



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM



**LAPIS FONDASI DAUR ULANG PERKERASAN EKSISTING DENGAN
SEMEN DAN ASPAL EMULSI**

SKh.1.5.26



2024



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

Jalan Pattimura Nomor 20, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12110, Telepon (021)-7203165, Faksimili (021) 7393938

Nomor : **BM0301-DB/1147**
Sifat : Biasa
Lampiran : Satu Berkas
Hal : Persetujuan Penggunaan Spesifikasi Khusus
Interim Lapis Fondasi Daur Ulang Perkerasan
Eksisting dengan Semen dan Aspal Emulsi

Jakarta, 18 Oktober 2024

Yth. 1. Sekretaris Direktorat Jenderal Bina Marga
2. Sekretaris Badan Pengatur Jalan Tol
3. Para Direktur di Direktorat Jenderal Bina Marga
4. Para Kepala Balai Besar/Balai Pelaksanaan Jalan Nasional
5. Para Kepala Balai Teknik di Direktorat Jenderal Bina Marga
6. Para Kepala Satuan Kerja di Direktorat Jenderal Bina Marga
di Tempat

Bersama ini disampaikan Dokumen Spesifikasi Khusus Interim, sebagai berikut:

No.	Nomor Spesifikasi Khusus Interim	Judul Dokumen
1.	SKh.1.5.26	Lapis Fondasi Daur Ulang Perkerasan Eksisting dengan Semen dan Aspal Emulsi

Spesifikasi Khusus Interim tersebut telah disetujui untuk dipergunakan menjadi acuan bagi para pemangku kepentingan di Direktorat Jenderal Bina Marga dalam pelaksanaan Lapis Fondasi Daur Ulang Perkerasan Eksisting dengan Semen dan Aspal Emulsi.

Demikian disampaikan, untuk dapat dipergunakan dengan penuh tanggung jawab.

Direktur Jenderal Bina Marga,

Rachman Arief Dienaputra
NIP 196606271996031001

Tembusan:

1. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
2. Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
3. Plt. Inspektur Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
4. Direktur Jenderal Bina Konstruksi, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
5. Kepala Badan Pengatur Jalan Tol.

SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM

SKh.1.5.26

LAPIS FONDASI DAUR ULANG PERKERASAN EKSISTING DENGAN SEMEN DAN ASPAL EMULSI

SKh.1.5.26.1 UMUM

1) Uraian

- a) Pekerjaan ini meliputi penyediaan lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi, yang berupa penyediaan atau pengadaan bahan, penggarukan atau pengupasan sebagian atau seluruh ketebalan lapis perkerasan beraspal eksisting (bilamana diperlukan) untuk menghasilkan ketebalan lapis perkerasan beraspal eksisting sesuai rancangan dan pengangkutannya keluar area pekerjaan, pencampuran, pemadatan, pembentukan permukaan (*shaping*), perawatan (*curing*), penyelesaian akhir (*finishing*), dan pekerjaan lainnya yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan ini sesuai dengan Spesifikasi Khusus, garis, kelandaian, ketebalan, dan penampang melintang sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar atau yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan.
- b) Lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi yang dimaksudkan dalam Spesifikasi Khusus ini adalah lapis fondasi menggunakan bahan atau agregat lapis perkerasan eksisting (agregat lapis fondasi dengan atau tanpa agregat lapis perkerasan beraspal) yang distabilisasi dengan semen dan aspal emulsi, dan akan digunakan sebagai lapis fondasi (langsung di bawah lapis perkerasan beraspal yang baru).
- c) Proses pencampuran agregat perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi dilakukan langsung di tempat (*in-place*) dan yang dalam Spesifikasi ini disebut juga dengan metode *In-place Recycling Base by Cement and Asphalt Emulsion* (yang selanjutnya disebut IRBCAE), kemudian dibentuk agar sesuai dengan garis, elevasi, ketebalan, dan penampang melintang yang ditunjukkan dalam Gambar atau sebagaimana yang diperintahkan atau disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
- d) Metode IRBCAE digunakan untuk jalan dengan lalu lintas ringan sampai dengan lalu lintas tinggi. Proses pelaksanaannya dilakukan dengan 3 (tiga) cara seperti terlihat pada Lampiran, Gambar SKh.1.5.26.1) dan Gambar SKh.1.5.26.2), yang terdiri atas:
 - i) Tanpa pengupasan (*unmilling*), jika lapis perkerasan beraspal eksisting memiliki tebal maksimum 10 cm;
 - ii) Dengan pengupasan (*milling*) sebagian lapis perkerasan beraspal eksisting, jika lapis perkerasan beraspal eksisting memiliki tebal lebih dari 10 cm. Pada kasus ini tidak dapat langsung dilakukan pekerjaan daur ulang dengan menggunakan metode IRBCAE, melainkan harus terlebih dahulu mengupas/menggaruk sebagian lapis perkerasan beraspal yang ada dengan alat pengupas atau penggaruk (*cold milling machine*) sebagai pra-proses. Setelah ketebalan lapis perkerasan beraspal eksisting mencapai 10 cm, selanjutnya dilakukan pekerjaan daur ulang dengan metode IRBCAE; dan

- iii) Dengan pengupasan (*milling*) seluruh ketebalan lapis perkerasan beraspal eksisting, jika agregat lapis perkerasan beraspal eksisting tidak digunakan atau elevasi permukaan jalan eksisting dipertahankan. Pada kasus ini, seluruh ketebalan lapis perkerasan eksisting dikupas/digaruk dengan menggunakan alat pengupas atau penggaruk dan dibuang atau dikeluarkan dari lokasi pekerjaan.
- e) Metode IRBCAE dapat diterapkan pada pekerjaan pembangunan dan rekonstruksi jalan nasional, jalan bebas hambatan atau jalan-jalan lainnya yang disebutkan dalam Syarat-Syarat Khusus Kontrak (SSKK).

2) Pekerjaan Spesifikasi Khusus Lain dan Seksi Lain dalam Spesifikasi Umum yang Berkaitan dengan Spesifikasi Khusus Ini

- a) Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas : Seksi 1.8
- b) Kajian Teknis Lapangan (*Field Engineering*) : Seksi 1.9
- c) Bahan dan Penyimpanan : Seksi 1.11
- d) Pemeliharaan Jalan yang Berdekatan dan Bangunan Pelengkapanya : Seksi 1.14
- e) Keselamatan dan Kesehatan Kerja : Seksi 1.19
- f) Manajemen Mutu : Seksi 1.21
- g) Penyiapan Badan Jalan : Seksi 3.3
- h) Lapis Fondasi Agregat : Seksi 5.1
- i) Stabilisasi Tanah (*Soil Stabilization*) : Seksi 5.4
- j) Lapis Fondasi Agregat Semen (CTB dan CTSB) : Seksi 5.5
- k) Lapis Resap Pengikat dan Lapis Perekat : Seksi 6.1
- l) Beton dan Beton Kinerja Tinggi : Seksi 7.1
- m) Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) : SKh-1.1.22

2) Toleransi Dimensi

- a) Elevasi permukaan akhir lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi harus mendekati elevasi rancangan dan tidak boleh berbeda lebih dari 1 cm dari elevasi rancangan pada titik manapun, kecuali disetujui oleh Pengawas Pekerjaan sehubungan dengan ketentuan pada Spesifikasi Khusus ini.
- b) Permukaan akhir lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi tidak boleh melampaui lebih dari 1 cm dari mistar lurus sepanjang 3 m yang diletakan dipermukaan jalan sejajar dengan sumbu jalan atau dari mal bersudut yang diletakan melintang.
- c) Tebal minimum lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi yang telah dihampar dan dipadatkan tidak boleh kurang dari 1 cm atau lebih dari tebal yang ditunjukkan dalam Gambar. Bilamana tebal yang diperoleh kurang dari yang disyaratkan maka kekurangan ketebalan ini harus diperbaiki sesuai yang disyaratkan pada Pasal SKh.1.5.26.7) kecuali disetujui oleh Pengawas Pekerjaan sehubungan dengan ketentuan yang diuraikan pada Tabel 5.5.8.1) dari Spesifikasi Umum.

