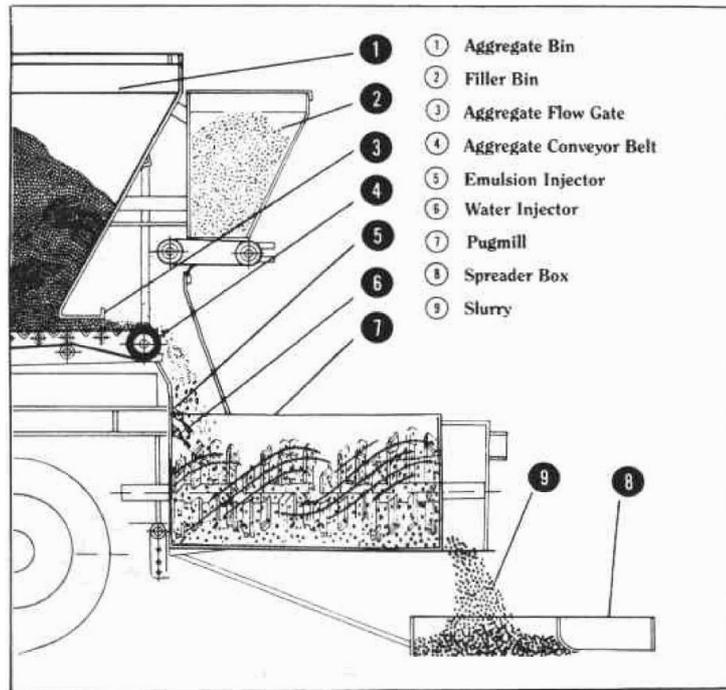
e. Perawatan (*Curing*)/Pengendalian Lalu Lintas

Slurry sebaiknya ditempatkan/dihampar saat suhu setidaknya mencapai 100°C dan masih meningkat, dan tidak ada hujan yang diharapkan. Tidak boleh dibuka untuk lalu lintas sampai benar-benar mengeras. Lalu lintas dapat diizinkan melewati *slurry* segera setelah air jernih dapat diperas keluar tanpa mengubah warna kertas.



Gambar 43 – Mesin *slurry seal*



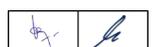


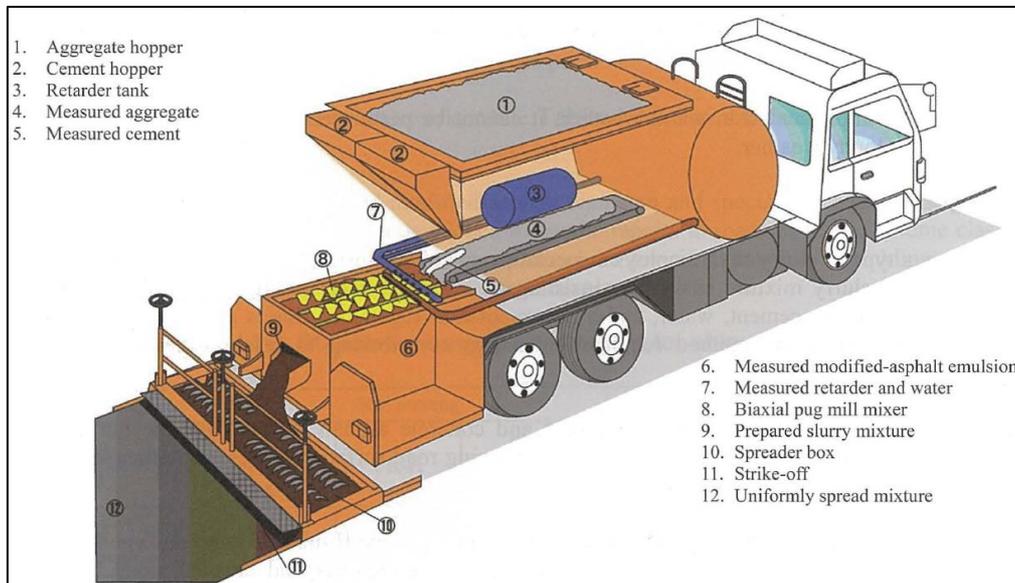
Sumber: *The Asphalt Handbook, Asphalt Institute Manual Series No.4*

Gambar 44 – Diagram alir dari tipikal mesin *mixer slurry seal*

5.8.5. *Micro Surfacing*

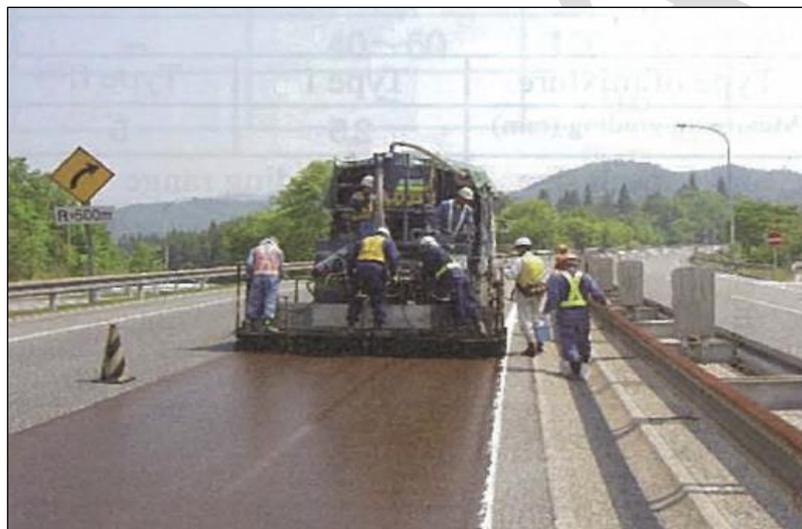
Micro surfacing adalah perawatan permukaan dingin yang menggunakan alat/mesin *paver* khusus untuk membentuk lapisan tipis agregat, emulsi aspal modifikasi yang cepat mengeras, semen, air, dan regulator dekomposisi. Metode ini digunakan untuk menyegarkan permukaan jalan lama, memperbaiki alur kecil, meningkatkan tekstur permukaan jalan, dan melakukan pemulihan dan pemeliharaan preventif. Campuran yang digunakan bergantung pada ketebalan lapisan, dengan tipe I menggunakan batu skrining dan tipe II menggunakan batu skrining dan batu pecah 2,5 – 5 mm. *Micro surfacing* biasanya membentuk satu lapisan dengan ketebalan 3 hingga 10 mm tetapi dapat dibentuk menjadi dua lapisan untuk permukaan jalan dengan alur 15 hingga 20 mm. Mesin *paver* khusus membuat dan menyebarkan campuran menggunakan perangkat penyimpanan & penyuplai (*storage & supply*) material, perangkat pencampur (*mixing*), dan perangkat penghampar (*spreader*). Hal ini secara terus-menerus mengukur dan menyuplai material ke dalam *pug mill mixer* dan menyebarkan campuran dengan bantuan *spreader box*. Material dimuat ke dalam *paver*, terus-menerus diukur, dan disuplai ke pencampur dalam rasio yang ditentukan. Pencampuran didalam *biaxial pug mill mixer* dilakukan secara menerus dan *spreader box*, yang kemudian ditarik oleh *paver* digunakan untuk menghamparkannya ke permukaan jalan. Metode ini membutuhkan 2 (dua) lapisan untuk perkerasan yang sudah ada dengan kedalaman alur 15-20 mm. Tidak boleh diterapkan di area yang terkena efek torsional atau persimpangan, dan juga tidak boleh di area dengan ketidakrataan yang besar atau retakan yang progresif. Metode ini harus diterapkan selama siang hari pada suhu 10-25°C, dengan penyesuaian dilakukan dalam cuaca yang dingin, mendung, atau malam hari. Tidak boleh diimplementasikan selama atau setelah hujan.





Sumber: *Guidebook for Pavement Maintenance and Repair 2013, Japan Road Association*

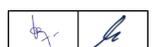
Gambar 45 – Contoh struktur alat paver khusus



Gambar 46 – Implementasi *micro surfacing*

5.8.6. Lapis Tipis Beton Aspal (*Carpet-Coat*)

Carpet-coat adalah *treatment* permukaan yang digunakan untuk membentuk lapisan tipis jalan aspal dan jalan beton, memungkinkan pengendalian lalu lintas diakhiri dengan cepat setelah melakukan perkerasan jalan. Menggunakan campuran panas dari batu pecah, batu skringing, pasir, abu batu, dan material bitumen, dengan ukuran butiran maksimum 5 mm. Metode ini memerlukan kapasitas daya dukung struktural yang memadai dan pemadatan awal untuk mencegah penurunan suhu. Saat ini, batu pecah yang mengandung serat dan campuran mastic dengan ukuran butiran maksimum 5 mm digunakan untuk durabilitas tinggi dan teknologi pengaturan suhu untuk *workability* atau kualitas. PKR-T kadang-kadang digunakan untuk lapisan *tack coat* guna memastikan integrasi dengan perkerasan yang ada. Aspal berpori memerlukan ikatan yang lebih kuat dengan perkerasan yang ada, dan metode yang menggunakan finisher aspal dengan penyiram emulsi telah dikembangkan untuk mengaplikasikan emulsi aspal modifikasi khusus sebagai lapisan *tack coat* dengan jumlah



sekitar $0,6 \text{ l/m}^2$. Metode *treatment* permukaan terkadang diterapkan untuk tujuan pemeliharaan dan preventif, seperti menambahkan fungsi segera setelah konstruksi lapisan permukaan dan mencegah penghamburan agregat pada tahap awal penggunaan layanan.



Sumber: *Guidebook for Pavement Maintenance and Repair 2013, Japan Road Association*

Gambar 47– Pekerjaan lapis tipis beton aspal (*carpet-coat*)

5.8.7. Penggantian Lokal (*Local Replacement*) Perkerasan Beton Semen

a. Penggantian Lokal

Penggantian lokal digunakan ketika perpindahan beban tidak mencukupi di area dengan retakan tepi, melintang, atau retakan lainnya pada pelat beton, memastikan bahwa penyebab kerusakan telah dihilangkan sebelum mengganti pelat atau lapisan Fondasi.

b. Penggantian Lokal pada Tepi

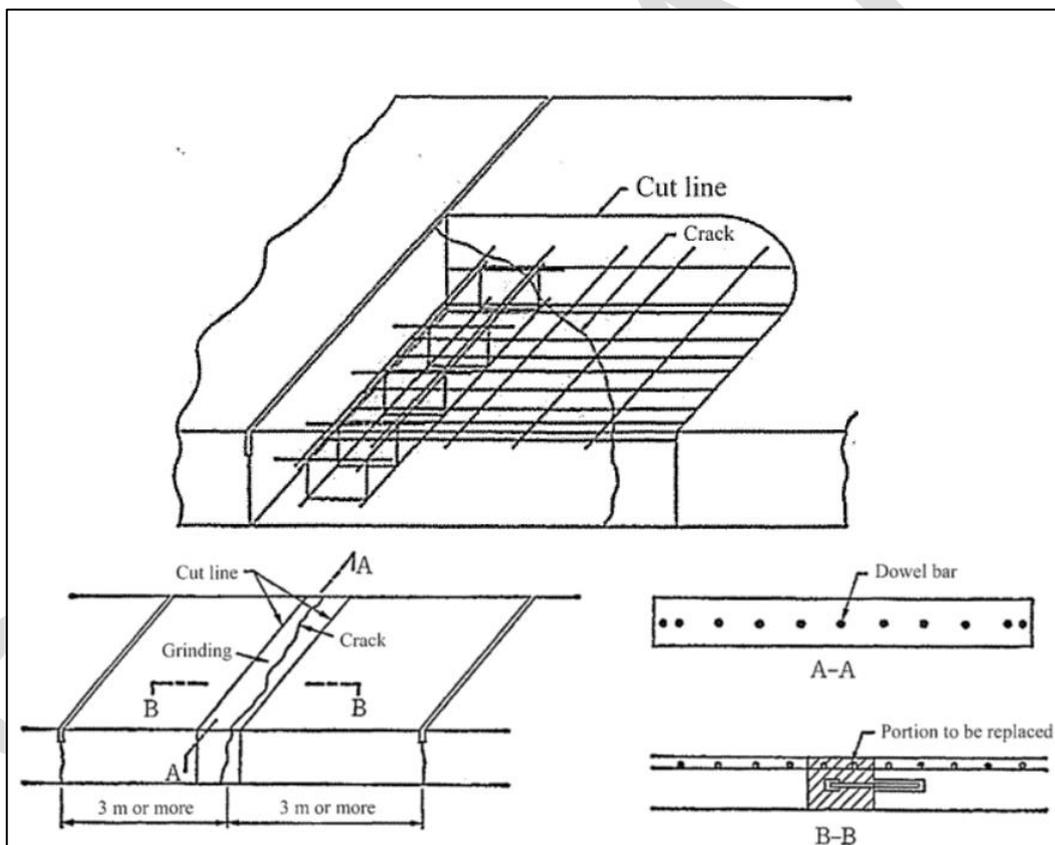
Ketika menerapkan penggantian lokal pada tepi, buatlah garis potong setebal 2 hingga 3 cm di luar retak dan bulatkan sudut-sudutnya untuk mengurangi konsentrasi stres. Buang bagian-bagian beton yang terdapat retakan menggunakan *breaker* dan haluskan sambungan permukaan beton lama untuk membentuk permukaan longitudinal. Potong tulangan melintang dari *wiremesh* dan tekuk ke atas. Gali dan ganti lapisan dasar dan *subgrade* jika rusak. Periksa adanya kerusakan pada *dowel bar* yang tertanam di dalam pelat beton yang ada dan gantilah dengan yang baru. Tutupi permukaan sambungan dengan film *polyethylene* atau bahan bitumen untuk membatasi ikatan antara bagian beton baru dan lama. Pasang pengisi sambungan dan kertas underlay ganda di permukaan lapisan pondasi untuk mengurangi hambatan gesek. Ikuti Panduan Konstruksi Perkerasan untuk perlakuan sambungan permukaan dan pemasangan beton. Bentuk alur sambungan setelah beton mengeras dan injeksikan bahan *sealer*.

c. Penggantian Lokal pada Retakan Transversal

Retakan melintang/transversal pada pelat beton harus ditangani berdasarkan lokasi dan strukturnya. Langkah-langkah melibatkan penggantian bagian pelat dari retakan hingga



sambungan secara lokal setelah menghaluskan bagian tersebut sejauh bagian atas *dowel*. Untuk retakan yang berjarak 10 cm atau lebih dari sendi tetapi kurang dari 3 m, gantilah bagian pelat dari retak hingga sambungan secara lokal dengan kedalaman sejauh bagian bawah pelat. Hubungkan pelat beton baru dan lama dengan batang pengikat/*tie bars* di sisi retakan dari bagian yang diganti secara lokal. Untuk retakan yang berjarak 3 m atau lebih dari sambungan, gantilah bagian yang retak dengan sambungan kontraksi dengan melakukan penggantian lokal. Saat menerapkan penggantian lokal pada bagian dengan retakan yang berjarak 3 m atau lebih dari sambungan, pertimbangkan untuk membuat dua garis potong yang tegak lurus dengan garis tengah jalan, membuang beton antara garis potong, membuat lubang di permukaan sambungan pelat (sambungan kontraksi), menyuntikkan mortar semen, dan menempatkan *dowel bars*. Aplikasikan bahan bitumen pada bagian yang menjulur dari *dowel bars* dan tempatkan beton. Bentuk alur sambungan menggunakan alat potong (*cutter*) setelah beton mengeras dan suntikkan bahan penyegel sambungan. Jika seluruh pelat tidak diperkuat dengan tulangan, maka dapat diganti.

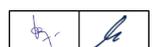


Sumber: *Guidebook for Pavement Maintenance and Repair 2013, Japan Road Association*

Gambar 48 – Penggantian lokal pada tepi (atas); Penggantian lokal pada bagian dengan retakan transversal (bawah)

5.8.8. Penggantian Penuh (*Full Replacement*) Beton Semen

Penggantian merupakan proses untuk menggantikan *slab* beton dan lapis pondasi, serta pada beberapa kasus, *subgrade*, atau stabiliasinya. Melibatkan penghancuran perkerasan, konstruksi *subgrade*, dan transportasi, mengacu pada buku : *Pavement Construction*



Handbook. Langkah-langkah umum dalam konstruksi perkerasan aspal dan beton meliputi konstruksi *subgrade* dan lapis fondasi.

a. Persiapan

Buku pedoman: *The Pavement Design Handbook* menyarankan ketebalan perkerasan yang akan diganti, dengan perbaikan sementara mempertimbangkan ketebalan perkerasan yang berdekatan.

Area penggantian harus ditentukan oleh sambungan memanjang dan melintang, dan berbentuk segi empat. Untuk memudahkan pekerjaan mesin konstruksi, area yang lebih luas harus memiliki panjang minimal 20 meter dalam arah memanjang jalan.

b. Pembongkaran dan Galian Perkerasan

Pelat/*slab* beton dapat dibongkar sepanjang sambungannya tanpa masalah, namun *cutter* harus digunakan untuk mendapatkan potongan yang jelas dan lurus. Setiap pelat harus dibongkar secara terpisah, sebagai unit pembongkaran minimum. Mesin pemotong jalan tidak boleh digunakan pada pelat beton yang memiliki tulangan. Penggalian dan pemuatan harus dilakukan sesuai dengan "4-3-1 (2): Pembongkaran dan penggalian perkerasan jalan."

c. Konstruksi Pelat Beton

Bagian ini membahas penggunaan beton cor/cetak di tempat atau pracetak dari pelat beton, termasuk perkerasan beton yang dipadatkan dengan mesin pemadat/*roller*, sebagai pengganti konstruksi beton biasa.

1) Konstruksi Pelat Beton (Beton Cor/Cetak di tempat)

Penggantian perkerasan beton berdampak signifikan terhadap lalu lintas jalan dibandingkan dengan penggantian perkerasan aspal. Untuk meminimalkan dampak tersebut, metode konstruksi, waktu, proses, dan hal-hal lain harus direncanakan. Pelat beton yang dipasang harus dibiarkan mengeras sampai memiliki kekuatan lentur sampel minimal 70% dari kekuatan target. Pengendalian lalu lintas tidak boleh diakhiri sampai masa *curing* ini berlalu. Periode *curing* beton standar mencakup satu minggu untuk semen *portland* berkekuatan awal tinggi, dua minggu untuk semen *portland* normal, dan tiga minggu untuk semen terak/*blast furnace slag*. *Tie bar*, *dowel*, dan bagian serupa harus digunakan sebagai pengganti pelat perkerasan untuk mencegah kerusakan. Pelat perkerasan *eksisting* dapat digunakan kembali setelah pencegahan karat dan perawatan lain yang diperlukan, namun tidak boleh mengalami karat, penipisan, pemotongan, atau kerusakan lainnya. Buku "*The Pavement Construction Handbook*" harus diacu untuk sambungan penggantian lokal dan tepi harus dibentuk diantara sisi struktur *eksisting* bagian jalan dan mengganti dengan pelat beton. Metode pengerasan jalan beton yang konsisten harus dipilih ketika mesin *paver* jalan berukuran besar sulit digunakan atau area konstruksi kecil.

2) Penggantian Menggunakan Pelat/*Slab Precast*

Penggantian pelat *precast* adalah metode yang dapat mengeliminasi kebutuhan *curing* beton semen, sehingga memungkinkan pengendalian lalu lintas dengan cepat. Prosesnya meliputi pemotongan area sasaran, pembongkaran perkerasan, dan pengangkutan perkerasan yang dibongkar. Lapisan pondasi harus diperbaiki, dan lapisan/*film vinyl* harus dipasang untuk mencegah perembesan di celah nat. Pelat baja harus dipasang untuk menopang baut pengatur ketinggian. Pelat pracetak harus diangkut menggunakan lori, trailer, atau *crane*, dan direncanakan untuk menghindari



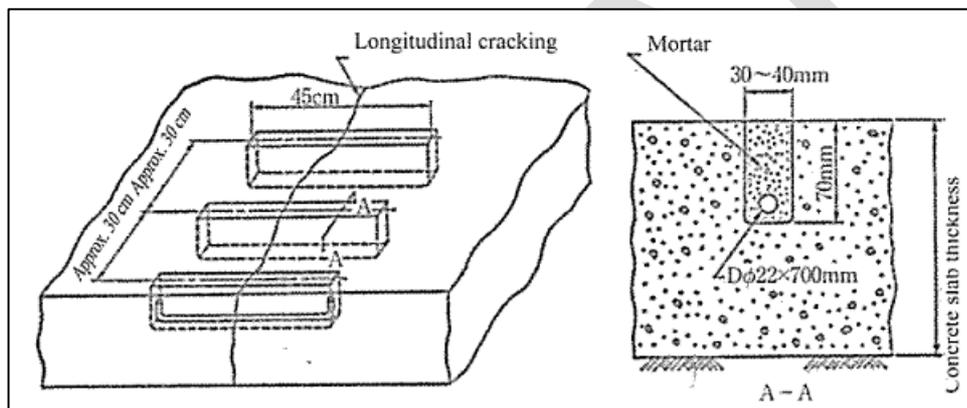
patahan antara pelat dan bagian sekitarnya. Ketinggian pelat pracetak biasanya disesuaikan dengan baut yang tertanam di dalamnya terlebih dahulu. Penempatan pelat beton harus disambungkan dengan pelat/*slab* sekitarnya dengan menggunakan *dowel* ataupun *tie bar*.

Sumber: *Guidebook for Pavement Maintenance and Repair 2013, Japan Road Association*

5.8.9. Perkuatan *Dowel* (*Dowel Retrofit*)

Metode Penjahitan Batang (*Bar Stitching*)

Bar stitching adalah metode yang digunakan untuk sambungan retak pelat beton, memastikan perpindahan beban pada area retakan. Umumnya diterapkan bersamaan dengan injeksi ke dalam retakan, sehingga meredam pembesaran retakan dan memperpanjang masa layan perkerasan. *Bar stitching* dapat diterapkan pada retak melintang dan dapat menggunakan batang ulir, batang *flat*, pelat baja melingkar, atau bentuk lainnya.



Sumber: *Guidebook for Pavement Maintenance and Repair 2013, Japan Road Association*

Gambar 49 – Contoh tulangan untuk retak memanjang

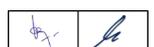
5.8.10. Segel Sambungan dan Retakan

Injeksi *sealant* (segel)

Injeksi *sealant* merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengisi retakan pada permukaan perkerasan aspal untuk mencegah kerusakan perkerasan. Perlakuan awal, seperti menggunakan mesin pemotong atau *router*, terkadang dilakukan untuk memastikan lebar bukaan yang cukup untuk pengisian *sealant* yang *reliable*.

Sealant, termasuk aspal tiup/*blown asphalt*, material berbahan dasar aspal panas, dan material berbahan dasar aspal emulsi dan resin, digunakan untuk menutup permukaan jalan. Material ini dipilih berdasarkan faktor-faktor seperti tingkat kerusakan retak, suhu permukaan jalan, dan masa kerja. Daya tahan bervariasi berdasarkan jenis *sealant*, metode konstruksi, dan tingkat kerusakan retak. Pengetahuan tentang perbedaan-perbedaan ini tersedia sebagai referensi.

Retakan perkerasan beton dikategorikan menjadi tipe non-progresif dan progresif. Retakan non-progresif biasanya menggunakan material *sealant* berbahan dasar resin, sedangkan retakan progresif memerlukan *compound/senyawa sealant* sambungan atau material *sealant* berbahan dasar resin untuk mengisi celah berbentuk U atau V yang terbentuk di sepanjang



retakan, karena injeksi resin tidak dapat menyesuaikan dengan perluasan dan kontraksi lebar retakan.

a. Injeksi Sealant Berbasis Aspal Panas

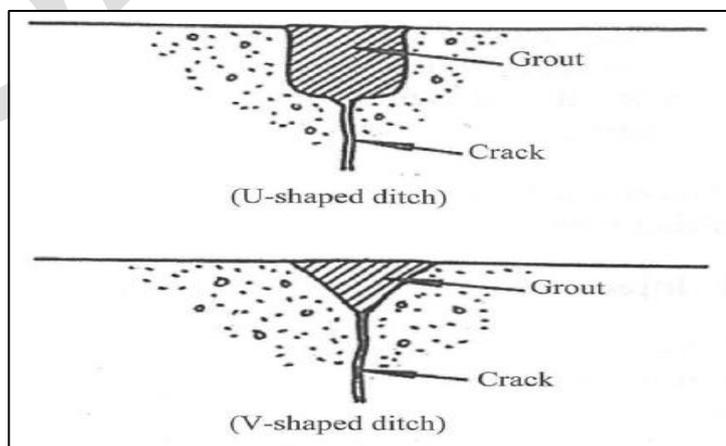
Sealant berbahan dasar aspal panas adalah bahan yang memiliki viskositas tinggi dan dapat meningkatkan elastisitas yang digunakan untuk memperbaiki retakan yang lebar dan sambungan pada perkerasan beton. Pengaplikasiannya dengan memanaskan dan melelehkan *sealant* pada suhu tertentu, aplikasikan lapisan primer, menuangkan *sealant* ke dalam retakan, hilangkan *excess*, dan hancurkan material untuk mencegah menempel pada ban kendaraan. Prosesnya melibatkan pembersihan bagian yang mudah lepas/koyak, pembersihan debu dan lumpur, mengaplikasikan lapisan primer, membentuk permukaan, menghampar pasir, dan membiarkan sealant mengalami masa *curing* sebelum mengakhiri pengendalian lalu lintas. Permukaan konstruksi harus dikeringkan sebelum injeksi.

b. Injeksi Sealant Berbasis Emulsi Aspal

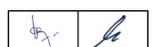
Sealant berbahan dasar emulsi aspal digunakan dalam aplikasi dingin, biasanya pada permukaan basah. Material terdiri dari cairan khusus berbasis emulsi aspal dan stabilisator berbahan dasar semen, dan campuran dua cairan *sealant* emulsi aspal karet. Untuk menyuntikkan *sealant* campuran 2 (dua) cairan emulsi aspal karet, hilangkan bagian yang mudah lepas/koyak, bersihkan debu dan lumpur, tambahkan bahan *additive setting agent*, dan suntikkan *sealant* ke dalam retakan. Taburkan pasir atau bahan lain agar tidak menempel pada ban. Setelah masa *curing*, akhiri pengendalian lalu lintas. Injeksi harus diselesaikan dengan cepat dalam masa pakai material.

c. Injeksi Sealant Berbasis Resin

Sealant berbahan dasar resin dengan *cold setting* seperti epoksi dan resin MMA digunakan untuk injeksi retakan, menawarkan kemampuan kerja yang sangat baik dan *curing* yang cepat. *Sealant* ini dapat diaplikasikan pada retakan yang sempit, kira-kira 5 mm atau lebih kecil. Prosesnya meliputi pembersihan bagian yang mudah lepas/koyak, pembersihan debu dan lumpur, pencampuran bahan *agent setting additive* dengan bahan *agent* utama, penyuntikan campuran bahan *sealant* ke dalam retakan, menghilangkan bahan *sealant* yang berlebih, dan pembentukan permukaan. Namun, pertimbangan harus diberikan pada kondisi kering dan lembab pada permukaan konstruksi dan penyelesaian dalam masa pakai materialnya.



Gambar 50 – Bentuk parit/celah untuk menutup retakan progresif pada perkerasan beton





Gambar 51 – Injeksi sealant



Gambar 52 – Injeksi sealant



Sumber: *Guidebook for Pavement Maintenance and Repair 2013, Japan Road Association*

Gambar 53 – Injeksi sealant berbasis resin



5.8.11. Stabilisasi dan Pemulihan

Metode Injeksi (metode *undersealing*)

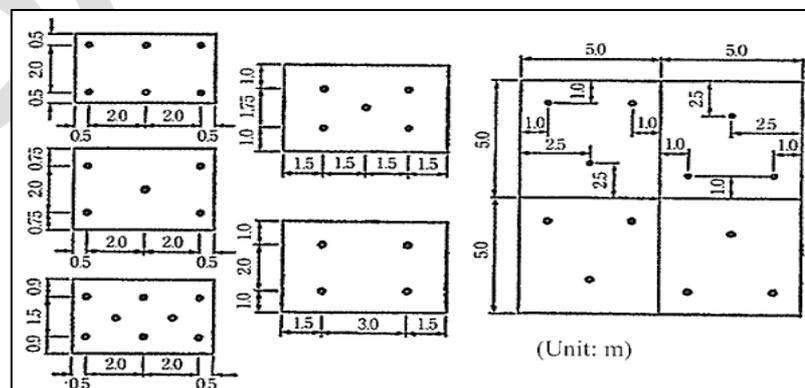
Metode injeksi, juga dikenal sebagai *undersealing* atau *sub-sealing*, mengisi rongga antara pelat beton dan lapisan pondasi, sehingga memperpanjang masa pakai perkerasan. Metode tersebut diklasifikasikan menjadi metode berbasis aspal dan berbasis semen, dengan metode berbasis aspal yang biasa digunakan dalam konstruksi dan material berbasis aspal emulsi semen digunakan sebagai metode uji coba karena sifat dinginnya.

a. Metode Injeksi Aspal

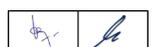
Pelat beton harus dibor dengan *jackhammer* atau alat lain, pastikan diameternya 50 hingga 60 mm. Pengaturan lubang diperlukan untuk setiap area, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti ukuran pelat, tingkat tenggelam, tingkat keretakan, kapasitas mesin injeksi, karakteristik bahan aspal/bitumen, dan kondisi lainnya. Untuk memastikan kelancaran injeksi, bersihkan kotoran dan benda asing dari setiap lubang, atau masukkan pipa tipis ke dalam setiap lubang dan masukkan udara bertekanan melalui pipa. Lakukan pengaliran/*jetting* untuk menghilangkan material yang terakumulasi dan aplikasikan cairan ke permukaan pelat beton agar mudah dihilangkan. Panaskan dan lelehkan aspal pada suhu 210°C dan injeksikan melalui nosel injeksi pada tekanan 0,2 hingga 0,4 MPa. Jumlah aspal yang disuntikkan tergantung pada pelat beton dan lapisan pondasi. Jangan melepas nosel dari lubang selama 30 detik setelah injeksi selesai. Tempatkan alat sumbat dari kayu pada lubang dan lepaskan setelah aspal mendingin dan mengeras. Isi lubang dengan semen atau mortar aspal dan tutup. Pengendalian lalu lintas harus diakhiri 30 hingga 60 menit setelah injeksi.

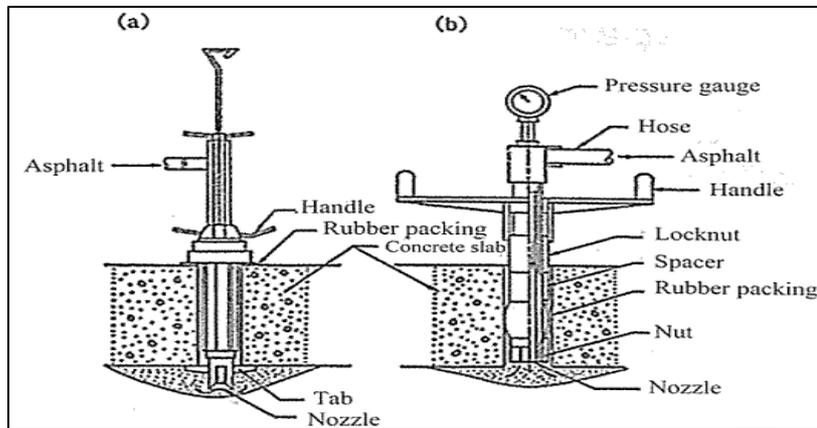
b. Metode Injeksi Semen

Metode injeksi semen digunakan untuk mengisi rongga antara pelat beton dan lapisan pondasi atau mendorong pelat yang tenggelam. Hal ini melibatkan pengeboran pelat pada titik-titik tertentu, melakukan pengaliran/*jetting*, menyuntikkan *grouting* semen pada tekanan 0,3 hingga 0,5 MPa, dan mengulangi proses tersebut hingga pelat mencapai ketinggian yang diperlukan. Setelah injeksi, tempatkan alat sumbat dari kayu ke dalam lubang, dan isi dengan mortar semen dan biarkan masa *curing* selama jangka waktu tertentu. Pengendalian lalu lintas kemudian dilakukan untuk memastikan kekuatan yang cukup, dan pelayanan dapat dimulai setelah dua hingga tiga jam proses pengeringan.

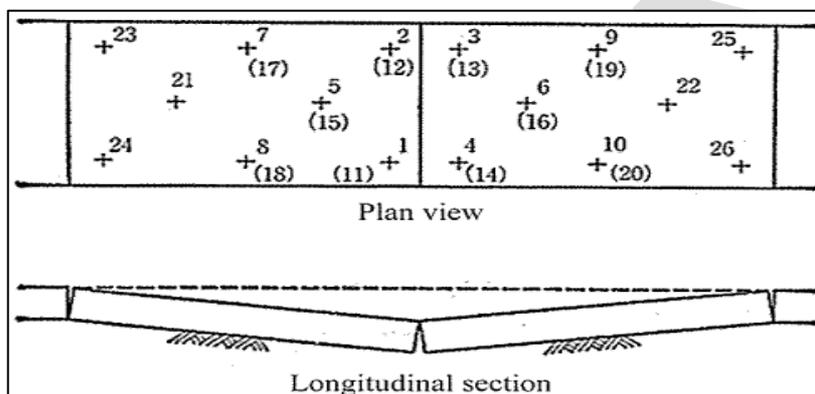


Gambar 54 – Susunan lubang injeksi





Gambar 55 – Nozel injeksi aspal



Sumber: *Guidebook for Pavement Maintenance and Repair 2013, Japan Road Association*

Gambar 56 – Mengangkat slab beton

5.8.12. Daur Ulang Lapis Fondasi di Tempat

Daur ulang lapis pondasi di tempat adalah metode penghancuran campuran aspal *eksisting* di tempat dan mencampurnya dengan bahan stabilisator dan bahan lapisan dasar granular. Proses ini dapat dilakukan dengan cepat, berbiaya rendah, dan memperkuat struktur perkerasan tanpa meninggikannya. Hal ini hanya menghasilkan sedikit limbah perkerasan jalan dibandingkan dengan penggantian total dan hanya memerlukan sedikit material untuk diangkut. Metode ini diyakini bisa mengurangi emisi CO₂ akibat konstruksi. Untuk informasi lebih lanjut mengenai karakteristik kualitas bahan dasar/pondasi daur ulang dan penampang perkerasan yang didaur ulang di tempat, lihat buku panduan : *Pavement Recovery Handbook*.

a. Persiapan (Desain)

Daur ulang lapisan pondasi di tempat dapat dikategorikan menjadi daur ulang stabilisasi semen di tempat dan daur ulang stabilisasi semen dan aspal di tempat. Metode-metode ini mencakup daur ulang stabilisasi semen dan aspal emulsi di tempat, daur ulang stabilisasi semen dan *foam*-aspal di tempat, dan daur ulang stabilisasi *foamed*-aspal di tempat.

b. Stabilisasi Menggunakan Peralasan *Eksisting*

Metode ini melibatkan penghancuran campuran aspal yang ada di tempat, mencampurkannya dengan bahan stabilisator dan material dasar/pondasi *granular eksisting*. Lapisan stabilisasi pondasi baru dibentuk dengan memadatkan material



campuran. Metode ini terutama diterapkan pada porsi dengan volume harian kurang dari 1.000 kendaraan per arah dan lapisan campuran aspal tipis.

c. Stabilisasi Setelah *Pretreatment* ketika Perkerasan Tidak Bisa Ditinggikan

Pretreatment adalah proses menghilangkan kelebihan campuran aspal atau lapisan yang tersisa setelah stabilisator jalan dihilangkan. Hal ini terutama diterapkan pada area dengan volume perkerasan harian kurang dari 3.000 kendaraan dan lapisan campuran aspal yang tebal.

d. Stabilisasi Hanya pada Lapisan Pondasi Eksisting

Metode ini digunakan untuk menstabilkan perkerasan dengan *equivalent* ketebalan yang tidak mencukupi. Lapisan campuran aspal yang ada digali atau dibuang, dan hanya material dasar/pondasi granular yang distabilkan. Metode ini diterapkan pada bagian dengan lapisan campuran aspal yang relatif tebal, berapapun volume perkerasan yang direncanakan. Lapisan campuran aspal dan bahan dasar yang ada dihancurkan dan dicampur dengan stabilisator jalan, kadang-kadang disuplai dengan lori/truk untuk diangkut. Jika lapisan campuran aspal eksisting lebih tebal dari 10 cm, digunakan mesin pemotong jalan.

e. Prosedur

Metode ini menghasilkan lapisan campuran aspal baru yang 15-20% lebih tebal dari eksisting, bergantung pada tipe *stabilizer*, ketebalan lapisan eksisting, dan batasan ketinggian permukaan perkerasan. *Pretreatment* dapat menghilangkan kelebihan material untuk mengurangi lapisan, menyesuaikan ketinggian permukaan, atau menambahkan material tambahan. Material berlebih biasanya diangkut ke pabrik daur ulang untuk digunakan kembali. Prosedur ini memerlukan penerapan yang fleksibel, bukan interpretasi literal yang ketat.

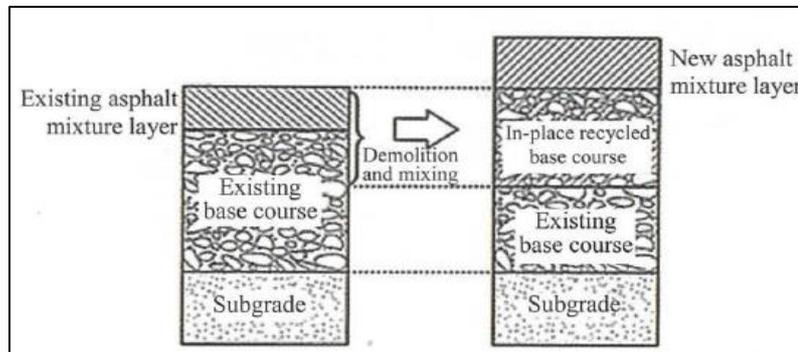
1) Prosedur tanpa *pretreatment*

Prosedur tanpa *pretreatment* melibatkan penghancuran lapisan campuran aspal eksisting, mencampurkannya dengan bahan stabilisator dan bahan lapisan dasar/pondasi granular, dan memadatkan bahan campuran untuk membentuk lapisan dasar/pondasi yang stabil.

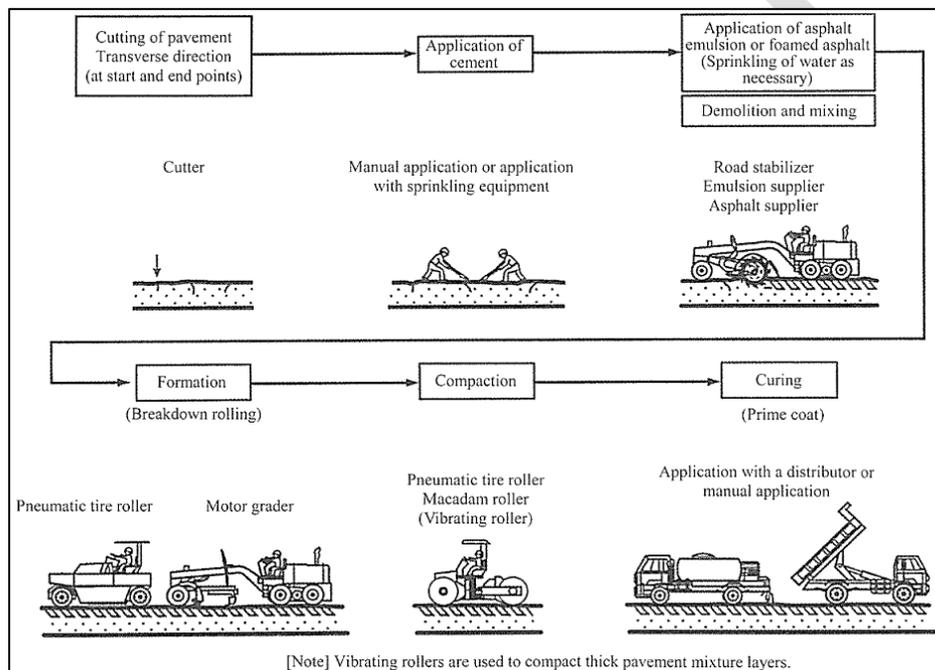
2) Prosedur dengan *pretreatment*

Prosedur *pretreatment* digunakan untuk mengatur ketinggian permukaan perkerasan yang sulit untuk dinaikkan, menambahkan material tambahan, mengurangi lapisan campuran aspal, atau menstabilkan perkerasan hanya dengan menggunakan material dasar granular yang ada, seperti yang diilustrasikan di bawah ini.





Gambar 57 – Contoh stabilisasi menggunakan perkerasan *eksisting*



Sumber: *Guidebook for Pavement Maintenance and Repair 2013, Japan Road Association*

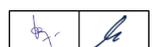
Gambar 58 – Prosedur tanpa *pretreatment* (stabilisasi daur ulang semen dan bitumen di tempat)

5.8.13. Penggantian Beton Aspal (*AC Replacement*)

Penggantian mengacu pada proses penggantian seluruh lapisan campuran aspal pada perkerasan *eksisting*, sebagian dari lapisan dasar/pondasi, atau seluruh perkerasan, terkadang menstabilkan *subgrade*, atau lapisan pondasi *eksisting*. Penggantian total meliputi penggantian seluruh lapisan, sedangkan penggantian sebagian tidak mengubah sebagian perkerasan.

a. Persiapan (Perencanaan)

Untuk memastikan, keamanan pengendalian lalu lintas, pekerjaan konstruksi harus diselesaikan dalam kerangka waktu terbatas. Hal ini melibatkan pemeriksaan pendahuluan mengenai kondisi lokasi, metode perbaikan, dan prosedur. Konstruksi per hari juga harus mempertimbangkan izin penggunaan jalan umum yang disetujui oleh pengelola jalan. Survei fasilitas yang menempati jalan, termasuk jaringan pipa tertanam, harus dilakukan di hadapan petugas dan pemilik konstruksi. Penggantian sebaiknya dilaksanakan pada ruas jalan berbentuk segi empat yang sejajar dengan garis tengah



jalan, namun pemadatan dengan peralatan pemadatan yang besar sulit dilakukan pada ruas yang lebarnya kurang dari 2,5 meter. Area yang akan diganti harus mempertimbangkan perbaikan di masa depan. Rencana konstruksi harus dirumuskan terlebih dahulu dan metode yang tepat dipilih melalui konsultasi.

b. Pembongkaran dan Penggalian Perkerasan Jalan

1) Pemotongan Perkerasan

Pedoman pemotongan perkerasan mensyaratkan adanya batas lurus antara bagian pengganti dengan perkerasan *eksisting*, dan lokasi pemotongan memanjang. Ruas jalan sebaiknya dipotong pada awal hari, sedangkan konstruksi malam hari menggunakan peralatan pengendali kebisingan atau dipotong terlebih dahulu. Drainase dari pekerjaan pemotongan harus dikumpulkan dengan menggunakan alat penyerap drainase dan diolah sesuai dengan arahan badan publik setempat. Hal ini memastikan pembuangan limbah dengan benar dan mencegah kontaminasi air.

2) Pembongkaran Perkerasan

Kebisingan dan getaran akibat pembongkaran perkerasan dapat diatur dengan peraturan di beberapa daerah. Pemotong perkerasan di perkotaan dapat memotong perkerasan sedalam 20 cm atau lebih untuk meredam kebisingan dan getaran. *Hydrolic breakers* atau *crusher* juga dapat digunakan, namun sebaiknya dihindari di area yang terkubur. Mesin *Crusher*/penghancur menghasilkan lebih sedikit kebisingan dan getaran saat melakukan jam konstruksi yang besar.