3) Standar Rujukan

Standar Nasional Indonesia (SNI)

SNI 03-3642-1994	: Metode pengujian kadar residu aspal emulsi dengan penyulingan
SNI 05-6414:2002	: Spesifikasi timbangan yang digunakan pada pengujian bahan
SNI 2828:2011	: Metode uji densitas tanah di tempat (lapangan) dengan konus pasir
SNI 4798:2011	: Spesifikasi aspal emulsi kationik
SNI 1971:2011	: Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan
SNI ASTM C136:2012	: Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (ASTM C136-06, IDT)
SNI 3643-2012	: Metode uji persentase partikel aspal emulsi yang tertahan saringan 850 mikron
SNI 0302:2014	: Semen portland pozzolan
SNI 6889:2014	: Tata cara pengambilan contoh uji agregat (ASTM D75/ D75M-09, IDT)
SNI 03-6388-2015	: Spesifikasi agregat untuk lapis fondasi, lapis fondasi bawah dan bahu jalan
SNI 8321:2016	: Spesifikasi agregat beton
SNI 06-2489:2018	: Metode pengujian campuran aspal dengan alat <i>marshall</i>
SNI 2049:2021	: Semen portland
SNI 7064:2022	: Semen portland komposit
SNI 1974:2023	: Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder

American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO)

AASHTO T 59-22	: <i>Standard method of test for emulsified asphalts</i>
----------------	--

Japan Road Association

Japan Road Association 2019	: <i>Handbook for Asphalt Pavement</i>
-----------------------------	--

4) Pengajuan Kesiapan Kerja

Ketentuan Pasal 5.4.1.5) dan Pasal 5.5.1.5) dari Spesifikasi Umum harus berlaku, kecuali Pasal 5.4.1.5).f) dan Pasal 5.4.1.5).g).

Sebelum memulai pelaksanaan pekerjaan, dilakukan survei lokasi untuk memeriksa benda-benda bawah tanah, pipa, serta benda-benda yang dibangun di tepi jalan, lubang selokan, bahu jalan, titik-titik lemah, dan lain-lain sesuai yang diinstruksikan Pengawas Pekerjaan.

5) Cuaca yang Diizinkan untuk Bekerja

Ketentuan Pasal 5.5.1.6) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

6) Perbaikan Terhadap Lapis Fondasi Daur Ulang Perkerasan Eksisting dengan Semen dan Aspal Emulsi yang Tidak Memenuhi Ketentuan

Atas perintah Pengawas Pekerjaan, Penyedia Jasa harus memperbaiki lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi yang tidak memenuhi ketentuan sebagaimana diatur dalam Spesifikasi Khusus ini maupun Gambar dan ketentuan Pasal 5.5.1.7) dari Spesifikasi Umum.

7) Pengendalian Lalu Lintas

Ketentuan Pasal 5.5.1.8) dari Spesifikasi Umum harus berlaku dan pengendalian Lalu Lintas harus sesuai dengan ketentuan Seksi 1.8 Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas dan Spesifikasi Khusus SKh-1.1.22 Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi.

SKh.1.5.26.2 BAHAN DAN PERALATAN

1) Semen Portland

Ketentuan Pasal 5.4.2.1) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

2) Aspal Emulsi

Tipe aspal emulsi yang dapat digunakan adalah aspal emulsi kationik mengikat lambat (CSS-1 atau CSS-1h) sesuai persyaratan dalam Tabel SKh.1.5.26.1).

Tabel SKh.1.5.26.1) Spesifikasi Aspal Emulsi

No.	Pemeriksaan	Satuan	CSS-1		CSS-1h		Metode
			Min	Max	Min	Max	
	I. Tes dari Emulsi						
1	Viskositas, saybolt furol (25°C)	Detik	20	100	20	100	SNI 03-6832-2011
2	Storage stability 24 jam	%	-	1	-	1	SNI 03-6828-2012
3	Sieve test	%	-	0,1	-	0,1	SNI 3643-2012
4	Residu destilasi	%	57	-	57	-	SNI 03-3642-1994
5	Cement mixing test	%	-	< 2,0	-	< 2,0	SNI 03-6830-2002
	II. Tes Residu dari Destilasi						
1	Penetrasi 25°C, 100 gram, 5 detik	0,1 mm	100	250	40	90	SNI 2456 - 2011
2	Daktilitas pada suhu 25°C, cm/menit	cm	40	-	40	-	SNI 2432 - 2011
3	Kelarutan dalam trichloroethylene	%	97,5	-	97,5	-	SNI 2438:2015

3) Air

Ketentuan Pasal 7.1.2.2) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

4) Bahan Daur Ulang

Bahan daur ulang yang digunakan adalah bahan atau agregat perkerasan eksisting, yaitu campuran agregat lapis fondasi eksisting dengan atau tanpa agregat lapis perkerasan beraspal eksisting, yang memenuhi persyaratan gradasi gabungan atau campuran sesuai Tabel SKh.1.5.26.2). Bahan daur ulang perkerasan eksisting harus kering udara dan harus bebas dari bahan yang tidak dikehendaki.

Tabel SKh.1.5.26.2) Gradasi Agregat Lapis Fondasi Daur Ulang Perkerasan Eksisting dengan Semen dan Aspal Emulsi

Ukuran Ayakan		Persen Berat Lolos
ASTM	(mm)	Ayakan
2	50,0	100
1 ½	37,5	95 – 100
¾	19,0	50 – 100
No. 8	2,36	20 – 60
No. 200	0,075	0 – 15

5) Agregat Baru

Agregat baru, bilamana diperlukan untuk mendapatkan gradasi gabungan atau campuran sesuai yang disyaratkan atau untuk peningkatan elevasi, haruslah berupa batu pecah atau kerikil pecah, atau kombinasi dari beberapa bahan ini yang memenuhi persyaratan dalam SNI 03-6388-2015 dan harus memenuhi persyaratan agregat kelas A sesuai Tabel 5.1.2.2) dari Spesifikasi Umum, kecuali nilai CBR rendaman, perbandingan persentase lolos ayakan No. 200 dengan No. 40 dan koefisien keseragaman, tidak disyaratkan, dan bilamana dicampur dengan agregat perkerasan eksisting, harus memenuhi persyaratan sesuai Tabel SKh.1.5.26.2).

6) Peralatan

Peralatan yang digunakan pada metode ini terdiri dari beberapa jenis sesuai fungsinya. Peralatan-peralatan tersebut harus layak pakai dan dikalibrasi sesuai standar operasi peralatan yang berlaku. Peralatan meliputi alat penebar semen, alat pencampur, truk tangki aspal emulsi, truk tangki air, alat pemadat, *motor grader*, dan *cold milling machine* (apabila diperlukan). Peralatan dimobilisasi sesuai dengan ketentuan di dalam Kontrak dan disetujui Pengawas Pekerjaan. Berikut ini adalah peralatan yang digunakan:

a) Alat penebar semen

i) Alat penebar mekanis

Alat penebar mekanis (*cement spreader*) harus dilengkapi dengan timbangan untuk mengetahui jumlah semen tertebat atau terhampar. Alat ini dirancang untuk menjamin semen dihampar secara merata di atas lapis perkerasan yang didaur ulang. Alat ini juga harus mampu menghampar semen dengan lebar bervariasi 0,3 – 2,4 meter.

ii) Alat penebar manual

Alat penebar manual berupa penggaruk atau perata atau alat lainnya yang

sesuai, untuk menebarkan semen secara merata di atas lapis perkerasan yang didaur ulang. Penggunaan alat penebar manual ini hanya untuk pekerjaan yang tidak dapat dilakukan dengan cara mekanis.

- b) Truk tangki aspal emulsi
Kendaraan yang dirancang khusus untuk mengangkut aspal emulsi. Truk tangki aspal emulsi harus dilengkapi dengan pipa atau selang penyambung ke alat pencampur untuk menebarkan aspal emulsi selama pencampuran.
- c) Truk tangki air
Truk tangki air harus dilengkapi pipa penyebar air atau pipa penyambung ke alat pencampur untuk menambahkan air selama pencampuran basah (*wet mixing*).
- d) Alat pencampur
Alat pencampur sekaligus berfungsi sebagai alat penghancur atau penggembur lapis perkerasan yang didaur ulang. Alat pencampur ini harus dilengkapi alat penyemprot mekanis aspal emulsi dan air, dan memiliki kelengkapan sedemikian rupa sehingga mampu melakukan proses pencampuran secara homogen sampai kedalaman atau ketebalan yang sesuai dengan rencana. Spesifikasi teknis alat ini berupa:
 - i) Tipe roda dengan mobilitas tinggi yang dapat beroperasi secara fleksibel di semua jenis atau kondisi jalan.
 - ii) Dilengkapi dengan mekanisme untuk menambahkan aspal emulsi, air serta mengontrol jumlah aspal emulsi dan air yang ditambahkan.
 - iii) Memiliki sistem rotor yang mampu menghancurkan atau memecahkan gumpalan campuran beraspal sampai mencapai ukuran maksimum gumpalan 50 mm (100% lolos ayakan 50 mm) dan mampu menyesuaikan kedalaman penghancuran dengan benar.
 - iv) Kemampuan untuk menggeser (bergerak secara horizontal) sistem rotor untuk beradaptasi dengan lebar trotoar dan bahu jalan.
 - v) Sistem rotor harus diposisikan sedemikian rupa sehingga operator dapat memastikan posisi dan kondisi pencampurannya.
- e) Alat pemadat
 - i) Alat pemadat roda karet
Alat pemadat roda karet (*pneumatic tyre roller*) dengan kapasitas 10 ton sampai dengan 15 ton, digunakan untuk memadatkan bahan lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi. Alat pemadat roda karet ini dilengkapi sistem yang memungkinkan pengaturan tekanan udara dalam roda sesuai dengan kebutuhan.
 - ii) Alat pemadat roda besi halus
Alat pemadat roda besi halus (*smooth drum roller*) dengan kapasitas 10 ton sampai dengan 13 ton, digunakan untuk memadatkan bahan lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi dan pemadatan setelah pembentukan akhir.
- f) Alat pembentuk atau perata
Alat pembentuk atau perata (*motor grader*) digunakan untuk pembentukan atau penyesuaian elevasi akhir lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi.

- g) Alat pengupas atau penggaruk (*cold milling machine*)
Alat yang digunakan untuk pengupasan lapisan perkerasan beraspal tanpa pemanas, sampai mencapai kedalaman seperti yang ditunjukkan dalam Gambar atau sebagaimana yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan.

SKh.1.5.26.3 CAMPURAN

1) Komposisi Umum Campuran

Campuran untuk lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi terdiri dari agregat lapis fondasi dengan atau tanpa agregat lapis perkerasan beraspal yang telah disetujui, semen, aspal emulsi dan air. Kadar semen akan ditentukan oleh Pengawas Pekerjaan berdasarkan data hasil pengujian laboratorium dan percobaan lapangan, tetapi harus dalam rentang 3% – 5% terhadap berat total campuran. Demikianpun kadar aspal emulsi, akan ditentukan oleh Pengawas Pekerjaan berdasarkan gradasi campuran agregat lapis fondasi eksisting dengan atau tanpa agregat lapis perkerasan beraspal eksisting.

2) Rancangan Campuran

- a) Penyedia Jasa harus melakukan campuran percobaan (rancangan) di laboratorium di bawah Pengawas Pekerjaan, untuk menentukan:
- Kadar aspal emulsi (AE), %.
 - Kadar semen desain (C), %.
 - Kepadatan kering maksimum (MDD), g/cm³.
 - Kadar air optimum (OMC), %.
 - Kuat tekan bebas (UCS), Mpa.
 - Regangan primer (*primary displacement*), %.
 - Kekuatan residual (*residual strength*), %.
 - Penyerapan air, %.
- b) Prosedur rancangan campuran, mencakup langkah-langkah berikut (prosedur selengkapnya seperti ditunjukkan pada Lampiran Prosedur Rancangan dalam Spesifikasi Khusus ini):
- Survei, pengukuran ketebalan perkerasan eksisting, dan pengambilan contoh agregat yang akan didaur ulang.
 - Penentuan jumlah persentase pemakaian agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dan agregat lapis fondasi (berdasarkan rancangan ketebalan masing-masing lapis perkerasan yang didaur ulang).
 - Pengujian gradasi agregat lapis fondasi eksisting, agregat lapis perkerasan beraspal eksisting, analisis gradasi gabungan dari agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dan agregat lapis fondasi eksisting.
 - Penentuan kadar aspal emulsi dan variasi kadar semen.
 - Pengujian pemadatan.
 - Pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength*, UCS).
 - Penentuan kadar semen desain.

3) Sifat Campuran yang Disyaratkan

Sifat campuran untuk lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi harus memenuhi ketentuan yang diberikan pada Tabel SKh.1.5.26.3) dengan kadar semen dalam rentang 3% – 5%.

Tabel SKh.1.5.26.3) Sifat Campuran Lapis Fondasi Daur Ulang Perkerasan Eksisting dengan Semen dan Aspal Emulsi

Pengujian	Batas-batas Sifat (pada Umur Benda Uji 7 Hari)	Metode Pengujian
Kuat tekan bebas (<i>Unconfined Compressive Strength, UCS</i>), MPa	1,5 – 2,9	SNI 1974:2023
Kekuatan residual (<i>residual strength, UCS residual</i>), %	≥ 65	
Regangan primer (<i>primary displacement, l_1</i>), %	5 – 30	Japan Road Association, 2019

SKh.1.5.26.4 PERCOBAAN LAPANGAN (*FIELD TRIALS*)

- 1) Desain campuran dalam Spesifikasi Khusus ini harus dicoba di lapangan sepanjang minimum 25 m di dalam lokasi kegiatan pekerjaan atau sesuai diperintahkan Pengawas Pekerjaan, dimaksudkan untuk mendapatkan jumlah lintasan pemadatan dari masing-masing alat pemadat yang diperlukan untuk menghasilkan kepadatan lapangan sesuai yang disyaratkan.
- 2) Keefektifan penggilasan dan pemadatan, ditentukan segera setelah beberapa kali dilintasi oleh alat pemadat dengan memeriksa kepadatan lapangan menggunakan alat konus pasir (*sand cone*) sesuai SNI 2828:2011. Beberapa percobaan tambahan dengan variasi jumlah lintasan alat pemadat dapat dilakukan sesuai dengan instruksi Pengawas Pekerjaan, bilamana percobaan pertama dinilai tidak memenuhi ketentuan. Selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan hubungan antara jumlah lintasan dan kepadatan yang dicapai. Berdasarkan hubungan antara jumlah lintasan dan kepadatan yang dicapai tersebut, ditentukan jumlah lintasan yang optimum, yaitu jumlah lintasan yang diperlukan untuk menghasilkan kepadatan lapangan sesuai yang disyaratkan.
- 3) Bilamana Pengawas Pekerjaan menerima hasil percobaan lapangan sebagai bagian dari pekerjaan, maka percobaan lapangan yang memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan dalam Spesifikasi Khusus ini akan diukur dan dibayar sebagai bagian dari pekerjaan. Tidak ada pembayaran untuk percobaan lapangan yang dilaksanakan di luar kegiatan pekerjaan.

SKh.1.5.26.5 PELAKSANAAN

1) Penyiapan Lapis Perkerasan Eksisting yang Didaur Ulang

Pekerjaan penyiapan lapis perkerasan eksisting yang didaur ulang dilakukan dengan langkah-langkah:

- a) Pembersihan permukaan dengan menggunakan kompresor.
- b) Pengupasan perkerasan aspal eksisting (apabila diperlukan).

- c) Perbaiki atau penambalan lubang dengan agregat baru.
- d) Penebaran agregat baru untuk penyesuaian elevasi permukaan atau untuk perbaikan gradasi (bilamana diperlukan).

2) Penebaran Semen

Setelah penyiapan lapis perkerasan eksisting sesuai yang ditetapkan dalam Spesifikasi Khusus ini atau sesuai Gambar atau disetujui oleh Pengawas Pekerjaan, semen harus dihamparkan secara merata di atas lapis perkerasan eksisting yang didaur ulang dengan alat penebar mekanis (*cement spreader*) atau dihampar secara manual apabila menggunakan semen kemasan (zak), pada takaran yang dihitung, termasuk faktor efisiensi peralatan yang digunakan sedemikian untuk memperoleh kadar semen seperti yang dirancang berdasarkan rancangan laboratorium dan percobaan lapangan.

3) Pencampuran

- a) Serangkaian lintasan alat pencampur agregat perkerasan eksisting yang didaur ulang dengan semen harus dilaksanakan, dan secara bersamaan dengan pencampuran, aspal emulsi sesuai kebutuhan didistribusikan melalui *nozzle* pada alat pencampur. Pencampuran dilaksanakan secara merata sampai seluruh ketebalan, yang ditunjukkan dari meratanya warna campuran. Jumlah lintasan yang diperlukan haruslah sebagaimana yang dirancang berdasarkan percobaan lapangan pada Pasal SKh.1.5.26.4.2).
- b) Air (apabila diperlukan) dapat ditambahkan selama atau setelah proses pencampuran agregat perkerasan eksisting yang didaur ulang dengan semen dan aspal emulsi. Air yang ditambahkan tersebut harus didistribusikan secara merata terhadap seluruh campuran dan harus dalam rentang kadar air yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
- c) Bilamana tidak diperintahkan lain oleh Pengawas Pekerjaan, pencampuran harus selalu dilaksanakan pada lajur kerja dari sisi perkerasan yang lebih rendah menuju sisi yang lebih tinggi dengan tumpang tindih (*overlap*) yang cukup untuk memastikan keseragaman dan tanpa ada agregat perkerasan eksisting yang tidak tercampur pada lajur terkait.
- d) Selama pencampuran, jika terdapat bahan atau agregat dengan ukuran yang besar (batu besar) atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki, bahan atau agregat yang tidak dikehendaki tersebut harus dikeluarkan dari campuran atau dibuang.
- e) Pada area yang tidak memungkinkan pencampuran dilakukan dengan alat pencampur mekanis, seperti area di sekitar utilitas dan tepi perkerasan yang berdekatan dengan trotoar, maka proses pencampuran dapat dilakukan dengan menggunakan *backhoe* atau alat pencampur lainnya yang sesuai dan telah disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

4) Pemadatan dan Pembentukan

- a) Pemadatan harus segera dilakukan, paling lambat 30 menit setelah proses pencampuran dengan semen, aspal emulsi, dan air, dan harus telah selesai dalam waktu paling lambat 2 jam setelah pencampuran atau sesuai waktu ikat awal semen menurut SNI 8321:2016. Semua kegiatan penebaran semen, pencampuran dan

pemadatan harus dilaksanakan dalam ruas-ruas yang pendek dan campuran di setiap ruas harus dipadatkan dan dibentuk sampai selesai sebelum pencampuran pada ruas berikutnya dapat dimulai.