3) Eskavasi dan Pemuatan

Eskavasi permukaan bawah harus dilakukan pada kedalaman tertentu, dan penggalian yang lebih dalam ditimbun kembali dengan material dasar/fondasi. Eskavator harus dipilih berdasarkan skala area, dan penggalian manual diperlukan di area kecil, lubang utilitas, dan kedalaman dangkal. Penggalian di fasilitas yang menempati jalan memerlukan pengawasan terus-menerus dan pelaksanaan yang hati-hati. *Back-hoe* harus menghindari kontak dengan kendaraan dan hamburan tanah, dan *back-hoe* berukuran kecil harus digunakan di area yang terkendali.

c. Konstruksi Tanah Dasar dan Lapis Pondasi

1) Konstruksi Tanah Dasar (*Subgrade*)

Permukaan tanah dasar harus rata dan diganti dengan material yang baik atau distabilkan dengan *stabilizer*. Setelah penggalian, tanah dasar harus digulung untuk pemadatan menggunakan alat seperti *roller* ban *pneumatik* atau *roller macadam*. Pada kondisi tanah dasar lunak, pemadatan sebaiknya dilakukan dengan menggunakan bulldoser atau mesin sejenis untuk mencegah gangguan.

2) Konstruksi Lapis Pondasi (*Base Courses*)

Lapisan pondasi granular biasanya dibuat menggunakan *motor grader*, bulldoser, atau mesin serupa. Di area kecil, penghamparan material secara manual diperlukan. Pemadatan biasanya dilakukan dengan menggunakan *roller makadam*, *vibro roller*, atau *roller* ban *pneumatik*. Menggabungkan mesin memungkinkan efisiensi pemadatan yang tinggi dalam waktu singkat. Tersedia mesin *rolling* baru, seperti *vibrating macadam roller* dan *pneumatic tyre roller*. Sangat penting untuk menghindari skarifikasi tanah saat menggunakan bulldoser kecil untuk menyebarkan material pondasi.

Stabilisasi bitumen digunakan untuk membangun lapisan pondasi, yang biasanya disebar dengan *asphalt finisher*. Campuran panas disebar dalam lapisan yang tebal, biasanya setebal 10 cm, dan dipadatkan menggunakan metode *lift thickness*. Metode ini menawarkan efektivitas pemadatan yang tinggi dan mempersingkat waktu



kerja. Namun, pendinginannya membutuhkan waktu yang lama, sehingga diperlukan waktu perawatan (*curing*) yang cukup sebelum pengaturan lalu lintas. Jika mesin *asphalt finisher* biasa tidak tersedia, *motor grader*, buldoser, atau mesin serupa dapat digunakan. Pematatan awal dilakukan dengan *roller* makadam, sedangkan pematatan kedua dilakukan dengan *roller* ban pneumatik. Dalam beberapa kasus, perkerasan tidak dapat ditinggikan karena padatannya pemukiman atau adanya benda yang tertimbun. Jika tanah dasar mempunyai daya dukung yang cukup, campuran panas diaspal langsung di atasnya.

d. Konstruksi Permukaan Aspal dan Lapisan Pengikat (*Binder Courses*)

Lapisan pengikat dapat diaspal menggunakan metode yang sama seperti pembentukan lapisan fondasi, namun untuk lapisan permukaan, perpanjangan waktu konstruksi yang panjang diperlukan untuk memastikan kekasaran permukaan. Pemotongan awal dapat mencegah patahan akibat pembagian *section*. Lalu lintas diperbolehkan pada permukaan yang dipotong dan lapisan pengikat sebelum konstruksi lapisan permukaan, sehingga limpasan dan drainase diperlukan untuk membuat patahan pada talang jalan dan lubang utilitas. Material limpasan harus dihilangkan untuk menjamin keselamatan kendaraan dan mencegah tabrakan dengan objek. Perkerasan sementara dipasang setinggi permukaan jalan bila keterbatasan waktu memungkinkan atau bila mengganti bagian-bagian kecil yang tersebar.

1) *Prime Coat* dan *Tack Coat*

Untuk membersihkan permukaan aspal yang ada, buang bagian yang rusak, debu, dan benda asing. Aplikasikan *tack coat* menggunakan kuas atau alat untuk melapisi. Di area konstruksi kecil, mesin *sprayer*/penyemprot digunakan untuk mengaplikasikan lapisan secara merata. Lindungi struktur tambahan dengan lembaran vinil atau debu batu yang larut kedalam air. Setelah mengaplikasikan aspal emulsi, pasir atau bahan lainnya harus dihampar secara merata di atas lapisan utama untuk mencegah pemisahan sebelum proses pengawetan. Kendaraan dilarang melintasi perkerasan sampai emulsi terurai untuk mencegah pemisahan. Debu batu dapat ditaburkan di area yang tidak memiliki emulsi aspal untuk mencegah noda menempel pada permukaan jalan. Emulsi aspal yang dikembangkan dan tidak mudah menempel pada ban kendaraan kerja digunakan untuk mencegah pemisahan dan noda.

2) Penghamparan

Untuk mengganti area yang luas, campuran aspal harus dihamparan dengan *finisher*, sedangkan area yang kecil memerlukan penghamparan secara manual. *Tack coat* dapat dihilangkan ketika membentuk banyak lapisan. Material harus dikirim pada waktu yang tepat dengan mempertimbangkan waktu siaga dan faktor lainnya, dengan mempertimbangkan *progress* pekerjaan di lokasi.

3) Pekerjaan Pematatan

Untuk mengganti area yang luas, lapisan campuran aspal harus dipadatkan menggunakan *roller* makadam atau *roller* pneumatik, mengikuti prosedur yang sama seperti konstruksi perkerasan baru. *Roller* kecil dengan getaran diperlukan untuk bagian tepi dan sudut, karena jalur penggulungan ke lapisan pengikat membentuk permukaan yang lebih rendah. Area kecil memerlukan mesin *roller* kecil atau pemadat getar untuk penggilasan.



4) Akhir dari Pengendalian Lalu Lintas

Pengendalian lalu lintas harus dicabut setelah permukaan perkerasan mendingin hingga 50°C atau lebih rendah. Jam kerja untuk pekerjaan konstruksi harus ditentukan dengan mempertimbangkan waktu pendinginan perkerasan, pendinginan paksa, teknologi pengaturan suhu menengah, dan metode lainnya.



Gambar 59 – Pemotongan perkerasan



Gambar 60 – Pembongkaran perkerasan (dengan mesin pemotong jalan)





Gambar 61 – Pembongkaran perkerasan (dengan mesin *crusher*)



Gambar 62 – Ekskavasi perkerasan



Gambar 63 – Konstruksi *subgrade* (dengan mesin *roller*)





Gambar 64 – Konstruksi lapis fondasi (dengan mesin *spreader*)



Gambar 65 – Konstruksi lapis fondasi (dengan mesin *roller*)



Gambar 66 – Konstruksi lapis fondasi (pemadatan pada tepi)





Gambar 67 – Aplikasi emulsi (dengan mesin *sprayer*)



Gambar 68 – Mesin *paving* (penghamparan)



Gambar 69 – Pematatan (dengan *roller makadam*)





Sumber: *Guidebook for Pavement Maintenance and Repair 2013, Japan Road Association*

Gambar 70 – Pemadatan (dengan roller ban pneumatik)

5.8.14. Overlay Beton Aspal (AC Overlay)

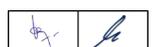
Overlay merupakan suatu metode yang digunakan untuk membuat lapisan campuran aspal pada perkerasan *eksisting*. Namun, hal ini dapat menjadi masalah di daerah yang terdapat pemukiman pribadi, trotoar, atau permukaan sirkuit, karena dapat menyebabkan kesulitan akses, infiltrasi air, ketinggian kereb pada tepi jalan yang rendah, drainase yang tidak memadai, dan masalah pembersihan *tunnel* saluran. Pilihan pelapisan ulang/*overlay* bergantung pada faktor-faktor seperti dimensi penghubung, luas tepi jalan, ketinggian struktur, dan faktor lainnya. *Overlay* dapat diklasifikasikan menjadi campuran aspal dan beton semen (*topping* putih), yang terakhir lebih kompleks. Konstruksi pelapisan ulang harus mengikuti *the Pavement Construction Handbook*.

a. Persiapan

Sebelum melaksanakan *overlay*, sangat penting untuk memperbaiki perkerasan aspal yang rusak, fasilitas drainase, dan retakan untuk mencegah air merembes ke tanah dasar dan lapisan pondasi. Penggantian lokal/*local replacement* diperlukan untuk kerusakan parah yang disebabkan oleh cacat lokal pada tanah dasar/*subgrade* atau lapisan pondasi. Injeksi sealant atau tindakan terhadap retakan refleksi harus diterapkan pada bagian permukaan jalan yang terdapat retakan jika diperlukan. Metode konstruksi yang menekan retak refleksi termasuk membentuk lapisan tipis membran penyerap tegangan (lapisan *Stress-Absorbing Membrane Interlayer/SAMI*) pada perkerasan dan menggunakan campuran aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan SAMI dapat dibentuk melalui metode lembaran/*sheet*, metode *sand cushion*, dan mesin yang menyemprot aspal emulsi dan agregat yang telah dilapisi sebelumnya secara bersamaan. Sebelum melaksanakan *overlay*, debu, lumpur, dan benda asing harus dibersihkan dari permukaan jalan dengan menggunakan mesin/alat penyapu jalan.

b. Tack Coat

Emulsi aspal dapat digunakan untuk *tack coat*, dengan laju pengaplikasian 0,3 hingga 0,6 l/m². Untuk area konstruksi kecil, mesin penyemprot digunakan untuk meratakan penyebaran. Untuk menghilangkan emulsi dari struktur tambahan, lembaran vinil atau abu batu harus digunakan. Untuk melindungi terhadap hamburan emulsi, papan *plywood* harus digunakan saat mengaplikasikan emulsi aspal dengan mesin penyemprot.



c. Perataan/*Leveling*

Leveling adalah suatu proses yang digunakan untuk memperbaiki permukaan jalan perkerasan, mengisi bagian yang tertekan dengan campuran aspal atau membuat lapisan campuran tipis untuk menghilangkan ketidakrataan. Penting untuk menilai ketidakrataan permukaan jalan sebelum melakukan perataan. Lapisan atas satu lapis mengoreksi cekungan lokal dengan kedalaman 3 cm atau kurang, sedangkan dua lapisan atau lebih membentuk lapisan pertama menggunakan pelapis aspal.

d. Pengaspalan/*Paving*

Sebelum dilakukan *overlay*, fasilitas seperti *gutter* samping, *gutter* permukaan jalan, lubang utilitas, dan *guardrail* harus ditinggikan jika diperlukan. Lubang utilitas dapat dibuat sebelum atau sesudah pengaspalan, dengan pemotong khusus yang dapat menggali dan mengikis di sekeliling bagiannya. Apabila *run-off* menggunakan bahan yang berbahan dasar resin harus dilakukan setelah bagiannya dinaikkan. Pelapisan ulang (*overlay*) tidak membentuk lapisan yang seragam, karena perkerasan eksisting seringkali mempunyai bagian yang tidak rata. Ketebalan lapisan atas dinyatakan sebagai ketebalan rata-rata, dan hal ini penting untuk menghilangkan hambatan lalu lintas pada bagian penghubung dan bagian serupa dari jalan akses dan perkerasan.



Gambar 71 – Pembersihan permukaan jalan (dengan *road sweeper*)



Gambar 72 – Pengaplikasian *tack coat* (dengan mesin *distributor*)



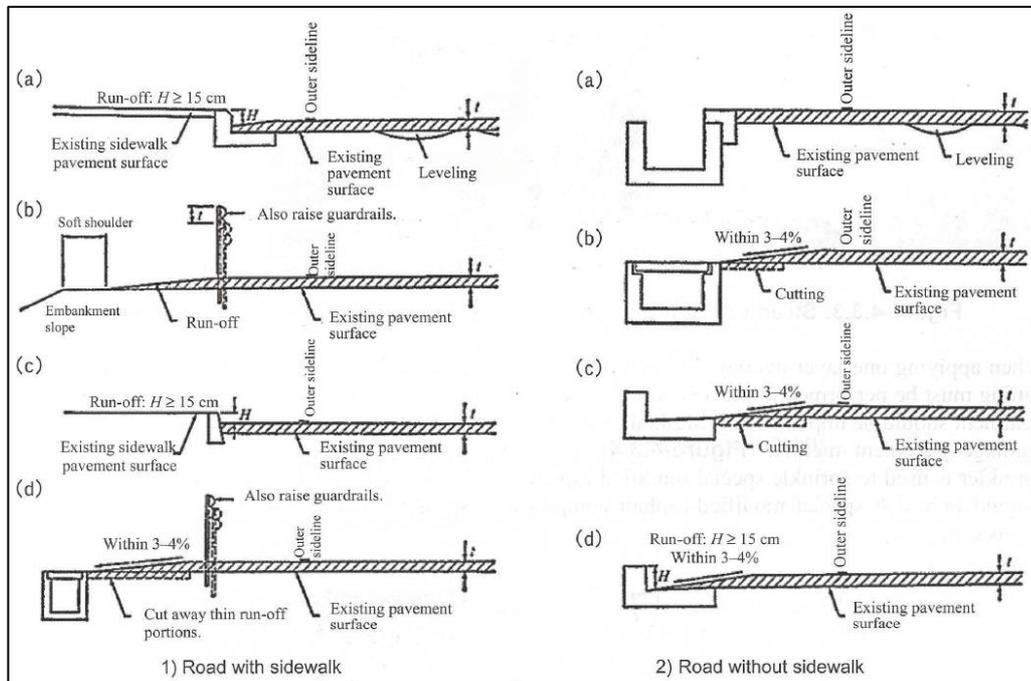


Gambar 73 – Overlay (dengan mesin/alat penghampar

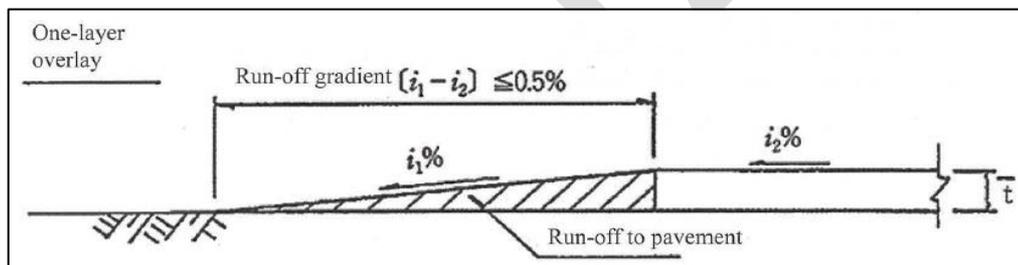


Gambar 74 – Overlay (dengan roller)





Gambar 75 – Contoh run-off di sekitar struktur tepi jalan



Gambar 76 – Contoh run-off di sekitar titik awal dan akhir jalur kendaraan utama

5.8.15. Mill dan Overlay (Penggantian Lapis Permukaan dan Lapis Pengikat)

Penggantian lapisan permukaan dan pengikat adalah suatu proses penggantian perkerasan yang ada sedalam permukaan atau lapisan pengikat, dengan menggunakan metode *mill* dan *overlay* untuk menghilangkan lapisan campuran aspal eksisting. Proses ini melibatkan pemotongan sebagian lapisan campuran aspal eksisting sebelum pelapisan ulang, dan untuk menghilangkan seluruhnya.

a. Pemotongan/*Cutting*

Mesin tidak boleh dimiringkan secara melintang atau membujur selama pemotongan, dan keakuratan sangat penting untuk mencapai ketinggian yang direncanakan. Metode dengan sedikit *pitch* telah dikembangkan untuk hasil akhir yang halus dan kebisingan yang minimal. Alur yang terbentuk selama pemotongan sering kali menangkap serpihan dan benda asing sehingga perlu dikeluarkan.





Sumber: *Guidebook for Pavement Maintenance and Repair 2013, Japan Road Association*

Gambar 77 – Cutting

5.9. Hal-Hal yang perlu Diperhatikan untuk Overlay Beton Aspal (AC)

5.9.1. Persiapan Sebelum Overlay

a. Persiapan Perkerasan

Persiapan terhadap perkerasan *eksisting* merupakan hal penting sebelum melakukan konstruksi *overlay Hot Mix Asphalt* (HMA), untuk memastikan bahwa *overlay* baru berfungsi sesuai desain dan memberikan permukaan yang sangat baik selama masa desainnya.

b. Perbaikan Lokal

Untuk memastikan fondasi yang seragam pada lapisan tambahan, sangat penting untuk memperbaiki area yang lebih lemah dan mengganti area yang tidak memadai secara struktural menggunakan teknik perbaikan yang tepat. Pengujian non-destruktif harus digunakan untuk mengidentifikasi defleksi berlebih di area tersebut. Perbaikan atau penambalan struktural harus dirancang dengan menggunakan *Full-Depth* HMA (seluruh kedalaman) untuk memastikan kekuatan yang setara atau melebihi struktur lapisan aspal di sekitarnya. Penambalan yang ditempatkan dan dipadatkan dengan baik akan menghasilkan lapisan pendukung yang seragam untuk *overlay* dan memastikan kinerja yang baik.

c. Perataan/*Leveling*

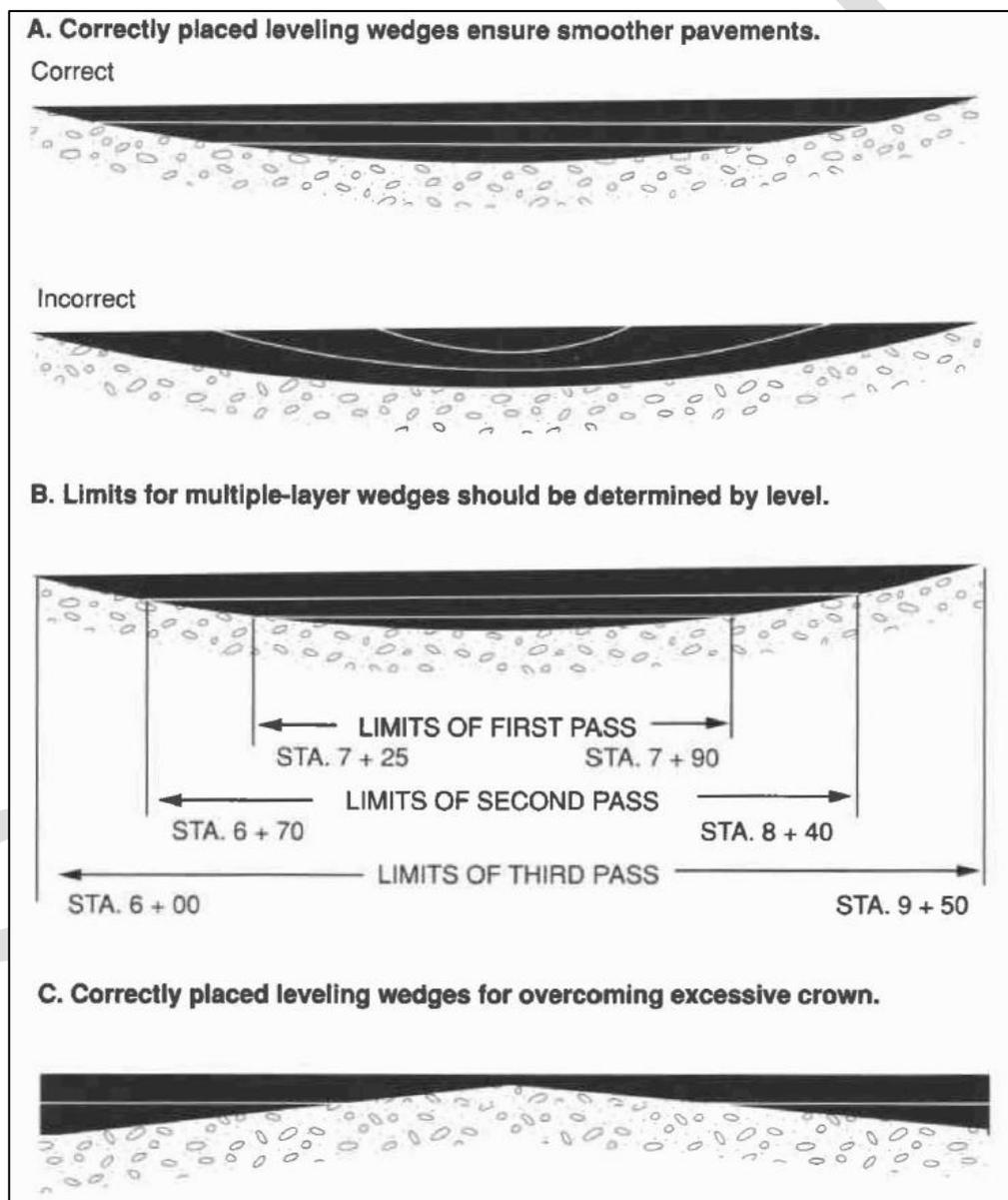
Lapisan tambahan *overlay* HMA sebaiknya ditempatkan di atas permukaan yang datar untuk memperbaiki area yang rusak. Jika *milling* permukaan tidak dilakukan, mungkin diperlukan lapisan *leveling* untuk mengembalikan *line* dan penampang yang benar. Sangat penting untuk mengembalikan kontur permukaan saat menggunakan lapisan permukaan tipis seperti lapisan *open-graded friction*. Baji untuk *leveling*, penambalan HMA yang digunakan untuk meratakan depresi di perkerasan lama, sebaiknya digelar dalam dua lapisan dengan ketebalan antara 75 dan 150 mm. Baji yang lebih tebal dari 150 mm sebaiknya ditempatkan dalam lapisan yang dipadatkan dengan ketebalan 75 mm atau kurang. Membalikkan metode yang benar dapat menyebabkan terbentuknya langkah-langkah pada setiap sambungan, yang dapat mempengaruhi permukaan akhir.



Data survei sebaiknya dihasilkan untuk membuat profil dan penampang, agar dapat mengarahkan mesin pemadat.

d. Penyegelan Retak/*Crack Sealing*

Jika perkerasan lama lapisan aspal memiliki banyak retakan dan area retak yang luas, namun strukturnya masih baik, perbaikan permukaan aspal diterapkan sebagai persiapan untuk *overlay*. Perbaikan ini akan mengisi retakan yang lebar dan luas, serta menutup permukaan untuk mencegah penetrasi air dan udara ke dalam lapisan aspal. Retakan yang lebih besar dari 12,5 mm sebaiknya diisi dengan pengisi retakan yang sesuai sebelum dilakukan penyegelan.



Sumber: *Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation, Asphalt Institute Manual Series No. 17*

Gambar 78 – Pertimbangan desain untuk konstruksi *baji leveling* (*wedges leveling*)



5.9.2. Pemadatan

Campuran panas sebaiknya dipadatkan segera setelah dihampar untuk mencapai kepadatan yang diharapkan. Proses ini melibatkan serangkaian pemadatan yaitu pemadatan awal, pemadatan kedua, dan pemadatan akhir. Kecepatan operasional yang tepat untuk *roller* adalah 2 – 6 km/jam, sementara kecepatan untuk *roller* getar adalah 3 – 8 km/jam. *Roller* sebaiknya digerakkan dengan kecepatan rendah namun seragam, dimulai secara longitudinal di pinggiran dan naik ke tengah permukaan jalan. Pada penampang melintang yang meninggi, pemadatan sebaiknya dimulai dari sisi rendah dan naik ke sisi tinggi. Teknologi aspal pencampuran hangat memungkinkan produksi dan konstruksi pada suhu lebih rendah dengan menambahkan bahan tambahan khusus selama produksi campuran aspal panas atau aspal yang terbentuk.

a. *Break Down Rolling* (Pemadatan Awal)

Untuk menyiapkan campuran aspal untuk pemadatan jalan, gunakan *roller* seberat 10 – 12 ton dan lakukan untuk seluruh permukaan sebanyak dua kali. Padatkan pada suhu tinggi (110 – 140°C) untuk menghindari pembentukan retak halus. Aplikasikan air, emulsi *cutting oil* yang diencerkan, atau minyak ringan/*light oil* untuk mencegah adhesi pada *roller*. Agar campuran aspal tidak terpengaruh, agen anti lengket berbasis non-petroleum dapat digunakan jika minyak ringan (*light oil*) menunjukkan tanda-tanda pengurangan campuran aspal (*cut back*).

b. Pemadatan Kedua

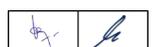
Penggunaan *pneumatic tire roller* atau *vibration roller* biasanya digunakan untuk pemadatan campuran aspal panas. *Pneumatic tire roller* dapat mengunci agregat (*interlock*), mencapai kepadatan seragam dalam arah vertikal. *Vibration roller* dapat mencapai tingkat pemadatan yang lebih cepat, tetapi operasi yang terlalu cepat atau lambat dapat menyebabkan ketidakrataan permukaan dan gelombang. Pengelolaan kecepatan penggilingan (*rolling*) dengan baik sangat penting. Suhu pada akhir pemadatan kedua harus dipertahankan pada 70-90°C.

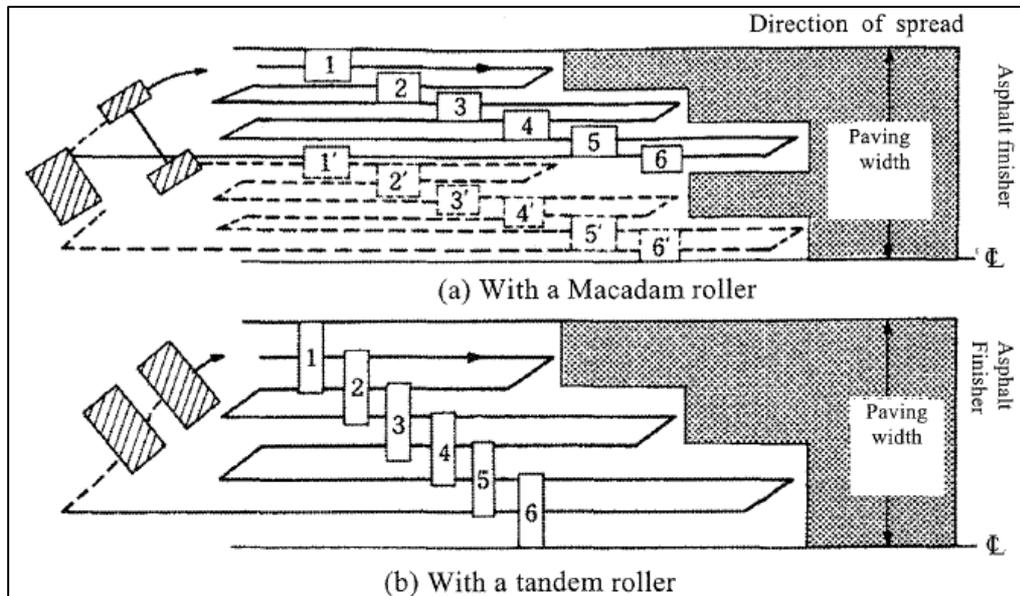
c. Pemadatan Akhir

Untuk memperbaiki ketidakrataan dan menghilangkan bekas roda atau *roller*, pemadatan akhir harus dilakukan menggunakan *pneumatic tire roller* dengan dua kali lintasan. Untuk pemadatan kedua, sebaiknya menggunakan *vibration roller*. Alat berat dan *roller* harus dijauhkan dari permukaan yang telah selesai sebelum permukaan dingin.

d. Observasi pada Campuran Aspal Saat Pemadatan

Suhu tinggi campuran aspal panas dan tekanan yang tinggi dapat menyebabkan pemadatan berlebihan dan retak halus pada permukaan yang telah selesai, menjadikannya sulit untuk dibentuk dan diatur selama pemadatan awal dan menyebabkan pemadatan berlebihan.





Sumber: *Handbook for Asphalt Pavement 2019, Japan Road Association*

Gambar 79 – Contoh metode pemadatan dengan mesin *roller*

e. Tahapan Operasi Pemadatan

Tiga tahap operasi pemadatan adalah pencacahan (*breakdown*), pertengahan (*intermediate*), dan penyelesaian (*finish*). *Breakdown* melibatkan lintasan pertama mesin *roller* pada suatu lapisan, *intermediate* melibatkan lintasan-lintasan berikutnya untuk mencapai kepadatan yang dibutuhkan sebelum mendingin hingga 85°C, dan *finish* melibatkan penggilasan semata-mata untuk perbaikan permukaan ketika campuran masih hangat. Urutan ini menentukan bagian mana yang akan digilas pertama dan terakhir, dan bervariasi untuk lapisan tipis dan tebal.

f. Lapisan Tipis

Saat menggelar lapisan tipis (dengan ketebalan terpadatkan kurang dari 50 mm) dalam lebar satu lajur atau lebar penuh, campuran sebaiknya digilas dengan urutan berikut:

- 1) Sambungan transversal;
- 2) Tepi luar;
- 3) Pemadatan awal, dimulai dari sisi rendah dan naik menuju sisi tinggi;
- 4) Pemadatan kedua; prosedur sama dengan urutan 3; dan
- 5) Pemadatan akhir.

Saat melakukan pengecoran lapisan tipis secara berselang-seling, atau saat berbatasan dengan jalur yang telah ditempatkan sebelumnya atau pembatas lateral lainnya, campuran harus digulung dalam urutan berikut:

- 1) Sambungan transversal;
- 2) Sambungan longitudinal;
- 3) Tepi luar;
- 4) Pemadatan awal, dimulai dari sisi rendah dan naik menuju sisi yang tinggi;
- 5) Pemadatan kedua; prosedur sama dengan urutan 4; dan
- 6) Pemadatan akhir.



g. Lapisan Tebal

Saat menggelar lapisan tebal (dengan ketebalan terpadatkan lebih dari 50 mm atau lebih) dalam lebar 1 (satu) lajur atau lebar penuh, campuran sebaiknya digilas dengan urutan berikut:

- 1) Sambungan transversal;
- 2) Pemadatan awal, dimulai dari 300 hingga 380 mm dari tepi bawah yang tidak tersuport dan naik menuju sisi yang lebih tinggi;
- 3) Pemadatan awal pada tepi luar. Dalam jarak 300 mm dari tepi yang tidak tersuport, *roller* harus maju menuju tepi dengan peningkatan sekitar 100 mm dalam lintasan berturut-turut;
- 4) Pemadatan kedua, dimulai dari sisi rendah dan berlanjut ke sisi tinggi; dan
- 5) Pemadatan Akhir.

Saat memperkeras lapisan tebal pada formasi bersusun, atau ketika berbatasan dengan lajur yang telah dihampar sebelumnya atau penahan lateral lainnya, campuran harus digilas dengan urutan sebagai berikut:

- 1) Sambungan transversal;
- 2) Sambungan longitudinal;
- 3) Pemadatan awal, dimulai dari sambungan longitudinal dan meningkat menuju tepi luar. Dalam jarak 300 mm dari tepi yang tidak tersuport, *roller* harus maju menuju tepi dengan peningkatan sekitar 100 mm dalam lintasan berturut-turut;
- 4) Pemadatan kedua, dimulai dari sisi rendah dan berlanjut ke sisi tinggi; dan
- 5) Pemadatan Akhir.

Sumber: *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Asphalt Institute Manual Series No. 22*

h. Prosedur Pemadatan Khusus

1) Pemadatan pada Sambungan Transversal

Prosesnya melibatkan pemadatan sambungan melintang di sebelah jalur yang berdekatan dengan *roller* beroda baja, memeriksa permukaan dengan batang pelurus, dan melakukan koreksi jika perlu. Sambungan tersebut kemudian digilas secara melintang, menutupi 150-200 mm lapisan baru, hingga seluruh lebar lintasan penggerak berada pada campuran baru. Jika papan tidak digunakan, pemadatan transversal harus dihentikan 150-200 mm dari tepi luar untuk mencegah kerusakan, dan tepi tersebut harus dipadatkan kemudian selama pemadatan longitudinal.

2) Pemadatan pada Sambungan Longitudinal

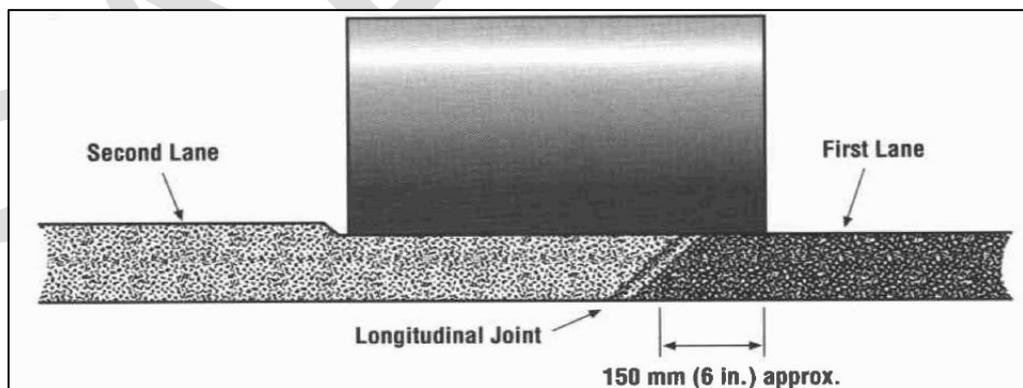
Untuk memadatkan sambungan memanjang dengan menggunakan *roller* beroda baja statis atau dengan ban *pneumatic*, hanya 100-150 mm lebar *roller* yang harus berada pada lajur baru dilintasi pertama dengan sebagian besar berada pada sisi yang telah dipadatkan sebelumnya. Lebar *roller* dibiarkan bertambah pada setiap lintasan hingga seluruh *roller* berada pada campuran baru. *Vibration roller* memanjangkan *roller drums* 100-150 mm. ke jalur yang telah dipadatkan sebelumnya, bergerak sepanjang garis hingga tercapai sambungan yang baik.

3) Sambungan Panas

Mesin-mesin *paver* yang bekerja beriringan menggunakan sambungan panas antara dua lajur secara bersamaan untuk mendapatkan sambungan longitudinal terbaik. Hal ini menghasilkan satu massa di bawah *roller*, dengan perbedaan kepadatan minimal antar lajur. Pemadatan awal menyisakan 75-150 mm dari tepi umum yang tidak tergilas di antara *paver*, yang dipadatkan oleh *roller* setelah *paver* kedua pada lintasan pertama. Hal ini memastikan kepadatan seragam di seluruh sambungan.



- 4) Sambungan Dingin
Sambungan dingin antara dua lajur dengan sambungan yang telah didinginkan sebelum lajur yang bersebelahan dapat menyebabkan perbedaan kepadatan antara kedua sisi, apa pun teknik penggilasannya. Hal ini dapat menghasilkan zona kepadatan rendah pada sambungan lajur pertama dan zona kepadatan lebih tinggi pada sambungan jalur berikutnya. Pengerasan secara beriringan atau pengerasan jalan lebar secara penuh dapat membantu mengatasi masalah ini, namun untuk lajur tunggal, disarankan untuk memadatkan sambungan sesegera mungkin.
- 5) Pemadatan Tepi
Tepi perkerasan harus dipadatkan bersamaan dengan sambungan longitudinal, kecuali pada perkerasan yang bertingkat dan perkerasan yang tebal. Roda *roller* harus dapat diperpanjang hingga 50-100 mm melewati tepi perkerasan, memastikan perpindahan lateral yang minimal. Penggilingan/pemadatan awal harus dilakukan segera setelah pemadatan sambungan longitudinal dan tepi.
- 6) Pemadatan Awal
Memulai pekerjaan pemadatan awal dari sisi bawah hamparan dan berlanjut ke sisi tinggi sangat krusial karena campuran panas cenderung berpindah ke sisi rendah selama pemadatan. Prosedur ini harus diikuti ketika lajur yang bersebelahan dipasang, hanya setelah pemadatan sambungan longitudinal.
- 7) Pemadatan Kedua
Pemadatan kedua harus mengikuti pemadatan awal sementara campuran aspal berada di atas 85°C untuk pemadatan. Pencampuran harus dilakukan terus menerus hingga seluruh campuran benar-benar padat, dan pola penggulangan harus dikembangkan sama seperti pemadatan awal.
- 8) Pemadatan Akhir
Pemadatan akhir adalah proses perbaikan permukaan yang menghilangkan bekas *roller* untuk meningkatkan penampilan dan kehalusan. Tahap ini dilakukan saat material masih hangat, dan *vibratory roller* harus digunakan dalam mode statis pada perkerasan di bawah 85°C.



Sumber: *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Asphalt Institute Manual Series No. 22*

Gambar 80 – Pemadatan pada sambungan panas longitudinal

- i. Temperatur Saat Pembukaan Lalu Lintas
Pembukaan perkerasan jalan dapat dilakukan ketika suhu sudah di bawah 50°C, karena hal ini berdampak signifikan pada pembentukan alur perkerasan dan deformasi awal. Agar meminimalkan deformasi awal selama waktu kerja, pertimbangkan untuk memasukkan waktu pendinginan perkerasan dalam total waktu kerja, menggunakan peralatan



pendingin untuk mempercepat pendinginan perkerasan, dan mempertimbangkan teknologi campuran hangat untuk suhu yang lebih rendah selama produksi dan konstruksi.
Sumber: *Handbook for Asphalt Pavement 2019, Japan Road Association*

5.9.3. Sambungan

a. Sambungan Konstruksi

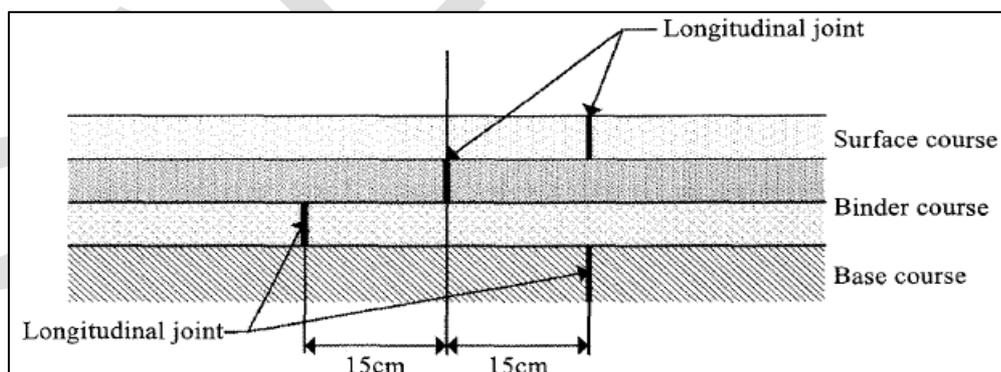
Sambungan konstruksi melibatkan penerapan *tack coat* pada permukaan struktur setelah dibersihkan. Aspal kemudian dipadatkan, namun pemadatan mungkin tidak cukup pada sambungan tertentu. Demi meminimalkan diskontinuitas dan titik lemah, rencana konstruksi harus bertujuan untuk meminimalkan jumlah sambungan, termasuk sambungan transversal dan longitudinal.

b. Sambungan Transversal

Sambungan transversal dibangun melintasi lebar jalan setelah pengerasan jalan selesai atau dihentikan untuk memastikan penyelesaian akhir yang rata sehingga mempengaruhi kinerja perkerasan jalan. Pemadatan harus diselesaikan bila pekerjaan pengerasan jalan dihentikan dalam jangka waktu lama. Sambungan transversal harus diselesaikan sampai ketinggian yang dibutuhkan dengan menggunakan cetakan seperti cetakan kayu. Sambungan lapisan atas tidak boleh tumpang tindih dengan sambungan lapisan bawah, kecuali untuk perbaikan dan perluasan perkerasan.

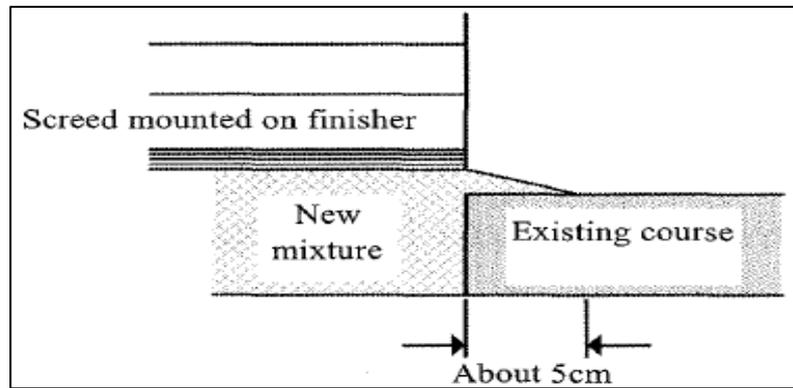
c. Sambungan Longitudinal

Sambungan longitudinal harus dibangun paralel dengan garis tengah jalan dengan banyak lajur, ditempatkan pada tanda lajur. Lapisan atas dan bawah tidak boleh saling tumpang tindih, kecuali untuk perbaikan dan perluasan perkerasan. Posisinya tidak boleh tepat di bawah *running wheel*. Campuran baru, yang diambil dengan penggaruk/*rake*, harus disebar sepanjang 5 cm ke jalur yang ada dan dipadatkan 15 cm menggunakan roda penggerak *roller*. Jika terjadi sambungan panas, buka padatan area tersebut dan padatkan dengan campuran tahap berikutnya.

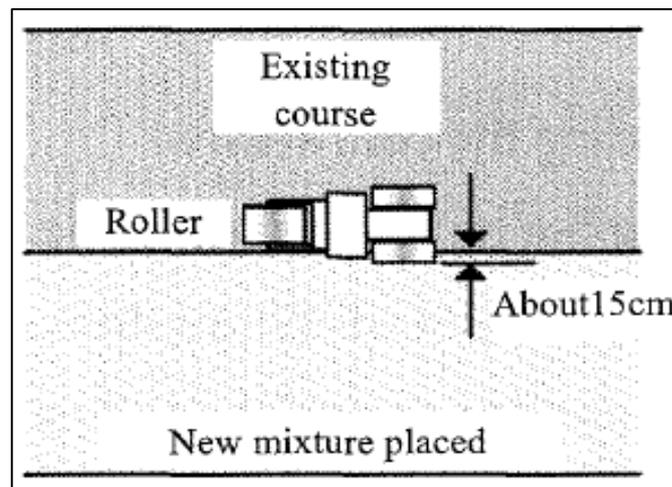


Gambar 81 – Contoh sambungan longitudinal pada setiap lapisan





Gambar 82 – *Overlapping* sambungan longitudinal

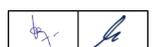


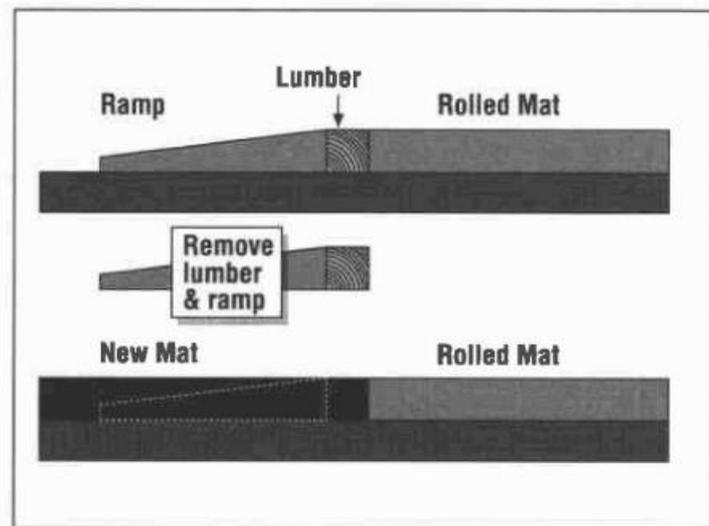
Sumber: *Handbook for Asphalt Pavement 2019, Japan Road Association*

Gambar 83 – Pemadatan sambungan longitudinal

d. Melanjutkan Operasi Perkerasan (*Paving*)

Konstruksi dilanjutkan dengan prosedur sambungan transversal. Material *taper* dibuang, dan batang pelurus digunakan untuk memeriksa kemiringan hamparan. Jika beberapa kaki terakhir sedikit meruncing, tepi transversal baru harus dipotong di belakang taper tersebut. Permukaan vertikal hamparan dilapisi perekat/*tack coat*, dan *paver* disandarkan ke tepi hamparan. Material skringing dipanaskan sambil digelar pada hamparan, memberikan panas pada material di tepinya. Material skringing mengalami kenaikan panas, dan *shimps/spacer* ditempatkan di bawah ujungnya. Truk yang memuat aspal *hotmix* pertama dimundurkan dengan hati-hati ke *hopper*, untuk memastikan mesin *paver* tidak terbentur selama pembongkaran. *Paver* memulai ke depan dengan gigi rendah, dan kelebihan aspal *hotmix* dibersihkan dari permukaan hamparan. Jika sambungannya dirasa cukup memuaskan, campuran baru selebar 150 mm dipadatkan melintang, dan sambungan diperiksa kehalusannya. Jika ditemukan sambungan yang tidak rata, material berlebih dapat dihilangkan atau material tambahan dapat ditambahkan, dan sambungan tersebut dipadatkan kembali.





Gambar 84 – Sambungan transversal *bulkhead* (sisi kiri)

e. Sambungan Panas dan Dingin

Sambungan longitudinal, panas dan dingin, ditemukan dalam lajur dan harus disusun secara vertikal, dengan sambungan permukaan berada di tengah perkerasan 2 lajur.

1) Sambungan Panas

Sambungan panas dibentuk oleh *paver* yang beroperasi pada bagian bertingkat, dengan *paver* belakang dibuat lapisan perata agar sesuai dengan ketebalan hamparan pertama. Jalur ini menawarkan keuntungan seperti kepadatan yang seragam dan ikatan yang kokoh, namun lalu lintas tidak dapat bergerak di satu lajur saat lajur lainnya sedang diaspal, sehingga lebih cocok untuk konstruksi baru.

2) Sambungan Dingin

Konstruksi sambungan dingin melibatkan penempatan satu lajur dan pematatannya, diikuti dengan jalur pendamping setelah aspal hotmix lajur pertama mendingin. Untuk memastikan kualitas, lapis tepi sambungan dengan *tack coat*, atur lapisan perata *paver* agar *overlap* dengan hamparan pertama setebal 25-50 mm, dan sesuaikan ketinggian lapisan perata agar sesuai dengan pematatan yang diharapkan selama pematatan. Untuk campuran agregat berukuran besar, keluarkan agregat kasar dan buang, sisakan hanya bagian yang lebih halus untuk ditekan ke dalam lajur yang dipadatkan. Untuk campuran agregat yang lebih kecil, dorong material ke hingga memucuk sebelum dipadatkan.

Sumber: *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Asphalt Institute Manual Series No. 22*

5.9.4. Tampilan Permukaan Perkerasan

a. Tekstur Permukaan

Tekstur lapisan yang belum dipadatkan harus padat secara merata, baik transversal maupun longitudinal. Jika tekstur tergores atau terbuka terjadi di awal, kemungkinan besar disebabkan oleh pemanasan yang tidak memadai. Jika tekstur tidak teratur atau goresan terjadi di bawah ekstensi lapisan perata/skrining, periksa keseajarannya.

1) Goresan atau Lecet

Goresan dan lecet dapat terjadi karena kadar aspal yang rendah atau dingin, pengaturan *paver* yang tidak tepat, pengaturan tamping bar, kecepatan, ketebalan,



dan frekuensi vibrator lapisan skrining, dan mungkin memerlukan penyesuaian untuk mengatasi ketidakrataan permukaan.

2) Tekstur tidak beraturan

Kelembaban berlebih pada campuran dapat menyebabkan masalah seperti tampilan aspal berlebih dan dingin, gores, dan menggumpal. Jika kelembapan tidak dapat dihilangkan, silikon dapat digunakan untuk membantu pada penempatan yang tepat.

b. Kehalusan Permukaan

Kehalusan permukaan/perkerasan dipengaruhi secara negatif oleh pengoperasian *paver* yang tidak merata, gradasi agregat yang tidak tepat, variasi kecepatan *paver*, pengoperasian truk yang tidak tepat, praktik konstruksi sambungan yang buruk, dan kontrol kemiringan yang buruk.

1) Kurangnya Keseragaman

Menghentikan *paver* dapat menyebabkan permukaan menjadi kasar dengan lapisan perata/skrining akan meninggalkan bekas pada permukaan hamparan. Jika lapisan perata/skrining mengendap, sensor otomatis akan beraksi seolah-olah *paver* bergerak melalui penurunan/depresi, menggelar lapisan yang lebih tebal hingga sensor mengenali kelebihan ketebalan dan mengurangi kemiringan. Penurunan dilakukan hingga lapisan perata sekitar 9 meter dari titik berhenti. Permukaan kasar juga disebabkan oleh jumlah material yang tidak seragam di depan *screed*.

2) Segregasi

Agregat kasar yang berlebihan dapat menimbulkan campuran kasar, permukaan tidak rata, stabilitas rendah, dan riak. Segregasi mungkin terkait dengan berbagai faktor, yang memerlukan koreksi dan lokasi sumbernya.

Sumber: *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Asphalt Institute Manual Series No. 22*

5.10. Campuran Aspal dan Desain Campuran (*Mix Design*)

5.10.1. Jenis Campuran Aspal

Jenis Campuran Aspal yang umum digunakan di Indonesia ditunjukkan di bawah ini.

a. *Stone Matrix Asphalt* (SMA)

Stone Matrix Asphalt terdiri dari tiga jenis: SMA Tipis; SMA Halus, dan SMA Kasar, dengan ukuran partikel maksimum masing-masing agregat campuran adalah 12,5 mm, 19 mm, 25 mm. SMA memiliki sifat kedap air dan tahan terhadap deformasi plastis.

b. *Hot Rolled Sheet* (HRS)

Hot Rolled Sheet terdiri dari dua jenis campuran yaitu HRS-Base dan HRS *Wearing Course* (HRS-WC) dan ukuran agregat maksimum masing-masing campuran adalah 19 mm. Ini biasanya digunakan untuk lapisan tipis untuk volume lalu lintas ringan.

c. Aspal Beton/*Asphalt Concrete* (AC)

Aspal Beton terdiri dari tiga jenis: *AC Wearing Course* (AC-WC); *AC-Binder Course* (AC-BC) dan *AC-Base*, dengan ukuran agregat maksimum masing-masing campuran adalah 19 mm, 25.4 mm, 37.5 mm. Ini digunakan untuk konstruksi jalan normal. Masing-masing jenis campuran AC menggunakan bahan aspal yang dimodifikasi yaitu Modifikasi AC-WC, Modifikasi AC-BC, dan Modifikasi AC-Base dan digunakan untuk kondisi beban lalu lintas berat.

d. Ketebalan Nominal Minimum Campuran Aspal

Ketebalan Nominal Minimum Campuran Aspal ditunjukkan di bawah ini.



Tabel 14 – Ketebalan nominal minimum campuran aspal

Jenis Campuran		Simbol	Ketebalan Nominal Minimum (cm)
Stone Matrix Asphalt Tipis		SMA Tipis	3,0
Stone Matrix Asphalt Halus		SMA Halus	4,0
Stone Matrix Asphalt Kasar		SMA Kasar	5,0
HRS	Wearing Course	HRS-WC	3,0
	Base	HRS-Base	3,5
AC	Wearing Course	AC-WC	4,0
	Binder Course	AC-BC	6,0
	Base Course	AC-Base	7,5

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Bina Marga untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan

- e. Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal
Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal sebagai berikut:

Tabel 15 – Amplop gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal

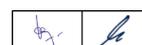
Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1 1/2"	37.5								100
1"	25			100				100	90 - 100
3/4"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
1/2"	12.5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
3/8"	9.5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4.75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2.36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1.18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0.600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0.300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0.150						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0.075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

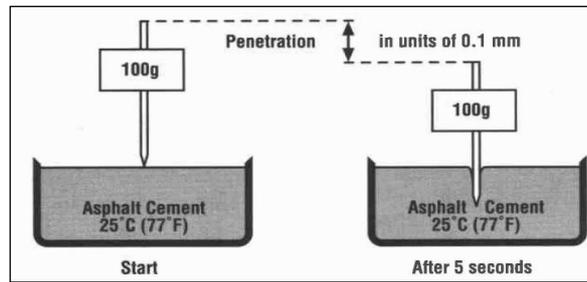
Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Bina Marga Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan

5.10.2. Pengujian Aspal

- a. Uji Penetrasi

Uji Penetrasi mengukur kekerasan aspal pada suhu kamar. Dimulai dengan mengondisikan sampel aspal hingga suhu 25°C dalam bak air. Sebuah jarum kemudian diletakkan di atas permukaan aspal dengan beban 100 gram selama lima detik, catat jarak penetrasi jarum dalam satuan 0,1 mm.



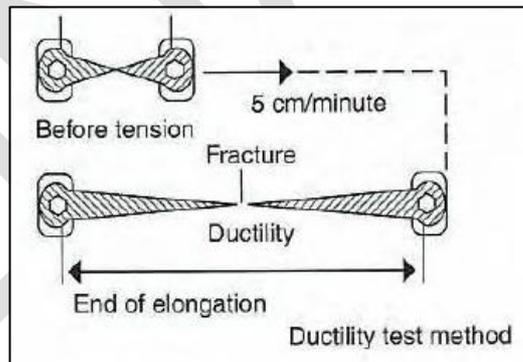
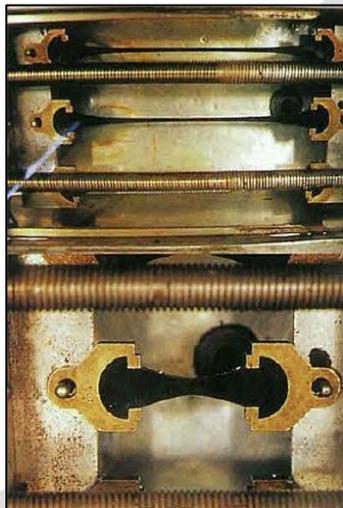


Sumber: *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Asphalt Institute Manual Series No. 22*

Gambar 85 – Uji penetrasi

b. Uji Daktilitas

Daktilitas merupakan ukuran seberapa jauh aspal dapat diregangkan sebelum putus menjadi 2 (dua) bagian. Ini digunakan dalam sistem klasifikasi penetrasi dan viskositas. Daktilitas diukur melalui uji ekstensi, di mana briket diregangkan hingga benang yang menghubungkan kedua bagian putus.



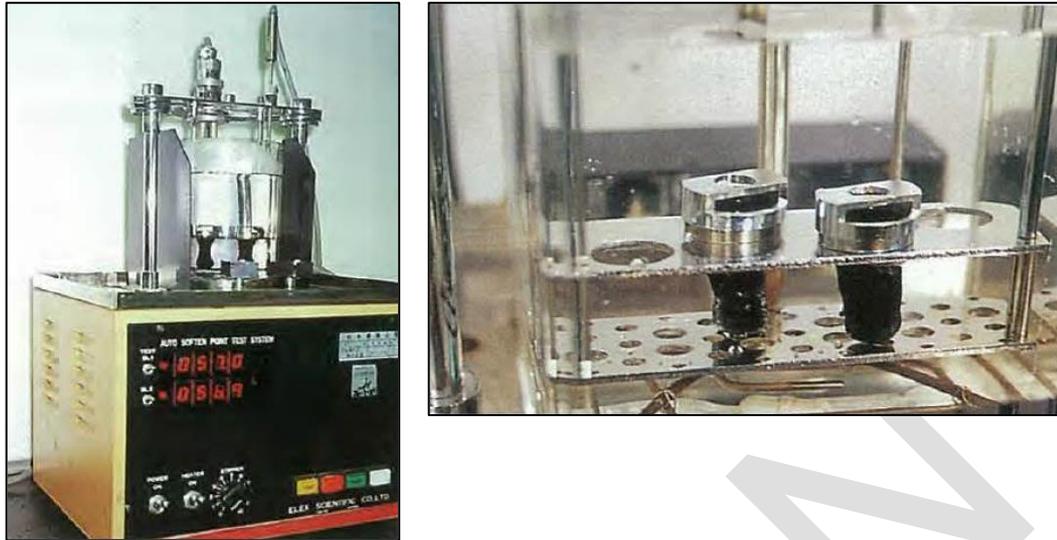
Sumber: *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Asphalt Institute Manual Series No. 22*

Gambar 86 – Uji daktilitas

c. Uji Titik Lembek

Titik lembek diukur untuk mengetahui suhu aspal pada saat mencapai derajat kemampuan mengalir/*flowability* (konsistensi) tertentu. Titik lembek dan penetrasi menunjukkan konsistensi aspal.



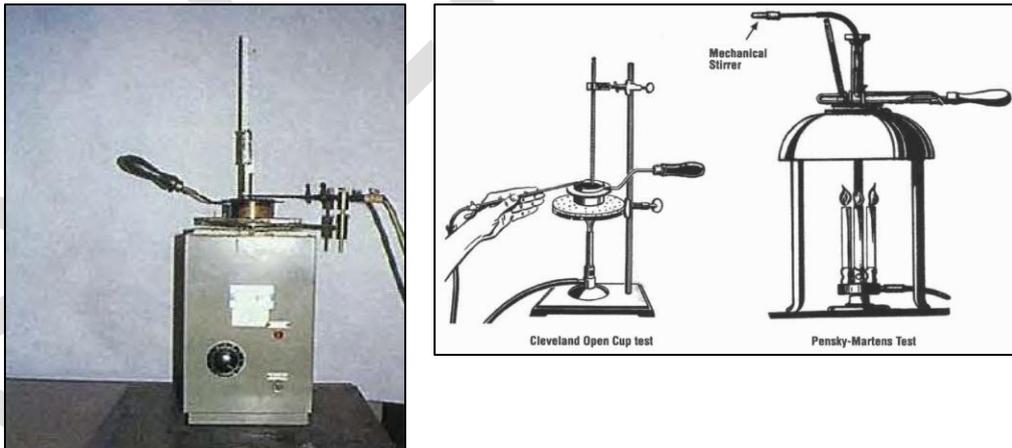


Sumber: *Expressway Pavements in Japan, Pavement Research Group Technical Investigation Committee Expressway Technology Center*

Gambar 87 – Uji titik lembek

d. Titik Nyala

Titik nyala aspal adalah suhu terendah di mana gas-gas yang mudah menguap terpisah dari sampel untuk menyala dengan adanya nyala api terbuka. Hal ini ditentukan untuk mengidentifikasi suhu maksimum untuk penanganan dan penyimpanan tanpa *flashing*, karena aspal biasanya dipanaskan dalam penyimpanan untuk menjaga viskositas rendah. Titik nyala ditentukan dengan memanaskan sampel dalam cawan metal dan secara berkala menggerakkan api kecil di atasnya.



Sumber: *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Asphalt Institute Manual Series No. 22*
Gambar 88 – Uji titik nyala

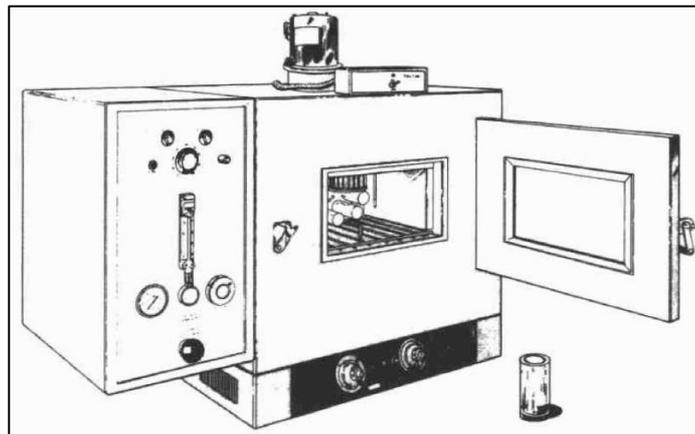
e. Prosedur *Thin Film Oven* (TFO) dan *Rolling Thin Film Oven* (RTFO)

Prosedur persiapan spesimen aspal menyimulasikan kondisi operasi pabrik campuran panas (*hot mix plant*). Pengujian dilakukan setelah prosedur TFO atau RTFO untuk mensimulasikan sifat/*propeties* aspal setelah konstruksi. Prosedur TFO melibatkan penempatan sampel aspal yang telah diukur ke dalam wadah, diamkan pada suhu 163°C selama lima jam, dan menguji viskositas, penetrasi, atau keduanya. Prosedur RTFO



menggunakan oven bersuhu 163°C dengan kereta vertikal yang berputar, memperlihatkan lapisan film aspal segar saat melapisi botol. Pembukaan botol melewati nosel yang meniupkan udara ke dalam botol selama setiap putaran.

Sumber: *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Asphalt Institute Manual Series No. 22*



Gambar 89 – Rolling thin film oven

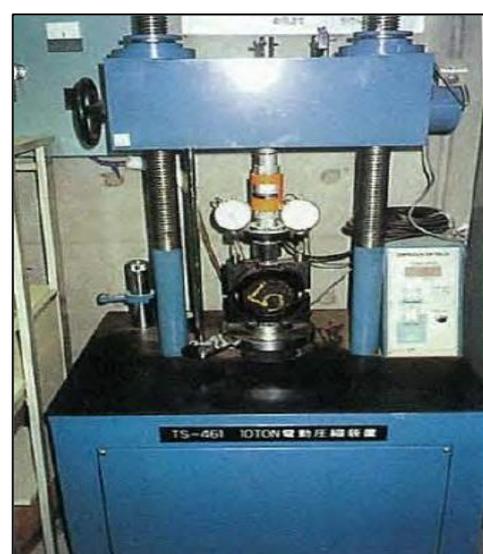
f. Uji Stabilitas *Marshall*

1) Persiapan benda uji

Pembuatan sampel uji untuk uji kestabilan *Marshall*. Dari ketinggian 45 cm, suatu benda bermassa 4,5 kg dipadatkan pada sejumlah campuran tertentu, dan sampel uji disiapkan dengan cara dipadatkan dengan palu *Marshall*. Jumlah pukulan pemadatan, yang bervariasi menurut kondisi cuaca dan lalu lintas, ditentukan sebesar 50 pukulan atau 75 pukulan untuk setiap ujung sampel uji. Untuk HRS dan SMA, waktu pemadatan adalah 50 pukulan pada setiap sisinya. Untuk AC-WC, AC-BC, AC-Base waktu pemadatan adalah 75 pukulan pada setiap sisinya.

2) Pengukuran

Stabilitas *Marshall* diukur untuk menentukan kadar optimal aspal pada campuran aspal, kecuali perkerasan aspal berpori.



Gambar 90 – Marshall drop hammer (kiri) ; Marshall stability-flow apparatus (kanan)



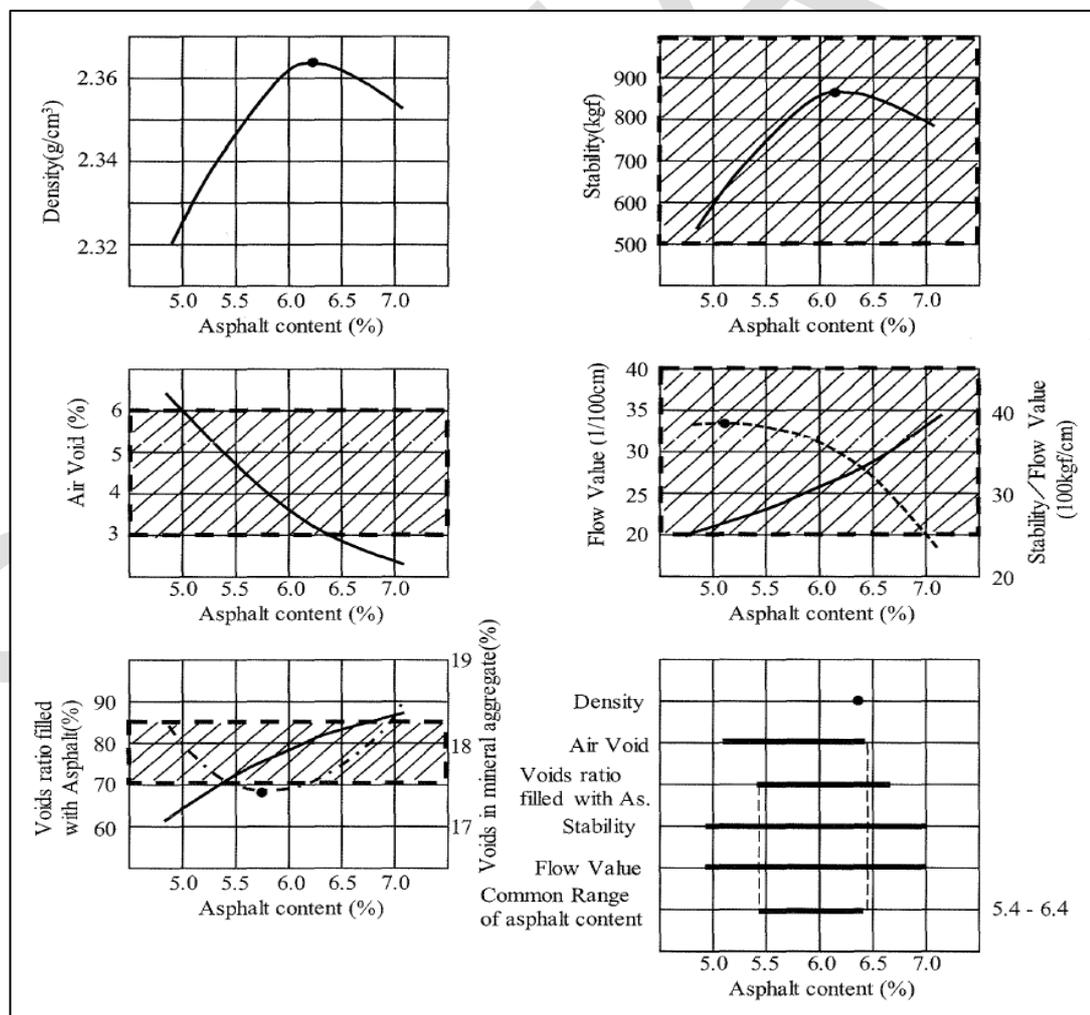
5.10.3. Desain Campuran *Marshall*

Metode *Marshall* dalam merancang campuran perkerasan jalan dikembangkan oleh *Bruce Marshall*, mantan Insinyur Bituminous di Departemen Jalan Raya Negara Bagian Mississippi. Uji *Marshall* dalam bentuknya yang sekarang berasal dari penyelidikan yang dimulai oleh Korps Insinyur Angkatan Darat AS pada tahun 1943. Berbagai metode untuk desain dan pengendalian campuran aspal dibandingkan dan dievaluasi untuk mengembangkan metode sederhana dalam desain dan pengendalian campuran perkerasan aspal.

a. Desain Campuran

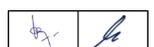
Penentuan kadar optimal aspal adalah sebagai berikut:

- 1) Berat jenis sampel uji, rongga udara, rongga berisi aspal, rongga agregat mineral, ditentukan untuk setiap kadar aspal dengan perhitungan.
- 2) Stabilitas dan nilai kelelahan ditentukan dari hasil uji stabilitas *Marshall*.
- 3) Hasil dari 1) di plot.
- 4) Rentang kadar aspal yang memenuhi nilai standar uji stabilitas *Marshall* ditentukan untuk setiap parameter.
- 5) Ditentukan rentang kadar aspal yang memenuhi seluruh standar. Kisaran ini disebut kisaran umum kadar aspal. Kadar aspal median adalah kadar optimal aspal.



Sumber: *Expressway Pavements in Japan, Expressway Technology Center*

Gambar 91 – Rongga dalam agregat mineral (VMA) dalam spesimen campuran yang dipadatkan



b. Karakteristik dan Perilaku Campuran

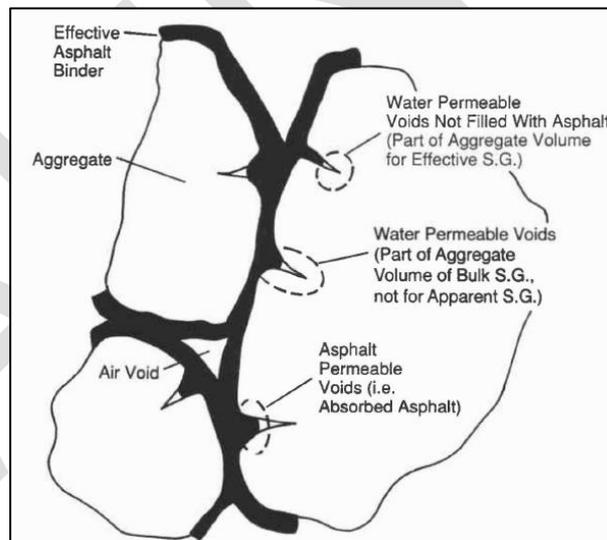
Campuran pengerasan jalan yang disiapkan di laboratorium dapat dianalisis untuk menentukan kinerjanya dalam struktur perkerasan, dengan fokus pada empat karakteristik: berat jenis campuran, rongga udara, rongga agregat mineral, dan kadar aspal, yang mempengaruhi perilaku campuran.

c. Berat Jenis Campuran

Nilai kepadatan sangat penting untuk kinerja perkerasan, karena menentukan berat satuan atau volume campuran. Hal ini dinyatakan dalam kilogram per meter kubik dan dihitung dengan mengalikan berat jenis campuran dengan kepadatan air. Kepadatan benda uji dan kepadatan teoritis maksimum digunakan sebagai standar untuk memastikan perkerasan memenuhi persyaratan spesifikasi.

d. Rongga Udara/*Air Voids*

Rongga udara adalah kantong kecil udara di antara partikel agregat pada perkerasan Aspal Molekuler Tinggi/*High-Molecular-Asphalt* (HMA) yang dipadatkan. Ukuran persentase tertentu diperlukan untuk pemadatan pada lalu lintas dan ekspansi dari aspal akibat perubahan temperatur. Spesimen laboratorium memungkinkan antara 3% dan 5% rongga udara untuk lapisan permukaan dan lapisan *base*. Durabilitas perkerasan aspal bergantung pada kandungan rongga udara, dengan rongga yang lebih rendah mengurangi permeabilitas dan rongga yang lebih tinggi menyebabkan kegemukan (*flushing/ bleeding*). Kepadatan dan kandungan rongga udara berhubungan langsung, dengan spesifikasi pekerjaan yang memerlukan pemadatan perkerasan untuk mencapai kandungan rongga antara 8% dan 3%.

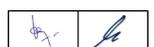


Sumber: *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types, Asphalt Institute Manual Series*

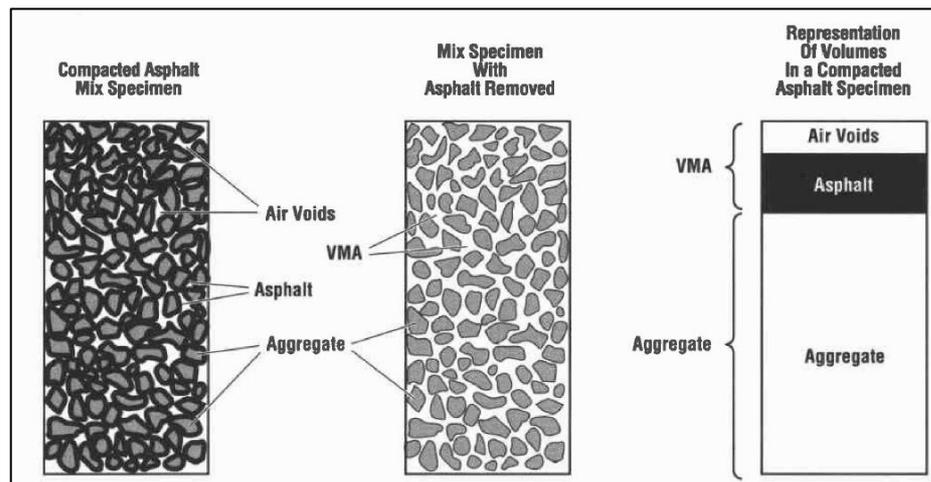
Gambar 92 – *Air voids*/rongga udara pada campuran perkerasan aspal yang dipadatkan

e. Rongga pada Agregat Mineral/*Voids in the Mineral Aggregate* (VMA)

Rongga pada Agregat Mineral (VMA) merupakan ruang kosong antar butir antar partikel agregat pada suatu campuran perkerasan jalan yang dipadatkan. VMA merupakan pengukuran volumetrik yang mewakili ruang yang tersedia untuk volume efektif aspal dan rongga udara. Semakin banyak VMA pada agregat kering maka semakin banyak ruang untuk lapisan aspal. Daya tahan campuran meningkat seiring dengan bertambahnya ketebalan film pada partikel agregat. Persyaratan minimum khusus untuk VMA



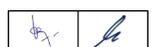
direkomendasikan berdasarkan ukuran agregat untuk mencapai ketebalan lapisan aspal yang memadai dan perkerasan yang tahan lama. Menurunkan VMA dapat menyebabkan lapisan film aspal menjadi tipis dan campuran memiliki durabilitas yang rendah, sehingga penghematan kadar aspal menjadi kontraproduktif dan merugikan kualitas perkerasan.



Gambar 93 – Rongga pada agregat mineral (VMA) pada specimen campuran terpadatan

- f. Rongga Terisi Aspal/*Voids Filled with Asphalt* (VFA)
Rongga terisi aspal (VFA) merupakan persentase ruang hampa antar partikel agregat (VMA) yang terisi aspal. Hal ini memastikan bagian aspal efektif VMA dalam suatu campuran tidak terlalu sedikit (kering, durabilitas rendah) atau terlalu banyak (basah, tidak stabil). Kisaran yang dapat diterima bervariasi berdasarkan tingkat lalu lintas, dengan lalu lintas yang lebih tinggi memerlukan VFA yang lebih rendah untuk kekuatan dan stabilitas, dan VFA yang terlalu tinggi mengakibatkan campuran menjadi plastis.
- g. Kadar Aspal
Kadar aspal sangat penting dalam menentukan campuran ideal untuk suatu pekerjaan. Hal ini ditentukan di laboratorium dan dikendalikan di tempat kerja dengan menggunakan kriteria tertentu. Kadar optimum aspal bergantung pada karakteristik agregat seperti gradasi dan absorpsi. Gradasi agregat berhubungan langsung dengan kadar optimal aspal, dengan campuran yang lebih halus memiliki luas permukaan agregat yang lebih besar dan jumlah aspal yang dibutuhkan lebih banyak. Hubungan antara luas permukaan agregat dan kadar optimum aspal paling jelas terlihat jika bahan mineral pengisi merupakan bagian dari campuran. Variasi kandungan bahan pengisi dapat menyebabkan perubahan sifat campuran sehingga menghasilkan aspal yang terlalu sedikit atau terlalu banyak. Pengambilan sampel dan pengujian yang tepat diperlukan untuk menentukan penyebab variasi dan menetapkan desain campuran yang baru. Penyerapan/absorpsi agregat juga penting dalam menentukan kadar optimal aspal, karena aspal yang ditambahkan harus cukup untuk memungkinkan penyerapan dan melapisi partikel dengan lapisan film yang memadai. Kadar total aspal dan kadar efektif aspal adalah dua metode yang digunakan dalam teknologi HMA untuk menyatakan kadar aspal.

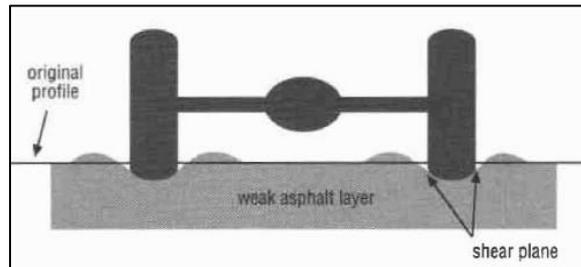
Sumber: *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Asphalt Institute Manual Series No. 22*



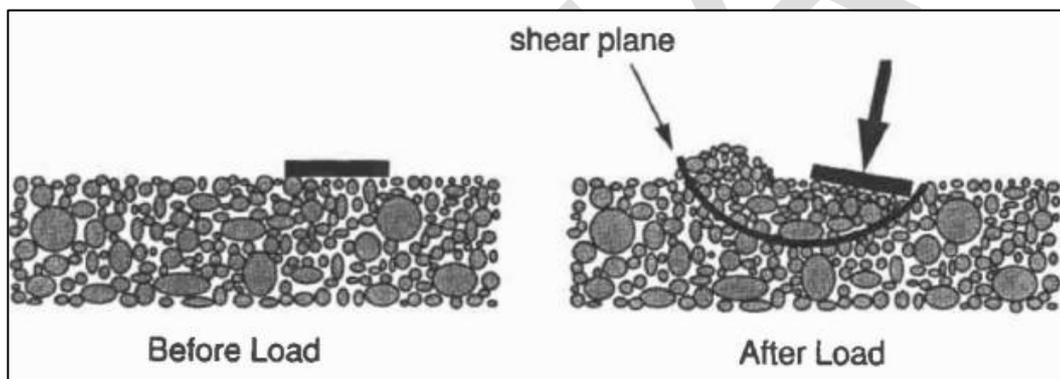
5.10.4. Hal yang perlu Diperhatikan dan Penyebab Kegagalan

a. Gelombal Alur

Kerusakan perkerasan aspal juga dapat disebabkan oleh kekurangan campuran aspal panas, dimana campuran tidak dirancang, diproduksi, atau ditempatkan dengan benar. Campuran mungkin tidak stabil karena aspal yang berlebihan, *interlock* agregat yang buruk, rongga dalam agregat mineral (VMA) yang tidak mencukupi, atau penggunaan terlalu banyak kerikil bulat atau pasir alam. Ketika suatu campuran menjadi tidak stabil, biasanya terjadi deformasi plastis.



Gambar 94 – Alur/rutting dari campuran yang buruk



Sumber: *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types, Asphalt Institute Manual Series No. 2*

Gambar 95 – Perilaku gaya geser pada agregat

b. Stabilitas

Stabilitas perkerasan aspal bergantung pada internal friksi dan kohesi. Friksi antar partikel berhubungan dengan karakteristik agregat, sedangkan kohesi disebabkan oleh kemampuan ikatan aspal. Spesifikasi stabilitas harus cukup tinggi untuk menangani lalu lintas, namun tidak lebih tinggi dari yang dibutuhkan kondisi lalu lintas. Stabilitas yang tidak memadai dapat menyebabkan bekas roda, riak, dan tanda-tanda pergeseran campuran lainnya.



Tabel 16 – Penyebab dan akibat ketidakstabilan perkerasan

Sebab	Akibat
Aspal berlebih dalam campuran	Bergelombang, alur, dan kegemukan
Pasir ukuran sedang berlebih dalam campuran	Lunak selama pemadatan dan setelah konstruksi, sulit dalam pemadatan
Agregat berbentuk bulat, permukaannya sedikit atau tidak ada yang hancur	Alur dan berbekas

c. Durabilitas

Durabilitas perkerasan aspal ditentukan oleh faktor-faktor seperti penuaan (*aging*), disintegrasi, dan pengelupasan lapisan film aspal. Tiga metode untuk meningkatkan durabilitas perkerasan jalan adalah merancang gradasi padat agregat tahan lembap, memaksimalkan ketebalan lapisan film aspal, dan memadatkan campuran di tempat. Lapisan film aspal yang tebal mempertahankan karakteristik aslinya lebih lama. Merancang campuran untuk kepadatan maksimum dan memadatkan perkerasan hingga 8% (delapan persen) atau kurang rongga udara meminimalkan intrusi udara dan air. Kurangnya durabilitas suatu perkerasan jalan dapat disebabkan oleh beberapa sebab dan akibat.

Tabel 17 – Sebab dan akibat kurangnya durabilitas

Sebab	Akibat
Kadar aspal rendah	Kekeringan atau pengelupasan (<i>ravelling</i>)
Kadar rongga (<i>void</i>) yang tinggi karena desain atau kurangnya pemadatan	Pengerasan prematur aspal yang diikuti dengan retak atau hancur
Rentan terhadap air (<i>hidrofilik</i>) agregat dalam campuran	Film aspal terkelupas dari agregat sehingga meninggalkan permukaan yang terkikis, terkelupas, atau lembek

d. Impermeabilitas

Impermeabilitas adalah kemampuan udara dan air untuk melewati perkerasan aspal. Hal ini berkaitan dengan kadar rongga dalam campuran yang dipadatkan, namun karakter rongga lebih penting daripada jumlahnya. Ukuran, keterhubungan, dan akses rongga pada perkerasan menentukan derajat impermeabilitas. Kebanyakan campuran aspal yang digunakan dalam konstruksi jalan raya bersifat permeabel sampai tingkat tertentu, namun dapat diterima asalkan masih dalam batas yang ditentukan. Nilai impermeabilitas yang buruk pada HMA bergradasi padat dapat disebabkan oleh berbagai sebab dan akibat.

Tabel 18 – Sebab dan akibat permeabilitas

Sebab	Akibat
Kadar aspal rendah	Lapisan film aspal yang tipis akan menyebabkan <i>early aging</i> dan pelepasan butir (<i>ravelling</i>)
Kadar rongga tinggi dalam campuran desain	Air dan udara dapat dengan mudah masuk ke perkerasan jalan,



Sebab	Akibat
	menyebabkan oksidasi dan disintegrasi
Pemadatan yang tidak memadai	Akan menghasilkan rongga yang tinggi pada perkerasan, menyebabkan infiltrasi air dan kekuatan yang rendah

Workability

Workability atau kemampuan kerja adalah kemudahan campuran perkerasan dapat di hamparkan dan dipadatkan. Campuran dengan *workability* yang baik relatif mudah di hamparkan dan dipadatkan. Campuran yang keras cenderung mengalami segregasi selama penanganan dan mungkin sulit untuk dipadatkan. Campuran yang lunak sering kali disebabkan oleh kurangnya bahan mineral pengisi, terlalu banyak pasir berukuran sedang, dan/atau terlalu banyak kelembapan/air dalam campuran. Tingkat/jenis aspal juga dapat mempengaruhi *workability*-nya.

Tabel 19 – Sebab dan akibat permeabilitas

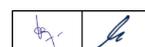
Sebab	Akibat
Partikel berukuran maksimum	Permukaan kasar, sulit di hamparkan
Agregat kasar yang berlebihan	Sulit dipadatkan
Suhu campuran yang terlalu rendah	Agregat tidak dilapisi, tidak tahan lama, permukaan kasar, sulit dipadatkan
Terlalu banyak pasir berukuran sedang	Campuran terdorong saat dipadatkan, tetap lunak
Kadar mineral pengisi rendah	Campuran lunak, sangat permeabel
Kadar mineral pengisi yang tinggi	Campuran kering atau lengket, sulit ditangani, tidak tahan lama

f. **Ketahanan Fatik/*Fatigue Resistance***

Ketahanan lelah suatu perkerasan dipengaruhi oleh rongga udara, viskositas aspal, ketebalan, kekuatan, dan daya dukung tanah dasar. Rongga udara meningkatkan ketahanan terhadap lelah, sedangkan aspal yang sudah tua mengurangnya. Perkerasan tebal lebih sedikit tekuk akibat pembebanan dan mempunyai umur fatik yang lebih lama. Ketahanan fatik yang buruk disebabkan oleh berbagai faktor.

Tabel 20 – Sebab dan akibat permasalahan ketahanan fatik yang buruk

Sebab	Akibat
Kadar aspal rendah	Retak Fatik
Desain rongga tinggi	Aspal mengalami penuaan dini yang diikuti dengan retak fatik
Kurangnya pemadatan	Aspal mengalami penuaan dini yang diikuti dengan retak fatik
Ketebalan perkerasan tidak memadai	Tekuk yang berlebihan diikuti dengan retak fatik



g. Ketahanan gesek/*Skid Resistance*

Kekesatan/ketahanan gesek adalah kemampuan permukaan aspal untuk meminimalkan selip atau tergelincirnya ban kendaraan, terutama saat basah. Untuk ketahanan gesek yang baik, tapak ban harus mampu menjaga kontak dengan partikel agregat. Agregat bertekstur kasar dalam campuran bergradasi relatif terbuka dengan ukuran agregat maksimum sekitar 9,5 mm hingga 12,5 mm. Campuran yang tidak stabil cenderung rusak atau *bleeding*.

Tabel 21 – Sebab dan akibat permasalahan *skid resistance* yang buruk

Sebab	Akibat
Aspal berlebih	<i>Bleeding</i> , <i>skid resistance</i> rendah
Agregat bertekstur buruk atau bergradasi buruk	Perkerasan mulus, berpotensi <i>hydroplaning</i>
Pengalusan agregat dalam campuran	<i>Skid resistance</i> rendah

h. Evaluasi dan Penyesuaian Desain Campuran

Dalam mengembangkan desain campuran, beberapa percobaan campuran harus dievaluasi untuk menentukan campuran terbaik yang memenuhi kriteria desain. Campuran percobaan awal harus mempunyai gradasi agregat sesuai spesifikasi pekerjaan. Jika gagal, campuran harus dimodifikasi atau didesain ulang menggunakan gradasi atau sumber agregat yang berbeda. Kurva gradasi, seperti 0,45 pada *power chart*, dapat digunakan untuk membuat penyesuaian yang diperlukan dalam desain campuran. Garis kepadatan maksimum mewakili gradasi yang paling rapat dan paling padat untuk suatu agregat dengan ukuran maksimum tertentu. Gradasi yang mengikuti garis kepadatan maksimum biasanya mempunyai nilai VMA yang rendah dan harus disesuaikan untuk meningkatkan nilai VMA. Pedoman umum untuk menyesuaikan campuran percobaan telah disediakan, namun saran mungkin tidak berlaku di semua kasus.

i. *Void* Rendah, *Stabilitas* Rendah

Untuk menambah rongga/*void* udara dan rongga dalam mineral agregat, sesuaikan gradasi agregat dengan menambahkan lebih banyak agregat kasar atau halus. Turunkan kadar aspal jika terdapat eksese dan kadar aspal tidak berkurang di bawah batas yang diperbolehkan. Tingkatkan material pecahan atau kurangi material yang lolos saringan 0,075 mm untuk meningkatkan stabilitas dan kadar rongga udara. Namun, penghancuran saja mungkin tidak secara signifikan meningkatkan stabilitas untuk kuarsa dan jenis batuan serupa. Menambahkan lebih banyak pasir produksi juga dapat meningkatkan kadar rongga tanpa mengurangi stabilitas campuran.

j. *Void* Rendah, *Stabilitas* Sedang

Kadar rongga yang rendah pada perkerasan dapat menyebabkan ketidakstabilan akibat aliran plastis atau penggerusan (*flushing*), akibat reorientasi dan pemadatan partikel. Rongga kosong yang tidak mencukupi juga dapat diakibatkan oleh kebutuhan aspal yang lebih tinggi untuk ketahanannya. Degradasi agregat yang buruk di bawah lalu lintas juga dapat menyebabkan ketidakstabilan dan penggerusan. Campuran dengan rongga yang rendah harus disesuaikan, meskipun stabilitas awalnya tampak memuaskan.

k. *Void* Sedang, *Stabilitas* Rendah

Stabilitas yang rendah pada rongga dan agregat bergradasi yang memuaskan dapat mengindikasikan kekurangan agregat. Perbaiki bentuk partikel agregat kasar dengan



menghancurkan atau menambah ukuran, karena partikel yang lebih kasar menunjukkan stabilitas yang lebih baik dengan tetap menjaga kandungan rongga.

l. *Void* Tinggi, *Stabilitas* Sedang

Rongga yang tinggi pada aspal dapat menyebabkan pengerasan dini, pengikisan, atau pengelupasan lapisan film aspal. Demi menjaga stabilitas campuran, kadar rongga yang berlebihan harus dikurangi. Pengurangan kecil dapat dicapai dengan meningkatkan kandungan debu mineral, namun penyesuaian gradasi agregat mendekati garis kepadatan maksimum mungkin diperlukan.

m. *Void* Tinggi, *Stabilitas* Rendah

Demi meningkatkan kadar rongga dan stabilitas, kurangi menggunakan metode yang disebutkan di atas, dan jika tidak, ganti jenis agregat.

Sumber: Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Asphalt Institute Manual Series No. 22

6. Prosedur

6.1. Tata Cara dan Ketentuan Pelaksanaan Survei IRI dengan Kendaraan

6.1.1. Garis Besar

Survei IRI adalah kegiatan yang memperoleh perkerasan jalan dengan pengukuran jalan, lalu menghitung nilai IRI dari data yang diperoleh dari Pemrosesan IRI. Pengukuran jalan dilakukan dengan melakukan perjalanan melalui jalan menggunakan mobil yang dilengkapi dengan alat ukur yang telah ditentukan, untuk merekam data video dan mengumpulkan informasi vektor termasuk perpindahan vertikal permukaan jalan. Hasil Survei IRI terdiri dari data video dan informasi vektor yang diproses untuk diubah menjadi gambar berurutan, dan menghitung nilai IRI dengan [DPS-IRI].