- b) Panjang maksimum setiap ruas yang diizinkan akan dirancang berdasarkan kapasitas produksi Penyedia Jasa dan kapasitas, seperti yang ditunjukkan selama percobaan lapangan (Pasal SKh.1.5.26.4) atau dari yang sesudahnya, tetapi dalam keadaan apapun tidak boleh lebih panjang dari 200 meter. Bilamana Pengawas Pekerjaan telah membatasi panjang ruas pelaksanaan pekerjaan, pembatasan ruas ini dapat dibatalkan jika Penyedia Jasa dapat membuktikan (sampai diterima Pengawas Pekerjaan) bahwa Penyedia Jasa telah menambah kapasitas produksi yang mencukupi, tetapi dalam hal apapun Penyedia Jasa tidak dapat meminta perpanjangan waktu penyelesaian pekerjaan sehubungan dengan pembatasan panjang ruas pelaksanaan pekerjaan oleh Pengawas Pekerjaan.
- c) Pemadatan awal harus dilaksanakan dengan alat pemadat roda karet (*pneumatic tyre roller*) kapasitas 10 – 15 ton, kemudian menggunakan *motor grader* untuk pembentukan (perataan atau penyesuaian elevasi) sesuai rancangan. Setelah pembentukan, pemadatan dilanjutkan dengan menggunakan alat pemadat roda besi halus (*smooth drum roller*) dengan kapasitas 15 – 20 ton untuk memadatkan secara menyeluruh hingga mencapai kepadatan yang ditentukan. Jumlah lintasan yang digunakan, berdasarkan hasil percobaan lapangan yang telah dilakukan dan telah mendapatkan persetujuan dari Pengawas Pekerjaan.
- d) Kepadatan lapangan lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi setelah pemadatan harus lebih besar atau sama dengan 100% dari kepadatan kering maksimum laboratorium dan kadar air yang diuji sesuai SNI 1971:2011 harus sama dengan kadar air optimum atau paling kurang 2% di bawah kadar air optimum. Bilamana kepadatan lapangan yang diperoleh kurang dari yang disyaratkan maka kepadatan lapangan yang kurang ini harus diperbaiki kecuali disetujui Pengawas Pekerjaan sehubungan dengan ketentuan yang diuraikan pada Tabel 5.5.8.2) dari Spesifikasi Umum.

5) Perawatan (Curing)

Apabila tidak ditentukan lain oleh Pengawas Pekerjaan, perawatan hanya dilakukan apabila:

- a) Jalur lalu lintas harus segera dioperasikan dan pekerjaan *hot mix* belum dilakukan, maka perawatan dapat dilakukan dengan cara menutupi atau melapisi permukaan lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi dengan menggunakan bahan aspal (*prime coat*) berupa aspal cair atau aspal emulsi, kemudian menghamparkan pasir kasar supaya jalur lalu lintas dapat difungsikan kembali dan aspal tidak menempel pada roda kendaraan. Pelaksanaan pelapisan dengan bahan aspal dilakukan dalam 24 (dua puluh empat) jam setelah penyelesaian pekerjaan.
- b) Pekerjaan *hot mix* dikerjakan pada hari yang tidak sama dengan proses daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi, maka dapat ditutup sementara dengan plastik/terpal atau sesuai dengan instruksi Pengawas Pekerjaan.

SKh.1.5.26.6 PENGENDALIAN MUTU

1) Umum

Penyedia Jasa harus menyediakan laboratorium uji dan semua peralatan yang diperlukan untuk melakukan pengujian sifat agregat yang didaur ulang dan sifat maupun kekuatan campuran agregat yang didaur ulang dengan semen dan aspal emulsi, termasuk untuk pengujian mutu hasil pelaksanaan di lapangan. Prosedur pengujian dan ketentuan rancangan campuran serta pengendalian mutu dan termasuk penambahan, bentuk, kadar air, toleransi permukaan, dan yang lain harus sudah tercakup dalam rencana pengendalian mutu dari Penyedia Jasa.

2) Penerimaan Bahan

- a) Jenis agregat yang didaur ulang di lapangan harus diperiksa kesesuaiannya dengan agregat yang digunakan untuk perancangan campuran di laboratorium. Pemeriksaan ini dilakukan secara visual pada setiap ruas pekerjaan (dari 200 meter atau kurang). Bilamana secara visual menunjukkan perbedaan yang cukup besar maka dilakukan pengujian tambahan atau jika diperlukan, dilakukan pengujian laboratorium dan membuat rencana campuran yang baru.
- b) Untuk pengendalian mutu penerimaan aspal emulsi dilakukan pengujian laboratorium sesuai dengan SNI 4798:2011 dengan spesifikasi aspal emulsi yang terdapat pada Tabel SKh.1.5.26.1) dari Spesifikasi Khusus ini serta dilakukan pengawasan penerimaan setiap pengiriman aspal emulsi dan adanya tindakan korektif pada hasil uji laboratorium yang tidak memenuhi standar.

3) Pengendalian Kadar Air

Pengendalian kadar air dilakukan sesuai ketentuan Pasal 5.4.6.2) dari Spesifikasi Umum.

4) Jumlah Penebaran

- a) Jumlah semen tertebat
Ketentuan Pasal 5.4.6.3) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.
- b) Jumlah aspal emulsi tertebat
Jumlah aspal emulsi yang tertebat (terpakai) dapat dilihat dari indikator (*flow meter*) yang merupakan konversi dari satuan liter/m² ke liter/menit yang dapat dilihat pada *dashboard* dan ditambah data *sheet* hasil inspeksi dari pabrik kemudian diperiksa dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan sebelum aspal emulsi dihamparkan.

5) Pengendalian Pemadatan

- a) Segera sebelum pemadatan dimulai, contoh campuran agregat perkerasan eksisting yang didaur ulang dengan semen dan aspal emulsi dalam kondisi gembur harus diambil dari lokasi yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan paling tidak dua contoh dari setiap ruas pekerjaan (dari 200 m atau kurang) dengan interval tidak lebih dari 100 m. Lokasi yang dipilih untuk pengambilan contoh harus

bertepatan dengan penampang melintang yang dipantau, diperiksa dengan survei elevasi permukaan. Pengambilan contoh tersebut harus dilaksanakan sesegera mungkin, untuk menghindari keterlambatan dimulainya pemadatan. Contoh yang diambil harus segera dimasukkan ke dalam kantong plastik yang kedap atau tempat penyimpanan lainnya dan ditutup rapat untuk dibawa ke laboratorium lapangan di mana contoh-contoh ini akan (tanpa ditunggu lagi, untuk menjaga kehilangan air) digunakan untuk pembuatan minimum 3 benda uji UCS.

- b) Segera setelah pemadatan selesai dilaksanakan, dilakukan pengujian kepadatan lapangan dengan konus pasir (*sand cone*) sesuai SNI 2828:2011, di lokasi yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan dengan interval tidak melebihi 100 m di sepanjang ruas pekerjaan. Nilai kepadatan dan kadar air yang diperoleh harus dibandingkan dengan kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum rancangan laboratorium seperti yang ditentukan dalam Pasal SKh.1.5.26.5.4).d) untuk menentukan persentase kepadatan yang dicapai di lapangan dan menentukan apakah pengendalian kadar air di lapangan cukup memadai.