6.1.2. Kewajiban dan Peran, Pertimbangan

Personel yang bertanggung jawab pengerjaan Survei IRI harus mengamati hal-hal berikut:

- Keamanan seluruh pengguna jalan, pejalan kaki, kendaraan lain, dan supir harus selalu menjadi prioritas utama;
- Segera proses hal-hal urgen seperti pemberitahuan atau pengaplikasian ke organisasi terkait;
- Keadaan dan informasi yang diperoleh melalui pekerjaan tidak boleh diunggah di Media Sosial (Layanan Jejaring Sosial); dan
- Untuk alat survei, selalu gunakan alat yang terawat untuk memastikan validitas pengukuran.

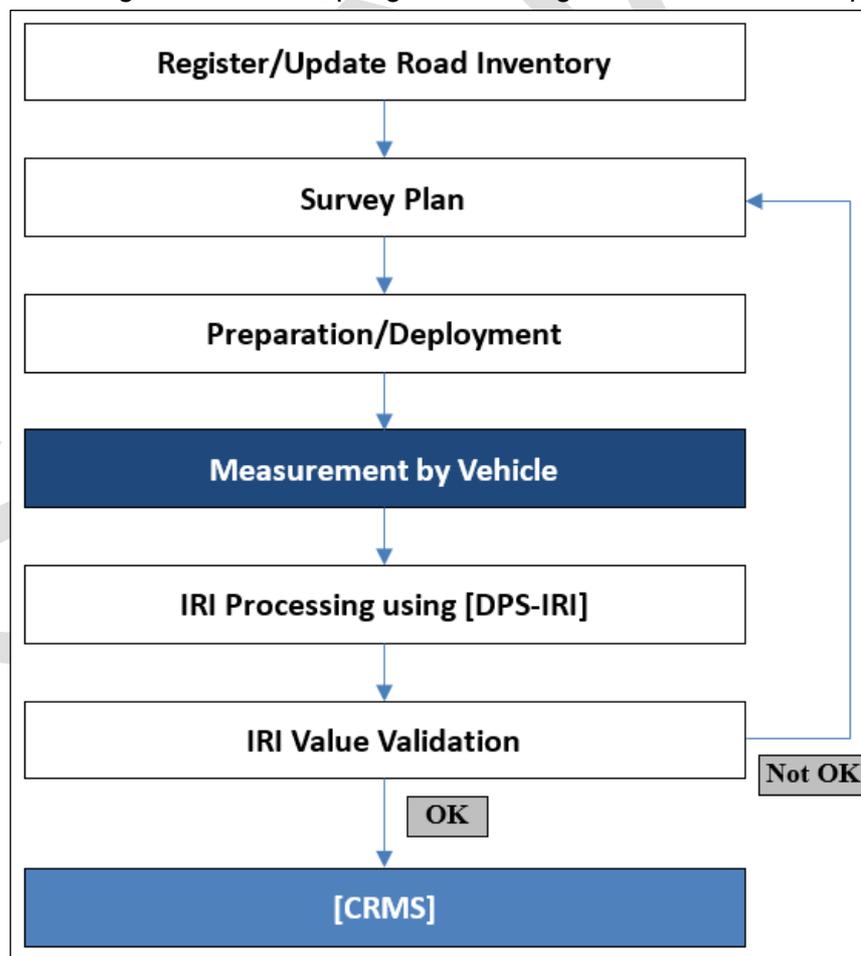
6.1.3. Alur Kerja

Bagian ini menjelaskan alur kerja aktivitas Survei IRI. Pekerjaan Survei IRI harus dilaksanakan sesuai dengan tahap-tahap berikut:

- Registrasi/Pembaruan Inventaris Jalan
Inventarisasi Jalan adalah informasi penting untuk pekerjaan inspeksi jalan, dan harus sudah disiapkan (didaftarkan atau diperbarui) di CRMS sebelum melakukan semua pekerjaan inspeksi jalan terlebih dahulu.



- b. Rencana Survei
Rencana Survei adalah membuat rencana jadwal waktu/rute/peralatan/penempatan yang akan disurvei untuk Pemeriksaan Jalan dengan menggunakan inventarisasi jalan.
- c. Persiapan/Pelaksanaan
Inspektur menyiapkan aspek-aspek yang diperlukan untuk melakukan survei. Menyiapkan data/dokumen, perlengkapan beserta aksesoris, pengisian baterai perangkat, pengemudi dan kendaraannya. Selain itu, pedoman kerja untuk pengemudi.
- d. Pengukuran Jalan
Inspektur melakukan perjalanan melalui rute yang ditentukan berdasarkan rencana survei. Selama proses tersebut, Inspektur merekam data video beserta dengan informasi vektor, seperti percepatan/kecepatan/waktu/posisi, untuk mendapatkan kekasaran jalan dari jalan yang dilalui dengan menggunakan peralatan yang ditentukan.
- e. Pemrosesan IRI menggunakan [DPS-IRI]
Setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul, data dibawa ke kantor untuk Pemrosesan IRI menggunakan [DPS-IRI]. Data video dan informasi vektor, yang akan diproses untuk dikonversi menjadi gambar berurutan dan menghitung nilai IRI oleh model QC (*Quarter Car*).
- f. Keabsahan/Validasi Nilai IRI
Keabsahan/validasi hasil pemrosesan, nilai IRI yang terhitung, harus diperiksa. Keberhasilan keabsahan nilai IRI ditransfer ke [CRMS] untuk *Screening Survey*. Jika nilai IRI bermasalah dengan keabsahan, pengukuran ulang harus dilakukan di lapangan.



Gambar 96 – Alur validasi nilai IRI



6.1.4. Registrasi/Pembaruan Inventaris Jalan

Inventaris Jalan adalah informasi esensial yang harus disiapkan (registrasi atau pembaruan) dalam CRMS sebelum melakukan seluruh pekerjaan inspeksi. Ketika ada pembaruan jalan (nama, konstruksi jalan baru, dan sebagainya) informasi jalan yang di registrasi didalam CRMS harus segera dilakukan pembaruan.

6.1.5. Rencana Survei

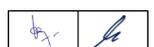
Untuk melakukan survei secara efisien, rencana survei diperlukan untuk memandu aktivitas Survei IRI. Rencana Survei adalah untuk membuat jadwal waktu/rute/peralatan/penempatan yang akan disurvei dengan pengukuran kendaraan.

Tabel 22 – Kriteria perencanaan survei

Item	Pertimbangan	Keterangan
Kondisi Cuaca	Cuaca cerah atau berawan	Cuaca hujan menyebabkan sulit untuk mengenali kerusakan dan risiko kecelakaan lalu lintas meningkat
Jam Survei	<ul style="list-style-type: none">• Siang hari (bukan di malam hari)• Di luar jam kemacetan lalu lintas	Waktu standar pada pukul 09.00 – 15.00, namun dapat disesuaikan dengan kondisi lokasi
Rute Survei	<ul style="list-style-type: none">• Titik mulai/akhir• Tempat persiapan/<i>standby</i>• Jumlah lajur• Gangguan	Gangguan dapat berupa pekerjaan konstruksi atau kendaraan yang diparkir di jalan
Personel	<ul style="list-style-type: none">• Pengemudi• Inspektur	
Bahan dan Peralatan	<ul style="list-style-type: none">• Kendaraan pengukuran• Bahan bakar untuk kendaraan• Perangkat pengukuran• Kartu memori• Baterai cadangan• Alat pelengkap/aksesoris• Perangkat seluler atau peta yang dicetak untuk mengonfirmasi lokasi• Daftar jalan	Perangkat pengukuran adalah kamera aksi (GoPro Hero 10)

6.1.6. Persiapan/Pelaksanaan

Sebelum melakukan pengukuran kendaraan, pemeriksaan awal pekerjaan harus dilakukan untuk mengonfirmasi bahwa tidak ada kerusakan pada kendaraan dan perangkat sistem. Persiapan khusus ini diperlukan agar dapat menyelesaikan tugas dengan lancar. Menyiapkan *checklist* berguna untuk memudahkan proses persiapan sebelum melakukan pengukuran



jalan. Periksa status Pengemudi, Inspektur, Peralatan, termasuk manajemen keamanan menurut *checklist* di bawah ini sebelum memulai pekerjaan pengukuran kendaraan di lapangan.

Jika terdapat satu atau lebih status yang “Tidak OK” ditemukan, jangan melakukan pekerjaan pengukuran kendaraan sampai *item* berstatus “Tidak OK” telah diperbaiki/diselesaikan.

Tabel 23 – Checklist persiapan survei

Target	Check point	Status
Kondisi	Cuaca	“OK”/“Tidak OK”
	Waktu	“OK”/“Tidak OK”
Pengemudi	Kondisi tidak mabuk	“OK”/“Tidak OK”
	Kesehatan	“OK”/“Tidak OK”
	Tidur yang Cukup	“OK”/“Tidak OK”
Inspektur	Tidak mabuk	“OK”/“Tidak OK”
	Kesehatan	“OK”/“Tidak OK”
	Tidur yang Cukup	“OK”/“Tidak OK”
Kendaraan	Suara mesin	“OK”/“Tidak OK”
	Rem/kemudi	“OK”/“Tidak OK”
	Tingkat cairan: radiator/oli/rem	“OK”/“Tidak OK”
	Ban: tekanan angin/baut/profil/kondisi tapak	“OK”/“Tidak OK”
	Ban: cacat/kerusakan	“OK”/“Tidak OK”
	Lampu: depan/belakang/indikator/peringatan	“OK”/“Tidak OK”
	Bahan bakar	“OK”/“Tidak OK”
Perangkat Seluler/ Kamera Aksi & Aksesoris	<i>Battery charge</i>	“OK”/“Tidak OK”
	Baterai/baterai cadangan	“OK”/“Tidak OK”
	Kartu memori/kartu memori cadangan	“OK”/“Tidak OK”
	Fungsi perekaman kamera	“OK”/“Tidak OK”
	Fungsi GNSS	“OK”/“Tidak OK”
	Koneksi Internet (jika dibutuhkan)	“OK”/“Tidak OK”
	Perlengkapan/aksesoris	“OK”/“Tidak OK”

6.1.7. Pengukuran dengan Kendaraan

Pengukuran dengan kendaraan dalam kegiatan Survei IRI adalah langkah krusial yang merekam data mentah video beserta informasi vektor, seperti percepatan/kecepatan/waktu/posisi, untuk mendapatkan kekasaran jalan dari jalan yang dilalui dengan menggunakan peralatan yang ditentukan.

Kondisi pemasangan peralatan dan kondisi mengemudi kendaraan mempengaruhi keakuratan data pengukuran dan nilai IRI yang dihitung dari data pengukuran, ini diperlukan untuk memahami sepenuhnya prosedur pengukuran.

a. Berkendara dengan aman

Prioritas pekerjaan adalah keamanan dalam pengukuran jalan. Perilaku berkendara seperti berikut ini bukan hanya berbahaya berkendara yang dapat berujung pada



kecelakaan lalu lintas, tetapi juga membuat keakuratan pada pengukuran data menjadi tidak stabil dan berkualitas rendah.

- 1) Menancap gas tiba-tiba, pengereman mendadak dan berbelok tiba-tiba.
- 2) Melewati/menyalip kendaraan lain yang mengemudi kecuali menghindari kecelakaan lalu lintas.
- 3) Menggunakan hp/telepon seluler atau perangkat genggam saat mengemudi. (Pengemudi hanya dapat menggunakan perangkat komunikasi ketika kendaraan terparkir dengan baik dan aman).

b. Langkah-langkah rinci pengukuran jalan

Tanda ceklis menggambarkan poin-poin untuk diperhatikan agar lebih berhati-hati dalam pengukuran kendaraan. Konfirmasi dan perhatikan baik-baik pada poin-poin ini ketika melakukan kegiatan yang sebenarnya.

(1)	<p>Persiapan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jangan menggunakan kendaraan dengan kaca depan yang gelap (untuk kualitas gambar pada <i>Screening Survey</i>). • Sebisa mungkin, jangan memuat penumpang atau barang selain pengemudi dan inspektur dalam kendaraan. • Bawa cadangan kartu memori (<i>SD Card</i>), baterai dan catu daya dalam kendaraan.
(2)	<p>Nyalakan perangkat</p>
(3)	<p>Periksa Pengaturan Perangkat</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atur pengaturan kecerahan kamera bergantung pada cuaca (untuk kualitas gambar pada <i>Screening Survey</i>). • Pastikan jika fungsi GPS atau GNSS pada perangkat bekerja dengan baik.
(4)	<p>Pasang perangkat di bagian dalam atas kaca depan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kencangkan baut pelengkap dengan kuat, lak ban dapat membantu penopangan. • Pengarahan aliran udara penyejuk udara (AC) ke atas mencegah kegagalan fungsi karena panas yang tinggi dari peralatan.
(5)	<p>Periksa titik awal dan titik akhir (periksa pada peta)</p> <p>Catat rute dan waktu berkendara pada lembar kerja atau kertas (untuk mengelola informasi pengukuran).</p>
(6)	<p>Menuju ke titik awal jalan yang dituju</p> <p>Sensor GPS dikalibrasi dengan mengaktifkan fungsi GPS selama bergerak/berjalan ke lokasi vektor .</p>
(7)	<p>Berhenti di tempat persiapan dekat titik awal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Titik awal pengukuran harus mulai dari 50 m sebelum titik awal jalan. • Konfirmasi final perangkat. • Jika jalur yang dituju memiliki beberapa lajur, semua lajur harus disurvei satu per satu.



(8)	<p>Mulai mengemudi dan mengukur (mulai merekam video)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jangan mengoperasikan perangkat setelah memulai pengukuran. • Kecepatan mengemudi harus dijaga konstan antara 20 km/jam dan 40 km/jam sebanyak mungkin (tidak boleh melebihi batas kecepatan yang sah). • Jaga jarak yang cukup dengan mobil di depan. • Hindari akselerasi/deselerasi mendadak, start mendadak, pengereman mendadak, dan membelok. • Sebisa mungkin hindari mengemudi di bahu jalan. • Untuk meminimalkan dampak polisi tidur, berkendara dengan kecepatan 5 km/jam atau kurang saat melewati polisi tidur. • Jika kapasitas penyimpanan data tampaknya tidak mencukupi, hentikan pengukuran dan ganti kartu memori. • Jika sisa daya baterai tampaknya tidak mencukupi, hentikan pengukuran dan alihkan ke baterai cadangan atau catu daya di dalam kendaraan.
(9)	<p>Catat kondisi spesifik permukaan jalan yang ditemukan selama pengukuran</p> <p>Banyaknya cacat, perlintasan kereta api, polisi tidur, dll, yang akan mempengaruhi nilai IRI.</p>
(10)	<p>Hentikan kendaraan dan pengukuran (hentikan merekam video) setelah melewati titik akhir pada jalan yang ditentukan</p> <p>Titik akhir pengukuran harus berada pada posisi 50 m di depan titik akhir jalan.</p>
(11)	<p>Berhenti di tempat pengecekan dekat titik akhir</p> <p>Periksa jika data video telah berhasil terekam dengan memutar data video pada perangkat.</p>
(12)	Menuju ke titik selanjutnya
(13)	Ulangi langkah-langkah diatas
(14)	Pastikan tidak ada kesalahan pengukuran pada peta

c. Pengaturan Kamera Aksi

Tabel 24 – Pengaturan kamera aksi

<i>Item</i>	<i>Deskripsi</i>
Alat	GoPro 10
GPS	On
Resolution/Frame rate (FPS)	1080/30
Lens angle	Linear (19-39 mm)
Hypersmooth 4.0	Off
Scheduled Capture	Off
Duration	No Limit
Hindsight	Off
Timer	Off
Zoom	1,0x
Bit Rate	Standard

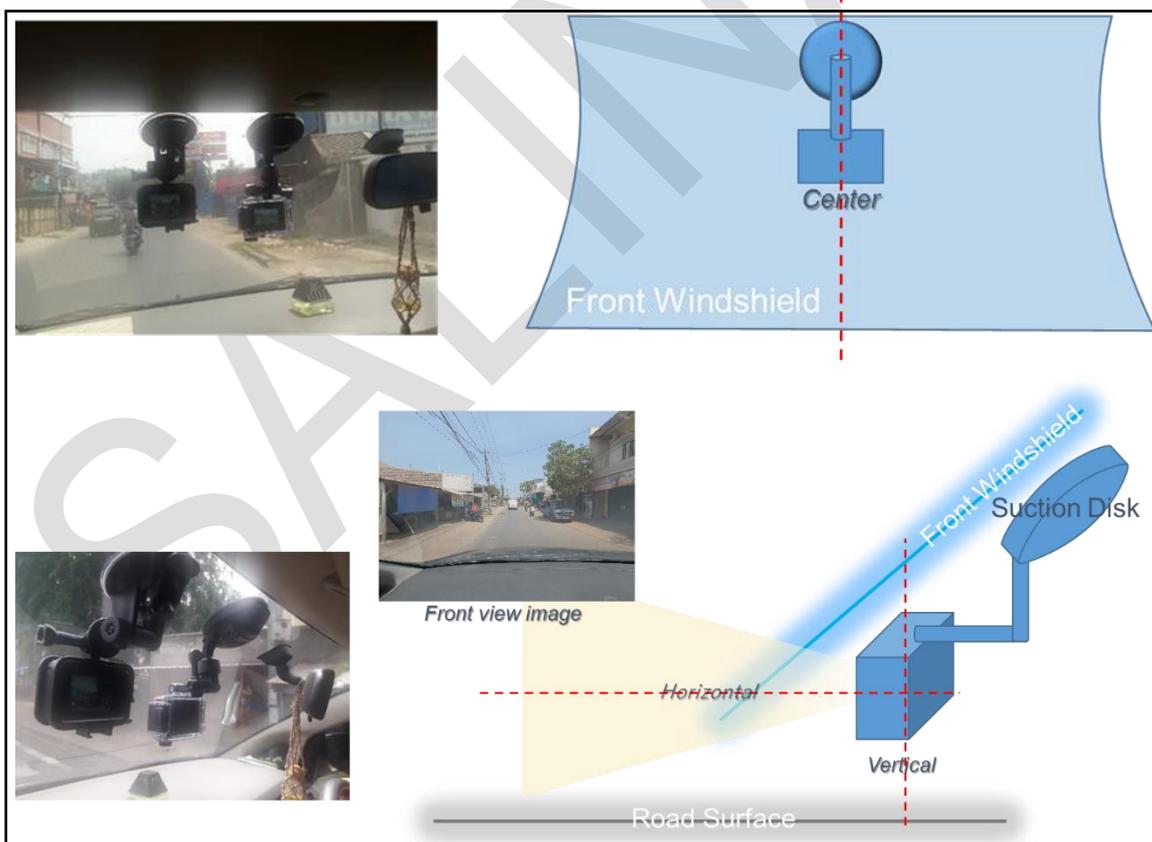


Item	Deskripsi
Shutter	Auto
EV Comp	0
White Balance	Auto
ISO Min/Max	100/1600
Sharpness	Medium
Color	Natural
RAW Audio	Off
Wind	Auto

d. Pengaturan Kamera Aksi

- 1) Pasang di dekat bagian tengah bagian atas kaca depan.
- 2) Kencangkanudukan kamera dengan kuat.
- 3) Panasnya kaca depan memudahkan mangkuk penghisap terlepas, jadi perkuat kap penghisap (*suction cup*) dengan lakban.
- 4) Karena peralatan menjadi panas akibat pengambilan video dan sinar matahari langsung, kencangkan kerja AC mobil dan arahkan kepada kamera aksi yang sedang digunakan.

e. Penempatan Alat



Gambar 97 – Penempatan kamera aksi



f. Efek Berat

- 1) Saat menghitung IRI, berat mobil (jumlah orang, juga bagasi) berpengaruh, sehingga hal-hal berikut harus diperhatikan dalam pekerjaan pengukuran.
- 2) Saat mengukur, Pada dasarnya 2 orang (pengemudi dan navigator) mengendarai mobil. Jika ada barang bawaan yang dimuat di dalam mobil, catat berat barang bawaan tersebut (jika lebih berat dari 20 kg).

6.1.8. Pemrosesan IRI menggunakan [DPS-IRI]

Pemrosesan data pada kegiatan Survei IRI dilakukan dengan [DPS-IRI]. Langkah ini ditujukan untuk mengkonversi data video dan informasi vektor yang terekam pada pengukuran jalan menjadi data yang cocok untuk langkah selanjutnya, untuk menghitung nilai IRI pada permukaan jalan.

Setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul di lapangan, data dibawa ke kantor untuk Pemrosesan IRI. Data video dan informasi vektor yang diproses kemudian diubah menjadi gambar berurutan dan perhitungan nilai IRI dengan model QC (*Quarter Car*). Hasil dari pemrosesan kemudian ditransfer untuk Modul *Screening Survey* dalam CRMS.

Langkah-langkah Pemrosesan IRI terperinci disediakan dalam dokumen Panduan Pengguna Aplikasi DPS-IRI.

6.1.9. Keabsahan/Validasi Nilai IRI

Hasil nilai IRI yang dihitung dengan kegiatan Survei IRI tidak boleh dijadikan sebagai hasil akhir tanpa validasi. Keabsahan nilai yang dihitung harus selalu diperiksa jika nilai IRI menunjukkan dengan benar situasi aktual di lapangan.

Untuk alasan itu, penting juga dilakukan inspeksi visual dan merekam kondisi permukaan jalan selama pengukuran jalan. Validitas dikonfirmasi dengan membandingkan nilai IRI yang dihitung dengan evaluasi situasi lapangan berdasarkan inspeksi visual.

Adapun untuk nilai IRI, perlu memiliki pemahaman yang tepat tentang karakteristik sebagai berikut:

- a. Nilai IRI adalah rasio nilai kumulatif (mm) pada perpindahan vertikal yang diterima kendaraan dari permukaan jalan dan jarak tempuh (100 m).
- b. Nilai IRI pada pengukuran jalan adalah indikator kerataan permukaan jalan sepanjang lintasan yang dilalui ban/roda kendaraan selama pengukuran.
- c. Sekalipun terdapat kerusakan pada permukaan jalan, jika ban kendaraan tidak melewati area kerusakan pada saat pengukuran, maka kekasaran kerusakan jalan tidak dimasukkan dalam nilai IRI.
- d. Apabila ban kendaraan melewati *speed bump* atau perlintasan kereta api, padahal tidak terjadi kerusakan jalan yang kasar, maka nilai IRI akan lebih tinggi dari nilai yang diharapkan.
- e. Jika kendaraan melewati bagian yang rusak hanya dengan satu roda, maka roda lainnya akan melewati permukaan jalan yang tidak rusak. Dalam hal ini, perpindahan vertikal yang terdeteksi dari bagian yang rusak akan dirata-ratakan untuk ban kiri dan kanan, sehingga nilai yang dihasilkan akan lebih kecil.
- f. Mempertimbangkan harga dan aspek pekerjaan pengukuran kendaraan, metode pengukuran sederhana dengan kamera aksi yang digunakan, sehingga perlu dipahami bahwa terdapat kesalahan maksimum sekitar 30% dalam hasil perhitungan.



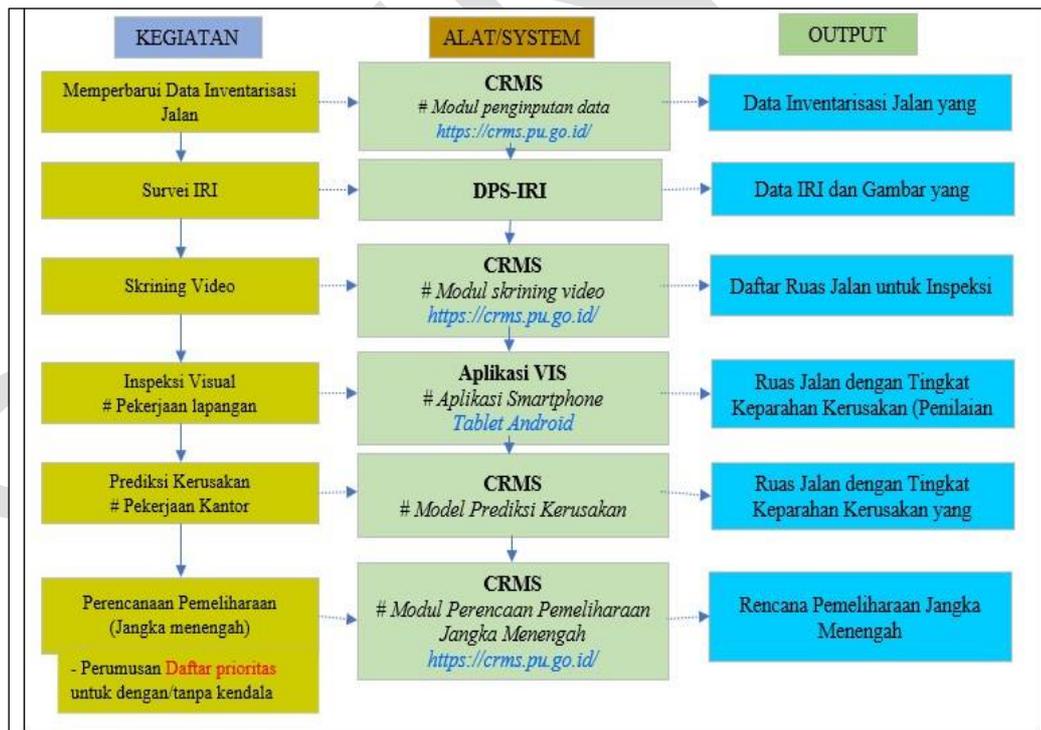
Hal ini menunjukkan perlunya membuat penilaian tidak hanya berdasarkan nilai IRI tetapi juga hasil pengamatan lapangan, untuk memahami kondisi permukaan jalan dengan benar. Jika hasil nilai IRI yang dihitung dengan kegiatan Survei IRI berbeda secara signifikan dari nilai IRI yang diharapkan dan penilaian berdasarkan pengamatan visual selama pengukuran kendaraan, tindakan berikut harus dilakukan:

- Perpindahan vertikal dan rute yang dilalui kendaraan (apakah melewati area rusak yang tidak rata atau tidak) diperiksa secara visual dalam video saat jalan diukur, dan Periksa validitas nilai IRI yang dihitung.
- Cantumkan nomor jalan yang mungkin tidak cocok dengan nilai IRI yang diharapkan, dan ukur ulang jalan yang terdaftar saja.
- Ketika pengukuran ulang, periksa dengan teliti prosedur pengukuran, seperti pemasangan kamera dan kencangkan baut-bautnya, kecepatan berkendara, dan lain-lain. Juga, coba kendarai jalur yang sedikit bergeser ke sisi jalur pengukuran terakhir.
- Jika hasil dari pengukuran ulang cocok dengan nilai IRI yang diharapkan, hasil dapat diterima dan hasil yang meragukan sebelumnya akan dibuang. (Atau simpan sebagai data cadangan/*backup*).

6.2. Prosedur Langkah Demi Langkah dalam Merumuskan Rencana Jangka Menengah

6.2.1. Alur Umum

Alur kerja untuk merumuskan rencana jangka menengah ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 98 – Alur umum untuk merumuskan rencana jangka menengah

6.2.2. Persiapan

Untuk merumuskan rencana jangka menengah, perencanaan yang tepat dengan *timeline* yang ditentukan harus dilaksanakan. Berbagai kegiatan seperti misalnya memperbarui data



inventaris jalan, melaksanakan IRI Survei, melaksanakan inspeksi visual, dan memperbarui biaya satuan kerja perbaikan. Tim khusus yang memiliki pengetahuan dan keterampilan yang kaya harus ditugaskan dengan ruang lingkup pekerjaan yang ditentukan dan sumber daya yang memadai.

6.2.3. Inspeksi Jalan

Inspeksi jalan termasuk survei pengukuran IRI dan inspeksi visual. IRI harus dilaksanakan dahulu karena data yang dikumpulkan dari Survei IRI akan dipakai di langkah selanjutnya.

a. Survei IRI

Survei IRI harus dilaksanakan di jaringan jalan seluruhnya setiap tahun (tidak termasuk jalan yang sedang dalam masa konstruksi atau direncanakan untuk perbaikan/rehabilitasi/rekonstruksi). Survei lapangan IRI harus dilakukan dengan menggunakan kamera aksi dan data yang terkumpul harus diproses di dalam DPS-IRI. Detail prosedur dalam melaksanakan survei IRI dan pemrosesan data untuk pengukuran IRI digambarkan di dalam panduan pengguna DPS-IRI yang tersedia secara terpisah sebagai petunjuk lengkap. Setelah menyelesaikan pemrosesan data IRI, data yang diproses (IRI dan foto) akan diunggah ke CRMS. Prosedur pengunggahan data digambarkan dalam petunjuk pengguna CRMS yang tersedia secara terpisah sebagai petunjuk lengkap.

b. Survei *Screening* Video

Survei *screening* video penting untuk mempersiapkan data inspeksi visual. Oleh karena itu, setelah mengunggah IRI dan data foto ke dalam CRMS, survei *screening* video akan dilaksanakan dengan menggunakan fungsi *screening* video CRMS. Prosedur detail dari *screening* video dijelaskan dalam petunjuk pengguna CRMS.

c. Inspeksi Visual

Inspeksi Visual dilaksanakan menggunakan aplikasi berbasis Android yang dikembangkan di bawah Proyek JICA. Inspeksi visual akan dimulai dari mensinkronkan data dengan CRMS. Prosedur mendetail penggunaan inspeksi visual dijelaskan dalam petunjuk inspeksi visual yang tersedia secara terpisah sebagai petunjuk yang lengkap.

6.2.4. Perencanaan Pemeliharaan

Perencanaan pemeliharaan jangka menengah dirumuskan dengan menggunakan fungsi perencanaan pemeliharaan CRMS. Detail petunjuk perencanaan pemeliharaan digambarkan di panduan pengguna CRMS. Bagian di bawah ini menyoroti beberapa langkah penting perencanaan pemeliharaan.

a. Konfirmasi dan Pembaruan Pengaturan Perencanaan

Beberapa pengaturan perencanaan dibuat secara *default* di CRMS untuk kenyamanan pengguna. Akan tetapi, pengaturan tersebut harus dikonfirmasi dan diperbarui sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan CRMS.

1) Matriks Pemilihan Pekerjaan Perbaikan

Matriks pemilihan pekerjaan perbaikan standar ditentukan di dalam CRMS berdasarkan konfirmasi dengan pemangku kepentingan terkait selama tahap pengembangan CRMS. Akan tetapi, ada kemungkinan besar beberapa kustomisasi mungkin diperlukan untuk menggabungkan kebijakan perencanaan dan pengembangan teknologi di manajemen dan pengembangan jalan. Matriks pemilihan pekerjaan perbaikan didesain secara terpisah oleh jenis perkerasan dan fasilitas jalan



di CRMS. Matriks pemilihan pekerjaan perbaikan berikut ini dimasukkan untuk perkerasan beton aspal.

Damage Severity Rating	Jenis Perkerasan	Jenis Pemeliharaan	Metode Perbaikan	Unit	Catatan	Aksi
1.000 1.999	Beton Aspal (BA)	Rutin				
2.000 2.999	Beton Aspal (BA)	Rutin	Penambalan			
3.000 3.499	Beton Aspal (BA)	Periodik / Reguler	Overlay 4cm			
3.500 3.999	Beton Aspal (BA)	Periodik / Reguler	Overlay 5cm			
4.000 4.499	Beton Aspal (BA)	Rehabilitasi	Overlay Struktural 5cm			
4.500 4.999	Beton Aspal (BA)	Rehabilitasi	Overlay Struktural 7cm			
5.000 10.000	Beton Aspal (BA)	Rekonstruksi	Pergantian Perkerasan			

Gambar 99 – Matriks pemilihan pekerjaan perbaikan untuk perkerasan beton aspal (contoh)

- 2) Pembaruan Harga Satuan Perbaikan
 Karena biaya tenaga kerja, peralatan, dan material dapat berubah setiap tahun, biaya unit kerja perbaikan harus dikonfirmasi dan diperbarui seperlunya sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan di CRMS.
- 3) Parameter Prioritas
 4 (empat) jenis faktor prioritas, yaitu peringkat keparahan kerusakan, konektifitas, pengembangan zona, dan pelayanan sosial dimasukkan ke dalam CRMS. Bobot setiap faktor juga ditentukan secara *default* atau bawaan dalam konsultasi dengan pemangku kepentingan terkait. Akan tetapi, faktor prioritas dan bobotnya mungkin berbeda dari tahun ke tahun. Karena itu, faktor prioritas dan bobotnya harus dikonfirmasi dan diperbarui seperlunya sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan.
- b. Konfirmasi dan Mengimpor Data Inspeksi
 Karena modul perencanaan pemeliharaan menggunakan hasil dari data inspeksi visual, dengan demikian data inspeksi terkini harus disinkronisasi dari aplikasi VIS. Konfirmasi dan sinkronisasi data inspeksi visual perlu sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan.
- c. Peramalan Kerusakan
 Untuk memperkirakan biaya pekerjaan perbaikan untuk periode perencanaan jangka menengah (contohnya beberapa tahun), peringkat kerusakan yang terekam selama tahun inspeksi harus memproyeksikan semua tahun-tahun perencanaan. Sebuah model peramalan kerusakan dikembangkan dalam CRMS. Beberapa parameter bawaan ditentukan di dalam model, karena itu mungkin perlu menyesuaikan parameter dan penyesuaian ini harus dibuat sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan pada konsultasi dengan para ahli atau petugas terkait karena perubahan-perubahan



dalam model mungkin benar-benar mempengaruhi prediksi kerusakan. Peramalan kerusakan harus dilaksanakan hanya untuk perkerasan.

d. Tanpa Kendala Anggaran

Secara umum, mungkin ada kendala anggaran untuk pemerintah daerah. Akan tetapi, dalam membuat dokumen kebijakan, sangat berguna juga untuk menganalisa scenario tanpa kendala anggaran.

1) Pengaturan Tingkat Layanan

Hanya pengaturan tingkat layanan yang diperlukan dalam kasus tanpa kendala anggaran. Tingkat layanan harus diputuskan sesuai keputusan pembuat kebijakan di tingkat yang lebih tinggi. Oleh karena itu, konfirmasi dalam mengatur tingkat layanan harus dibuat sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan.

e. Dengan Kendala Anggaran

Biasanya setiap pemerintah daerah memiliki kendala anggaran dalam manajemen dan pemeliharaan jalan. Karen itulah, pengaturan tingkat layanan yang optimal dan plafon anggaran harus dikonfirmasi dan dipersiapkan sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan.

1) Pengaturan Plafon Anggaran

Pengaturan plafon anggaran penting karena ini akan sangat memberikan pengaruh dalam pemilihan ruas jalan dan fasilitas untuk perbaikan. Karena itu, anggaran yang realistis dan hampir dekat dengan anggaran sebenarnya yang akan disetujui harus diatur dalam menjalankan analisis kendala anggaran. Sebagai pedoman, anggaran yang disetujui di tahun-tahun sebelumnya mungkin bisa dipakai sebagai referensi.

2) Pengaturan Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan harus diputuskan sesuai keputusan pembuat kebijakan di tingkat yang lebih tinggi. Untuk itu, konfirmasi dalam penyesuaian tingkat pelayanan harus dibuat sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan. Tingkat pelayanan harus diputuskan oleh pemerintah daerah untuk mencapai target administratif dan meyakinkan pengguna jalan dan pembayar pajak dengan cara yang transparan.

f. Format Hasil/*Template*

1) Ringkasan

Ringkasan rencana jangka menengah harus dipersiapkan dalam format seperti pada **Lampiran E – Format Laporan dan Tabel.**

2) Detail Rencana Jangka Menengah

Detail rencana jangka + menengah harus disiapkan dalam format seperti pada **Lampiran E – Format Laporan dan Tabel.**

3) Detail Daftar Pekerjaan

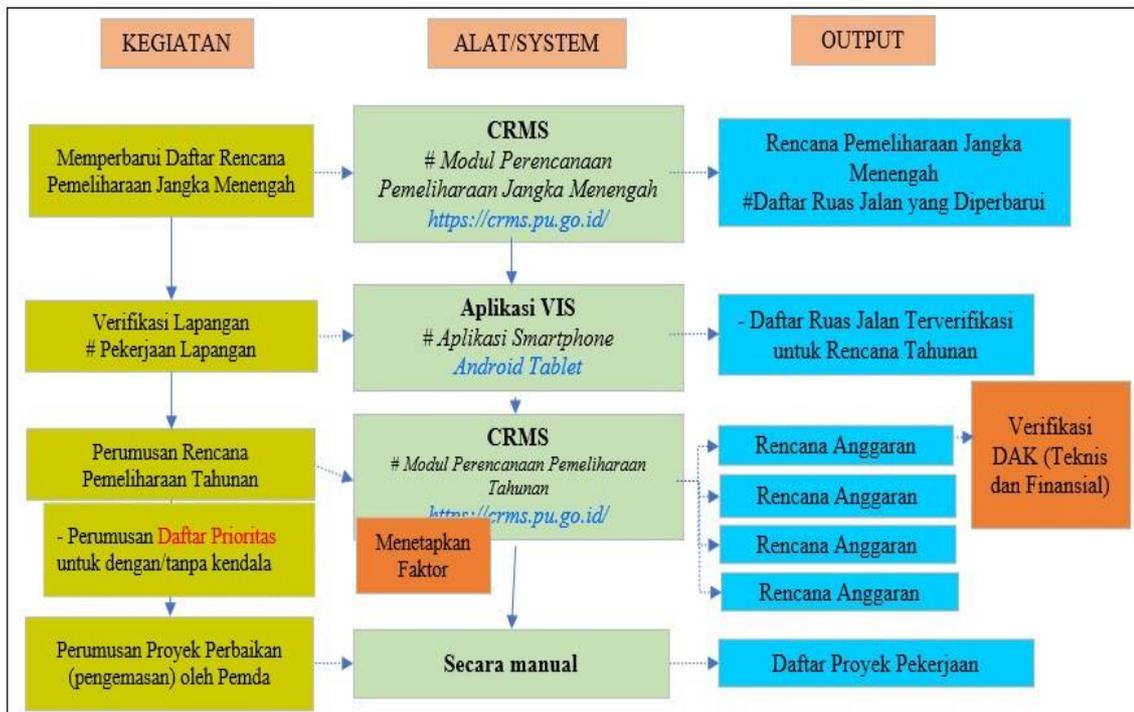
Detail daftar pekerjaan sebagai dokumen pendukung harus disiapkan sebagai dokumen pendukung rencana pemeliharaan. Karena prosedur perencanaan untuk perkerasan dan fasilitas jalan berbeda, detail daftar pekerjaan harus disiapkan secara terpisah seperti pada **Lampiran E – Format Laporan dan Tabel.**

6.3. Prosedur Langkah Demi Langkah untuk Menyusun Rencana Tahunan

6.3.1. Alur Umum

Alur kerja dalam merumuskan rencana tahunan ditampilkan dalam **Gambar 13** berikut.





Gambar 100 – Alur umum untuk merumuskan rencana tahunan

6.3.2. Persiapan

Kegiatan penting dari merumuskan rencana tahunan adalah melaksanakan survei verifikasi lapangan menggunakan aplikasi verifikasi lapangan. Karena itu, rencana kerja mendetail harus disiapkan dengan linimasa untuk pekerjaan verifikasi lapangan dan pekerjaan administrasi lainnya.

6.3.3. Konfirmasi Daftar Rencana Jangka Menengah

Pada dasarnya rencana tahunan harus disiapkan dari daftar kerja yang dimasukkan dalam rencana jangka menengah. Jika rencana jangka menengah tidak diperbarui berdasarkan tahun-tahun sebelumnya, rencana jangka menengah harus dikonfirmasi dan diperbarui. Daftar pekerjaan yang sudah selesai, yang sedang berjalan, dan pekerjaan berkomitmen harus dikecualikan dari daftar target untuk rencana tahunan.

6.3.4. Verifikasi Lapangan

Verifikasi lapangan harus dilaksanakan menggunakan aplikasi berbasis Android yang dikembangkan di bawah Proyek JICA. Pekerjaan verifikasi lapangan harus dimulai dari sinkronisasi data dengan CRMS. Prosedur detail penggunaan verifikasi lapangan digambarkan dalam petunjuk inspeksi visual yang tersedia secara terpisah sebagai sebuah petunjuk yang lengkap.



6.3.5. Perencanaan Pemeliharaan Tahunan

Rencana pemeliharaan tahunan harus dirumuskan menggunakan fungsi perencanaan pemeliharaan CRMS. Detail prosedur perencanaan pemeliharaan digambarkan dalam petunjuk pengguna CMRS. Bagian di bawah ini menyoroti langkah-langkah penting perencanaan pemeliharaan.

- a. Konfirmasi dan Pembaruan Pengaturan Perencanaan
 - 1) Pembaharuan Harga Satuan Pekerjaan Perbaikan
Karena biaya tenaga, peralatan, dan perlengkapan bisa berubah setiap tahun, harga satuan pekerjaan perbaikan harus dikonfirmasi dan diperbarui seperlunya sebelum menjalankan pedoman perencanaan pemeliharaan di CRMS.
 - 2) Parameter Prioritas
Mirip dengan perencanaan jangka menengah, empat jenis faktor prioritas, yaitu tingkat keparahan kerusakan, konektivitas, pengembangan zona, dan layanan sosial, termasuk dalam CRMS. Bobot masing-masing faktor juga ditentukan secara default dengan berkonsultasi dengan pemangku kepentingan terkait. Karena itu, faktor prioritas dan bobotnya harus dikonfirmasi dan diperbarui seperlunya sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan.
- b. Konfirmasi dan Mengimpor Data Verifikasi Lapangan
Karena rencana pemeliharaan tahunan harus disiapkan berdasarkan data verifikasi lapangan, maka dari itu data verifikasi lapangan terkini harus disinkronkan dari aplikasi VIS. Konfirmasi dan proses sinkronisasi penting dilakukan sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan.
- c. Tanpa Kendala Anggaran
Mirip dengan perencanaan jangka menengah, secara umum, akan selalu ada anggaran yang terkendala untuk pemerintah daerah. Akan tetapi, untuk membuat dokumen kebijakan, akan berguna juga jika kita menganalisa skenario tanpa kendala anggaran.
 - 1) Pengaturan Tingkat Layanan
Mirip dengan perencanaan jangka menengah, hanya pengaturan tingkat pelayanan diperlukan dalam kasus tanpa kendala anggaran. Tingkat pelayanan harus diputuskan sesuai keputusan pembuat kebijakan tingkat yang lebih tinggi. Oleh karena itu, konfirmasi dalam pengaturan tingkat layanan harus dibuat sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan.
- d. Dengan Kendala Anggaran
Mirip dengan perencanaan jangka menengah, umumnya ada kendala anggaran dalam pemeliharaan dan manajemen jalan. Untuk itu, pengaturan tingkat layanan optimal dan plafon anggaran harus dikonfirmasi dan disiapkan sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan.
 - 1) Penetapan Plafon Anggaran
Mirip dengan perencanaan jangka menengah, penetapan plafon anggaran penting dilakukan karena ini akan sangat mempengaruhi dalam pemilihan kandidat ruas jalan dan fasilitas untuk perbaikan. Untuk itu, anggaran yang realistis dan sangat dekat dengan aktual yang akan disetujui harus ditetapkan dalam menjalankan analisis kendala anggaran. Sebagai panduan, anggaran aktual yang disetujui tahun lalu dapat dipakai sebagai referensi.
 - 2) Pengaturan Tingkat Layanan
Mirip dengan perencanaan jangka menengah, tingkat layanan harus diputuskan sesuai keputusan pembuat kebijakan di tingkat yang lebih tinggi. Oleh karena itu,



konfirmasi dalam pengaturan tingkat layanan harus dilakukan sebelum menjalankan modul perencanaan pemeliharaan. Tingkat pelayanan harus diputuskan oleh pemerintah daerah untuk mencapai target administrasi dan meyakinkan pengguna jalan dan wajib pajak secara transparan.

e. *Format Hasil/Template*

1) Ringkasan

Ringkasan rencana tahunan harus disiapkan dalam format seperti pada **Lampiran E – Format Laporan dan Tabel**.

2) Detail Rencana Tahunan

Detail rencana jangka menengah harus disiapkan dalam format seperti pada **Lampiran E – Format Laporan dan Tabel**.

3) Detail Daftar Pekerjaan

Detail daftar pekerjaan sebagai dokumen pendukung harus disiapkan sebagai dokumen pendukung rencana pemeliharaan. Karena prosedur perencanaan untuk perkerasan dan fasilitas jalan berbeda, detail daftar pekerjaan harus disiapkan secara terpisah seperti seperti pada **Lampiran E – Format Laporan dan Tabel**.

6.4. Perumusan Proyek Kandidat dan Penyerahan Permintaan Anggaran

6.4.1. Perumusan Proyek Kandidat

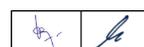
Hasil dari perangkat lunak perencanaan pemeliharaan (contoh CRMS) mungkin terpisah-pisah di lokasi dan bervariasi dalam metode perbaikan karena pemilihan lokasi dan metode perbaikan hanya dilakukan berdasarkan data dan analisis. Namun, mungkin ada kebutuhan untuk beberapa penyesuaian lokasi, metode perbaikan dan prioritas dengan mempertimbangkan skala proyek dan efisiensi karena pekerjaan yang tersebar dengan metode perbaikan yang berbeda bahkan di ruas jalan yang berdekatan mungkin tidak selalu menjadi pilihan yang optimal. Dan juga, perangkat lunak perencanaan melakukan analisa dan mengeluarkan hasil dalam panjang ruas jalan standar yang dimasukkan ke dalam sistem. Kombinasi dari berbagai ruas jalan menjadi satu untuk merumuskan suatu proyek mungkin juga penting dilakukan. **Oleh karena itu, hasil dari software perencanaan harus dipertimbangkan sebagai referensi saja dan keputusan akhir harus dibuat oleh perencana/insinyur dengan mempertimbangkan skala proyek, bidding dan perspektif manajemen kontrak.** Perkiraan anggaran setelah perumusan proyek bisa diajukan kepada organisasi pendanaan yang bersangkutan.

6.4.2. Penyerahan Permintaan Anggaran

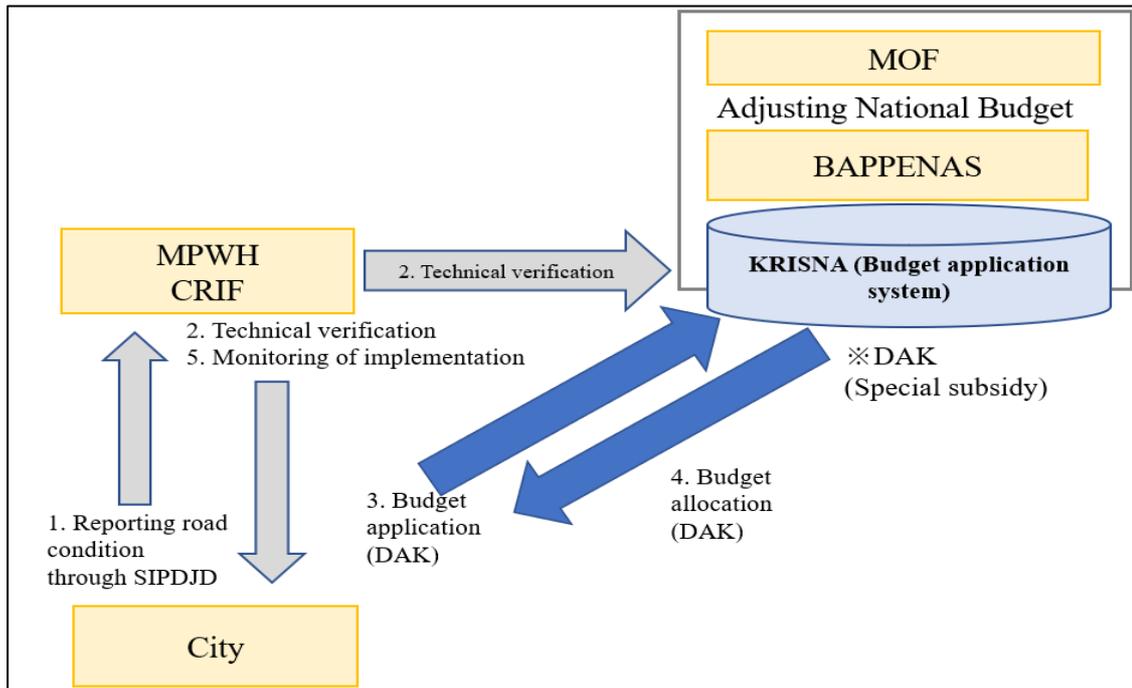
Prosedur penyerahan dan persetujuan anggaran mungkin berbeda dengan sumber pendanaan. Bagian di bawah ini menjelaskan prosedur penyerahan dan persetujuan untuk setiap sumber dana.

6.4.3. Dana Alokasi Khusus (DAK)

Prosedur pengajuan dan pengalokasian permintaan anggaran DAK dan organisasi terkait ditunjukkan pada Gambar 17. Kemenkeu dan BAPPENAS berperan penting dalam tahap verifikasi, Prioritas dan persetujuan akhir. Kementerian PUPR berperan dalam verifikasi teknis



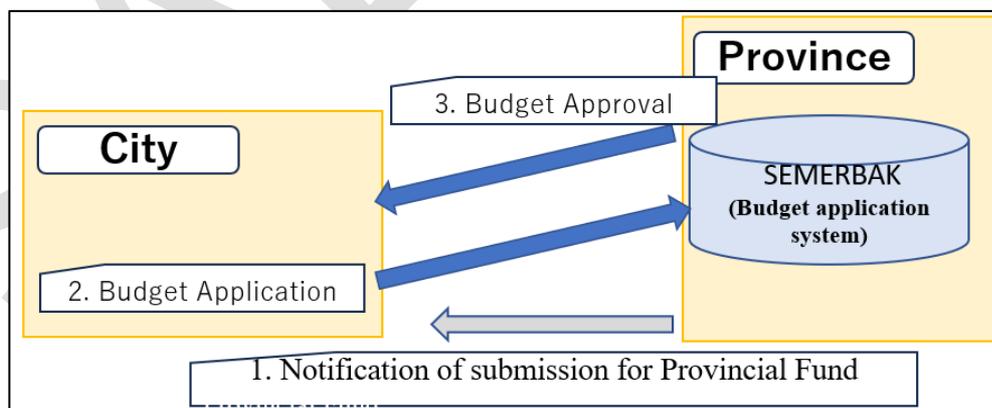
ruas jalan yang diusulkan. Informasi masukan utama dalam KRISNA untuk DAK adalah nama jalan, panjang jalan, satuan, harga satuan, dan metode pengadaan.



Gambar 101 – Prosedur penyampaian dan persetujuan DAK

6.4.4. Dana Provinsi

Prosedur dan organisasi yang terkait dalam pengajuan dan alokasi permintaan anggaran dana provinsi ditunjukkan pada **Gambar 18**. Setelah mendapat pemberitahuan dari Provinsi untuk mengajukan permohonan anggaran dana provinsi, Kota membuat usulan anggaran dan diajukan melalui SEMERBAK.



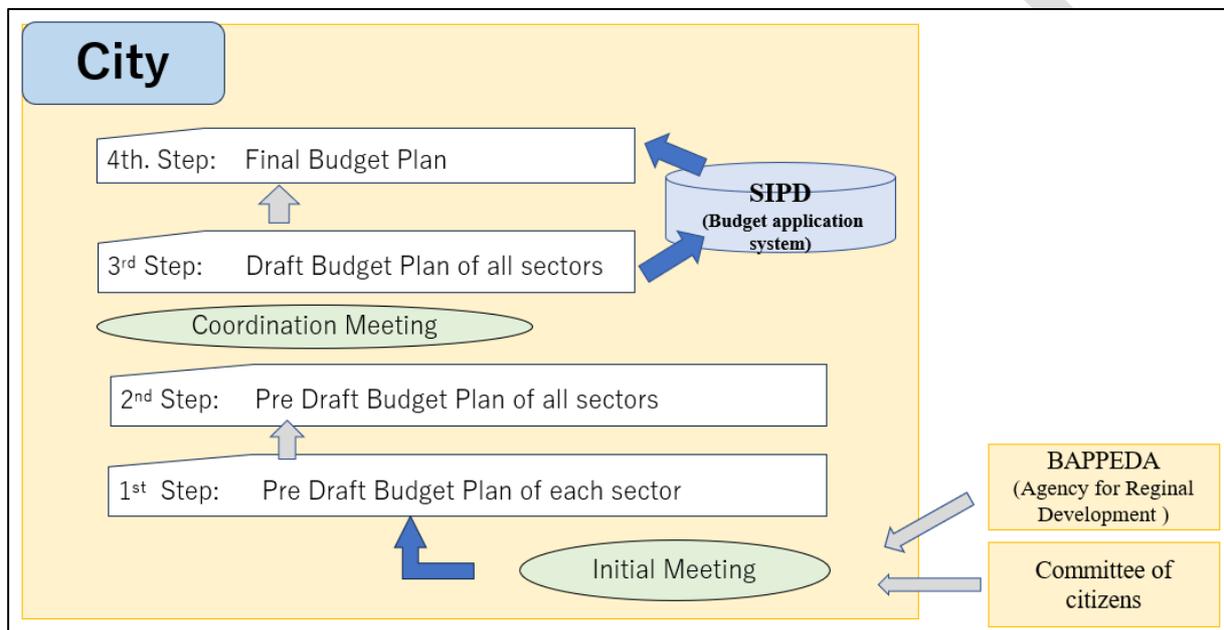
Gambar 102 – Prosedur pengajuan dan persetujuan dana Provinsi

6.4.5. Pendapatan Asli Daerah (PAD) dan Dana Alokasi Umum (DAU)

Pertama, Kota membentuk komite awal untuk memahami kebutuhan organisasi terkait seperti BAPPEDA dan Komite Warga. Setelah pertemuan awal, pada langkah pertama dibuat



rancangan awal rencana anggaran masing-masing sektor. Jumlah rencana anggaran awal yang diminta diperkirakan dari jumlah anggaran tahun sebelumnya. Misalnya, jumlah yang diminta dihitung dengan kenaikan 10% dari anggaran tahun sebelumnya. Pada langkah kedua, rencana anggaran pra-rancangan semua sektor diintegrasikan. Kemudian dibentuk Komite Koordinasi untuk menyesuaikan sektor dan besarnya. Dalam rapat koordinasi tersebut, rencana alokasi untuk masing-masing sektor diputuskan oleh bagian anggaran. Pada langkah ketiga, divisi jalan memilih jalan kandidat untuk anggaran kota untuk memenuhi pagu anggaran. Dinas Jalan memasukkan data usulan ke dalam SIPD yang digunakan untuk penyusunan APBD kota. Pada langkah keempat, divisi jalan membuat rencana anggaran akhir setelah disetujuinya masing-masing sumber anggaran seperti DAK, Dana Provinsi dan lain-lain. Prosedur pengajuan dan pengalokasian permintaan anggaran ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 103 – Prosedur pengajuan dan persetujuan PAD/DAU

6.5. Pelaksanaan Rencana Tahunan

6.5.1. Persiapan Rencana Implementasi

Rencana pelaksanaan perbaikan dan pemeliharaan jalan harus disiapkan segera setelah persetujuan setiap anggaran tanpa memandang sumber anggaran untuk pelaksanaan pekerjaan perbaikan tahun anggaran baru (dari bulan Januari sampai Desember). Tergantung pada jenis pemeliharaan, prosedur persiapan rencana implementasi mungkin berbeda-beda. Misalnya, membuat rencana pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan rutin relatif lebih sederhana dibandingkan dengan pekerjaan rehabilitasi dan rekonstruksi. Manajemen lalu lintas, keselamatan lalu lintas dan pengendalian kualitas pekerjaan pemeliharaan juga harus dipertimbangkan ketika membuat rencana pelaksanaan.



6.5.2. Implementasi Rencana Pemeliharaan Tahunan

Secara umum pelaksanaan pekerjaan perbaikan dan pemeliharaan tahunan dimulai pada bulan Januari setelah penyusunan rencana pelaksanaan. Desain teknik pekerjaan perbaikan dan pemeliharaan dilakukan pada bulan Januari sampai Februari setelah anggaran disetujui. Langkah selanjutnya adalah proses penawaran. Pemerintah kota harus mengawasi, memantau, mengevaluasi pekerjaan, dan melaporkan kemajuan dan hasil pekerjaan kepada Kementerian PUPR. Alur pelaksanaan pekerjaan ditunjukkan pada Gambar 20 sebagai contoh umum dari Kota Sukabumi.

No.	Organizat ion	Activity	year of works												Remarks	
			Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
1	City	Implementantation document	↔													
2	City	Design	↔↔													
3	City	Bidding			↔↔↔											
4	City	Supervising						↔↔↔↔								
5	City	Monitoring						↔↔↔↔								
6	City	Evaluation							↔↔↔↔							
7	City	Reporting								↔↔↔↔↔↔						
8	City	Every quarter reporting			▲				▲			▲				▲
9	MPWH	Reporting to MOF														▲

Sumber: Survei tanya jawab bulan Februari 2020 (Kota Sukabumi)

Gambar 104 – Alur pelaksanaan pekerjaan perbaikan dan pemeliharaan

6.5.3. Desain Terperinci

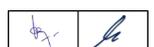
Setelah anggaran disetujui, desain rinci biasanya diperlukan untuk penawaran. Rancangan detailnya dapat dialihdayakan ke konsultan atau dilaksanakan oleh staf kota secara langsung sesuai dengan kebijakan masing-masing kota. Desain rinci dibuat berdasarkan standar dan pedoman desain yang berlaku.

6.5.4. Metode Pengadaan

Berdasarkan kebijakan masing-masing kota, pekerjaan perbaikan dapat dilaksanakan dengan cara *outsourcing* kepada kontraktor atau pelaksanaan langsung oleh kota itu sendiri. Pengemasan pekerjaan perbaikan untuk tender akan dilakukan berdasarkan prosedur pengadaan masing-masing kota.

6.5.5. Pengawasan dan Monitoring

Pelaksanaan pekerjaan perbaikan akan diawasi dengan tepat oleh insinyur dan dimonitor secara teratur apapun metode pengadaan untuk memastikan kualitas kerja sesuai dengan desain dan spesifikasi.



6.5.6. Evaluasi dan Pelaporan

Pelaksanaan pekerjaan perbaikan akan diawasi dengan tepat oleh insinyur dan dimonitor secara teratur apapun metode pengadaan untuk memastikan kualitas kerja sesuai dengan desain dan spesifikasi.

6.6. Pengawasan Rencana Pemeliharaan

6.6.1. Rencana Jangka Menengah

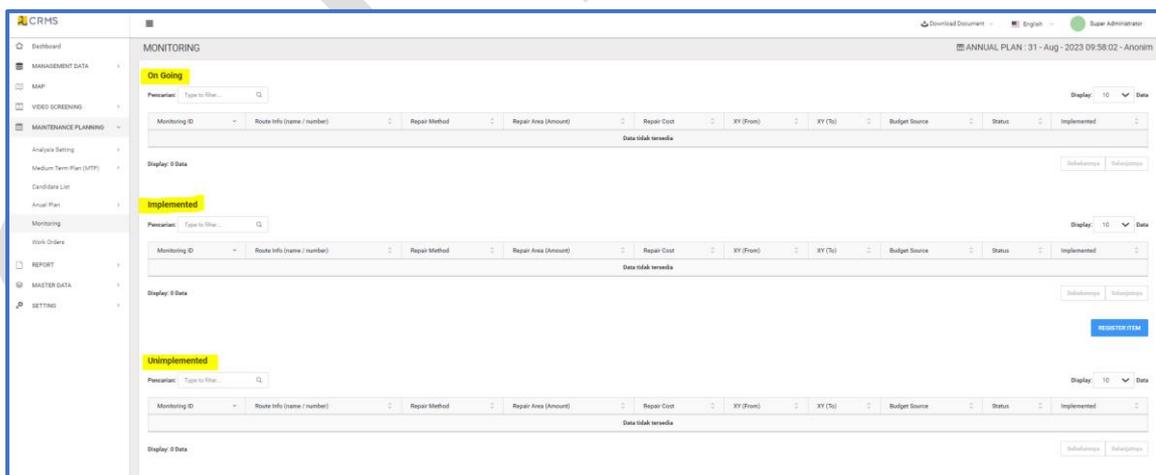
Pelaksanaan rencana jangka menengah yang sebenarnya harus dimonitor dan diperbarui setiap tahun berdasarkan rancangan tahunan dari tahun sebelumnya. Alat tersedia di CRMS untuk memantau pelaksanaan rencana jangka menengah. Prosedur terperinci pengoperasian alat monitoring untuk rencana jangka menengah dijelaskan di petunjuk pengguna CRMS.

6.6.2. Rencana Tahunan

Rencana tahunan harus dipantau dan diperbarui berdasarkan pelaksanaan rencana tahunan yang sebenarnya. Alat tersedia di CRMS untuk memantau pelaksanaan rencana tahunan. Detail prosedur pengoperasian alat monitoring untuk rencana tahunan dijelaskan di petunjuk pengguna CRMS.

6.6.3. Pekerjaan Pemeliharaan yang Tidak Direncanakan

Di beberapa keadaan, pekerjaan perbaikan (pekerjaan pemeliharaan yang tidak direncanakan) yang tidak dimasukkan ke dalam rencana tahunan mungkin dilakukan di kondisi actual. Pekerjaan perbaikan tersebut harus didaftarkan di dalam petunjuk monitoring di CRMS.



Gambar 105 – Contoh tampilan pengawasan rencana pemeliharaan



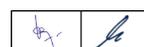
Bibliografi

- Agile Asset. *Pavement Analyst*. 2018.
- Asphalt Institute. *Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation*. Manual Series No. 17.
- Asphalt Institute. *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements*. Manual Series No. 22.
- Asphalt Institute. *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types*. Manual Series No. 2.
- Asphalt Institute. *The Asphalt Handbook*. Manual Series No. 4.
- Australian Aid, Indonesia Infrastructure Initiative. *IndII Provincial Road Improvement and Maintenance (PRIM) Pilot Program in NTB, Data Collection Manual*. 2017.
- Australian Aid, Indonesia Infrastructure Initiative. *IndII Provincial Road Improvement and Maintenance (PRIM) Pilot Program in NTB, P/KRMS User Manual*. 2017.
- Australian Aid, Indonesia Infrastructure Initiative. *IndII Provincial Road Improvement and Maintenance (PRIM) Pilot Program in NTB, Technical Guide to the Application of the PRMS for Planning, Programming and Budgeting for Sub-National Roads*. 2017.
- Delaware Center for Transportation, University of Delaware. *Pavement Condition Surveys – Overview of Current Practices*. June 2013.
- Japan International Cooperation Agency, *Study Report on Planning the Road Preservation Fund in The Republic of Indonesia*, The Final Report, 2010
- Japan International Cooperation Agency. *The Project for Capacity Enhancement in Road Maintenance Phase 2 in Vietnam, The Final Road*. 2018.
- Japan Road Association. *Guidebook for Pavement Maintenance and Repair*. 2013
- Japan Road Association. *Handbook for Asphalt Pavement*. 2019
- Minnesota Local Road Research Board, Minnesota Department of Transportation Office of Research & Innovation. *Asset Management Guide for Local Agencies*. 2020.
- Pavement Research Group Technical Investigation Committee Expressway Technology Center. *Expressway Pavements in Japan*.
- Pusat Fasilitas Infrastruktur Daerah. *Panduan Sistem Pengelolaan Database Jalan Daerah (SiPDJD)*. 2019.
- Pusat Fasilitas Infrastruktur Daerah, *Sosialisasi Pengajuan DAK pada bidang Jalan, 2023*
- Schnebele, E., Tanyu, B.F., Cervone, G., et al. *Review of Remote Sensing Methodologies for Pavement Management and Assessment*. Eur. Transp. Res. Rev. 7, 7 (2015).
- The World Bank. *Vietnam Road Asset Management Project, Final Report on Consulting Service for Road Database Framework and Development of the Road Asset Management System and Road Asset Management Plans*. 2020.



Daftar Penyusun dan Unit Kerja Pemrakarsa

No.	Nama	Unit Kerja
1.	Pemrakarsa	Pusat Fasilitas Infrastruktur Daerah, Sekretariat Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum
2.	Koordinator	Krisno Yuwono, ST, MT Kepala Pusat Fasilitas Infrastruktur Daerah
3.	Penyusun	Muhammad Taufik Pusat Fasilitas Infrastruktur Daerah
		Brigitta Yolanda Pusat Fasilitas Infrastruktur Daerah
		Akram Yonda Putra Pusat Fasilitas Infrastruktur Daerah
		Dr. Kazuya Aoki Narasumber JICA
		Dr. Bhoj Raj Pantha Narasumber JICA
		Dr. Kazuya Tomiyama Narasumber JICA
		Takeo Sugimoto Narasumber JICA
		Ryusuke Kaneko Narasumber JICA
		Tetsuo Uno Narasumber JICA
		Eiji Noguchi Narasumber JICA
		Hiroshi Ueda Narasumber JICA
		Andry F. Simanjuntak Narasumber JICA
		Faray Narasumber JICA
Reihan Putra Oktavio Narasumber JICA		
4.	Editor Naskah	Subdirektorat Teknologi dan Peralatan Infrastruktur Bina Marga, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan



Lampiran A
(Informatif)

Definisi Kerusakan Jalan Beraspal

A. Retak/Retak Buaya

Tabel 25 – Definisi kerusakan jalan beraspal (retak/retak)

Jenis Kerusakan	Retak/Retak Buaya
Jenis jalan/elemen	Jalan beraspal (bitumen)/permukaan
Penjelasan	Retak buaya adalah serangkaian retakan yang menciptakan pola yang saling berhubungan. Retakan dimulai dari bagian bawah permukaan aspal dan menyebar ke permukaan, awalnya sebagai satu atau lebih retakan paralel memanjang. Setelah pembebanan lalu lintas berulang kali, retakan tersebut saling berhubungan, membentuk poligonal, potongan bersudut tajam yang menyerupai kawat ayam atau kulit buaya. Retak buaya hanya terjadi di area yang mengalami beban lalu lintas berulang, seperti jalur roda. Di daerah tropis, retakan juga dapat dimulai di bagian atas perkerasan karena bitumen pada lapisan aspal teroksidasi dengan cepat
Kemungkinan penyebab	<ul style="list-style-type: none"> ● Kegagalan keausan beton aspal ● Ketebalan perkerasan yang tidak memadai ● Basis modulus rendah ● Basis rapuh atau lapis aus (misalnya disemen, tua)
Efek	<ul style="list-style-type: none"> ● Mengakibatkan air masuk ke perkerasan sehingga menyebabkan pelunakan dan pelemahan perkerasan di lapisan bawah. Hal ini dapat menyebabkan kegagalan prematur dari perkerasan jalan ● Jika sudah parah, menyebabkan lajur tidak rata dan dapat mengurangi kecepatan lalu lintas
Metode inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> ● Ukur panjang dan lebar retakan kemudian dicatat pada aplikasi seluler
Perlengkapan inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> ● Pita pengukur ● Perangkat tablet seluler dengan aplikasi inspeksi visual terpasang
	



B. Retak/Retak Melintang

Tabel 26 – Definisi kerusakan jalan beraspal (retak/retak melintang)

Jenis Kerusakan	Retak/Retak Melintang
Jenis jalan/elemen	Jalan beraspal (bitumen)/permukaan
Penjelasan	Retak melintang berjalan tegak lurus dengan arah arus lalu lintas. Retakan melintang dapat dimulai dari tepi jalan atau bahu jalan, hanya terdapat dalam satu jalur, atau memanjang seluruhnya melintasi jalan raya. Retakan ini juga bisa dimulai di tengah jalur atau di garis tengah.
Kemungkinan penyebab	<ul style="list-style-type: none"> • Refleksi retak susut atau sambungan yang mendasarinya (biasanya dengan beton semen Portland atau bahan semen). • Sambungan konstruksi atau retak susut (karena suhu rendah atau pengerasan aspal) pada permukaan aspal.
Efek	<ul style="list-style-type: none"> • Menyebabkan air masuk ke perkerasan sehingga menyebabkan pelunakan dan pelemahan perkerasan dan lapisan bawah. Hal ini dapat menyebabkan kegagalan prematur dari perkerasan jalan. • Jika parah, menyebabkan lajur tidak rata dan dapat mengurangi kecepatan lalu lintas.
Metode Inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Ukur Panjang dan Lebar Retakan kemudian catat di aplikasi seluler
Perlengkapan inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Pita pengukur • Perangkat tablet seluler dengan aplikasi Inspeksi Visual terpasang



C. Retak/Retak Memanjang

Tabel 27 – Definisi kerusakan jalan beraspal (retak/retak memanjang)

Jenis Kerusakan	Retak/Retak Memanjang
Jenis Jalan/Elemen	Jalan beraspal (Bitumen)/Permukaan
Penjelasan	Retak memanjang terjadi sejajar dengan arah arus lalu lintas. Retakan memanjang dapat terjadi di sepanjang garis tengah, di jalur tengah, di jalur roda, dan di sepanjang tepi. Retakan bisa relatif pendek panjangnya atau membentang di seluruh panjang bagian perkerasan.
Kemungkinan penyebab	<ul style="list-style-type: none"> • Refleksi retak susut atau sambungan pada pondasi bawah (umumnya dengan beton semen Portland, dasar semen pada permukaan aspal Sambungan jalur <i>paving</i> yang dibangun dengan buruk pada permukaan aspal. • Siklus suhu harian atau pengerasan aspal. • Perpindahan sambungan pada pelebaran perkerasan. • Perluasan tanah dasar tanah liat. • Pelemahan siklus tepi perkerasan. • Penyelesaian yang berbeda antara <i>cut</i> dan <i>fill</i>.
Efek	<ul style="list-style-type: none"> • Membiarkan air masuk ke perkerasan menyebabkan pelunakan dan pelemahan perkerasan dan lapisan bawah. Hal ini dapat menyebabkan kegagalan prematur dari perkerasan jalan. • Jika parah, menyebabkan pengendaraan tidak rata dan dapat mengurangi kecepatan lalu lintas.
Metode inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Ukur Panjang dan Lebar Retakan dan catat di aplikasi seluler
Perlengkapan inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Pita pengukur • Perangkat tablet seluler dengan aplikasi Inspeksi Visual terpasang
	

D. Lubang

Tabel 28 – Definisi kerusakan jalan beraspal (lubang)

Jenis kerusakan	Lubang
Jenis jalan/Elemen	Jalan beraspal (Bitumen)/Permukaan
Penjelasan	Lubang adalah cekungan berbentuk mangkuk kecil pada permukaan perkerasan/lapisan dasar. Biasanya memiliki tepi yang tajam dan sisi vertikal di dekat bagian atas lubang. Cacat dipercepat dengan pengumpulan air di dalam lubang. Lubang direproduksi ketika lalu lintas mengikis potongan kecil permukaan trotoar. Perkerasan kemudian terus rusak karena kualitas permukaan yang buruk, titik lemah di dasar tanah dasar, atau karena retakan buaya yang parah. Sebagian besar lubang terjadi karena tekanan yang terkait secara struktural dan tidak boleh disamakan dengan raveling dan pelapukan. Ketika lubang terjadi oleh retakan buaya tingkat tinggi, mereka harus diidentifikasi sebagai lubang.
Kemungkinan penyebab	<ul style="list-style-type: none">• Kandungan aspal terlalu rendah• Pemanasan aspal yang berlebihan• Campuran berkualitas buruk• Kurangnya pemadatan memungkinkan masuknya air• Beban poros yang berlebihan• Kerusakan mekanis pada jalan karena pemulihan jalan yang buruk setelah instalasi layanan• Cedera pada trotoar• Tumpahan atau kebocoran bahan bakar, minyak atau bahan lainnya• Penuaan aspal
Efek	<ul style="list-style-type: none">• Memungkinkan air masuk ke perkerasan menyebabkan pelunakan dan pelemahan perkerasan dan lapisan bawah. Hal ini dapat menyebabkan kegagalan prematur dari perkerasan jalan.• Jika dibiarkan tidak diperbaiki, kerusakan dapat meluas dengan cepat• Menciptakan kualitas berkendara yang buruk bagi pengendara dan dapat mengurangi kecepatan lalu lintas• Jika besar, dapat menyebabkan kerusakan pada kendaraan• Dapat meningkatkan resiko kecelakaan
Metode inspeksi	<ul style="list-style-type: none">• Ukur Panjang dan Lebar, serta Kedalaman Lubang dan catat di aplikasi seluler
Perlengkapan inspeksi	<ul style="list-style-type: none">• Pita pengukur• Perangkat tablet seluler dengan aplikasi Inspeksi Visual terpasang



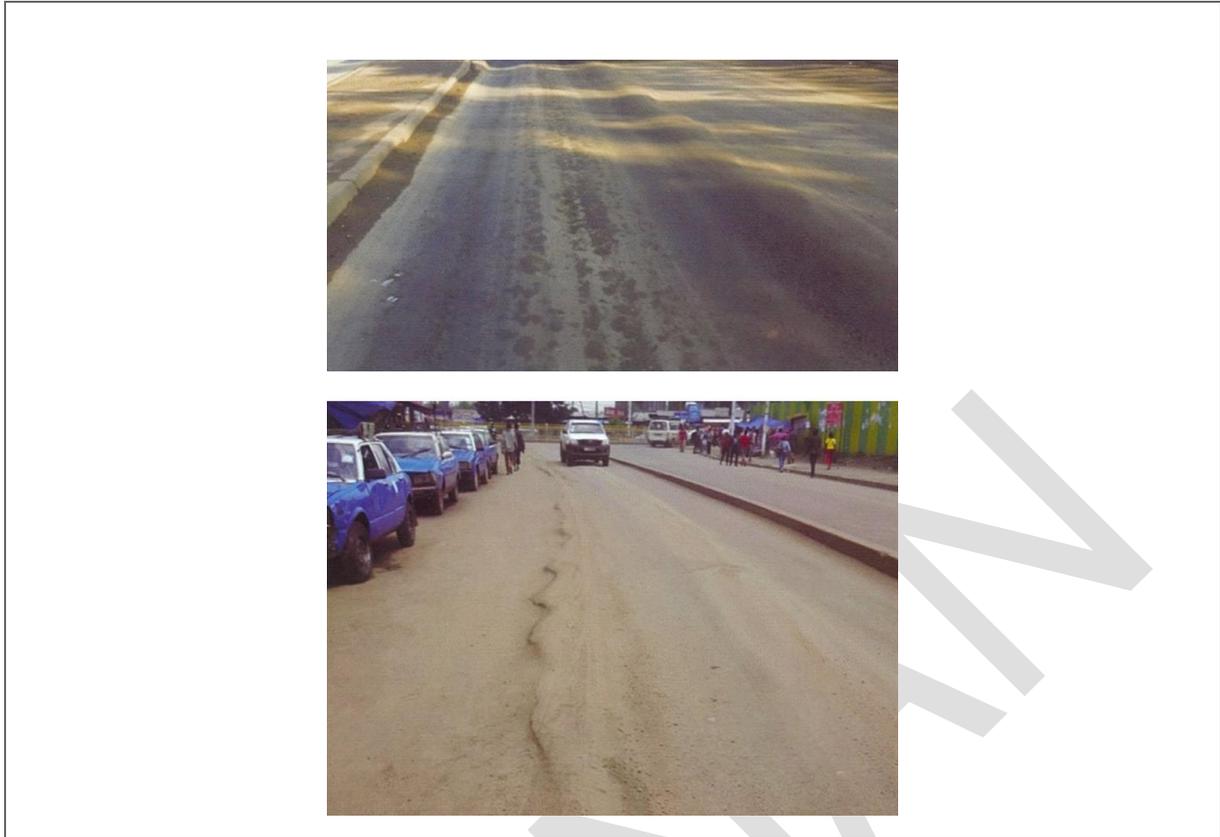


E. Alur

Tabel 29 – Definisi kerusakan jalan beraspal (alur)

Jenis Kerusakan	Alur
Jenis Jalan/Elemen	Jalan beraspal (Bitumen)/Permukaan
Penjelasan	alur dicirikan oleh depresi longitudinal pada permukaan perkerasan yang terjadi pada jalur roda jalan raya.
Kemungkinan Penyebab	<ul style="list-style-type: none"> • Ketebalan perkerasan yang tidak memadai • Pemadatan yang tidak memadai di permukaan atau dasar • Kekuatan (stabilitas) yang tidak memadai di permukaan atau alas • Bitumen berlebihan dalam campuran • Beban poros yang berlebihan
Efek	<ul style="list-style-type: none"> • Jika air merembes ke dalam perkerasan, maka akan terjadi peningkatan yang cepat pada tingkat rutting, yang seringkali menyebabkan retak dan putusnya perkerasan. • Jika berlebihan, dapat mengurangi kemudahan servis dan mengurangi kecepatan perjalanan kendaraan dan kasus yang sangat parah, dapat mengakibatkan kecelakaan.
Metode inspeksi	Ukur Panjang dan Lebar, dan Kedalaman alur rata-rata dan rekam dalam aplikasi seluler
Inspection equipment	<ul style="list-style-type: none"> • Pita pengukur • Perangkat tablet seluler dengan aplikasi Inspeksi Visual terpasang





F. Sungkur

Tabel 30 – Definisi kerusakan jalan beraspal (sungkur)

Jenis kerusakan	Sungkur
Jenis jalan/Elemen	Jalan beraspal (Bitumen)/Permukaan
Penjelasan	Biasanya sungkur terjadi di kedua sisi lintasan roda dan berhubungan dengan deformasi dan penurunan permukaan tanah.
Kemungkinan penyebab	<ul style="list-style-type: none"> ● Masuknya air: berkurangnya daya dukung perkerasan ● Bahan: kualitas buruk ● Pengerjaan: pemadatan tidak memadai ● Lalu lintas: lewatnya kendaraan yang terlalu berat untuk struktur perkerasan
Efek	<ul style="list-style-type: none"> ● Memaksa material lemah saat deformasi terjadi ● Disintegrasi progresif trotoar
Metode inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> ● Ukur Panjang dan Lebar sungkur dan rekam di aplikasi seluler
Peralatan inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> ● Pita pengukur ● Perangkat tablet seluler dengan aplikasi Inspeksi Visual terpasang

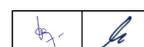




G. Pelepasan Butir

Tabel 31 – Definisi kerusakan jalan beraspal (pelepasan butir)

Jenis kerusakan	Pelepasan butir
Road Type/Element	Jalan beraspal (Bitumen)/Permukaan
Penjelasan	<p>Pelepasan butir adalah pengikisan permukaan perkerasan yang disebabkan oleh terlepasnya partikel agregat dan hilangnya pengikat aspal. Ini umumnya menunjukkan bahwa pengikat aspal telah mengeras secara signifikan. Hilangnya agregat kasar dari segel yang disemprotkan yang membuat pengikat terkena kontak ban dapat terjadi sedikit demi sedikit, atau di area lokal.</p>
Kemungkinan penyebab	<ul style="list-style-type: none"> ● Kandungan pengikat rendah ● Pengikat yang buruk terhadap adhesi batu (Agregat kotor atau hidrofilik, pelapisan awal yang tidak efektif dengan bahan adhesi atau batu basah) ● Penuaan atau penyerapan pengikat ● Kerusakan batu ● Pencampuran pengikat yang salah ● Rolling yang tidak memadai sebelum pembukaan segel untuk lalu lintas ● Pengerjaan yang buruk



Efek	<ul style="list-style-type: none"> • Pecahnya kepingan secara progresif mengakibatkan permukaan menjadi lebih licin dan lebih permeabel.
Metode inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Ukur Panjang dan Lebar pelepasan butir dan rekam di aplikasi seluler
Perlengkapan inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Pita pengukur • Perangkat tablet seluler dengan aplikasi Inspeksi Visual terpasang
	

H. Kegemukan

Tabel 32 – Definisi kerusakan jalan beraspal (kegemukan)

Jenis kerusakan	Kegemukan
Jenis jalan/Elemen	Jalan beraspal (Bitumen)/Permukaan
Penjelasan	Bleeding adalah film dari bahan bituminous yang menutupi permukaan perkerasan dan menciptakan tampilan mengkilap seperti kaca. Hal ini terjadi ketika aspal mengisi kekosongan campuran saat cuaca panas dan kemudian bermigrasi ke permukaan perkerasan.
Kemungkinan penyebab	<ul style="list-style-type: none"> • Aplikasi pengikat yang berlebihan sehubungan dengan ukuran batu • Lapisan utama yang berlebihan dimasukkan ke dalam segel • Pengikat yang berlebihan di permukaan yang mendasarinya (jalur atau area yang memerah) • Segel primer ditutup sebelum volatil dalam pengikat primer diuapkan
Efek	<ul style="list-style-type: none"> • Permukaan jalan menjadi licin dan berbahaya bagi lalu lintas. • Pemisahan dan pelepasan lapisan permukaan karena lalu lintas.

Metode inspeksi	Ukur Panjang dan Lebar kegemukan dan catat dalam aplikasi seluler
Perlengkapan inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Pita pengukur • Perangkat tablet seluler dengan aplikasi Inspeksi Visual terpasang
	

I. Kerusakan Tepi

Tabel 33 – Definisi kerusakan jalan beraspal (kerusakan tepi)

Jenis kerusakan	Kerusakan Tepi
Jenis Jalan/Elemen	Jalan beraspal (Bitumen)/Permukaan
Penjelasan	Retak dan disintegrasi tepi luar perkerasan. Kerusakan tepi adalah perbedaan elevasi antara tepi perkerasan dengan bahu jalan dan terjadi di sepanjang tepi perkerasan.
Kemungkinan penyebab	<ul style="list-style-type: none"> • Keausan bahu (pembentukan <i>step</i>) • Erosi oleh air • Pemadatan yang tidak memadai di tepi perkerasan aspal • Jalan terlalu sempit • Beban poros yang berlebihan
Efek	<ul style="list-style-type: none"> • Kerusakan yang cepat selama musim hujan • Lalu lintas semakin memperburuk kerusakan
Metode inspeksi	Ukur Panjang dan Lebar, dan rata-rata Kedalaman kerusakan tepi/lacy edge dan catat di aplikasi seluler



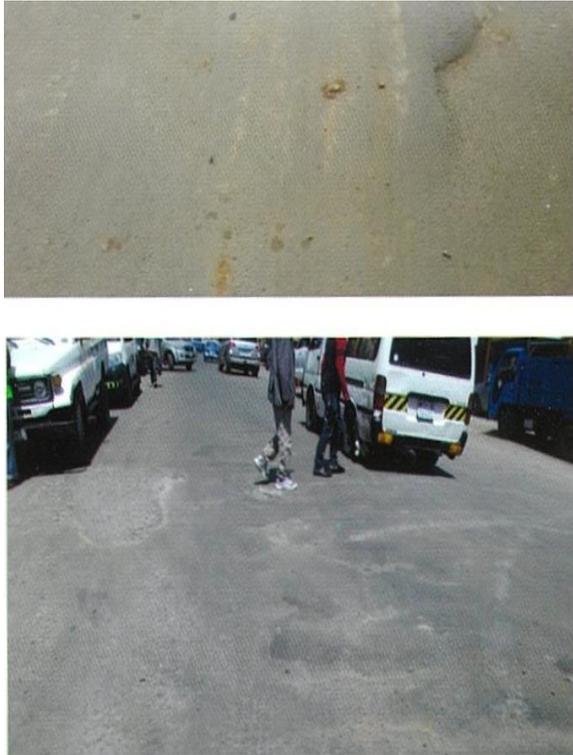
Perlengkapan inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> ● Pita pengukur ● Perangkat tablet seluler dengan aplikasi Inspeksi Visual terpasang
	

J. Keriting

Tabel 34 – Definisi kerusakan jalan beraspal (keriting)

Jenis kerusakan	Keriting (<i>Corrugation</i>)
Jenis jalan/Elemen	Jalan beraspal (Bitumen)/Permukaan
Penjelasan	Undulasi pada permukaan jalan dengan panjang gelombang searah dengan arus lalu lintas.
Kemungkinan penyebab	<ul style="list-style-type: none"> ● Bahan berkualitas buruk ● Variasi pemadatan dan daya dukung lapisan bawah ● Kualitas buruk atau kurangnya lapisan utama atau lapisan pelindung ● Bahan tidak cocok untuk kisaran suhu
Efek	<ul style="list-style-type: none"> ● Dalam cuaca panas, pengupasan lapisan permukaan dapat terjadi. ● Kualitas berkendara yang buruk bagi pengendara.
Metode inspeksi	Ukur Panjang dan Lebar kerusakan keriting dan catat dalam aplikasi seluler



Perlengkapan inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Pita pengukur • Perangkat tablet seluler dengan aplikasi Inspeksi Visual terpasang
	

K. Gangguan

Tabel 35 – Definisi kerusakan jalan beraspal (gangguan)

Tipe Kerusakan	Gangguan
Unsur/Tipe Jalan	Jalan Beraspal/Permukaan
Deskripsi	Benda jatuh dari kendaraan, kendaraan terbengkalai, pohon menjorok di pinggir jalan, pohon tumbang, pohon pinggir jalan, rambu berdiri, <i>stand display</i> produk, dan lain-lain. Apapun yang terpasang atau tertinggal di areSa publik tanpa ada alasan, mengganggu lalu lintas di jalan raya, dan dalam keadaan di mana ia dapat dengan mudah dipindahkan.
Kemungkinan Penyebab	<ul style="list-style-type: none"> • Pengguna jalan dan tepi jalan • Administrator Jalan.
Akibat	<ul style="list-style-type: none"> • Menghambat lalu lintas kendaraan dan perjalanan pejalan kaki. • Terjadinya kecelakaan lalu lintas
Metode Inspeksi	Ukur panjang dan lebar penghalang dan catat di aplikasi seluler
Alat Inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Pita pengukur • Perangkat Tablet Seluler yang terpasang aplikasi Inspeksi Visual





SALEMAN

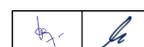


Lampiran B
(Informatif)
Definisi Kerusakan Fasilitas Jalan

A. Kerusakan – Drainase

Tabel 36 – Definisi kerusakan fasilitas jalan (drainase)

Tipe Kerusakan	Kerusakan
Tipe Fasilitas Jalan	Drainase
Deskripsi	Kerusakan pada drainase dapat bervariasi seperti saluran tertutup, pengikisan saluran, retakan material saluran,
Kemungkinan Penyebab	<ul style="list-style-type: none"> ● Kotoran dan vegetasi menumpuk ● Arus air pada saluran ● Beban kendaraan ● Umur material saluran
Akibat	<ul style="list-style-type: none"> ● Saluran tidak dapat mengalir ● Banjir
Metode Inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> ● Ukur dimensi saluran. tipe material dan catat di aplikasi seluler
Alat Inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> ● Pita pengukur ● Perangkat Tablet Seluler yang terpasang aplikasi Inspeksi Visual
	



B. Kerusakan – Trotoar

Tabel 37 – Definisi kerusakan fasilitas jalan (trotoar)

Tipe Kerusakan	Kerusakan
Tipe Fasilitas Jalan	Trotoar
Deskripsi	Kerusakan pada trotoar termasuk kerusakan pada <i>kerb</i> dan lantai trotoar, seperti lubang, pelepasan material permukaan dan kerusakan kerb
Kemungkinan Penyebab	<ul style="list-style-type: none">● Aktivitas trotoar● Galian yang tidak ditutup● Tanah dasar yang terekspose● Umur material trotoar
Akibat	<ul style="list-style-type: none">● Menghambat perjalanan pejalan kaki● Kecelakaan
Metode Inspeksi	<ul style="list-style-type: none">● Ukur panjang dan lebar kerusakan dan catat di aplikasi seluler
Alat Inspeksi	<ul style="list-style-type: none">● Pita pengukur● Perangkat Tablet Seluler yang terpasang aplikasi Inspeksi Visual



C. Kerusakan – Jalur Sepeda

Tabel 38 – Definisi kerusakan fasilitas jalan (jalur sepeda)

Tipe Kerusakan	Kerusakan
Tipe Fasilitas Jalan	Jalur Sepeda
Deskripsi	Kerusakan pada jalur sepeda termasuk kerusakan lubang, retak, alur dan sebagainya
Kemungkinan Penyebab	<ul style="list-style-type: none">• Beban lalu lintas pada jalur sepeda• Kualitas material dan metode konstruksi yang tidak tepat
Akibat	<ul style="list-style-type: none">• Menghambat lalu lintas pada jalur sepeda• Kecelakaan
Metode Inspeksi	<ul style="list-style-type: none">• Ukur panjang dan lebar kerusakan dan catat di aplikasi seluler
Alat Inspeksi	<ul style="list-style-type: none">• Pita pengukur• Perangkat Tablet Seluler yang terpasang aplikasi Inspeksi Visual



D. Kerusakan - Lubang Resapan

Tabel 39 – Definisi kerusakan fasilitas jalan (lubang resapan)

Tipe Kerusakan	Kerusakan
Tipe Fasilitas Jalan	Lubang Resapan
Deskripsi	Lubang resapan dapat mengalirkan limpasan air hujan pada permukaan jalan
Kemungkinan Penyebab	<ul style="list-style-type: none">• Kotoran dan vegetasi menumpuk• Umur material resapan
Akibat	<ul style="list-style-type: none">• Air hujan tidak dapat mengalir pada permukaan• Banjir
Metode Inspeksi	<ul style="list-style-type: none">• Ukur dimensi lubang resapan dan catat di aplikasi seluler
Alat Inspeksi	<ul style="list-style-type: none">• Pita pengukur• Perangkat Tablet Seluler yang terpasang aplikasi Inspeksi Visual



E. Kerusakan – Lampu Jalan

Tabel 40 – Definisi kerusakan fasilitas jalan (lubang resapan)

Tipe Kerusakan	Kerusakan
Tipe Fasilitas Jalan	Lampu Jalan
Deskripsi	Kerusakan pada lampu jalan bervariasi pada kerusakan pondasi, tiang, lampu, dan sebagainya
Kemungkinan Penyebab	<ul style="list-style-type: none">• Kualitas bahan material komponen lampu jalan• Usia penggunaan• Kecelakaan lalu lintas yang mengenai fasilitas
Akibat	<ul style="list-style-type: none">• Penerangan buram/tidak ada penerangan• Lampu jalan dapat roboh
Metode Inspeksi	<ul style="list-style-type: none">• Ukur dimensi dan material penyusun lampu jalan dan catat di aplikasi seluler
Alat Inspeksi	<ul style="list-style-type: none">• Pita pengukur• Perangkat Tablet Seluler yang terpasang aplikasi Inspeksi Visual



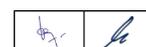
Lampiran C
(Normatif)
Jenis dan Tingkat Keparahan Kerusakan

A – Tingkat keparahan kerusakan untuk perkerasan dan fasilitas jalan

Tingkat	Jenis Kerusakan	Definisi	Jenis Perawatan
1	Tidak ada kerusakan	<ul style="list-style-type: none"> • Cacat yang dapat diabaikan • Tidak ada risiko 	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerjaan perbaikan tidak diperlukan
2	Kerusakan Kecil	<ul style="list-style-type: none"> • Rendah - Cacat kecil • Resiko rendah 	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerjaan perbaikan pencegahan kecil diperlukan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut • Pemantauan dan pemeliharaan rutin diperlukan
3	Kerusakan Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Terlihat - Cacat yang signifikan • Risiko sedang • Risiko rendah kerusakan struktural jangka pendek 	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerjaan perbaikan pencegahan harus direncanakan dan dilakukan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut • Diperlukan pemeliharaan berkala
4	Kerusakan Berat	<ul style="list-style-type: none"> • Parah - Cacat besar • Risiko tinggi kerusakan struktural jangka pendek 	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerjaan perbaikan darurat diperlukan sesegera mungkin • Perawatan rehabilitasi diperlukan
5	Kerusakan Parah	<ul style="list-style-type: none"> • Cacat parah • Menimbulkan bahaya • Sepenuhnya tidak berfungsi dan menyebabkan bahaya keamanan yang parah 	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerjaan perbaikan mendesak diperlukan segera • Rekonstruksi untuk penggantian perkerasan termasuk <i>base course</i> dan <i>sub-base</i> diperlukan

B–Tingkat keparahan kerusakan untuk perkerasan <lubang>

Tingkat	Jenis Kerusakan	Definisi	Jenis Perawatan
1	Tidak ada kerusakan	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan sangat baik atau baik. • Tidak ada kerusakan atau perkerasan baru. • Tidak ada lubang 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak perlu pekerjaan perbaikan apa pun saat ini.
2	Kerusakan Kecil	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan sedang/cukup baik 	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeliharaan Rutin diperlukan.