6) Pengendalian Kekuatan

- a) Setelah pencetakan benda uji UCS yang diuraikan pada Pasal SKh.1.5.26.6.5).a), benda uji harus dirawat pada temperatur ruangan selama 6 hari dan direndam dalam air selama 1 hari, dan sebelum dilakukan pengujian UCS, benda uji harus direndam terlebih dahulu selama 30 menit di dalam air dengan temperatur 30 °C.
- b) Nilai rata-rata UCS dari tiga benda uji harus dibandingkan dengan nilai UCS sesuai yang disyaratkan pada Tabel SKh.1.5.26.3).

7) Ketebalan

- a) Ketebalan padat lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi yang telah selesai harus dipantau oleh Penyedia Jasa, di bawah pengawasan Pengawas Pekerjaan, pada interval maksimum 100 m di sepanjang ruas pekerjaan dengan cara menggali parit atau lubang sampai seluruh ketebalan (dari permukaan sampai dasar lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi) kemudian diukur ketebalannya dengan meteran atau dengan cara lain sesuai persetujuan Pengawas Pekerjaan.
- b) Pada setiap potongan melintang yang diukur ketebalannya, titik-titiknya harus diberi jarak yang sama satu dengan lainnya. Bilamana tidak diperintahkan lain oleh Pengawas Pekerjaan, maka titik-titik pengukuran harus mewakili kedua sisi dan pada sumbu jalan secara zigzag.

SKh.1.5.26.7 PENGUKURAN DAN PEMBAYARAN

1) Pengukuran

- a) Kuantitas lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi pada Spesifikasi Khusus ini yang diukur untuk pembayaran adalah jumlah meter kubik pekerjaan yang telah selesai sebagaimana yang termuat di dalam Spesifikasi Khusus ini, dihitung dari perkalian panjang ruas yang diukur, lebar

rata-rata yang diterima dan tebal rata-rata yang diterima. Pengukuran harus dilaksanakan oleh Penyedia Jasa dan diawasi oleh Pengawas Pekerjaan.

- b) Tebal rata-rata lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi yang diterima, yang diukur untuk pembayaran untuk setiap ruas haruslah tebal rata-rata yang diterima dan diukur pada semua titik pemantauan dalam ruas tersebut. Tebal lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi yang diterima pada setiap titik pemantauan harus merupakan ketebalan rancangan, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar atau seperti yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan, atau tebal terhampar lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi yang diterima, dipilih mana yang paling kecil.
- c) Lebar rata-rata lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi yang diterima, yang diukur untuk pembayaran untuk setiap ruas haruslah lebar rata-rata yang diterima dan diukur pada semua penampang melintang dalam ruas tersebut. Lebar yang diterima pada setiap pemantauan penampang melintang haruslah lebar rancangan permukaan teratas dari lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar atau seperti yang disetujui Pengawas Pekerjaan, atau lebar permukaan teratas terhampar dari lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi yang diterima, dipilih mana yang lebih kecil.
- d) Panjang lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi harus diukur sepanjang sumbu jalan, dengan menggunakan prosedur standar ilmu ukur tanah.
- e) Bilamana perbaikan lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi yang tidak memenuhi ketentuan telah diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan sesuai dengan Pasal SKh.1.5.26.1.1), kuantitas yang akan diukur untuk pembayaran tidak boleh lebih besar dari kuantitas seandainya pekerjaan semula diterima. Tidak ada pembayaran yang dilakukan untuk pekerjaan tambah atau kuantitas yang diperlukan untuk perbaikan.
- f) Kuantitas semen dan aspal emulsi tidak diukur tersendiri untuk pembayaran dan harus termasuk dalam bahan-bahan yang digunakan untuk pekerjaan lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi ini.

2) Pengukuran dari Pekerjaan yang Diperbaiki

- a) Perbaikan lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi dapat dilakukan dengan menambah ketebalan lapisan di atasnya (lapis perkerasan beraspal) dan harus mendapat persetujuan dari Pengawas Pekerjaan serta mengacu kepada standar, pedoman, dan manual yang berlaku, dan dilengkapi dengan justifikasi teknis. Perbaikan tersebut harus membuat perkerasan memiliki umur layanan minimum sesuai desain. Pembayaran tambahan tidak akan diberikan untuk pekerjaan perbaikan tersebut atau kuantitas tambahan yang diperlukan untuk perbaikan tersebut.
- b) Bila perbaikan telah diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan dan telah dilaksanakan serta diterima, maka kuantitas yang diukur untuk pembayaran haruslah kuantitas sesuai dengan Gambar.

3) Pembayaran

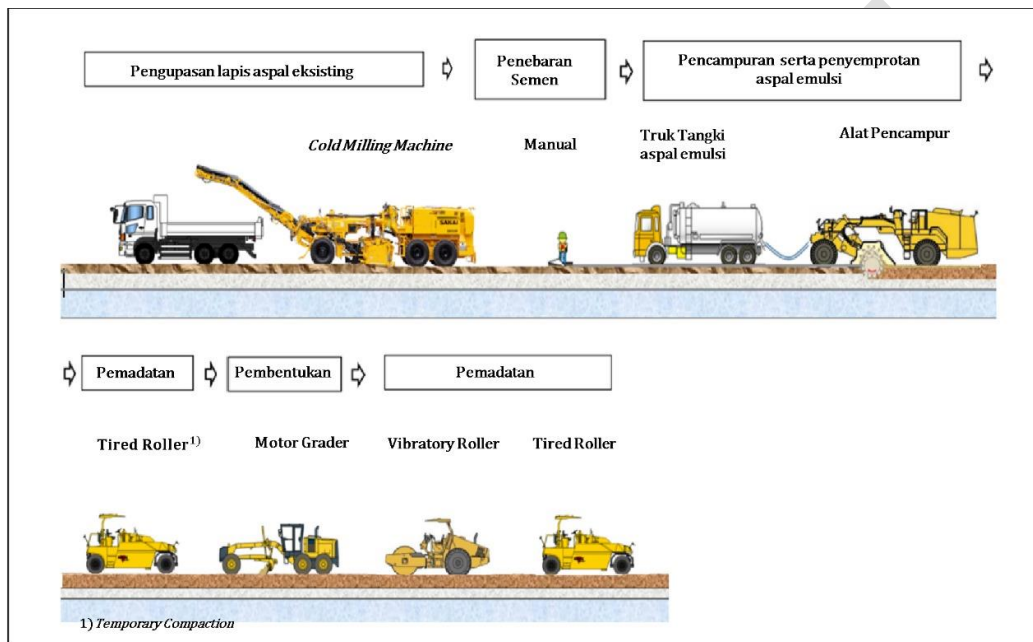
- a) Kuantitas lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi yang ditetapkan sebagaimana di atas, akan dibayar dengan Harga Kontrak per satuan pengukuran, untuk mata pembayaran yang ditunjukkan di bawah ini dan dalam Daftar Kuantitas dan Harga. Harga tersebut sudah harus termasuk untuk seluruh bahan, pekerja, peralatan, perkakas, pengujian dan pekerjaan kecil lainnya untuk penyelesaian pekerjaan yang memenuhi ketentuan yang disyaratkan.
- b) Jumlah penyesuaian akibat kuantitas dan kualitas akan dihitung oleh Pengawas Pekerjaan untuk setiap ruas pekerjaan lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi yang mengacu pada tebal dan/atau kepadatan yang disyaratkan. Jumlah dari semua penyesuaian tersebut akan ditetapkan dan tercakup dalam Sertifikat Pembayaran sebagai pengurangan terhadap mata pembayaran terkait.

Nomor Mata Pembayaran	Uraian	Satuan Pengukuran
SKh.1.5.26.(1)	Lapis IRBCAE Tanpa Pengupasan	Meter Kubik
SKh.1.5.26.(2)	Lapis IRBCAE Dengan Pengupasan	Meter Kubik