Tingkat	Jenis Kerusakan	Definisi	Jenis Perawatan
		<ul style="list-style-type: none"> • Terlihat lubang kecil dan dangkal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Penambalan/<i>Patching</i> diperlukan sebagai tindakan preventif.
3	Kerusakan Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan kurang baik. • Lubang besar dan dangkal terlihat di beberapa area. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diperlukan Pemeliharaan Berkala/Teratur. • <i>Overlay</i> 4cm, 5cm digunakan.
4	Kerusakan Berat	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan buruk. • Lubang yang dalam teramati di beberapa area. • Diperlukan perbaikan mendesak. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perawatan rehabilitasi diperlukan. • Struktur <i>Overlay</i> 6cm, 7cm digunakan untuk meningkatkan kapasitas struktur perkerasan.
5	Kerusakan Parah	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan sangat buruk dimana mobil dapat melewatinya dengan susah payah. • Beberapa lubang yang dalam dan besar teramati di area yang luas. • Perbaikan mendesak diperlukan tanpa penundaan lebih lanjut. • Keamanan pengendara tidak terjamin. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seluruh penggantian perkerasan termasuk <i>base course</i> dan <i>sub-base</i> diperlukan untuk membangun kembali total perkerasan.

C –Tingkat keparahan kerusakan untuk perkerasan <retakan>

Tingkat	Jenis Kerusakan	Definisi	Jenis Perawatan
1	Tidak ada kerusakan	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan sangat baik atau baik. • Tidak ada kerusakan atau perkerasan baru. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak perlu pekerjaan perbaikan apa pun saat ini.
2	Kerusakan Kecil	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan sedang/cukup baik. • Retakan yang tidak terhubung teramati di area kecil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeliharaan Rutin diperlukan. • Penambalan/<i>Patching</i>, Penutupan retakan/<i>crack sealing</i> diperlukan sebagai tindakan preventif.
3	Kerusakan Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan kurang baik. • Retakan yang terhubung teramati di beberapa area. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diperlukan Pemeliharaan Berkala. • <i>Overlay</i> 4cm, 5cm digunakan.



Tingkat	Jenis Kerusakan	Definisi	Jenis Perawatan
4	Kerusakan Berat	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan buruk. • Banyak retakan buaya terlihat di area yang luas. • Diperlukan perbaikan mendesak. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perawatan rehabilitasi diperlukan. • Struktur <i>Overlay</i> 6cm, 7cm digunakan untuk meningkatkan kapasitas struktur perkerasan.
5	Kerusakan Parah	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan sangat buruk dimana mobil dapat melewatinya dengan susah payah. • Banyak retakan buaya terlihat di area yang luas. • Perbaikan mendesak diperlukan tanpa penundaan lebih lanjut. • Keamanan jalan tidak terjamin. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seluruh penggantian perkerasan termasuk <i>base course</i> dan <i>sub-base</i> diperlukan untuk membangun kembali total perkerasan.

D–Tingkat keparahan kerusakan untuk perkerasan <alur>

Tingkat	Jenis Kerusakan	Definisi	Jenis Perawatan
1	Tidak ada kerusakan	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan sangat baik atau baik. • Tidak ada kerusakan atau perkerasan baru. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak perlu pekerjaan perbaikan apa pun saat ini.
2	Kerusakan kecil	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan sedang/cukup baik. • Alur dangkal teramati di area kecil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeliharaan Rutin diperlukan. • <i>Patching</i>, <i>crack sealing</i> diperlukan sebagai tindakan preventif.
3	Kerusakan Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan kurang baik. • Alur agak dalam teramati di beberapa area. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diperlukan Perawatan Berkala. • <i>Overlay</i> 4 cm, 5 cm digunakan.
4	Kerusakan Berat	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan buruk. • Alur yang dalam teramati di area yang luas. • Diperlukan perbaikan mendesak. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perawatan rehabilitasi diperlukan. • Struktur <i>Overlay</i> 6cm, 7 cm digunakan untuk meningkatkan kapasitas struktur perkerasan.



Tingkat	Jenis Kerusakan	Definisi	Jenis Perawatan
5	Kerusakan Parah	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan sangat buruk dimana mobil dapat melewatinya dengan sulit. • Alur yang sangat dalam teramati di area yang luas. • Perbaikan mendesak diperlukan tanpa penundaan lebih lanjut. • Keamanan pengemudi tidak terjamin. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seluruh penggantian perkerasan termasuk <i>base course</i> dan <i>sub-base</i> diperlukan untuk membangun kembali perkerasan secara menyeluruh.

E –Tingkat keparahan kerusakan untuk perkerasan <pelepasan butir>

Tingkat	Jenis Kerusakan	Definisi	Jenis Perawatan
1	Tidak ada kerusakan	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan sangat baik atau baik. • Tidak ada kerusakan atau perkerasan baru. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak perlu pekerjaan perbaikan apa pun saat ini.
2	Kerusakan kecil	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan sedang/ cukup baik. • Pengelupasan dangkal teramati di area kecil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeliharaan Rutin diperlukan. • <i>Patching</i>, <i>crack sealing</i> diperlukan sebagai tindakan preventif.
3	Kerusakan Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan kurang baik. • Pengelupasan agak dalam teramati di beberapa area. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diperlukan Perawatan Berkala. • <i>Overlay</i> 4 cm, 5 cm digunakan.
4	Kerusakan Berat	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan buruk. • Pengelupasan yang dalam teramati di area yang luas. • Diperlukan perbaikan mendesak. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perawatan rehabilitasi diperlukan. • Struktur <i>Overlay</i> 6 cm, 7 cm digunakan untuk meningkatkan kapasitas struktur perkerasan.
5	Kerusakan Parah	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi jalan sangat buruk dimana mobil dapat melewatinya dengan sulit. • Pengelupasan yang sangat dalam teramati di area yang luas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seluruh penggantian perkerasan termasuk <i>base course</i> dan <i>sub-base</i> diperlukan untuk membangun kembali perkerasan secara menyeluruh.



Tingkat	Jenis Kerusakan	Definisi	Jenis Perawatan
		<ul style="list-style-type: none"> • Perbaikan mendesak diperlukan tanpa penundaan lebih lanjut. • Keamanan pengemudi tidak terjamin. 	

SALINAN



Lampiran D
(Informatif)
Konfigurasi Modul IRI

1. Ikhtisar

1.1 Latar Belakang

Kekasaran permukaan jalan merupakan salah satu ukuran diagnostik yang paling penting dalam pengelolaan perkerasan jalan. Hal ini secara langsung mempengaruhi keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, biaya pengoperasian kendaraan, beban lingkungan, dan lain-lain¹. Oleh karena itu, pemeriksaan kekasaran secara periodik dan objektif dengan cara yang tepat merupakan hal yang penting untuk mencapai kegiatan pemeliharaan dan rehabilitasi perkerasan yang rasional². Pada tahun 1960-an, pengukuran kekasaran jalan pada kecepatan tinggi telah dimungkinkan melalui desain profiler inersia General Motors³, dan kemudian perangkat berbasis respons kendaraan yang disebut alat pengukur kekasaran jalan tipe respons (RTRRMS) telah diusulkan⁴. Saat ini, banyak alat ukur kekasaran jalan tersedia sesuai dengan keperluannya⁵. Oleh karena itu, Indeks Kekasaran Internasional (IRI) telah dikembangkan untuk perbandingan ukuran kekasaran dengan perangkat yang berbeda karena tersebar luasnya RTRRMS⁶ dan telah diperkenalkan ke seluruh dunia untuk manajemen perkerasan jalan

Namun, penerapan perangkat pengukuran kekasaran konvensional yang menggunakan sensor laser atau perangkat khusus (*dedicated*) adalah terbatas terutama untuk jaringan jalan pedesaan karena biaya awal dan biaya pengoperasian, yang mengakibatkan pengambilan keputusan yang reaktif dan subyektif dalam sistem manajemen perkerasan jalan⁷. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengukuran yang hemat biaya dan mudah dioperasikan dengan akurasi yang wajar untuk kegiatan inspeksi perkerasan yang efisien⁸. Mengingat perkembangan teknologi penginderaan dalam beberapa tahun terakhir, sistem pengukuran kekasaran dengan kendaraan yang dilengkapi dengan akselerometer dan Sistem Satelit Navigasi Global (GNSS) telah banyak diperkenalkan sebagai sumber utama untuk tujuan pemantauan jaringan perkerasan jalan^{9,10}. Modul IRI dapat memperkirakan nilai IRI berdasarkan respons kendaraan melalui akselerasi yang diukur dengan akselerometer dan kecepatan kendaraan yang diukur dengan GNSS, yang diimplementasikan oleh kamera aksi (*action cam*), dengan mempertimbangkan efektivitas biaya dan pengoperasian yang mudah.



1.2 Pratinjau Teknis

Metode estimasi nilai IRI berbasis respon dapat dikategorikan sebagai berikut:

- a. pendekatan persamaan korelasi^{11, 12, 13, 14, 15}, yang memerlukan prosedur kalibrasi dengan nilai IRI yang diketahui untuk membuat persamaan;
- b. pendekatan *back-calculation* dalam spasial atau domain frekuensi spasial^{16, 17, 18, 19}, yang sensitif terhadap gerakan transien kendaraan dan memerlukan model kendaraan dengan *degree of freedom* yang relatif tinggi dalam domain spasial, dan sedikit dipelajari untuk domain frekuensi spasial; dan
- c. pendekatan berbasis data dengan *machine learning*^{20, 21}, yang membutuhkan data pelatihan yang diberi label dengan nilai IRI yang diketahui.

Untuk mengoptimalkan pengukuran kekasaran yang hemat biaya dan wajar, modul IRI telah dikembangkan dengan mempertimbangkan kondisi berikut:

- a. memperkirakan IRI secara langsung dari data percepatan/akselerasi vertikal terukur tanpa kalibrasi apa pun oleh pengguna;
- b. menerapkan perhitungan pada lokal komputer untuk alasan keamanan;
- c. menghitung IRI berdasarkan teori *quarter-car model* untuk memperoleh hasil yang konsisten untuk setiap kendaraan dan kecepatan mengemudi; dan
- d. menggunakan *action cam* (GoPro10) untuk menangkap rekaman video secara bersamaan.

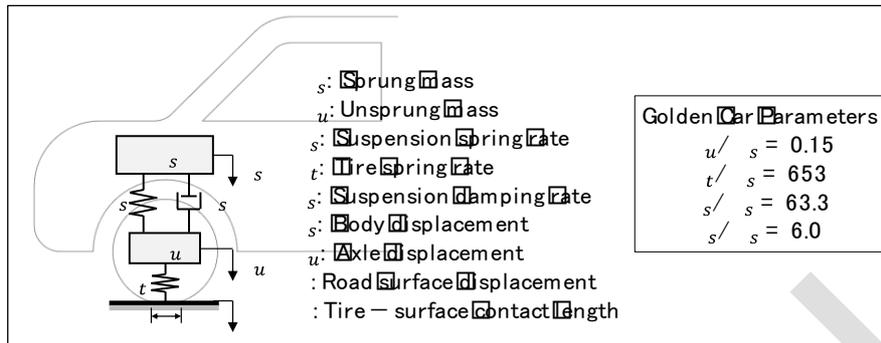
2. *The International Roughness Index* (IRI)

2.1 Pengertian

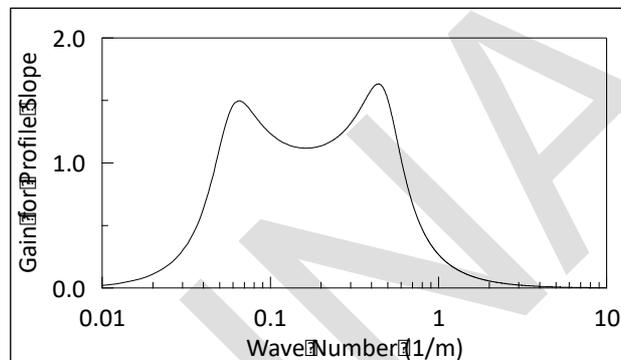
IRI yang dikembangkan oleh Bank Dunia pada tahun 1980an merupakan indikator kondisi perkerasan umum yang digunakan di banyak lembaga jalan di seluruh dunia. Hal ini dapat dihitung untuk profil memanjang tunggal dan didefinisikan sebagai akumulasi Langkah/*stroke* suspensi dalam model matematika mobil yang disebut *Quarter-Car* (QC) yang dinormalisasi dengan jarak perjalanan. Dalam perhitungan IRI, profil yang diukur dihaluskan dengan filter rata-rata bergerak 250 mm kecuali interval pengambilan sampel tidak kurang dari 167 mm dan/atau alat pengukur menggunakan filter rata-rata bergerak. Kemudian profil tersebut difilter lebih lanjut dengan model simulasi matematis kendaraan yang disebut *quarter-car* dengan parameter *golden car* yang ditentukan seperti pada Gambar 2.1. Ringkasnya, IRI adalah skala kekasaran yang didasarkan pada simulasi respon kendaraan bermotor umum terhadap kekasaran pada jalur roda tunggal pada



permukaan jalan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



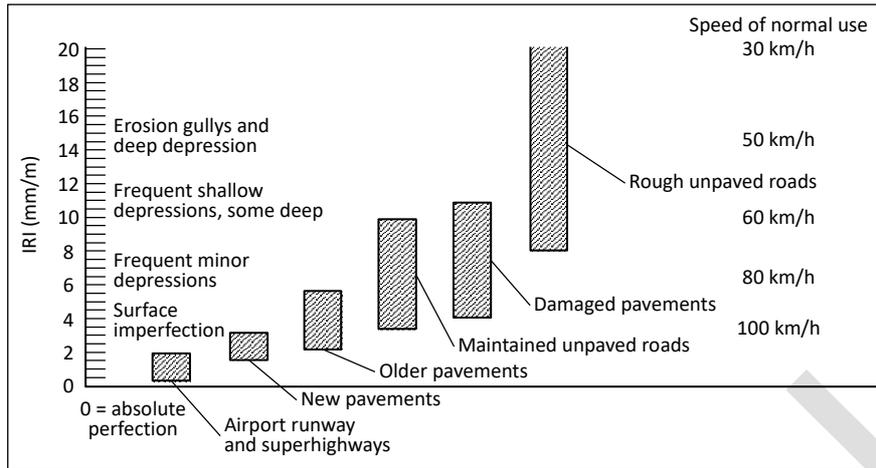
Gambar 2.1 QC model dan golden parameters



Gambar 2.2 Respon QC model

Gambar 2.3 menunjukkan skala IRI yang mengindikasikan rentang IRI yang diwakili oleh berbagai kelas jalan. Tidak seperti indeks kekasaran lainnya, IRI dapat diterapkan tidak hanya pada pengendalian kualitas perkerasan yang baru dibangun tetapi juga pada evaluasi permukaan yang memerlukan kegiatan pemeliharaan dan rehabilitasi. IRI merangkum kualitas kekasaran yang memengaruhi respons kendaraan dan hal ini tepat bila ukuran kekasaran diinginkan yang berkaitan dengan biaya pengoperasian kendaraan secara keseluruhan, kualitas pengendalian secara keseluruhan, beban roda dinamis, dan kondisi permukaan secara keseluruhan.



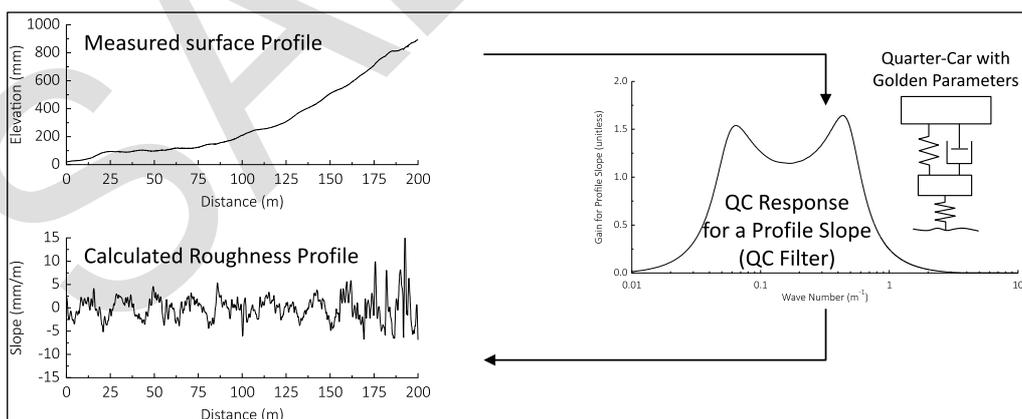


Gambar 2.3 IRI scale³

2.2 Langkah Perhitungan

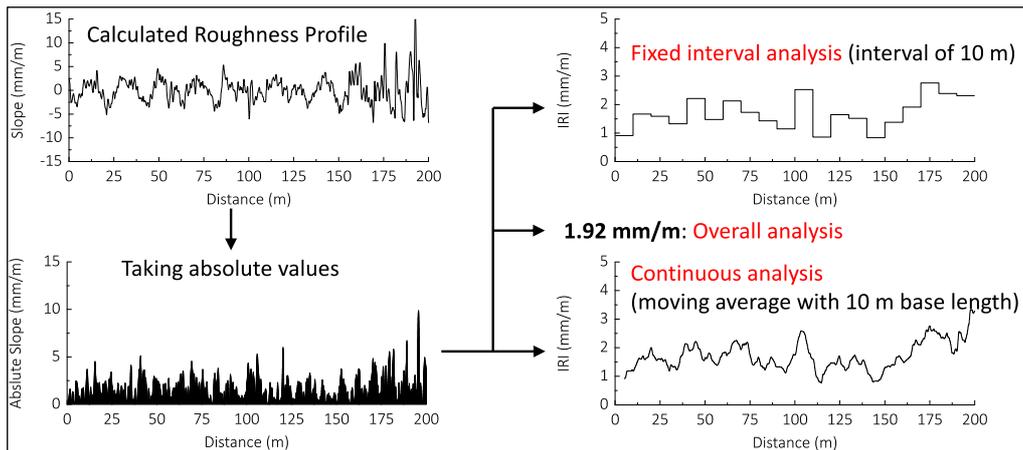
IRI dapat dihitung dengan tiga langkah berikut untuk satu profil

- Langkah 1:** Panjang gelombang profil dalam pita yang diinginkan diberi bobot dengan menerapkan *filter* QC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.
- Langkah 2:** Profil yang difilter direktifikasi untuk menghilangkan nilai negatif dengan mengambil nilai absolut dari nilai individual seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.
- Langkah 3:** Profil yang dihitung pada Langkah 2 dirata-ratakan untuk memberikan indeks *summary* dengan memperoleh nilai rata-rata rektifikasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4 Proses *filter* dengan QC *filter* (langkah 1)



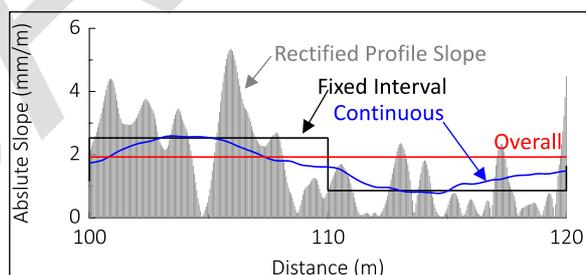


Gambar 2.5 Rektifikasi dan proses perata-rataan (langkah 2 dan 3)

2.3 Tipe Analisis

Seperti terlihat pada Gambar 2.6, IRI dapat dianalisis dengan tiga cara seperti berikut:

- Analisis keseluruhan: ini hanya memberikan nilai IRI rata-rata di seluruh jejak, yang dapat menjadi representasi kondisi kekasaran tingkat jaringan.
- Analisis interval tetap: melaporkan nilai IRI rata-rata untuk segmen tertentu. IRI biasanya akan dirangkum untuk setiap segmen 100 meter atau 200 meter untuk melaporkan tingkat kekasaran rata-rata suatu jalan. DPS-IRI melaporkan IRI interval tetap untuk segmen 100 meter.
- Analisis berkelanjutan: menerapkan filter rata-rata bergerak dengan panjang dasar tertentu untuk melaporkan nilai IRI sebagai fungsi jarak berkelanjutan, yang memungkinkan pendeteksian ketidakteraturan lokal dalam profil.



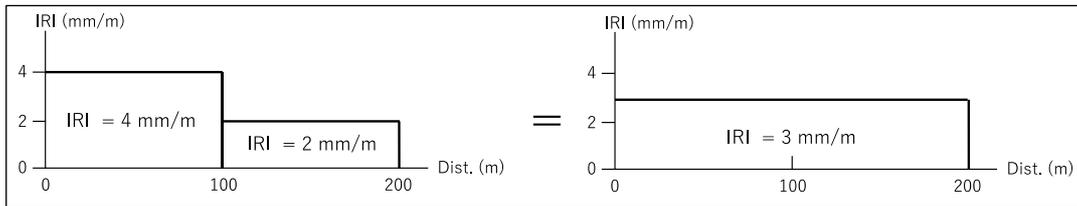
Gambar 2.6 Tipe analisis types of IRI

2.4 Linearitas IRI

Salah satu kemampuan lanjut dari IRI adalah proporsi linearitas dengan kekasaran. Jika semua nilai elevasi pada profil terukur ditingkatkan sebesar persentase tertentu, IRI meningkat sebesar persentase yang sama. Selain itu, rata-rata nilai IRI dua seksi jalan



yang berdekatan sama dengan IRI seluruh panjang seperti terlihat pada Gambar 2.7. Karakteristik IRI ini penting untuk membandingkan kondisi kekasaran jaringan jalan.

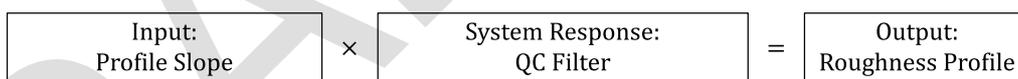


Gambar 2.7 Linearitas IRI

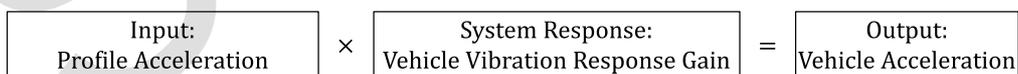
3. Modul IRI

3.1 Ringkasan

Filter QC yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 beroperasi sebagai sistem linier dalam bentuk profil kemiringan (turunan orde pertama dari suatu elevasi). Oleh karena itu, amplitudo profil kekasaran adalah amplitudo kemiringan profil dikalikan dengan respon QC seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Hal yang sama juga berlaku untuk gerak kendaraan dimana amplitudo percepatan vertikal kendaraan adalah amplitudo percepatan profil (turunan orde dua dari suatu elevasi) dikalikan dengan penguatan respon getaran kendaraan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2. Di sini, dalam penerapan praktis, hanya penguatan respons getaran kendaraan yang tidak diketahui pada Gambar 3.1 dan 3.2. Dengan kata lain, IRI dapat diperkirakan dari percepatan vertikal kendaraan dengan memperkirakan perolehan respons getaran kendaraan.



Gambar 3.1 Deskripsi Sistem *Filter* QC



Gambar 3.2 Deskripsi Sistem Respon Kendaraan

3.2 Sistem Konfigurasi

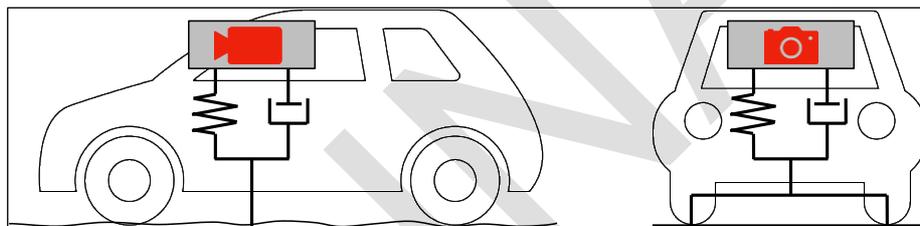
Modul IRI memperkirakan nilai IRI dari percepatan vertikal kendaraan yang diukur dengan kamera aksi yang dipasang pada kaca depan kendaraan penumpang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Keadaan ini dapat dimodelkan dengan sistem satu derajat kebebasan (*degree of freedom*) gaya teredam yang ditunjukkan pada Gambar 3.4. Ketika



kamera aksi dipasang pada bagian tengah horizontal kaca depan, sistem ini dapat diasumsikan sebagai sistem setengah mobil (*half-car system*) yang disederhanakan dengan mempertimbangkan jalur roda luar dan dalam⁴.



Gambar 3.3 Kamera Aksi Terpasang

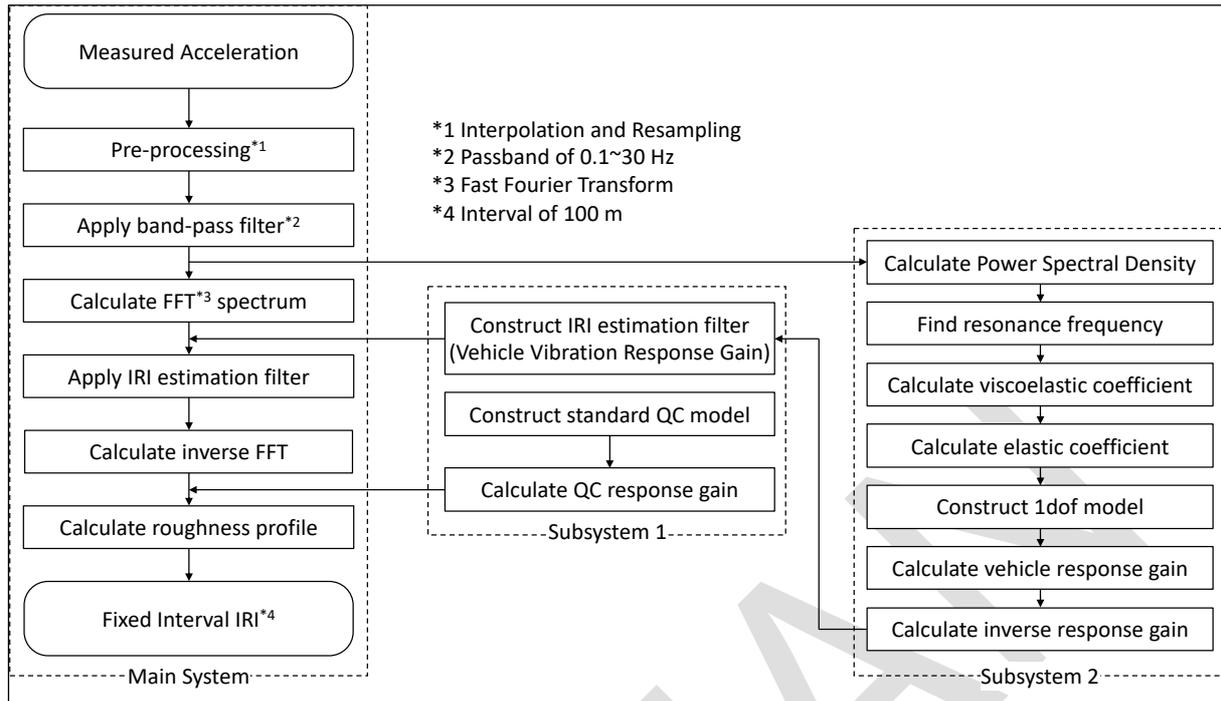


Gambar 3.4 Sistem Konfigurasi

3.3 Teori Estimasi IRI

Seperti disebutkan sebelumnya, nilai IRI dapat diestimasi dengan memperkirakan penguatan respons getaran kendaraan. Penguatan respons biasanya dihitung dengan percepatan kendaraan yang diukur pada profil sebenarnya yang diketahui. Namun, profil sebenarnya umumnya tidak diketahui sebelum survei dilakukan dan sulit diperoleh karena membutuhkan biaya dan waktu yang lama. Sedangkan modul IRI memperkirakan perolehan respons (*response gain*) dari profil yang tidak diketahui terkait dengan segmen jalan kecil yang profilnya diasumsikan mengikuti proses stokastik stasioner yang berubah seiring waktu. Dalam modul IRI, perolehan respons (*response gain*) adalah model simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 3.4, bukan kendaraan sebenarnya yang digunakan untuk survei guna mengurangi pengaruh respons sementara. Gambar 3.5 menunjukkan alur estimasi IRI.





Gambar 3.5 Alur Estimasi IRI

3.3.1 Deskripsi Model QC Standar

Mode QC standar untuk perhitungan IRI dijelaskan oleh empat persamaan diferensial biasa orde pertama yang dapat direpresentasikan oleh model ruang keadaan sebagai berikut:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \quad (1)$$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t) \quad (2)$$

Pada persamaan 1, yang disebut persamaan keadaan, *vector* keadaan x , matriks dinamis A , dan matriks kontrol B , didefinisikan sebagai berikut:

$$x = [z_s \ z'_s \ z_u \ z'_u]^T \quad (3)$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -k_s/m_s & -c_s/m_s & k_s/m_s & c_s/m_s \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ k_s/m_u & c_s/m_u & -(k_s + k_u)/m_u & -c_s/m_u \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$B = [0 \ 0 \ 0 \ k_u/m_u]^T \quad (5)$$

T menunjukkan matriks yang ditransposisikan, Titik di atas karakter (misal: z'_s) mewakili turunan waktu. Waktu t berhubungan dengan jarak memanjang L dengan simulasi kecepatan maju V kendaraan. Dalam Persamaan 2 yang disebut persamaan keluaran, matriks keluaran y , matriks sensor C , dan istilah langsung D didefinisikan sebagai



berikut:

$$\mathbf{y} = [z_s, z_u]^T \quad (6)$$

$$\mathbf{C} = [1 \quad 0 \quad -1 \quad 0] \quad (7)$$

$$\mathbf{D} = [0] \quad (8)$$

Terakhir, IRI dapat dihitung dengan Persamaan 9. Penjelasan rinci model dapat dilihat di penjelasan lain⁶.

$$\text{IRI} = \frac{1}{L} \int_0^{L/V} |z_s - z_u| dt \quad (9)$$

3.3.2 Deskripsi Model Satu Derajat Kebebasan (*One Degree of Freedom*)

Vektor keadaan x dan setiap matriks untuk model satu derajat kebebasan dapat digambarkan dengan variabel yang sama untuk mode QC sebagai berikut:

$$\mathbf{x} = [z_s \quad \dot{z}_s]^T \quad (10)$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -k_s/m_s & -c/m_s \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\mathbf{B} = [0 \quad 1/m_s]^T \quad (12)$$

$$\mathbf{C} = [1 \quad 0]^T \quad (13)$$

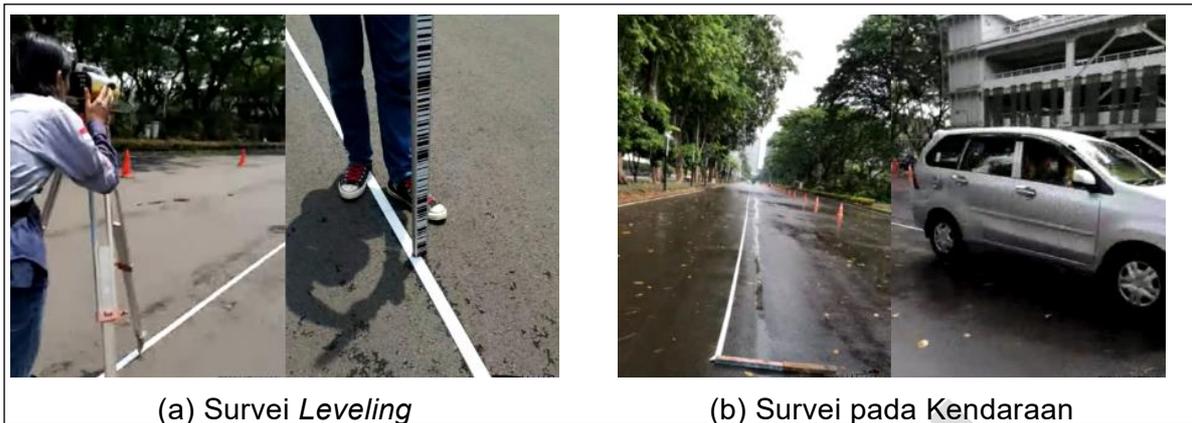
$$\mathbf{D} = [0] \quad (14)$$

4. Sistem Validasi

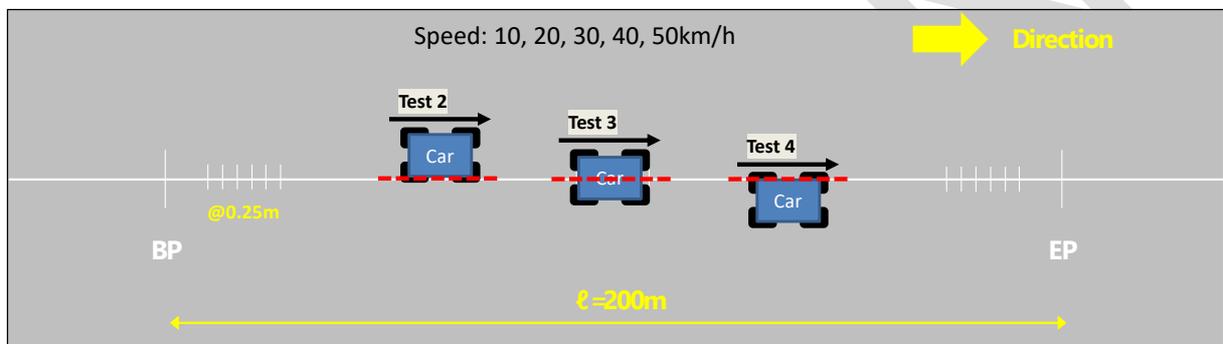
4.1 Perbandingan dengan Survei Beda Tinggi (*Leveling Survey*)

Percobaan perbandingan dengan survei *leveling* dilakukan di Jakarta, Indonesia pada bulan September 2022 untuk modul IRI dengan GoPro 8 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Gambar 4.2 menunjukkan kondisi percobaan. Pengukuran dilakukan pada garis lurus sepanjang 200 m antara titik awal (BP) dan titik akhir (EP). Kecepatan berkendara 10, 20, 30, 40, dan 50 km/jam serta manuver stop and go menggunakan dua kendaraan (Hilux dan Xenia).





Gambar 4.1 Percobaan validasi di Jakarta, Indonesia



Gambar 4.2 Kondisi percobaan

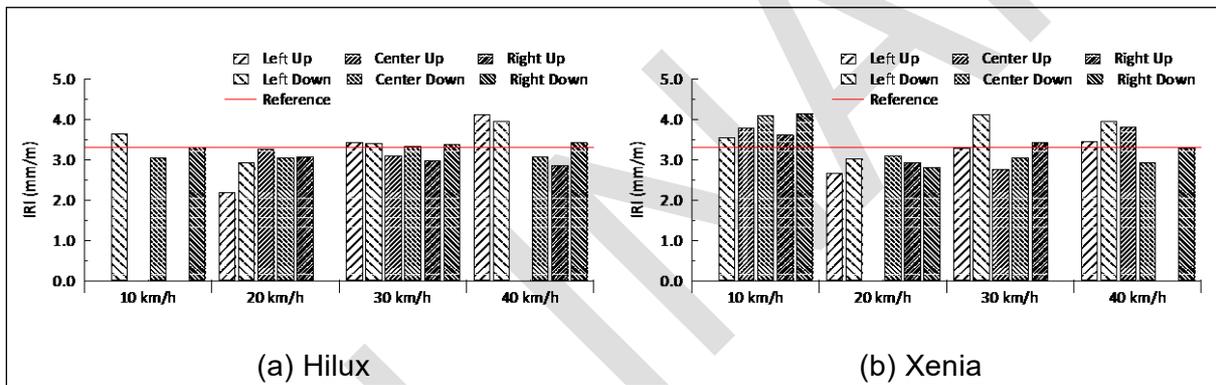
Tabel 4.1 dan Gambar 4.2 merangkum hasil percobaan. Seperti yang ditunjukkan dalam tabel, akurasi berada pada kisaran 30% dibandingkan survei *leveling* sebagai referensi. Hasil ini konsisten dengan kendaraan survei otomatis yang sedang beroperasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3²². Oleh karena itu, modul IRI dapat digunakan untuk mengukur IRI dengan akurasi yang wajar.



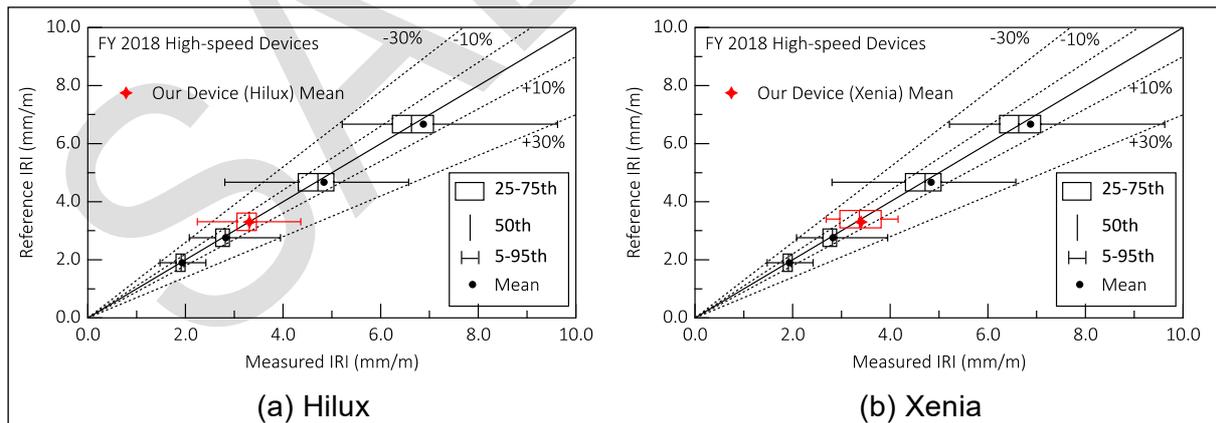
Tabel 4.1 Nilai estimasi IRI dan kesalahan terhadap survei *leveling*

IRI 200m overall			10 km/h		20 km/h		30 km/h		40 km/h	
			IRI (mm/m)	Error (%)						
Vehicle 1 Hilux	Left	Up	NA	NA	2.21	-33.2	3.45	4.2	4.14	25.1
		Down	3.65	10.3	2.94	-11.2	3.41	3.0	3.96	19.6
	Center	Up	NA	NA	3.28	-0.7	3.11	-5.8	NA	NA
		Down	3.07	-7.3	3.05	-7.9	3.34	0.9	3.09	-6.7
	Right	Up	NA	NA	3.09	-6.7	2.99	-9.7	2.87	-13.3
		Down	3.33	0.6	NA	NA	3.40	2.7	3.45	4.2
Vehicle 2 Xenia	Left	Up	NA	NA	2.68	-19.0	3.30	-0.3	3.46	4.5
		Down	3.57	7.6	3.04	-8.2	4.14	25.1	3.96	19.6
	Center	Up	3.79	14.5	NA	NA	2.78	-16.0	3.82	15.4
		Down	4.10	23.9	3.10	-6.3	3.05	-7.9	2.93	-11.5
	Right	Up	3.62	9.4	2.94	-11.2	3.43	3.6	NA	NA
		Down	4.16	25.7	2.82	-14.8	NA	NA	3.30	-0.3

Error within 10%, 20%, 30%



Gambar 4.2 Perbandingan IRI dalam kecepatan berkendara dan jenis kendaraan



Gambar 4.3 Rentang kesalahan pengukuran



4.2 Implementasi di Jalan Daerah

Untuk penerapan praktis, percobaan validasi dilakukan dengan mempertimbangkan situasi berkendara dalam hal kondisi kekasaran, kecepatan berkendara, dan pengulangan. Percobaan dilakukan pada jalan di Jakarta pada bulan Agustus 2023. Tabel 4.2 menunjukkan kondisi percobaan. Tabel 4.3 merangkum nilai IRI yang diukur sedangkan Gambar 4.4 menggambarkan plot IRI yang berkesinambungan. Seperti yang ditunjukkan pada tabel dan gambar, nilai IRI yang konsisten dapat diperoleh dari percobaan dan nilai kecepatan yang berulang. Perhatikan bahwa jalur roda berbeda di setiap putaran. Meskipun nilai IRI yang tinggi terlihat di sekitar gundukan /*speed hump* kecepatan yang ditunjukkan pada Gambar 4.5, namun diperoleh hasil yang wajar.

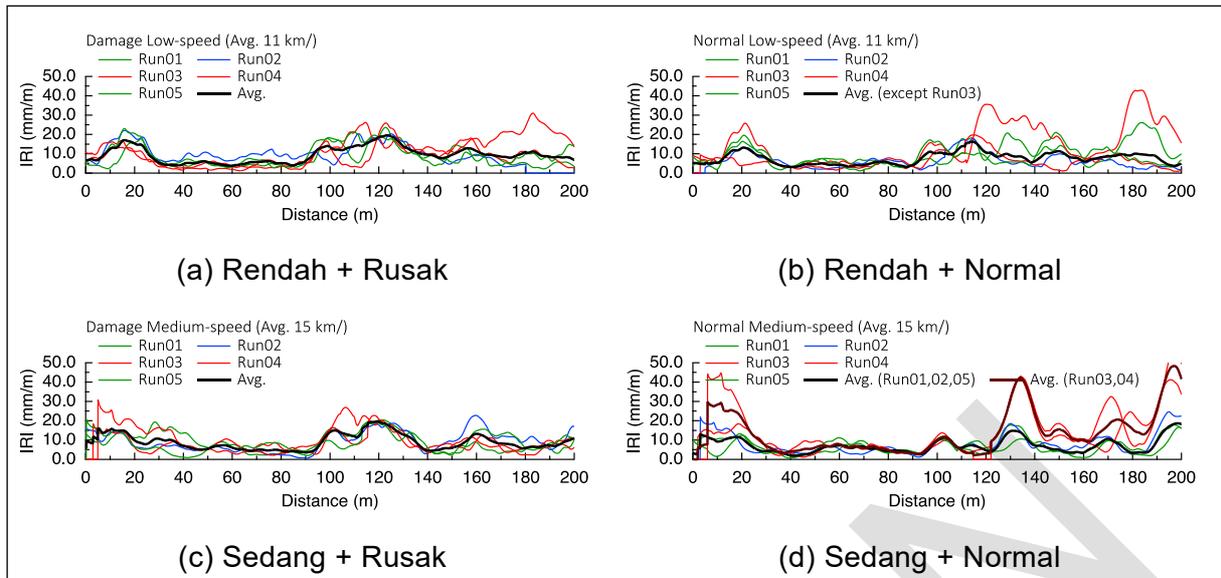
Tabel 4.2 Kondisi percobaan jalan kota di Jakarta

No.	Condition	Speed	Path
a	Low + Damage	Low (Avg. 11km/h)	Pass through damaged surface
b	Low + Normal		Avoid damaged surface
c	Mid + Damage	Middle (Avg. 15km/h)	Pass through damaged surface
d	Mid + Normal		Avoid damaged surface

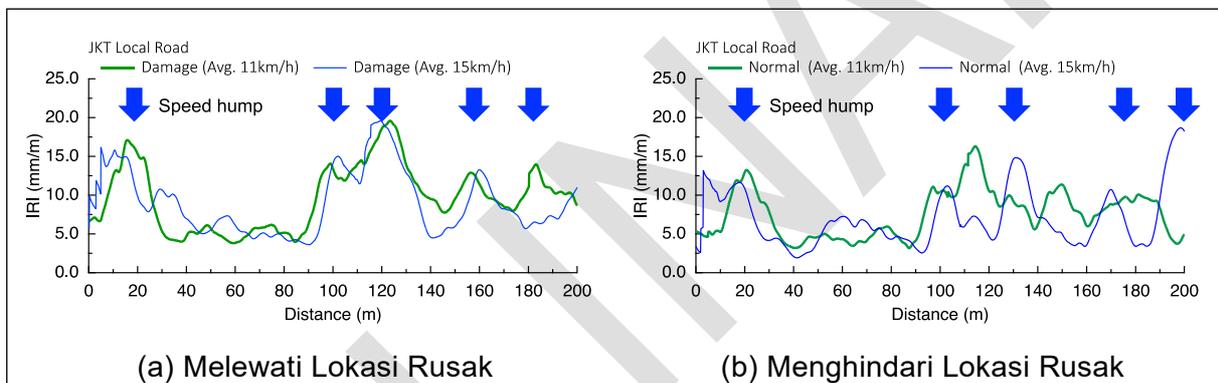
Tabel 4.3 Nilai IRI yang diukur untuk jalan kota di Jakarta

Run	20~120 m						80~180 m					
	1	2	3	4	5	Avg.	1	2	3	4	5	Avg.
Low + Damage	7.7	10.1	7.9	5.0	9.4	8.0	10.2	10.1	12.6	12.3	11.0	11.3
Mid + Damae	9.6	6.8	7.1	11.0	6.7	8.3	9.0	11.1	9.4	10.5	9.7	9.9
Low + Normal	7.4	6.9	8.7	6.6	7.5	7.1	10.2	7.4	16.4	8.4	10.1	9.0
Mid + Normal	5.5	5.2	7.1	5.6	6.0	5.6	7.2	7.7	14.8	11.3	5.8	6.9

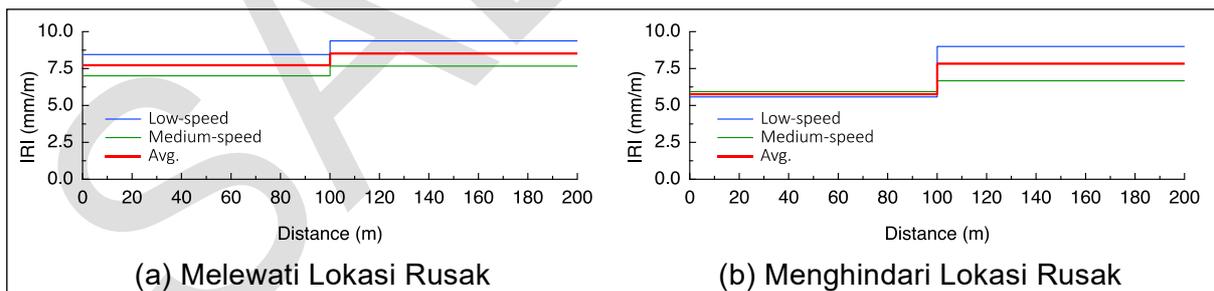




Gambar 4.4 Plot IRI kontinu



Gambar 4.5 Pengaruh pada *speed bump* dengan Plot IRI kontinu



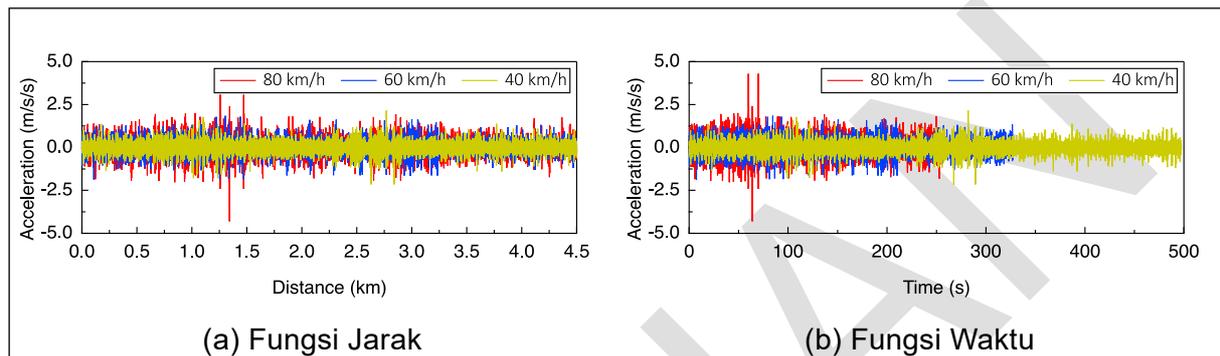
Gambar 4.6 Komparasi dengan interval IRI tetap untuk setiap 100 m segmen

4.3 Implementasi pada Jalan Bebas Hambatan

Pada pengukuran kecepatan tinggi, percobaan validasi dilakukan di jalan tol Jakarta, Indonesia, pada November 2023. Survei pengukuran dilakukan dengan kecepatan berkendara yang berbeda yaitu 40, 60 dan 80 km/jam untuk 5 kali percobaan dengan 2 kamera. Gambar 4.7 menunjukkan contoh pengukuran data akselerasi pada masing-masing



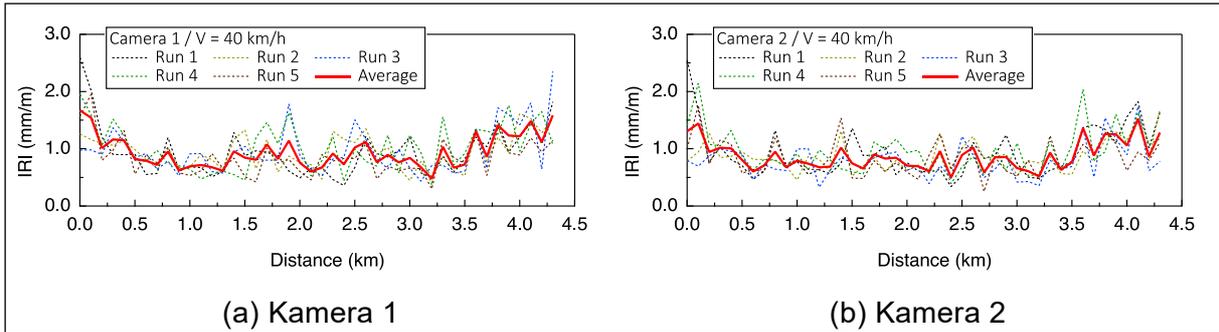
kecepatan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar, nilai amplitudo dari akselerasi meningkat dengan meningkatnya kecepatan. Waktu berkendara secara natural menurun seiring peningkatan kecepatan. Oleh karena itu, DPS-IRI secara otomatis mengkalibrasi parameter dari kendaraan sesuai dengan kecepatan dan waktu mengemudi untuk mensimulasikan model QC standar dengan pemrosesan yang ditunjukkan pada Gambar 3.5. Hasilnya, nilai IRI dapat diperkirakan secara konsisten, berapa pun kecepatan dan parameter berkendara kendaraan.



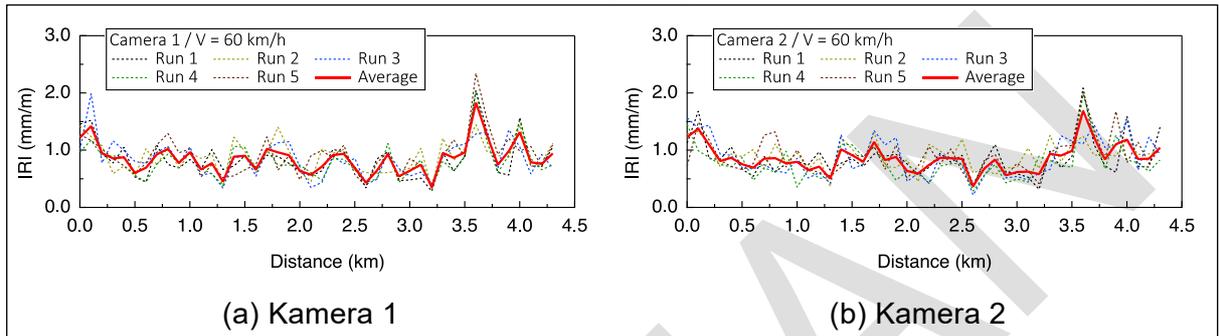
Gambar 4.7 Contoh pengukuran akselerasi

Gambar 4.8 – Gambar 4.12 mengilustrasikan perbandingan IRI interval tetap yang diukur dalam hal kecepatan berkendara. Di sini, perhatikan bahwa plot harus digambar sebagai diagram lanskap, sedangkan plot digambar sebagai diagram garis untuk tujuan perbandingan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar, tren IRI serupa diamati untuk setiap kecepatan dan percobaan. Di sini, perhatikan bahwa keakuratan pengukuran kecepatan berkendara 40 km/jam telah dijamin sesuai dengan percobaan di jalan setempat. Kesimpulannya, modul IRI dapat diterapkan pada estimasi IRI tidak hanya pada kecepatan rendah saja namun pada kecepatan tinggi, seperti terlihat pada Gambar 4.13. hasil survei. Seperti yang ditunjukkan pada gambar, tren IRI serupa diamati terlepas dari kecepatan berkendara. Perhatikan bahwa keakuratan pengukuran kecepatan berkendara 40 Km/jam telah dipastikan sesuai dengan percobaan di jalan setempat. Oleh karena itu, modul IRI dapat diterapkan pada estimasi IRI dengan pengukuran kecepatan tinggi.

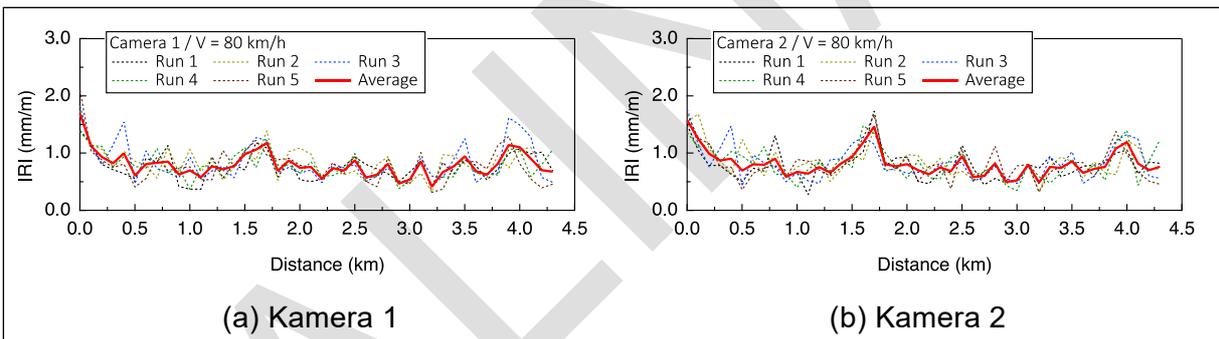




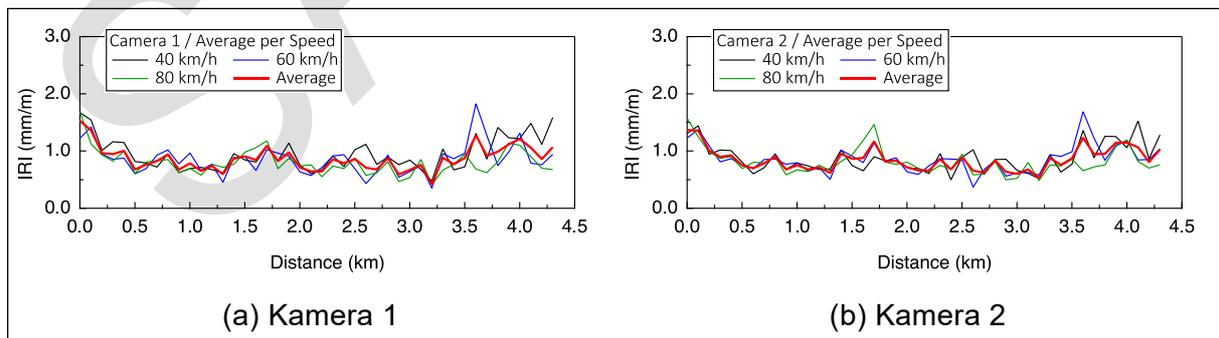
Gambar 4.8 IRI dalam percobaan berulang dengan kecepatan berkendara 40 km/jam



Gambar 4.9 IRI dalam percobaan berulang dengan kecepatan berkendara 60 km/jam

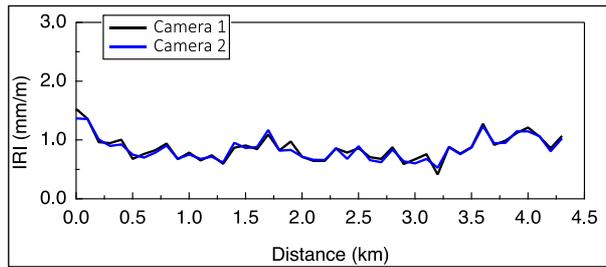


Gambar 4.10 IRI dalam percobaan berulang dengan kecepatan berkendara 80 km/jam

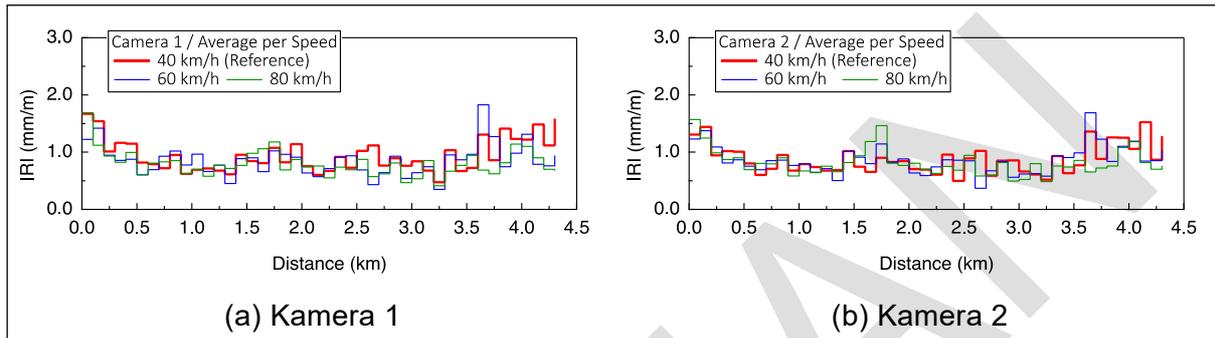


Gambar 4.11 Perbandingan rata-rata nilai IRI tiap kecepatan





Gambar 4.12 Perbandingan rata-rata nilai IRI pada 2 kamera

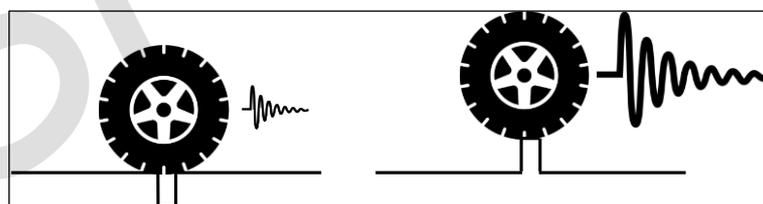


Gambar 4.13 Hasil validasi

5. Catatan Operasi

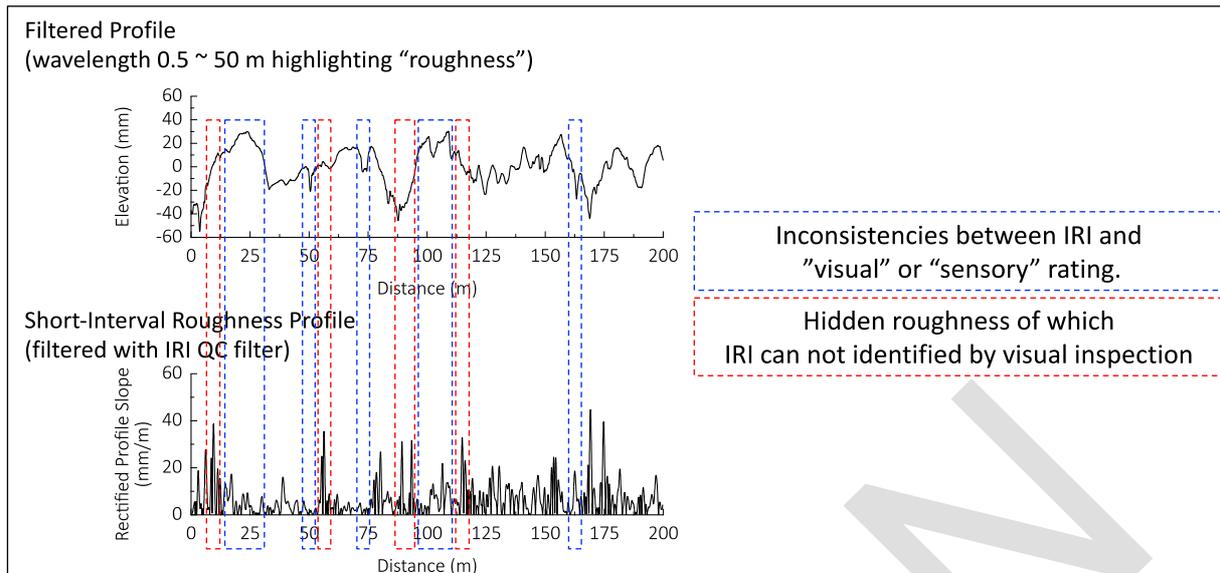
5.1 Efek pada Retakan

Retakan adalah salah satu permasalahan yang paling umum terjadi pada perkerasan jalan yang dapat menyebabkan peningkatan kekasaran di kemudian hari³. Namun, beberapa retakan terutama yang lebarnya sempit belum tentu terasa sebagai getaran kendaraan karena tersaring oleh efek jembatan ban (*tyre bridge effect*) seperti terlihat pada Gambar 5.13. Fakta ini dapat menyebabkan inkonsistensi antara nilai IRI dan peringkat visual atau sensoris seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.1 Efek pada retakan perkerasan

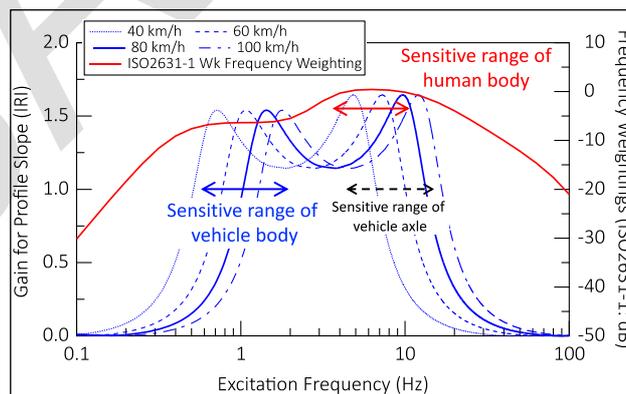




Gambar 5.3 Inkonsistensi penilaian kekasaran

5.2 Sensitivitas Tubuh Manusia

Dalam sudut pandang penilaian sensoris, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.3, tubuh manusia lebih sensitif terhadap getaran vertikal dengan 4 hingga 8 siklus/detik (= Hz) sedangkan filter QC kurang sensitif terhadap rentang frekuensi. Selain itu, IRI dihitung dengan simulasi kecepatan perjalanan 80 Km/jam meskipun diterapkan di jalan kota. Dengan kata lain, sensitivitas getaran tubuh manusia tidak konsisten dengan sensitivitas getaran kendaraan dalam model QC standar untuk IRI. Inkonsistensi ini dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara nilai IRI dan penilaian visual atau sensoris.



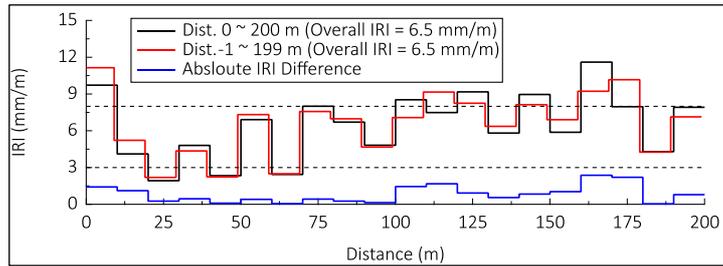
Gambar 5.3 Sensitivitas getaran tubuh manusia dan QC

5.3 Pengaruh Titik Awal Pengukuran

Sesuai dengan definisinya, hasil perhitungan IRI bergantung pada jarak yang ditempuh.



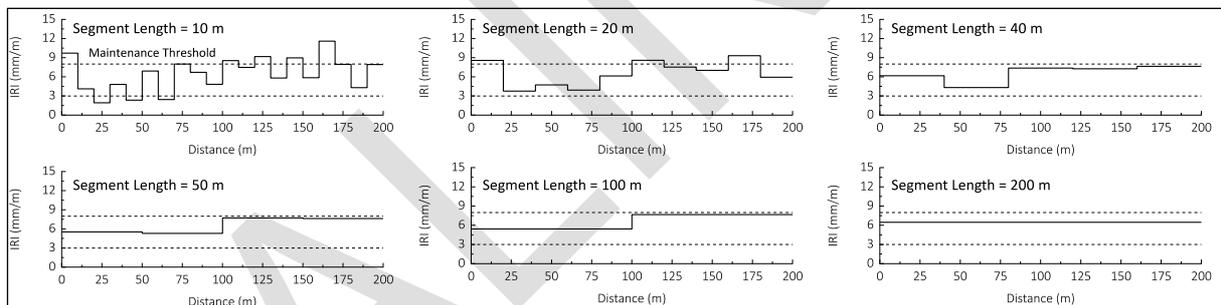
Sehingga, sedikit perbedaan titik awal pengukuran mempengaruhi hasil perhitungan IRI seperti terlihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Pengaruh pada titik awal

5.4 Dampak Panjang Segmen Jalan

Panjang segmen untuk penghitungan IRI terkait jarak perjalanan juga berdampak pada hasilnya. Secara umum, segmen yang lebih panjang membutuhkan nilai IRI yang kecil dan tidak mengacuhkan kekasaran lokal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.5. Oleh karena itu, ambang batas pemeliharaan bervariasi sesuai dengan panjang segmen yang diterapkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.1.



Gambar 5.5 Dampak panjang segmen pada perhitungan IRI

Tabel 5.1 Hubungan antara panjang segmen dan ambang batas IRI

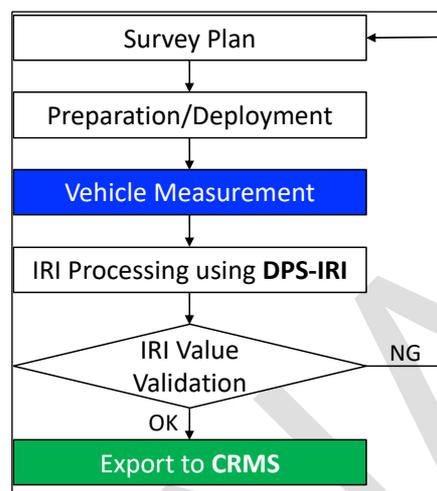
Segment Length (m)	Number of Segments	Segment Count			Segment Percentage (%)		
		$IRI \leq 3$	$3 < IRI \leq 8$	$8 < IRI$	$IRI \leq 3$	$3 < IRI \leq 8$	$8 < IRI$
10	20	3	11	6	15	55	30
20	10	0	7	3	0	70	30
40	5	0	5	0	0	100	0
50	4	0	4	0	0	100	0
100	2	0	2	0	0	100	0

5.5 Operasi Sistem

Meskipun tekanan perkerasan menyebabkan peningkatan kekasaran, IRI pada dasarnya merupakan indikator kinerja perkerasan dan bukan indikator struktural. Pengguna perlu



mengetahui kelebihan dan keterbatasan IRI. Tujuan dari inspeksi ini adalah untuk memperpanjang masa pakai dengan menghilangkan penyebab degradasi perkerasan jalan melalui metode perawatan yang tepat. Oleh karena itu penggunaan kombinasi DPS-IRI dan VIS sangat direkomendasikan untuk kegiatan pengelolaan perkerasan jalan seperti terlihat pada Gambar 5.6. Hal ini berkontribusi pada validasi tindakan IRI dan penilaian risiko degradasi struktural perkerasan jalan.



Gambar 5.6 Alur inspeksi perkerasan

Referensi

- ¹ Descornet, G.: A Criterion for Optimizing Surface Characteristics, Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, No.1215, pp.173-177, 1989.
- ² Pérez-Acebo, H., Linares-Unamunzaga, A., Abejón, R., and Rojí, E: Research Trends in Pavement Management during the First Years of the 21st Century: A Bibliometric Analysis during the 2000–2013 Period, Applied Science, Vol.8, No.7, 1041, 2018.
- ³ Sayers, M.W., Karamihas, S.M.: The Little Book of Profiling, -Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles, The University of Michigan Transportation Research Institute, 1998.
- ⁴ Sayers, M.W.: Two Quarter-Car Models for Defining Road Roughness: IRI and HRI, Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, No.1215, pp.165-172, 1989.
- ⁵ Tomiyama, K., Nakamura, H, Mashito, H, Jomoto, M, Watanabe, K.: Accuracy of Road Surface Profilers in TRUE Project: Experiment to Compare Test Methods for Surface Roughness Under Actual Road Environment, TRB 96th Annual Meeting Compendium of Papers, No.17-03150, 2017.
- ⁶ Sayers, M.W.: On the Calculation of International Roughness Index from Longitudinal Road Profile, Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, No.1501, pp.1-12, 1995.
- ⁷ Sandamal, R.M.K., Pasindu, H.R.: Applicability of smartphone-based roughness data for rural road pavement condition evaluation, International Journal of Pavement Engineering, Vol.23, No.3, pp.663-672, 2022.



-
- ⁸ Mahmoudzadeh, A., Golroo, A., Jahanshahi, R. M., and Yeganeh, F. S.: Estimating Pavement Roughness by Fusing Color and Depth Data Obtained from an Inexpensive RGB-D Sensor, *Sensors*, Vol.19, No.7, 1655, 2019.
- ⁹ Kumar, R., Mukherjee, A., and Singh, V. P.: Community Sensor Network for Monitoring Road Roughness using Smartphones, *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol.31, No.3, 04016059, 2017.
- ¹⁰ Tian, B., Yuan, Y., Zhou, H., and Yang, Z.: Pavement Management Utilizing Mobile Crowd Sensing, *Advances in Civil Engineering*, Vol.2020, 4192602, 2020.
- ¹¹ Douangphachanh, V., Oneyama, H.: A Study on the use of Smartphones under Realistic Settings to Estimate Road Roughness Condition, *Journal of Wireless Communications and Networking*, No.114, 2014.
- ¹² Forslöf, L and Jones, H.: Roadroid: Continuous Road Condition Monitoring with Smart Phones, *Journal of Civil Engineering and Architecture*, Vol.9, No.4, pp.485-496, 2015.
- ¹³ Boyu, Z., Tomonori, N., Masashi, T., Noritoshi, M., Muneaki, T., and Masataka, I.: Vehicle Model Calibration in the Frequency Domain and its Application to Large-Scale IRI Estimation, *Journal of Disaster Research*, Vol.12, No.3, p. 446-455, 2017.
- ¹⁴ Zhao, B., Nagayama, T., Toyoda, M., Makihata, N., Takahashi, M., and Ieiri, M.: Vehicle Model Calibration in the Frequency Domain and its Application to Large-Scale IRI Estimation, *Journal of Disaster Research*, Vol.12, No.7, p.p. 446-455, 2017.
- ¹⁵ Sadjadi, S.Y.: Investigating for Road Roughness Using Smartphone Sensors, *International Journal of Computers and Communications*, Vol.11, pp. 56-63, 2017.
- ¹⁶ Tomiyama, K., Kawamura, A., Nakajima, S., Tateki, I., and Jomoto, M.: A Mobile Data Collection System Using Accelerometers for Pavement Maintenance and Rehabilitation, *Proceedings of Eighth International Conference on Managing Pavement Assets*, No. 142, 2011.
- ¹⁷ Tomiyama, K., Kawamura, A., Ohiro, T., and Tozuka, S.: Estimation of a longitudinal true profile for expressway pavements by a mobile profiling system, *Asphalt Pavement*, pp.471-479, CRC Press, 2014.
- ¹⁸ Nagayama, T., Zhao, B.Y., and Xue, K.: Half Car Model Identification and Road Profile Estimation using Vibration Responses of a Running Vehicle, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. E1 (Pavement Engineering)*, Vol.75, No.1, pp.1-16, 2019.
- ¹⁹ Yagi, K.: A Measuring Method of Road Surface Longitudinal Profile from Sprung Acceleration, and Verification with Road Profiler, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. E1 (Pavement Engineering)*, Vol.69, No.3, pp. I_1-I_7, 2013.
- ²⁰ González, A., Obrien, E. J., Li, Y.-Y., and Cashell, K.: The Use of Vehicle Acceleration Measurements to Estimate Road Roughness, *Vehicle System Dynamics*, Vol.46, No. 6, pp.483-499, 2008.
- ²¹ Jeong, J-H., Jo, H., and Ditzler, G.: Convolutional Neural Networks for Pavement Roughness Assessment using Calibration-free Vehicle Dynamics, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. Vol.35, No.11, pp.1209-1229, 2020.
- ²² Kazuya Tomiyama, Hiroyuki Mashito, and Shuichi Kameyama: Five Years Report for Functional and Structural Deterioration of Local Road Pavements in TRUE Project, *Pavement Evaluation 2019*, Virginia, US, September, 2019.



Daftar Nilai IRI

Skenario Percobaan

Jalan Tol (Jakarta)

Jalan Kota (Jakarta)

Jalan Kota (Kota Sukabumi)

Jalan Kota (Kota Tebing Tinggi)



Nilai Rata-rata di Jalan Tol (Alat 1)

IRI (mm/m)	Type	Measurement Number
2.597832	40km/h	1
2.020821	40km/h	1
1.202603	40km/h	1
0.902104	40km/h	1
0.897704	40km/h	1
0.9021	40km/h	1
0.551094	40km/h	1
0.569554	40km/h	1
1.197772	40km/h	1
0.636624	40km/h	1
0.689284	40km/h	1
0.669628	40km/h	1
0.51201	40km/h	1
0.6025	40km/h	1
1.286406	40km/h	1
0.878607	40km/h	1
0.966304	40km/h	1
0.93887	40km/h	1
0.881638	40km/h	1
0.61158	40km/h	1
0.492681	40km/h	1
0.6616	40km/h	1
0.675918	40km/h	1
0.463804	40km/h	1
0.359462	40km/h	1
0.67608	40km/h	1
1.221066	40km/h	1
0.917856	40km/h	1
0.858126	40km/h	1
0.966891	40km/h	1
1.206893	40km/h	1
0.579	40km/h	1
0.494788	40km/h	1
0.874155	40km/h	1
0.590135	40km/h	1
0.824485	40km/h	1
1.204966	40km/h	1
1.03506	40km/h	1
1.491248	40km/h	1
0.940216	40km/h	1
1.209321	40km/h	1
1.454736	40km/h	1
1.085883	40km/h	1
1.820648	40km/h	1
1.260784	40km/h	2
1.160896	40km/h	2
1.09459	40km/h	2
1.061261	40km/h	2
1.141589	40km/h	2
0.985894	40km/h	2
0.810189	40km/h	2
0.661128	40km/h	2
1.008407	40km/h	2
0.668613	40km/h	2
0.684691	40km/h	2
0.900116	40km/h	2
0.808207	40km/h	2
0.635497	40km/h	2
1.163414	40km/h	2
1.330984	40km/h	2
0.649856	40km/h	2
1.163398	40km/h	2
0.594987	40km/h	2
0.875811	40km/h	2
0.761483	40km/h	2
0.722976	40km/h	2
0.46966	40km/h	2
1.305183	40km/h	2
1.169068	40km/h	2
1.109422	40km/h	2
1.350254	40km/h	2
0.901921	40km/h	2
1.024198	40km/h	2
0.669042	40km/h	2
0.445248	40km/h	2
0.781602	40km/h	2
0.506009	40km/h	2
0.856597	40km/h	2
0.619327	40km/h	2
0.530499	40km/h	2
1.336154	40km/h	2
0.762514	40km/h	2
1.203191	40km/h	2
0.932777	40km/h	2
1.617739	40km/h	2
1.525906	40km/h	2
1.278427	40km/h	2
1.525681	40km/h	2
0.979125	40km/h	3
0.981302	40km/h	3
0.899289	40km/h	3
1.369004	40km/h	3
1.140493	40km/h	3
0.846493	40km/h	3
0.921105	40km/h	3
0.643214	40km/h	3
0.783418	40km/h	3
0.529104	40km/h	3
0.912963	40km/h	3
0.917081	40km/h	3
0.601755	40km/h	3
0.576121	40km/h	3
0.94306	40km/h	3
1.043309	40km/h	3
0.815076	40km/h	3
0.801689	40km/h	3
0.802509	40km/h	3
1.781426	40km/h	3
0.884936	40km/h	3
0.644452	40km/h	3
0.527744	40km/h	3
0.82116	40km/h	3
0.851199	40km/h	3
1.508774	40km/h	3
1.162187	40km/h	3
0.834756	40km/h	3
0.647168	40km/h	3
0.98934	40km/h	3
0.661873	40km/h	3
0.433931	40km/h	3
0.70715	40km/h	3
0.715793	40km/h	3
0.575948	40km/h	3
0.610895	40km/h	3
1.363278	40km/h	3
0.659552	40km/h	3
1.717843	40km/h	3
1.596325	40km/h	3
1.419099	40km/h	3
1.803045	40km/h	3
0.645137	40km/h	3
2.349923	40km/h	3
1.955951	40km/h	4
1.594303	40km/h	4
1.067873	40km/h	4
1.520843	40km/h	4
1.241248	40km/h	4
0.795972	40km/h	4
0.785196	40km/h	4
0.974469	40km/h	4
0.740923	40km/h	4
0.70249	40km/h	4
0.642361	40km/h	4
0.474483	40km/h	4
0.555736	40km/h	4
0.60888	40km/h	4
0.548413	40km/h	4
0.450802	40km/h	4
1.19702	40km/h	4
1.461167	40km/h	4
1.088415	40km/h	4
1.631374	40km/h	4
1.041423	40km/h	4
0.52786	40km/h	4
0.794173	40km/h	4
1.20694	40km/h	4
0.433812	40km/h	4
0.997495	40km/h	4
0.778465	40km/h	4
0.695944	40km/h	4
1.237715	40km/h	4
0.576376	40km/h	4
1.239247	40km/h	4
0.937958	40km/h	4
0.36925	40km/h	4
1.557719	40km/h	4
0.716795	40km/h	4
0.922792	40km/h	4
1.342064	40km/h	4
1.309116	40km/h	4
1.256509	40km/h	4
1.761442	40km/h	4
0.956184	40km/h	4
1.44393	40km/h	4



Nilai Rata-rata di Jalan Tol (Alat 1)

1.650647	40km/h	4
1.07942	40km/h	4
1.564343	40km/h	5
1.954007	40km/h	5
0.797316	40km/h	5
0.974848	40km/h	5
1.322503	40km/h	5
0.560296	40km/h	5
0.887824	40km/h	5
0.75742	40km/h	5
1.029111	40km/h	5
0.58137	40km/h	5
0.533636	40km/h	5
0.616954	40km/h	5
0.917251	40km/h	5
0.65741	40km/h	5
0.83967	40km/h	5
0.513545	40km/h	5
0.421294	40km/h	5
1.013077	40km/h	5
0.751246	40km/h	5
0.813932	40km/h	5
0.604999	40km/h	5
0.455683	40km/h	5
0.898899	40km/h	5
0.78612	40km/h	5
0.829106	40km/h	5
0.832019	40km/h	5
1.089844	40km/h	5
0.47656	40km/h	5
0.703725	40km/h	5
0.616815	40km/h	5
0.662066	40km/h	5
0.652815	40km/h	5
0.300759	40km/h	5
1.171986	40km/h	5
0.848191	40km/h	5
0.743284	40km/h	5
1.295738	40km/h	5
0.534884	40km/h	5
1.384901	40km/h	5
0.930518	40km/h	5
0.892219	40km/h	5
1.191187	40km/h	5
0.942538	40km/h	5
1.150767	40km/h	5
1.455103	60km/h	1
1.521655	60km/h	1
0.955421	60km/h	1
0.776465	60km/h	1
1.050911	60km/h	1
0.532022	60km/h	1
0.444078	60km/h	1
1.083348	60km/h	1
0.750488	60km/h	1
0.691745	60km/h	1
0.836684	60km/h	1
0.668793	60km/h	1
1.011627	60km/h	1
0.662199	60km/h	1
0.723307	60km/h	1

0.907007	60km/h	1
0.689498	60km/h	1
0.911971	60km/h	1
0.89149	60km/h	1
0.770593	60km/h	1
0.632442	60km/h	1
0.549285	60km/h	1
0.640968	60km/h	1
1.014677	60km/h	1
0.970869	60km/h	1
0.697282	60km/h	1
0.340492	60km/h	1
0.846097	60km/h	1
0.971932	60km/h	1
0.468822	60km/h	1
0.48183	60km/h	1
0.512576	60km/h	1
0.284469	60km/h	1
0.951289	60km/h	1
0.636721	60km/h	1
0.891596	60km/h	1
2.044338	60km/h	1
1.346416	60km/h	1
0.612958	60km/h	1
0.564239	60km/h	1
1.569161	60km/h	1
0.721597	60km/h	1
0.722833	60km/h	1
1.057601	60km/h	1
1.42155	60km/h	2
1.238058	60km/h	2
1.077121	60km/h	2
0.589761	60km/h	2
0.725778	60km/h	2
0.54618	60km/h	2
1.029536	60km/h	2
0.740883	60km/h	2
1.063409	60km/h	2
0.686244	60km/h	2
0.952235	60km/h	2
0.857374	60km/h	2
0.932031	60km/h	2
0.37174	60km/h	2
1.230704	60km/h	2
0.979325	60km/h	2
0.707949	60km/h	2
0.949138	60km/h	2
1.40301	60km/h	2
0.991688	60km/h	2
0.621963	60km/h	2
0.452282	60km/h	2
1.019583	60km/h	2
0.944357	60km/h	2
1.014446	60km/h	2
0.659389	60km/h	2
0.609136	60km/h	2
0.602087	60km/h	2
0.610352	60km/h	2
0.632165	60km/h	2
0.689472	60km/h	2
1.035869	60km/h	2

0.329492	60km/h	2
1.211096	60km/h	2
0.824379	60km/h	2
1.030399	60km/h	2
1.446167	60km/h	2
0.982784	60km/h	2
0.906083	60km/h	2
0.876959	60km/h	2
1.440606	60km/h	2
0.713756	60km/h	2
0.787184	60km/h	2
1.121385	60km/h	2
1.003807	60km/h	3
1.987811	60km/h	3
0.777677	60km/h	3
1.16385	60km/h	3
0.995099	60km/h	3
0.801497	60km/h	3
0.772198	60km/h	3
0.9655	60km/h	3
1.066862	60km/h	3
0.768706	60km/h	3
1.058161	60km/h	3
0.570585	60km/h	3
0.593864	60km/h	3
0.337794	60km/h	3
0.859777	60km/h	3
0.916926	60km/h	3
0.545162	60km/h	3
1.009986	60km/h	3
1.129	60km/h	3
1.146888	60km/h	3
0.705259	60km/h	3
0.348112	60km/h	3
0.438135	60km/h	3
0.89822	60km/h	3
0.764999	60km/h	3
0.85947	60km/h	3
0.402022	60km/h	3
0.492197	60km/h	3
0.962068	60km/h	3
0.680974	60km/h	3
0.548381	60km/h	3
0.618716	60km/h	3
0.399866	60km/h	3
0.889511	60km/h	3
1.056457	60km/h	3
1.109567	60km/h	3
1.284167	60km/h	3
1.324002	60km/h	3
0.684206	60km/h	3
1.358591	60km/h	3
1.057232	60km/h	3
0.585252	60km/h	3
0.92542	60km/h	3
0.687982	60km/h	3
0.970208	60km/h	4
1.17423	60km/h	4
0.904759	60km/h	4
0.900959	60km/h	4
0.881115	60km/h	4