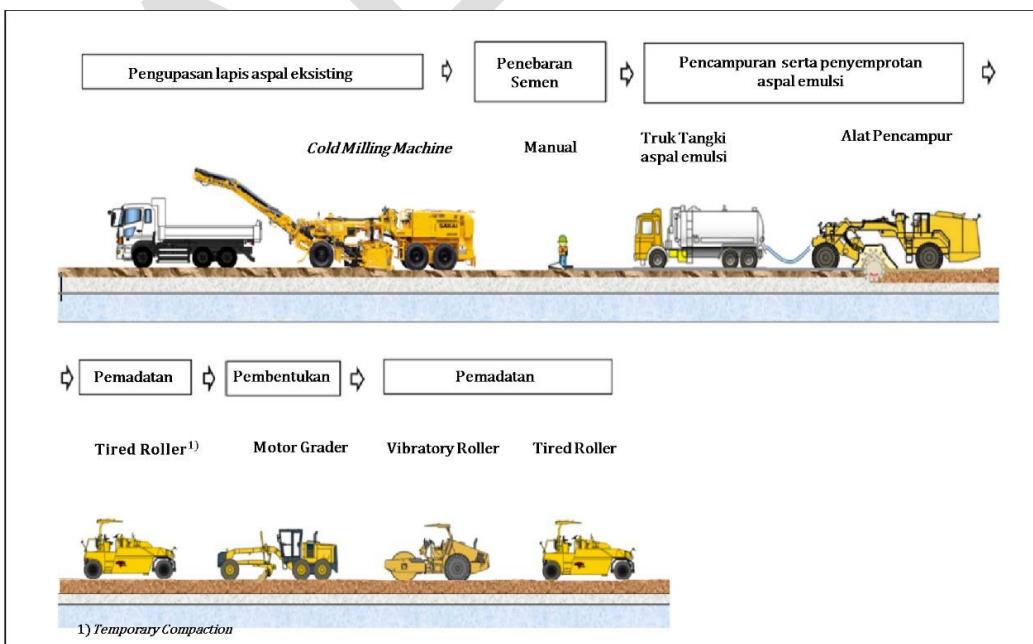
LAMPIRAN
SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM
SKh.1.5.26

LAPIS FONDASI DAUR ULANG PERKERASAN EKSISTING DENGAN SEMEN DAN ASPAL EMULSI

Prosedur Pelaksanaan Pekerjaan Lapis Fondasi Daur Ulang Perkerasan Eksisting dengan Semen dan Aspal Emulsi Sesuai Metode IRBCAE



Gambar SKh.1.5.26.1) Prosedur Pelaksanaan Tanpa Proses Pengupasan (*Unmilling*)



Gambar SKh.1.5.26.2) Prosedur Pelaksanaan dengan Pengupasan (*Milling*)

Prosedur Rancangan Campuran (*Mix Design*)

Prosedur rancangan campuran (*mix design*) untuk lapis fondasi daur ulang perkerasan eksisting dengan semen dan aspal emulsi, mencakup langkah-langkah berikut ini:

1. Survei dan pengambilan contoh bahan (agregat) yang didaur ulang di lapangan

Pada tahap ini, dilakukan survei atau pengamatan dan mengidentifikasi secara visual kondisi perkerasan eksisting di sepanjang ruas jalan yang akan didaur ulang, selanjutnya dibagi menjadi beberapa segmen ruas jalan berdasarkan kondisinya. Dari masing-masing segmen, ditentukan lokasi atau titik-titik *test pit* untuk menentukan ketebalan masing-masing lapis perkerasan eksisting, terutama lapis perkerasan beraspal dan lapis fondasi agregat, dan pengambilan contoh agregat dari masing-masing lapis perkerasan eksisting untuk perancangan campuran di laboratorium.

Berdasarkan ketebalan dari masing-masing lapis perkerasan eksisting, ditentukan ketebalan lapis perkerasan beraspal eksisting yang akan didaur ulang, maksimum 10 cm ($D_1 \leq 10$ cm). Ketebalan lapis fondasi agregat eksisting yang didaur ulang (D_2) ditentukan berdasarkan ketebalan total yang direncanakan (D).

$$D_2 = D - D_1$$

Keterangan:

D = ketebalan total rencana lapis perkerasan eksisting yang didaur ulang (cm)

D_1 = ketebalan lapis perkerasan beraspal eksisting yang didaur ulang, ditentukan (cm)

D_2 = ketebalan lapis fondasi agregat eksisting yang didaur ulang (cm)

2. Pengujian gradasi agregat lapis fondasi eksisting

a. Contoh agregat lapis fondasi eksisting yang diperoleh dari lapangan dikeringkan di udara terbuka dan jika terdapat contoh agregat dalam bentuk gumpalan-gumpalan, gumpalan-gumpalan tersebut harus dipecahkan atau dihancurkan sedemikian sehingga tidak menimbulkan pecahnya butiran asli agregat.

b. Diambil contoh agregat yang mewakili (cara perempat) untuk pengujian gradasi, minimum 5 kg pada kondisi kering oven.

c. Dilakukan pengujian gradasi sesuai SNI ASTM C136:2012 (cara kering) dan ditentukan distribusi ukuran butir agregat (G_2).

3. Penentuan gradasi gabungan agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dan agregat lapis fondasi eksisting

Untuk menentukan gradasi gabungan agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dan agregat lapis fondasi eksisting, digunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Gradasi gabungan } (G_C) = (P_1 \times G_1) + (P_2 \times G_2)$$

Keterangan:

G_C = gradasi gabungan agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dan agregat lapis fondasi eksisting yang didaur ulang

P_1 = jumlah pemakaian agregat perkerasan beraspal eksisting dalam campuran (%), dihitung sesuai persamaan yang diuraikan pada langkah 4.c.

P_2 = jumlah pemakaian agregat lapis fondasi eksisting dalam campuran (%), dihitung sesuai persamaan yang diuraikan pada langkah 4.c.

G_1 = gradasi agregat lapis perkerasan beraspal eksisting, ditentukan berdasarkan pengalaman.

Di Jepang, gradasi agregat lapis perkerasan beraspal eksisting setelah dihancurkan dengan alat *cold milling* di lapangan ditunjukkan pada Tabel SKh.1.5.26.4).

G_2 = gradasi agregat lapis fondasi eksisting yang diperoleh sesuai langkah 2.

Tabel SKh.1.5.26.4) Gradasi Agregat Lapis Perkerasan Beraspal Eksisting

Ukuran Ayakan, mm		Gradasi Bahan Lapis Beraspal Eksisting (G ₁), % Lolos Ayakan
Standar Jepang	SNI	
53,0	50	100
37,5	37,5	100
31,5		85
26,5	25,0	75
19,0	19,0	65
13,2	12,5	50
4,75	4,75	25
2,36	2,36	15
0,075	0,075	0

Gradasi gabungan agregat yang dihasilkan harus memenuhi persyaratan sesuai Tabel SKh.1.5.26.2) dari Spesifikasi Khusus ini. Selanjutnya, ditentukan gradasi gabungan yang diperlukan untuk penyiapan contoh uji pemadatan dan kuat tekan bebas campuran agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dan agregat lapis fondasi eksisting (gradasi modifikasi, G'_c) dengan asumsi persentase agregat lolos ayakan 25 mm sebesar 100% (ukuran butir maksimum agregat untuk pengujian pemadatan dan UCS adalah 25 mm).

4. Pengujian pemadatan

Pengujian pemadatan dimaksudkan untuk menentukan kepadatan kering maksimum (*maximum dry density*, MDD) dan kadar air optimum (*optimum moisture content*, OMC) dan digunakan sebagai acuan untuk pembuatan benda uji kuat tekan bebas dan untuk pengendalian pemadatan di lapangan. Untuk pengujian pemadatan ini (setiap variasi kadar semen), diperlukan minimum 5 contoh campuran dengan kadar air bervariasi 1% – 2%.

Tahapan pengujian pemadatan, sebagai berikut:

- Penyiapan contoh agregat lapis fondasi eksisting secara terpisah berdasarkan fraksi ukuran butir yang digunakan.
- Penyiapan contoh agregat lapis perkerasan beraspal eksisting secara terpisah berdasarkan fraksi ukuran butir yang digunakan.
- Tentukan dan timbang berat masing-masing fraksi ukuran butir, baik agregat lapis perkerasan beraspal eksisting maupun agregat lapis fondasi eksisting, berdasarkan jumlah persentase pemakaiannya di dalam campuran agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dan agregat lapis fondasi eksisting. Persentase pemakaian masing-masing agregat perkerasan eksisting dihitung sesuai persamaan berikut.

$$P_1 = \frac{D_1 \times a}{(D_1 \times a + D_2 \times b)} \times 100 \text{ dan } P_2 = 100 - P_1$$

Keterangan

P₁ = jumlah pemakaian agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dalam campuran (%)

P₂ = jumlah pemakaian agregat lapis fondasi eksisting dalam campuran (%)

D₁ = ketebalan lapis perkerasan beraspal eksisting yang didaur ulang (cm)

D₂ = ketebalan lapis fondasi agregat eksisting yang didaur ulang (cm)

a = berat isi agregat lapis perkerasan beraspal eksisting (= 2,4 g/cm³)

b = berat isi agregat lapis fondasi eksisting (= 2,1 g/cm³)

d. Penentuan dan penyiapan contoh aspal emulsi

Jumlah pemakaian aspal emulsi dihitung sesuai persamaan berikut:

$$P_{AE} = (0,04 \times p_1) + (0,07 \times p_2) + (0,12 \times p_3) - (0,013 \times P_1)$$

Keterangan:

P_{AE} = jumlah pemakaian aspal emulsi (%) terhadap jumlah total campuran agregat lapis perkerasan beraspal eksisting, agregat lapis fondasi eksisting, semen dan aspal emulsi

p_1 = jumlah agregat tertahan # 2,36 mm dari campuran agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dan agregat lapis fondasi eksisting, sebelum dimodifikasi (%)

p_2 = jumlah agregat lolos # 2,36 mm dan tertahan # 0,075 mm dari campuran agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dan agregat lapis fondasi eksisting, sebelum dimodifikasi (%)

p_3 = jumlah agregat lolos # 0,075 mm dari campuran agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dan agregat lapis fondasi eksisting, sebelum dimodifikasi (%)

P_1 = jumlah pemakaian agregat lapis perkerasan beraspal dalam campuran agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dan agregat lapis fondasi eksisting (%)

Berdasarkan jumlah pemakaiannya dalam campuran (P_{AE}), hitung dan timbang berat aspal emulsi yang digunakan.

e. Penentuan dan penyiapan contoh semen

Persentase kadar semen ditentukan, minimum 3 variasi kadar semen dalam rentang 3% – 5% terhadap jumlah total campuran agregat lapis perkerasan beraspal eksisting, agregat lapis fondasi eksisting, semen dan aspal emulsi, dan berdasarkan persentase pemakaiannya, hitung dan timbang berat semen yang digunakan.

f. Penentuan dan penyiapan contoh air pencampuran

Persentase pemakaian air diperkirakan secara visual, minimum 5 variasi dengan peningkatan 1% – 2% terhadap berat kering campuran.

g. Pencampuran dan pemadatan

Bahan yang didaur ulang yang meliputi agregat lapis perkerasan beraspal eksisting, agregat lapis fondasi eksisting, semen dan aspal emulsi sesuai kebutuhan dicampur sampai merata secara manual dengan bantuan sendok pengaduk dan selanjutnya dipadatkan di dalam cetakan Marshall yang telah diketahui beratnya dengan alat penumbuk uji stabilitas Marshall berat 4,5 kg yang dijatuhkan secara bebas dari ketinggian sekitar 45 cm. Penumbukan dilakukan pada kedua ujung benda uji (atas-bawah) masing-masing 50 tumbukan.

Setelah dipadatkan, benda uji dikeluarkan dari dalam cetakannya kemudian timbang berat benda uji dan ukur tingginya untuk menentukan volumenya (diameter benda uji sama dengan diameter bagian dalam cetakan benda uji). Dilakukan pengujian kadar air benda uji dan ditentukan kepadatan keringnya dengan menggunakan persamaan berikut:

$$DD = \frac{MD}{(1 + w)} = \frac{\frac{m_m}{V}}{(1 + w)}$$

Keterangan:

DD = berat isi (kepadatan) kering benda uji, g/cm^3

MD = berat isi (kepadatan) basah benda uji, g/cm^3

m_m = berat basah benda uji, g

V = volume benda uji, cm^3

w = kadar air benda uji, dinyatakan dalam bilangan desimal

Dari 5 contoh campuran yang disiapkan, setelah dipadatkan akan menghasilkan kadar air dan kepadatan kering yang berbeda, diplotkan dalam bentuk kurva halus hubungan antara kadar air dan kepadatan kering. Dari kurva tersebut, ditentukan kepadatan kering maksimum (*maximum dry density*, MDD), yaitu puncak kurva, dan kadar air optimum (*optimum moisture content*, OMC), yaitu kadar air pada MDD. Tipikal kurva hasil pengujian pemadatan ditunjukkan pada Gambar SKh.1.5.26.3).

5. Pengujian UCS

Untuk pengujian UCS, prosedur pembuatan benda ujinya, mulai dari penyiapan contoh bahan sampai dengan pencampuran dan pematatannya sama dengan prosedur pembuatan benda uji pematatan, kecuali bahwa untuk setiap variasi kadar semen diperlukan minimum 3 contoh campuran, masing-masing dipadatkan pada kadar air optimum. Penambahan air untuk menghasilkan kadar air optimum dihitung dengan persamaan berikut.

$$W_w = \left[\left\{ A + C + \left(E \times \frac{R}{100} \right) \right\} \times \frac{w}{100} \right] - \left\{ E \times \left(1 - \frac{R}{100} \right) \right\}$$

Keterangan:

W_w = berat air yang ditambahkan (g)

A = berat total agregat lapis perkerasan beraspal eksisting dan agregat lapis fondasi eksisting (kondisi kering) yang digunakan (g).

C = berat semen (g).

E = berat aspal emulsi (g).

w = target kadar air (OMC, %)

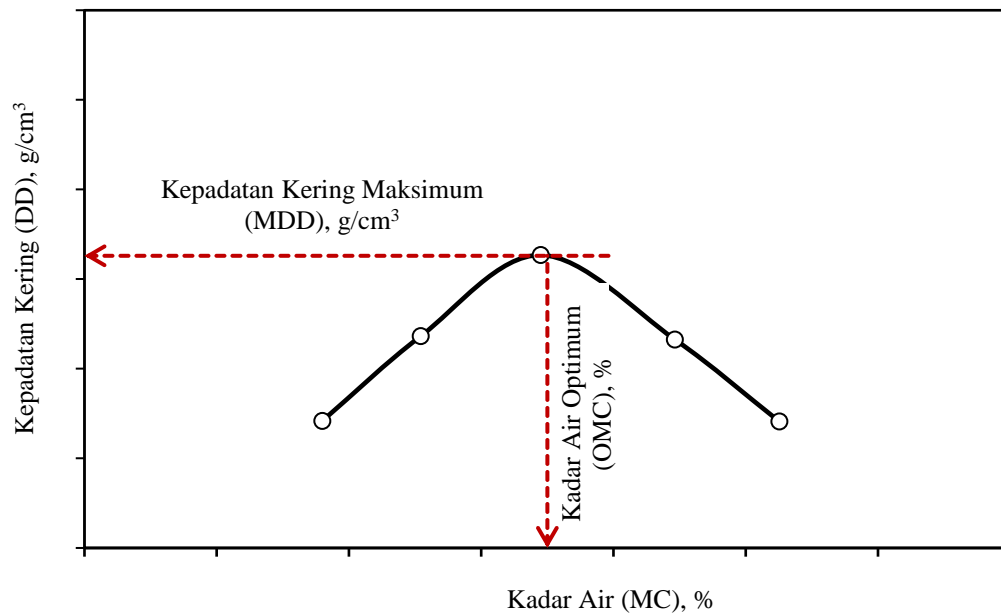
R = kadar residu aspal emulsi (%).

Pengujian UCS dilakukan setelah perawatan selama 6 hari pada suhu ruang (1 hari benda uji masih di dalam cetakan dan 5 hari setelah benda uji dikeluarkan dari dalam cetakan) dan direndam di dalam air selama 1 hari, kemudian direndam di dalam air dengan temperatur 30 °C selama 30 menit. Pengujian UCS dilakukan sesuai SNI 1974:2023.

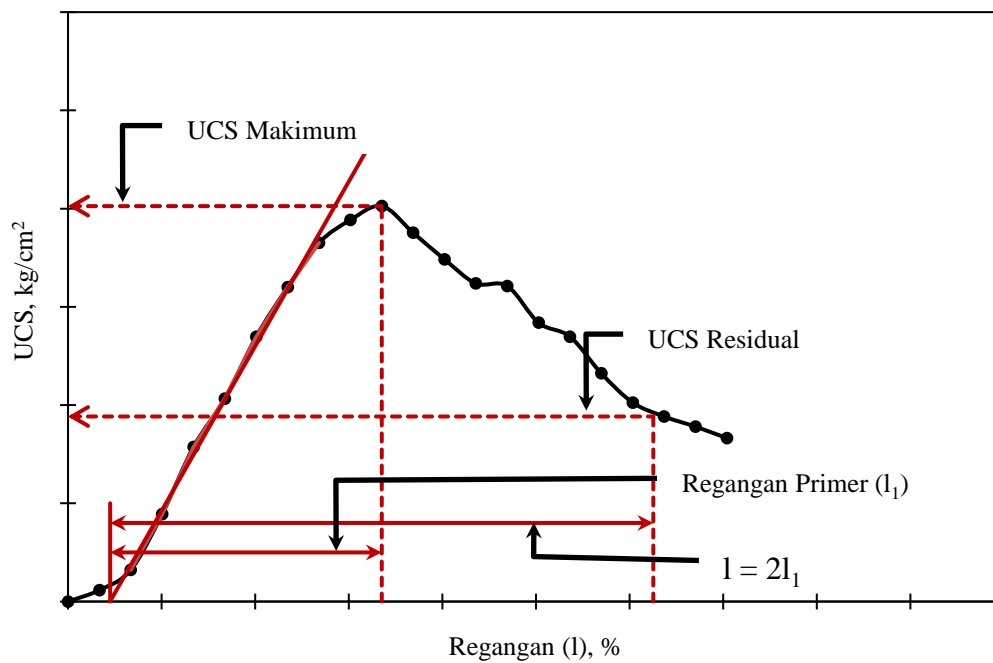
Selama pengujian UCS, pembacaan beban dilakukan pada setiap regangan (*displacement*) 0,5% sampai regangan maksimum 20% atau diperoleh kekuatan (UCS) residual. Hasil pengujian UCS diplotkan dalam bentuk kurva hubungan antara regangan dan nilai UCS, dan dari kurva tersebut, ditentukan nilai UCS maksimum, regangan primer (*primary displacement*, I_1) dan UCS residual. Tipikal kurva hasil pengujian UCS ditunjukkan pada Gambar SKh.1.5.26.4).