Nilai Rata-rata di Jalan Tol (Alat 1)

0.560489	60km/h	4
0.447117	60km/h	4
0.761183	60km/h	4
0.931876	60km/h	4
0.785848	60km/h	4
0.960633	60km/h	4
0.682218	60km/h	4
0.588099	60km/h	4
0.379983	60km/h	4
1.068441	60km/h	4
1.048931	60km/h	4
0.611742	60km/h	4
1.008818	60km/h	4
0.739561	60km/h	4
0.741914	60km/h	4
0.741169	60km/h	4
0.608477	60km/h	4
0.473223	60km/h	4
0.849753	60km/h	4
0.843049	60km/h	4
0.655571	60km/h	4
0.438835	60km/h	4
0.499665	60km/h	4
1.121032	60km/h	4
0.435232	60km/h	4
0.635989	60km/h	4
0.831313	60km/h	4
0.343557	60km/h	4
0.809623	60km/h	4
0.636468	60km/h	4
0.894308	60km/h	4
2.02104	60km/h	4
1.161847	60km/h	4
0.60545	60km/h	4
0.912544	60km/h	4
1.516281	60km/h	4
0.853692	60km/h	4
0.657376	60km/h	4
0.747651	60km/h	4
1.274241	60km/h	5
1.169889	60km/h	5
1.023789	60km/h	5
0.849392	60km/h	5
0.728967	60km/h	5
0.578248	60km/h	5
0.780478	60km/h	5
1.099489	60km/h	5
1.291791	60km/h	5
0.954773	60km/h	5
1.023	60km/h	5
0.532305	60km/h	5
0.7495	60km/h	5
0.520959	60km/h	5
0.552292	60km/h	5
0.656852	60km/h	5
0.753263	60km/h	5
1.23554	60km/h	5
0.649682	60km/h	5
0.906714	60km/h	5
0.483238	60km/h	5
0.904352	60km/h	5

0.994088	60km/h	5
0.863049	60km/h	5
1.090226	60km/h	5
0.576025	60km/h	5
0.373714	60km/h	5
0.772993	60km/h	5
0.979971	60km/h	5
0.487935	60km/h	5
0.853471	60km/h	5
0.728674	60km/h	5
0.392825	60km/h	5
0.904341	60km/h	5
1.18186	60km/h	5
0.888411	60km/h	5
2.344915	60km/h	5
1.547455	60km/h	5
0.925604	60km/h	5
1.206021	60km/h	5
0.986471	60km/h	5
1.066515	60km/h	5
0.709171	60km/h	5
1.102153	60km/h	5
1.393069	80km/h	1
1.177241	80km/h	1
0.805048	80km/h	1
0.711462	80km/h	1
0.643901	80km/h	1
0.554193	80km/h	1
0.907313	80km/h	1
0.844007	80km/h	1
1.135058	80km/h	1
0.418741	80km/h	1
0.370069	80km/h	1
0.369961	80km/h	1
0.941401	80km/h	1
0.561105	80km/h	1
0.807705	80km/h	1
0.70354	80km/h	1
1.183109	80km/h	1
1.089975	80km/h	1
0.581813	80km/h	1
0.883432	80km/h	1
0.535036	80km/h	1
0.505173	80km/h	1
0.545231	80km/h	1
0.71801	80km/h	1
0.771895	80km/h	1
0.932605	80km/h	1
0.803441	80km/h	1
0.72606	80km/h	1
0.63964	80km/h	1
0.495785	80km/h	1
0.670514	80km/h	1
0.862344	80km/h	1
0.404592	80km/h	1
0.838415	80km/h	1
0.638807	80km/h	1
0.880611	80km/h	1
0.785645	80km/h	1
0.531641	80km/h	1
0.721799	80km/h	1

0.994439	80km/h	1
1.077122	80km/h	1
0.988506	80km/h	1
1.017863	80km/h	1
0.688993	80km/h	1
1.743009	80km/h	2
1.152613	80km/h	2
1.066464	80km/h	2
0.753678	80km/h	2
1.031367	80km/h	2
0.856389	80km/h	2
0.796186	80km/h	2
0.562238	80km/h	2
1.10759	80km/h	2
0.655139	80km/h	2
1.067632	80km/h	2
0.673331	80km/h	2
0.905224	80km/h	2
0.529135	80km/h	2
0.748565	80km/h	2
1.044224	80km/h	2
0.882341	80km/h	2
1.392311	80km/h	2
0.525355	80km/h	2
1.025544	80km/h	2
1.089687	80km/h	2
0.979442	80km/h	2
0.556515	80km/h	2
0.726749	80km/h	2
0.620506	80km/h	2
0.691535	80km/h	2
0.490122	80km/h	2
0.791264	80km/h	2
0.939215	80km/h	2
0.500129	80km/h	2
0.483272	80km/h	2
0.652545	80km/h	2
0.314689	80km/h	2
0.972718	80km/h	2
0.952811	80km/h	2
0.808146	80km/h	2
0.676656	80km/h	2
0.567044	80km/h	2
0.964159	80km/h	2
0.740399	80km/h	2
1.059696	80km/h	2
1.102811	80km/h	2
0.714157	80km/h	2
0.680402	80km/h	2
1.822239	80km/h	3
1.112481	80km/h	3
0.791938	80km/h	3
1.142988	80km/h	3
1.545081	80km/h	3
0.466225	80km/h	3
1.041534	80km/h	3
0.730289	80km/h	3
0.660495	80km/h	3
0.573189	80km/h	3
0.933241	80km/h	3
0.550566	80km/h	3



Nilai Rata-rata di Jalan Tol (Alat 1)

0.688749	80km/h	3
0.768334	80km/h	3
0.567267	80km/h	3
1.019174	80km/h	3
1.269635	80km/h	3
1.22738	80km/h	3
0.668551	80km/h	3
0.750073	80km/h	3
0.653944	80km/h	3
0.705852	80km/h	3
0.483752	80km/h	3
0.807254	80km/h	3
0.744916	80km/h	3
0.798827	80km/h	3
0.504867	80km/h	3
0.592099	80km/h	3
0.743652	80km/h	3
0.477484	80km/h	3
0.550829	80km/h	3
0.914882	80km/h	3
0.600665	80km/h	3
0.573972	80km/h	3
0.896207	80km/h	3
1.252377	80km/h	3
0.48534	80km/h	3
0.637341	80km/h	3
0.650866	80km/h	3
1.619199	80km/h	3
1.491078	80km/h	3
1.280597	80km/h	3
0.573689	80km/h	3
0.488888	80km/h	3
1.384311	80km/h	4
1.131885	80km/h	4
1.119263	80km/h	4
0.762369	80km/h	4
0.940999	80km/h	4
0.76548	80km/h	4
0.741639	80km/h	4
1.084273	80km/h	4
0.659268	80km/h	4

0.734222	80km/h	4
0.366844	80km/h	4
0.764717	80km/h	4
0.785156	80km/h	4
0.675424	80km/h	4
0.942217	80km/h	4
1.096826	80km/h	4
0.745579	80km/h	4
1.22821	80km/h	4
0.789344	80km/h	4
0.79326	80km/h	4
0.652061	80km/h	4
0.847066	80km/h	4
0.598367	80km/h	4
0.610959	80km/h	4
0.696075	80km/h	4
0.993572	80km/h	4
0.563854	80km/h	4
0.591663	80km/h	4
0.820314	80km/h	4
0.378097	80km/h	4
0.522939	80km/h	4
0.833037	80km/h	4
0.43049	80km/h	4
0.583631	80km/h	4
0.586594	80km/h	4
0.940572	80km/h	4
0.645745	80km/h	4
0.649074	80km/h	4
0.618214	80km/h	4
1.067945	80km/h	4
1.066419	80km/h	4
0.587723	80km/h	4
0.800056	80km/h	4
1.065743	80km/h	4
2.102915	80km/h	5
1.035091	80km/h	5
0.88059	80km/h	5
0.748346	80km/h	5
0.812305	80km/h	5
0.407644	80km/h	5

0.557534	80km/h	5
0.935676	80km/h	5
0.694448	80km/h	5
0.743953	80km/h	5
0.759477	80km/h	5
0.537854	80km/h	5
0.534075	80km/h	5
1.044612	80km/h	5
0.77612	80km/h	5
1.041009	80km/h	5
1.224217	80km/h	5
0.966672	80km/h	5
0.884754	80km/h	5
0.909118	80km/h	5
0.789492	80km/h	5
0.755585	80km/h	5
0.579535	80km/h	5
0.834941	80km/h	5
0.634183	80km/h	5
0.952638	80km/h	5
0.509704	80km/h	5
0.414411	80km/h	5
0.913363	80km/h	5
0.496501	80km/h	5
0.461671	80km/h	5
1.010837	80km/h	5
0.315617	80km/h	5
0.372597	80km/h	5
0.766796	80km/h	5
0.851315	80km/h	5
0.850978	80km/h	5
0.724051	80km/h	5
1.134724	80km/h	5
1.293663	80km/h	5
0.812872	80km/h	5
0.54767	80km/h	5
0.39364	80km/h	5
0.458719	80km/h	5



Nilai Rata-rata di Jalan Kota

Percobaan di Jakarta

IRI (mm/m)	Type	Measurement Number
8.598053801	Low-speed/Damage	1
11.67001298	Low-speed/Damage	1
17.11384318	Low-speed/Damage	2
8.094033934	Low-speed/Damage	2
8.668966778	Low-speed/Damage	2
8.607048608	Low-speed/Damage	3
10.98892513	Low-speed/Damage	3
8.618746346	Low-speed/Damage	4
9.179470786	Low-speed/Damage	4
8.96875194	Low-speed/Damage	5
9.601681302	Low-speed/Damage	5
9.508544146	Low-speed/Damage	5
8.152307545	Medium-speed/Damage	1
8.331640599	Medium-speed/Damage	1
7.847539151	Medium-speed/Damage	2
9.254212168	Medium-speed/Damage	2
6.616386157	Medium-speed/Damage	3
6.392996197	Medium-speed/Damage	3
10.52900032	Medium-speed/Damage	4
10.39580402	Medium-speed/Damage	4
6.923043841	Medium-speed/Damage	5
8.374193862	Medium-speed/Damage	5
6.782458456	Low-speed/Normal	1
17.30226977	Low-speed/Normal	1
4.882929302	Low-speed/Normal	2
6.012102128	Low-speed/Normal	2
7.030617404	Low-speed/Normal	3
9.848752738	Low-speed/Normal	3
5.697881875	Low-speed/Normal	4
5.911040445	Low-speed/Normal	4
5.511249256	Low-speed/Normal	5
6.332364907	Low-speed/Normal	5
5.278496349	Medium-speed/Normal	1
8.795900547	Medium-speed/Normal	1
6.952741552	Medium-speed/Normal	2
8.918306114	Medium-speed/Normal	2
7.053159967	Medium-speed/Normal	3
8.011870311	Medium-speed/Normal	3
6.456734052	Medium-speed/Normal	4
5.367109449	Medium-speed/Normal	4
5.953758884	Medium-speed/Normal	5
5.780669151	Medium-speed/Normal	5

Percobaan di Sukabumi

IRI (mm/m)	Section
2.101321	1
6.021777	2
9.269828	3
4.274976	4
1.766244	5
3.176487	6
5.349297	7
1.940456	8

Percobaan di Tebing Tinggi

IRI (mm/m)	Section
20.39575	1
13.56559	2
16.36248	3
37.31722	4



B – Format Ringkasan Rencana Jangka Menengah (Contoh)

<p style="text-align: center;">Sistem Manajemen Jalan Kota Ringkasan Rencana Jangka Menengah Nama Kota: Sukabumi Periode Perencanaan: 2023 - 2027 Skenario Analisis Anggaran: *****</p>						
Tahun	Biaya Pemeliharaan (Mil. IDR)					Catatan
	Pemeliharaan Rutin	Pemeliharaan Berkala	Rehabilitasi	Rekonstruksi	Total	
2023						
2024						
2025						
2026						
2027						

C – Format Detail Rencana Jangka Menengah (Contoh)

<p style="text-align: center;">Sistem Manajemen Jalan Kota Detail Rencana Jangka Menengah Nama Kota: Sukabumi Periode Perencanaan: 2023 - 2027 Skenario Analisis Anggaran: *****</p>								
Nama Jalan	Kode Ruas	Panjang Jalan (m)	Target Tahun Pemeliharaan	Jenis Pemeliharaan	Biaya Pemeliharaan (Mil. IDR)			Catatan
					Perkerasan Jalan (a)	Fasilitas Jalan (b)	Total (a + b)	
Jalan Balai Desa	22.05.0009_2	100	2023	Rehabilitasi	100,000	1,000	101,000	



D –Format Detail Daftar Pekerjaan untuk Rencana Jangka Menengah dan Tahunan (Contoh)

City Road Management System																	
Medium-Term Plan																	
City Name: Sukabumi																	
Planning Period: 2023 - 2027																	
Detailed Work List for Road Facility																	
Road Name	Section Code	Chainage (Station)		Section Length (m)	Facility Name	Inspection Year	Predicted Damage Severity	Total Priority	Maintenance Work Information								
		From	To						Target Maintenance Year	Inflation Rate (%)	Repair Method	Maintenance Type	Maintenance Quantity (m2)	Unit Cost	Unit Cost Year	Maintenance Cost	Remarks
Jalan Balai Desa	22.05.0009_2	0+900	1+000	100		2022	4.35	1	2023	1.5	Major Repair	Rehabilitation	100	1,000	2023	100,000	
Jalan Mesjid	22.05.0175_4	1+200	1+226.34	26.34		2022	4.35	1	2023	1.5	Major Repair	Rehabilitation	89	1,000	2023	89,000	
Jalan Balai Desa	22.05.0009_1	3+500	4+000	100		2022	3.28	1	2023	1.5	Medium Repair	Periodic/Regular	50	100,000	2023	5,000,000	

City Road Management System																		
Annual Plan																		
City Name: Sukabumi																		
Planning Year: 2023																		
Detailed Work List for Pavement																		
Road Name	Section Code	Chainage (Station)		Section Length (m)	Pavement Width (m)	Inspection Year	Predicted Damage Severity	Total Priority	Maintenance Work Information									
		From	To						Target Maintenance Year	Inflation Rate (%)	Pavement Type	Repair Method	Maintenance Type	Maintenance Quantity (m2)	Unit Cost	Unit Cost Year	Maintenance Cost	Remarks
Jalan Balai Desa	22.05.0009_2	0+900	1+000	100	5	2022	4.35	1	2023	1.5	AC	Structural Overlay	Rehabilitation	500	1,000	2023	500,000	
Jalan Mesjid	22.05.0175_4	1+200	1+226.34	26.34	5	2022	4.35	1	2023	1.5	AC	Structural Overlay	Rehabilitation	131.7	1,000	2023	131,700	
Jalan Balai Desa	22.05.0009_1	3+500	4+000	100	10	2022	3.28	1	2023	1.5	AC	Overlay 4 cm	Periodic/Regular	1000	100,000	2023	100,000,000	



E –Format Ringkasan Rencana Tahunan (Contoh)

<p style="text-align: center;">City Road Management System Ringkasan Rencana Tahunan Nama Kota: Sukabumi Tahun Perencanaan: 2023 Skenario Analisa Anggaran: *****</p>						
Tahun	Biaya Pemeliharaan (Mil. IDR)					Catatan
	Pemeliharaan Rutin	Pemeliharaan Berkala	Rehabilitasi	Rekonstruksi	Total	
2023						

F –Format Detail Rencana Tahunan (Contoh)

<p style="text-align: center;">City Road Management System Detail Rencana Tahunan Nama Kota: Sukabumi Tahun Perencanaan: 2023 Skenario Analisa Anggaran: *****</p>								
Nama Jalan	Kode Ruas	Panjang Jalan (m)	Target Tahun Pemeliharaan	Jenis Pemeliharaan	Biaya Pemeliharaan (Mil. IDR)			Keterangan
					Perkerasan Jalan (a)	Fasilitas Jalan (b)	Total (a + b)	
Jalan Balai Desa	22.05.0009_2		2023	Rehabilitasi	100,000	1,000	101,000	
Jalan Mesjid	22.05.0175_4		2023	Rehabilitasi	26,340	1,000	27,340	
Jalan Balai Desa	22.05.0009_1		2023	Berkala/Reguler	10,000,000	2,000	10,002,000	
Jalan Mesjid	22.05.0175_1		2023	Berkala/Reguler	10,000,000	2,000	10,002,000	
Jalan Mesjid	22.05.0175_2		2023	Berkala/Reguler	10,000,000	1,500	10,001,500	



Lampiran F
(Informatif)
Refleksi dari *Pilot Project*

A. Aplikasi CPHMA

Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) adalah campuran aspal yang mengandung Asbuton dan bahan tambahan lainnya, yang telah campur merata di pabrik dan dipasarkan untuk siap dihampar dan dipadatkan secara dingin (temperatur udara). Produk ini menjadi salah satu alternatif khususnya untuk pembangunan jalan di daerah yang mempunyai keterbatasan ketersediaan Unit Pencampur Aspal (*Asphalt Mixing Plant*).

1. Deskripsi

Pekerjaan ini meliputi pengadaan *Cold Paving Hot Mix Asbuton* (CPHMA) dalam kemasan yang terdiri dari agregat bergradasi tertentu, asbuton granular, bahan peremajaan/*rejuvenating* dan bahan tambah (*additive*) lainnya sesuai kebutuhan, yang sesuai dengan persyaratan Seksi ini dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu dan pada permukaan yang telah disiapkan.

Campuran dirancang pada Seksi ini untuk memastikan bahwa asumsi desain yang berkaitan dengan tingkat aspal, rongga udara, stabilitas, fleksibilitas, dan durabilitas telah sesuai dengan rencana lalu lintas. Campuran ini dapat digunakan baik sebagai lapisan perata/*levelling* maupun lapisan permukaan dan dapat disebar lebih dari satu lapisan.

Jenis campuran dan ketebalan lapisan CPHMA harus sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar. CPHMA dapat digunakan untuk melapisi permukaan badan jalan dan bahu jalan, yang dapat digunakan untuk menambal material sesuai kondisi lalu lintas.

2. Material

Apabila material CPHMA sudah dibuka atau dalam bentuk curah sebaiknya digunakan sebelum berumur 3 hari, sedangkan material CPHMA dalam kemasan kantong dapat disimpan sampai berumur 3 bulan atau lebih, sesuai dengan rekomendasi dari Produsen dan disetujui oleh Pengawas Konstruksi. Untuk memudahkan penanganannya, material CPHMA dapat dikemas dengan berat 20 – 40 kg dalam kemasan yang kuat dan kedap air. Bahan CPHMA diproduksi dengan formula campuran dan teknik pencampuran yang disetujui dan diawasi oleh Produsen untuk menjamin kualitas material CPHMA. Produsen material CPHMA bertanggung jawab atas kualitas material CPHMA selama masa pakai yang disebutkan di atas.

3. Campuran

CPHMA terdiri dari agregat, asbuton, bahan peremajaan/*rejuvenating* dan bahan tambahan lainnya sesuai kebutuhan. Secara visual CPHMA harus homogen, tidak ber-segregasi dan menyelimuti permukaan agregat dengan aspal lebih dari 90%. Ukuran nominal maksimum agregat untuk CPHMA adalah 12,5 mm.



4. Gradasi Agregat CPHMA Hasil Ekstraksi

Tabel A – Spesifikasi gradasi agregat CPHMA

Ukuran Ayakan		% Berat Lolos dari Agregat Total
ASTM	(mm)	
3/4"	19	100
1/2"	12.5	90 - 100
No.4	4.75	45 - 70
No.8	2.36	30 - 55
No.50	0.300	12 - 25
No.200	0.075	6 - 15

5. Hasil ekstraksi aspal

Kadar dan Sifat Aspal hasil ekstraksi CPHMA harus memenuhi persyaratan di bawah ini.

Tabel B – Kadar dan sifat/properties aspal hasil ekstraksi CPHMA

Deskripsi	Persyaratan
Kadar Aspal (%)	6 - 8
Karakteristik Bitumen/Aspal yang diekstraksi	
Penetrasi 25°C, 100 g. 5 detik (0.1 mm).	Min.100
Titik Lembek. (°C)	Min. 40
Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit (cm)	Min. 100

6. Sifat/Properties Hasil Uji *Marshall* CPHMA

Sifat CPHMA yang dipadatkan dengan alat pemadat *Marshall* dengan tumbukan 2 x 75 pada suhu pemadatan 30°C (\pm 3°C) harus memenuhi ketentuan di bawah ini.

Tabel C – Ketentuan sifat campuran CPHMA

Sifat Campuran CPHMA	CPHMA Padat	
Jumlah pukulan setiap bagian	75	
Rongga pada campuran (%)	Min.	4
	Max.	10
Rongga pada agregat mineral (VMA) (%)	Min.	16
Rongga yang diisi aspal (%)	Min.	60
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg), suhu ruangan	Min.	500
Stabilitas <i>Marshall</i> tetahan (%) setelah perendaman 24 jam pada ruangan	Min.	60





Gambar A – CPHMA (SOLUSI)

B. Aplikasi TCM

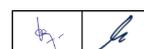
Tambalan Cepat Mantap (TCM) merupakan material penambal siap pakai dengan campuran aspal yang setelah diaplikasikan dapat langsung dibuka untuk lalu lintas.

Bahan TCM dapat disediakan dalam kantong tahan air atau dalam bentuk curah. Bahan TCM dalam kemasan dan curah harus disimpan di ruangan yang terlindung dari hujan dan sinar matahari, sebaiknya tidak ditumpuk dengan ketinggian lebih dari 2 meter.

1. Material

Material TCM dalam bentuk curah sebaiknya digunakan sebelum berumur 3 hari, sedangkan bahan TCM dalam kemasan *pouch* dapat disimpan sampai berumur 3 bulan atau lebih, sesuai anjuran penyedia. Untuk memudahkan penanganannya, material TCM dikemas dengan berat 20 – 40 kg dalam kemasan yang kuat dan kedap udara. Bahan TCM diproduksi dengan formula campuran dan teknik pencampuran yang disetujui dan diawasi oleh penyedia untuk menjamin kualitas material TCM. Pemasok bahan TCM bertanggung jawab atas kualitas material selama masa pakai yang disebutkan di atas. Kemasan material TCM yang disediakan oleh penyedia berisi informasi:

- 1) Deskripsi nama material TCM;
- 2) Nama varian produk;
- 3) Nama perusahaan (*supplier*) dan logo; dan
- 4) Tanggal produksi.



2. Gradasi Agregat TCM Hasil Ekstraksi

Tabel D – Gradasi agregat dari hasil ekstraksi TCM

Ukuran Ayakan		% Berat Lolos dari Agregat Total	
ASTM	(mm)	Gradasi Padat	Gradasi Terbuka
3/4"	19	100	100
1/2"	12.5	90 - 100	90 - 100
3/8"	9.5	77 - 90	80 - 100
No.4	4.75	53 - 69	25 - 80
No.8	2.36	33 - 53	16 - 35
No.16	1.18	21 - 40	-
No.30	0.60	14 - 30	-
No.50	0.30	9 - 22	-
No.100	0.150	6 - 15	-
No.200	0.075	4 - 10	6 - 11

3. Isi dan Properties Aspal TCM Hasil Ekstraksi

Tingkat dan Sifat Aspal dari ekstraksi TCM harus memenuhi persyaratan di bawah ini.

Tabel E – Properties hasil ekstraksi TCM

Deskripsi	Persyaratan
Kadar Aspal, (%)	5.5 - 7.0
Karakteristik Bitumen yang diekstraksi	
Penetrasi 25°C, 100 g. 5 detik (0.1 mm).	Min.50

4. Ketentuan untuk Properties Campuran TCM

Sifat-sifat/*Properties* TCM yang dipadatkan dengan alat pemadat *Marshall* 2 x 75 pukulan pada suhu pemadatan 30°C (\pm 3°C) harus memenuhi ketentuan di bawah ini.

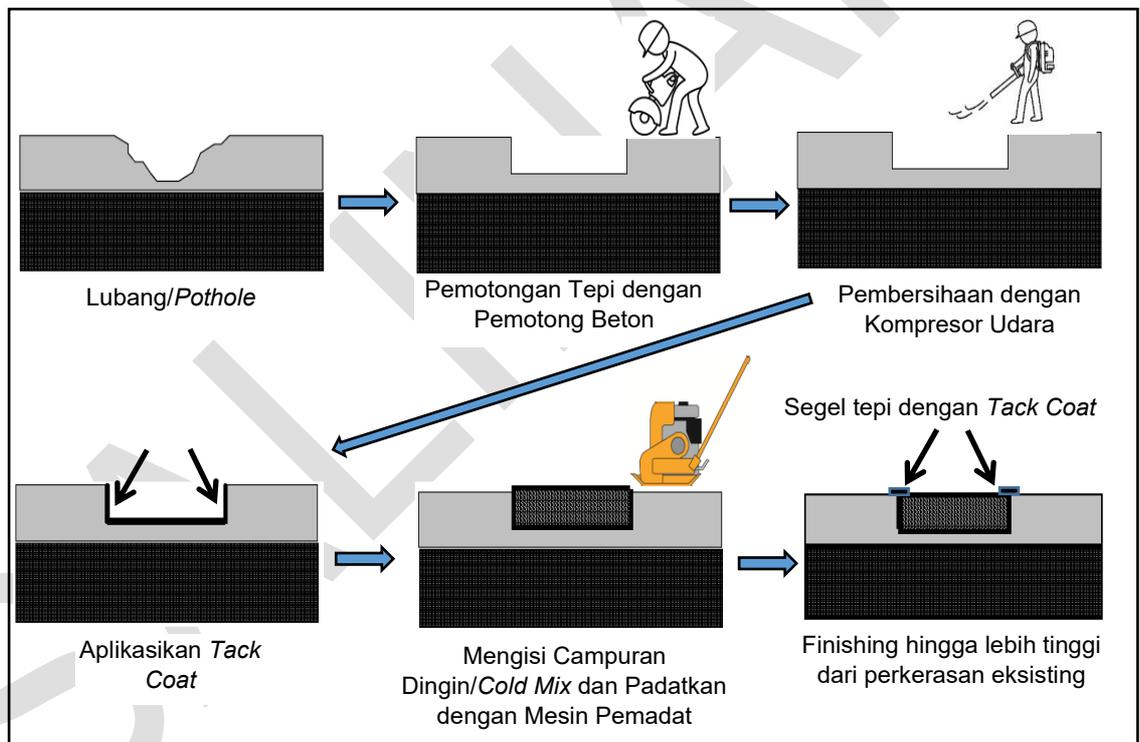
Tabel F – Properties campuran TCM

Sifat/ <i>Properties</i> Campuran TCM		TCM Padat
Jumlah pukulan setiap bagian		75
Rongga pada campuran (%)	Min.	4
	Max.	7
Rongga pada agregat mineral (VMA) (%)	Min.	16
<i>Flow</i> , mm	Min.	2
	Max.	5
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg), suhu ruangan	Min.	700
Stabilitas <i>Marshall</i> tetahan (%) setelah perendaman 24 jam pada ruangan	Min.	60





Gambar B–TCM (JMTM-31)



Gambar C – Prosedur kerja penambalan lubang

C. Aplikasi Aqua Patch (Produk Jepang)

1. Latar Belakang

AQUA PATCH adalah solusi perbaikan permanen yang siap pakai untuk aplikasi aspal dan beton. AQUA PATCH adalah produk beton aspal *liquid-active* yang menggunakan campuran bahan aditif organik yang ramah lingkungan, aman, dan tidak beracun untuk menghasilkan pengerasan secara kimiawi pada campuran aspal.



Produk ini tidak menghasilkan limbah pembilasan atau penguapan hidrokarbon dan dapat digunakan di semua jenis cuaca – dingin, hangat, basah, atau kering.

2. Rekomendasi Penggunaan

AQUA PATCH direkomendasikan untuk digunakan sebagai solusi perbaikan permanen pada lubang dengan kedalaman lebih dari 25 mm dan defisiensi lainnya pada jalan beton atau aspal, namun hindari penggunaan *AQUA PATCH* untuk sebagai aplikasi perata. Produk ini dapat dengan cepat diterapkan pada semua volume jalan raya di sebagian besar kondisi iklim, sehingga mengurangi dampaknya terhadap masyarakat yang berkomuter. Aspal ini tersedia dengan mudah sedangkan aspal campuran panas mungkin tidak mudah disediakan karena kondisi cuaca, lokasi remote, atau situasi darurat.

3. Rekomendasi Penanganan dan Penyimpanan

Umur penyimpanan produk di dalam karung/kantong adalah enam bulan. Jaga agar *AQUA PATCH* tetap kering, dan jauh dari kelembapan selama penyimpanan. Karung/kantong plastik memberikan ketahanan terhadap udara. Gunakan produk segera setelah membuka karung tersebut.

4. Rekomendasi Instalasi

- a. Buang semua material lepas dari area yang akan diperbaiki.
- b. Tempatkan *AQUA PATCH* pada area yang akan diperbaiki
- c. *Pothole*/Lubang harus memiliki kedalaman minimal 40mm.
- d. Basahi dengan air dan padatkan
- e. Untuk perbaikan mendalam, *AQUA PATCH* sebaiknya ditempatkan pada lapisan setebal 50mm. Cairan harus ditambahkan di antara lapisan, tetapi hanya dipadatkan setelah area terisi hingga rata.
 - 1) Air/kelembapan di area perbaikan tidak menjadi masalah. Faktanya, *AQUA PATCH* adalah *liquid-activated*, oleh karena itu kelebihan air membantu mempercepat prosesnya. Dosis yang dianjurkan adalah 1L cairan per 15,9 kg (35lb) bahan *AQUA PATCH*. Kelebihan air tidak mempunyai efek buruk pada material dan hanya akan hilang seiring berjalannya waktu.
 - 2) *AQUA PATCH* dapat digunakan pada suhu di bawah 0°C, hanya apabila wadah *AQUA PATCH* tidak dibekukan.
 - 3) Untuk suhu di atas -10°C, air dapat digunakan sebagai cairan pengaktif. Di bawah -10°C, cairan aktivasi tidak boleh dibekukan pada suhu sekitar, sehingga larutan air garam atau antibeku yang tidak beracun dapat digunakan pada suhu yang sangat rendah.
- f. *AQUA PATCH* mengeras karena reaksi kimia. Jika air yang digunakan di bawah -10°C, air dan *AQUA PATCH* dapat membeku, dan reaksi kimia akan terhenti.
- g. *Ketika* suhu naik, reaksi kimia akan aktif kembali dan campuran akan mengeras.
 - 1) Suhu maksimum yang disarankan untuk aplikasi tidak boleh melebihi 50°C. Ketika diuji menurut AASHTO T-324-14, *AQUA PATCH* memenuhi spesifikasi tipikal untuk kedalaman alur dan *stripping inflection point* ketika ditahan pada suhu 50°C.

5. Instruksi Pelaksanaan

- Langkah Pertama : Buang kotoran yang lepas dan bersihkan area yang akan ditambal.
- Langkah Kedua : Tuangkan *AQUA PATCH* pada lubang tersebut.
- Langkah Tiga : Sebarkan dan ratakan. Jika lebih dalam dari 2 inci, aplikasikan dalam dua lapisan.



Langkah Keempat : Tuangkan air pada *AQUA PATCH* secara merata. Kelebihan air tidak merusak material atau mengganggu perbaikan.

Langkah Kelima : Padatkan dan biarkan satu jam agar lalu lintas siap.

6. Spesifikasi material

AQUA PATCH terdiri dari agregat yang pecah, pengikat aspal dan komponen khusus.

7. Agregat

Material agregat adalah campuran dari batu kapur/*limestone* dan pasir yang dihancurkan dari sumber yang disetujui DOT. Material tersebut memiliki sifat sebagai berikut: ASTM C-127, 128 Absorpsi 2,5%.

8. Pengikat Aspal (*Asphalt Binder*)

Jenis semen aspal yang digunakan memenuhi persyaratan pengikat/*binder* PG64-22 yang dipadukan dengan bahan *oil* yang sesuai antara 5,0-8,0% dari total berat campuran.

9. Gradasi Agregat

Tabel G – Gradasi agregat *AQUA PATCH*

Ayakan (mm)	Persen lolos (tipikal)	Spesifikasi
19.0	100	100
12.5	98	90-100
9.50	91	
4.75 (#4)	73	
2.36 (#8)	54	28-58
1.18 (#16)	41	
0.60 (#30)	30	
0.30 (#50)	20	
0.15 (#100)	11	
0.075 (#200)	7.8	2.0-10.0



10. Prosedur Kerja Penambalan Lubang dengan AQUA PATCH



Gambar D - Prosedur kerja penambalan lubang dengan AQUA PATCH



Gambar E - AQUA PATCH



D. Hasil *Monitoring Pilot Project* untuk JMTM-31 dan *AQUA PATCH*

Lubang/Pothole (Sebelum)

KOTA SUKABUMI

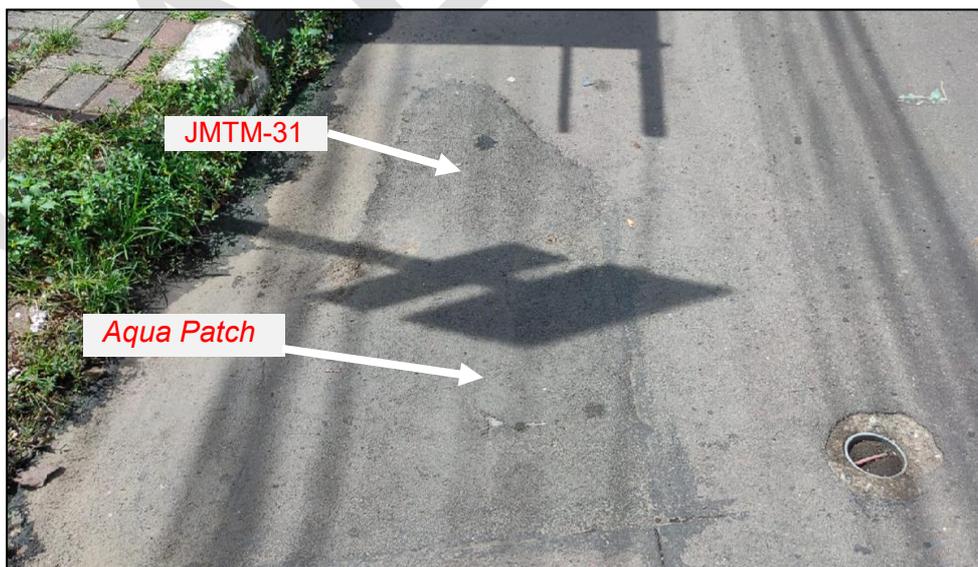


Gambar F – Lubang/*pothole* (sebelum) di Kota Sukabumi

- ✓ Area ini akan dikerjakan dengan *Aqua Patch* & *JMTM Cold Mix*
- ✓ Intrusi air ke lapis dasar jalan.
- ✓ Genangan air terlihat.
- ✓ Air harus dibuang selama konstruksi.

Lubang/Pothole (setelah 1 bulan)

KOTA SUKABUMI



Gambar G– Lubang/*pothole* (setelah 1 bulan) di Kota Sukabumi

Secara umum penambalan dalam kondisi baik, tekstur permukaan bahan *Aqua Patch* lebih halus dibandingkan *JMTM-31* dan memberikan kenyamanan lebih bagi penjemudi.



Lubang/Pothole (sebelum)

KOTA TEBING TINGGI

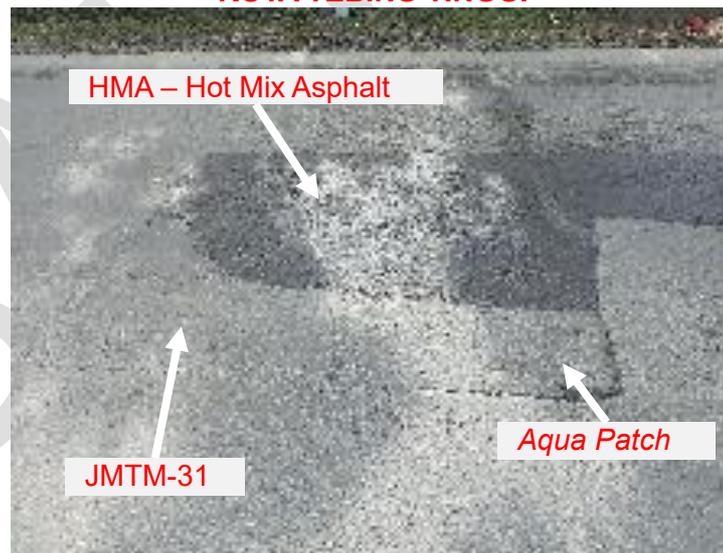


Gambar H- Lubang/*pothole* (sebelum) di Kota Tebing Tinggi

- ✓ Lokasi telah dipotong sebelumnya untuk *Hot Mix Asphalt* yang akan dilaksanakan pada awal November (2 minggu setelah penambalan *Pilot Project*)
- ✓ Dua Campuran Aspal Dingin akan digunakan untuk lubang ini
- ✓ Intrusi air ke dasar/pondasi jalan
- ✓ The roadbed is concrete pavement, and asphalt pavement is overlaid on it.

Lubang/Pothole (setelah 1 bulan)

KOTA TEBING TINGGI



Gambar I- Lubang/*pothole* (setelah 1 bulan) di Kota Tebing Tinggi

- ✓ Tekstur yang dihasilkan hot mix lebih halus dibandingkan *cold mix*, *Aqua Patch* dan *jmtm-31* tidak jauh berbeda dari segi kehalusannya
- ✓ Secara keseluruhan, dalam kondisi baik, namun kemungkinan *ravelling* akan muncul selama waktu layan.



E. Evaluasi Material Tambalan

Tabel H – Evaluasi Material Tambalan

Aspek	Evaluasi		Keterangan
	<i>Cold Mix Material (Aqua Patch)</i>	<i>Cold Mix Material (JMTM-3)</i>	
1. Ekonomis	Buruk	Sedang	Material <i>Aqua Patch</i> cukup mahal karena merupakan barang import dari Jepang. (Namun tidak mahal di Jepang).
2. Prosedur Kerja	Baik	Sedang	<i>Aqua Patch</i> dapat digunakan tanpa <i>tack coat</i> .
3. Kualitas	Baik	Sedang	<i>Aqua Patch</i> mengeras dengan air, memberikan kualitas yang baik bahkan pada kondisi hujan. Ukuran butiran halus dan memberikan kepadatan yang baik saat dipadatkan.
4. Keselamatan	Baik	Sedang	<i>Aqua Patch</i> siap digunakan tanpa di lepas/hancurkan dan hal ini dapat mempersingkat waktu kerja dan berkontribusi pada keselamatan.
5. <i>Workability</i>	Baik	Buruk	<i>Aqua Patch</i> siap digunakan tanpa di lepas/hancurkan dan menyediakan <i>workability</i> yang baik.

F. Hasil yang Diharapkan dan *Lesson Learned* dari Material Tambalan

Tabel I – Hasil yang diharapkan dan *lesson learned* untuk bahan tambalan

No.	Hasil yang Diharapkan	<i>Lesson Learned</i>
1	Penggunaan bahan (<i>Aqua Patch</i>) yang dapat digunakan pada cuaca hujan (musim hujan). Periksa ketahanan produk (<i>Aqua Patch</i>) dengan membandingkannya dengan campuran aspal dingin konvensional (JMTM-31).	Pemeliharaan perkerasan jalan pada cuaca hujan (musim hujan) menjadi mungkin dilakukan.
2	Pelaksanaan penambalan dengan menggunakan alat pemotong beton. Tidak ada pengupasan bahan penambal yang terjadi di bagian tepinya agar tetap baik.	Penggunaan pemotong beton pada bagian tepi diperlukan untuk mencegah terkelupasnya material penambal.



G. Aplikasi MD Seal (Produk Jepang)

Bahan perbaikan retak yang mengeras pada suhu kamar dengan mencampurkan dua cairan, emulsi aspal khusus konsentrasi tinggi (*main agent*) dan bahan pengeras/*hardening-agent*.

Rekomendasi penggunaan per botol

Retak: lebar 5mm x kedalaman 10mm x panjang 5m



Gambar J– MD seal (produk jepang)



Gambar K – Penyiapan untuk MD seal





10 detik

← ③Pencampuran

Tutup tutup wadah bahan utama dan segera kocok ke atas dan ke bawah selama kurang lebih 10 detik agar tercampur rata.



④Injeksi →

Setelah tercampur, segera buka tutup pada ujung wadah bahan utama dan tuang sepanjang retakan.

Gambar L – Aplikasi MD seal



← ⑤Pembukaan Lalu lintas

Bila sudah tidak lengket lagi bila ditekan dengan jari, lalu lintas bisa dibuka (sekitar 60 menit).

1 tahun kemudian



⑥Status setelah penggunaan →

Tidak mengelupas atau retak, kelembutan terjaga

Gambar M – Status setelah penggunaan MD seal



H. Hasil *Monitoring Pilot Project* untuk MD Seal

Segel retakan/crack sealant (sebelum)

KOTA SUKABUMI



Gambar N – *Crack sealant* (sebelum) di Kota Sukabumi

Retakan secara umum pada arah *longitudinal*.

Segel retakan/crack sealant (setelah 1 bulan)

KOTA SUKABUMI



Gambar O – *Crack sealant* (setelah 1 bulan) di Kota Sukabumi

Sealant dalam kondisi baik, hanya beberapa titik saja yang material MD Seal yang terkelupas.



Segel retakan/crack sealant (sebelum)

KOTA TEBING TINGGI

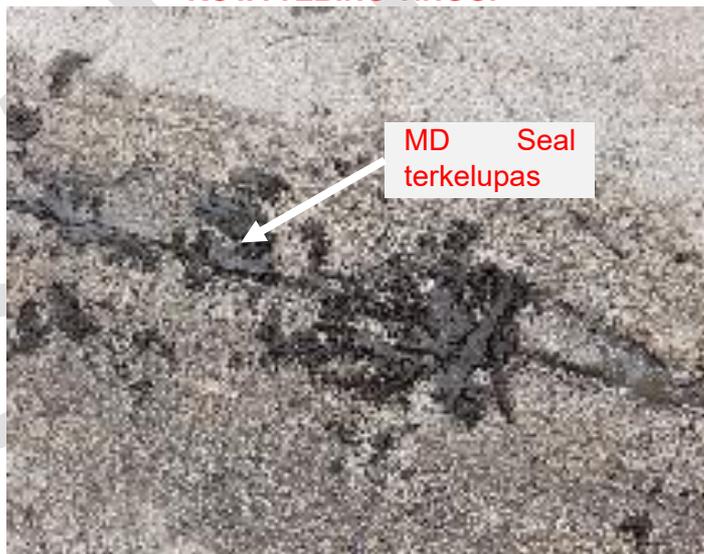


Gambar P – Crack sealant (sebelum) di Kota Tebing Tinggi

Injeksi Sealing akan diterapkan pada sambungan memanjang perkerasan beton

Segel retakan/crack sealant (setelah 1 bulan)

KOTA TEBING TINGGI



Gambar Q – Crack sealant (setelah 1 bulan) di Kota Tebing Tinggi

Material MD seal terkelupas. Kemungkinan konsekuensi dari tidak menggunakan blower/kompresor selama pembersihan dan berkurangnya daya rekat pada perkerasan beton.



I. Hasil yang Diharapkan dan *Lesson Learned* dari Penyegel Aspal/*Asphalt Sealer*

Tabel J – Hasil yang diharapkan dan *lesson learned* dari penyegel aspal

No.	Hasil yang Diharapkan	<i>Lesson Learned</i>
1	Injeksi penyegel/ <i>sealant</i> ke dalam retakan pada perkerasan untuk mencegah air masuk ke pondasi jalan dari retakan perkerasan,	Meningkatkan durabilitas perkerasan. Meskipun begitu pembersihan yang tepat diperlukan untuk mencegah pengupasan bahan <i>sealant</i> .

SALINAN