6. Menentukan Kadar Semen Desain

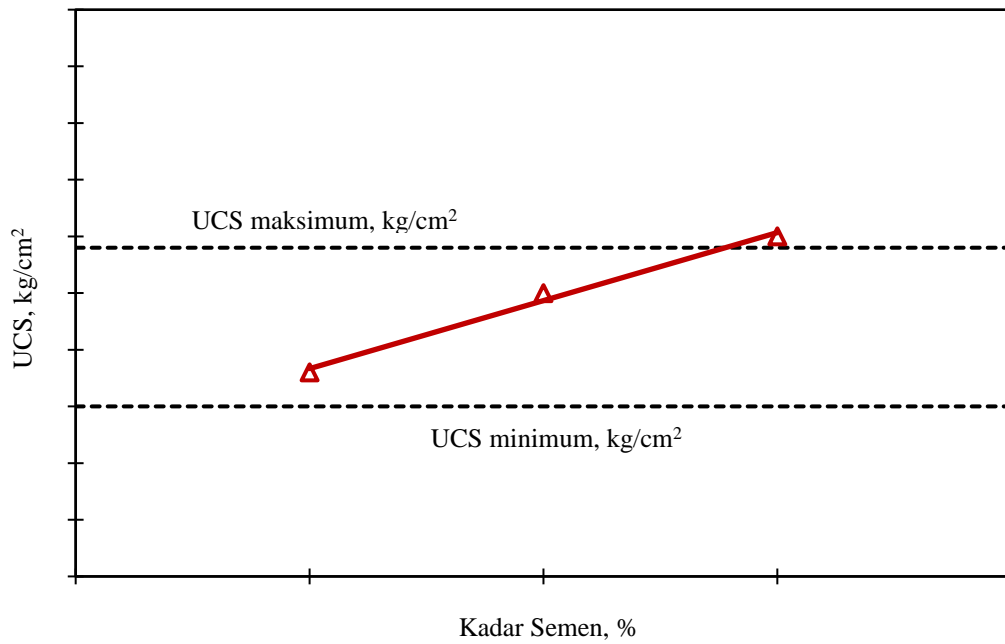
Nilai UCS maksimum, regangan primer dan UCS residual dari setiap variasi kadar semen yang diperoleh dari kurva hubungan antara regangan dan UCS, masing-masing diplotkan dalam bentuk kurva hubungannya dengan kadar semen, selanjutnya ditentukan kadar semen desain, yaitu kadar semen yang dapat menghasilkan nilai UCS maksimum, regangan primer dan UCS residual sesuai ditentukan dalam Spesifikasi Khusus ini. Tipikal kurva hubungan antara kadar semen dengan UCS, kadar semen dengan regangan primer dan kadar semen dengan UCS residual ditunjukkan pada Gambar SKh.1.5.26.5) – SKh.1.5.26.7).



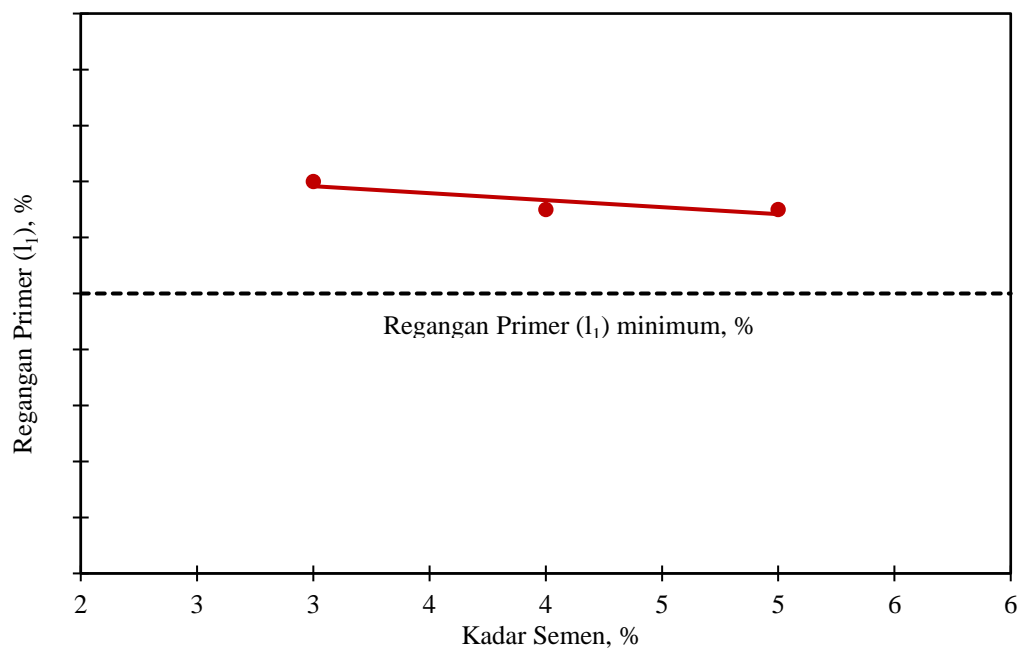
Gambar SKh.1.5.26.3) Tipikal Kurva Hasil Pengujian Pemadatan



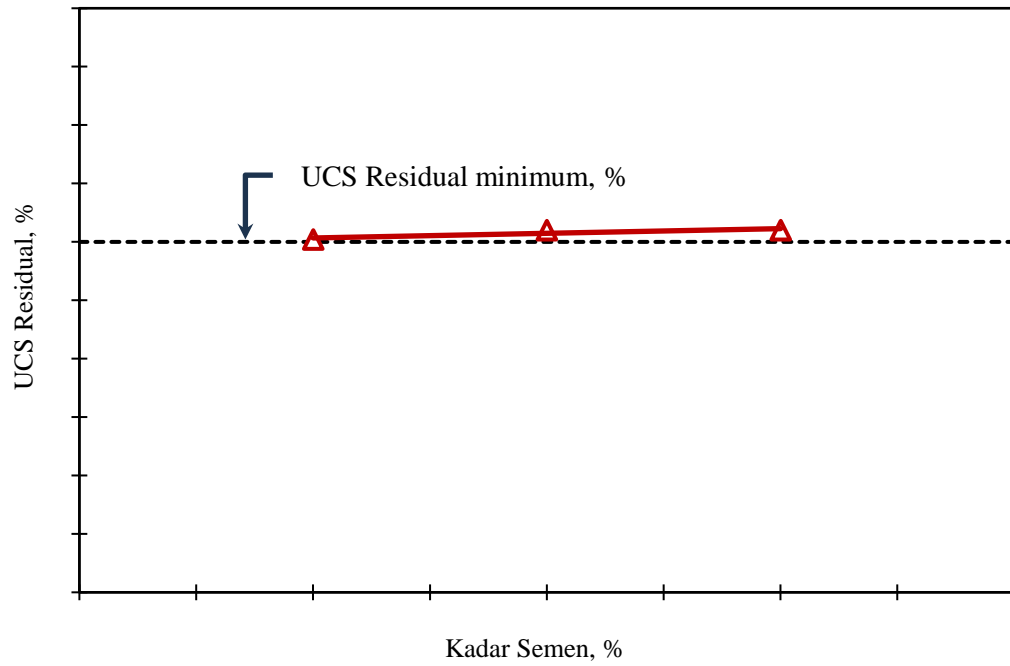
Gambar SKh.1.5.26.4) Tipikal Kurva Hasil Pengujian UCS



Gambar SKh.1.5.26.5) Tipikal Kurva Hubungan Antara Kadar Semen dengan UCS



Gambar SKh.1.5.26.6) Tipikal Kurva Hubungan antara Kadar Semen dengan Regangan Primer



Gambar SKh.1.5.26.7) Tipikal Kurva Hubungan antara Kadar Semen dengan UCS Residual