

SE Menteri PUPR  
Nomor : 14/SE/M/2019  
Tanggal : 11 September 2019

# PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

**Perancangan dan pelaksanaan campuran beraspal panas bergradasi menerus (laston) menggunakan slag**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

## Daftar isi

Daftar isi .....	i
Prakata .....	iv
Pendahuluan .....	v
1 Ruang lingkup .....	1
2 Acuan normatif .....	1
3 Istilah dan definisi .....	2
4 Ketentuan .....	5
4.1 Ketentuan bahan dan campuran .....	5
4.1.1 Umum .....	5
4.1.2 Slag dan agregat .....	6
4.1.3 Aspal .....	8
4.1.4 Bahan anti pengelupasan .....	8
4.1.5 Campuran .....	9
4.2 Ketentuan peralatan .....	10
4.2.1 Peralatan laboratorium .....	10
4.2.2 Unit Poduksi Campuran Aspal (UPCA) .....	11
4.2.3 Peralatan pengangkut .....	13
4.2.4 Peralatan penyemprot aspal .....	13
4.2.5 Peralatan penghampar dan pembentuk .....	14
4.2.6 Alat pemadat .....	15
4.2.7 Perlengkapan lainnya .....	15
4.3 Ketentuan pelaksanaan .....	16
4.3.1 Ketentuan batasan cuaca .....	16
4.3.2 Ketentuan pengendalian lalu lintas .....	16
4.3.3 Ketentuan lapis resap pengikat dan lapis perekat .....	16
4.3.4 Ketentuan pelaksanaan uji coba penghamparan dan pemadatan .....	16
4.4 Ketentuan pengendalian mutu .....	17
4.4.1 Ketentuan tempetarur pencampuran dan pemadatan .....	17
4.4.2 Ketentuan tebal .....	17
4.4.3 Ketentuan komposisi campuran .....	17
4.4.4 Ketentuan kepadatan .....	18
4.4.5 Ketentuan kerataan permukaan .....	18
5 Prosedur perancangan campuran .....	19
5.1 Jenis campuran laston .....	20
5.2 Pengambilan contoh dan pengujian bahan .....	20
5.3 Penentuan gradasi gabungan .....	20
5.4 Pengujian pengembangan .....	20
5.5 Penentuan rancangan campuran rencana .....	20
5.6 Pemeriksaan UPCA .....	21
5.7 Kalibrlari sistem pemasok agregat dingin .....	21
5.8 Uji coba pencampuran di UPCA .....	21
5.9 Rancangan campuran kerja .....	22

6	Prosedur pelaksanaan .....	24
6.1	Penyiapan bahan dan peralatan.....	25
6.1.1	Penyiapan aspal .....	25
6.1.2	Penyiapan slag dan agregat.....	25
6.1.3	Penyiapan alat penyemprot aspal .....	25
6.1.4	Penyiapan UPCA .....	25
6.1.5	Penyiapan alat pengangkut.....	25
6.1.6	Penyiapan alat penghampar dan pemadat .....	25
6.2	Penyiapan perkerasan ekisting.....	26
6.3	Batas cuaca .....	26
6.4	Pengendalian lalu lintas.....	26
6.5	Penyemprotan lapis resap ikat atau lapis pengikat .....	26
6.6	Penghamparan dan pemadatan campuran beraspal panas dengan slag .....	27
6.6.1	Penyiapan campuran .....	27
6.6.2	Pengangkutan campuran .....	27
6.6.3	Penghamparan dan pemadatan .....	28
7	Prosedur pengendalian mutu .....	30
7.1	Lapis resap ikat atau lapis perekat .....	30
7.1.1	Permukaan perkerasan .....	31
7.2	Ketentuan Kepadatan.....	31
7.3	Jumlah pengambilan benda uji campuran beraspal.....	31
7.3.1	Pengambilan benda uji campuran beraspal.....	31
7.3.2	Pengendalian proses .....	31
7.3.3	Pengambilan benda uji inti dan uji ekstraksi lapisan beraspal .....	32
7.3.4	Pengujian pengendalian mutu campuran beraspal.....	32
7.3.5	Pengendalian kuantitas dengan menimbang campuran beraspal.....	33
Lampiran A Nilai baku karakteristik beracun melalui TCLP dan total konsentrasi untuk penetapan pengelolaan tanah terkontaminasi limbah bahan berbahaya dan beracun.....		34
Bibliografi .....		35
Gambar 1 - Ketinggian batang semprot untuk menghasilkan kerucut penyemprotan tumpang tindih (overlap) tiga kali.....		14
Gambar 2 - Penyetelan nosel yang tepat .....		14
Gambar 3 - Bagan alir perancangan campuran rencana (RCR) dan perancangan campuran kerja (RCK) .....		19
Gambar 4 - Bagan alir pelaksanaan di lapangan .....		24
Tabel 1 - Persyaratan slag dan agregat kasar .....		6
Tabel 2 - Persyaratan slag dan agregat halus .....		7
Tabel 3 - Persyaratan gradasi campuran beraspal panas bergadasi menerus menggunakan slag .....		7
Tabel 4 - Persyaratan aspal keras.....		8
Tabel 5 - Persyaratan bahan anti pengelupasan mengandung <i>amine</i> .....		8

Tabel 6 - Kompatibilitas bahan anti pengelupasan dengan aspal .....	9
Tabel 7 - Persyaratan sifat-sifat campuran laston menggunakan slag .....	9
Tabel 8 - Persyaratan sifat-sifat campuran laston modifikasi menggunakan slag .....	10
Tabel 9 - Ketentuan pemakaian lapis perekat.....	16
Tabel 10 - Ketentuan temperatur pencampuran dan pemadatan.....	17
Tabel 11 - Ketentuan tebal nominal minimum laston dan laston modifikasi menggunakan slag	17
Tabel 12 - Toleransi komposisi campuran .....	18
Tabel 13 - Ketentuan kepadatan .....	18
Tabel 14 - Pengendalian Mutu.....	33

## **Prakata**

Pedoman perancangan dan pelaksanaan campuran beraspal panas bergradasi menerus (laston) menggunakan slag untuk konstruksi jalan disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.

Pedoman ini disusun oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis 91-01-S2 melalui Gugus Kerja Litbang Perkerasan Jalan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Pedoman ini telah dibahas dalam rapat konsensus pada tanggal 20 Oktober 2016 yang dihadiri oleh para pemangku kepentingan (stakeholder) terkait, yaitu perwakilan dari produsen, konsumen, pakar dan pemerintah.

## **Pendahuluan**

Pedoman perancangan dan pelaksanaan campuran beraspal panas bergradasi menerus atau Laston menggunakan slag untuk konstruksi jalan dimaksudkan untuk memanfaatkan slag yang merupakan limbah produksi besi dan baja sebagai bahan campuran beraspal panas, yaitu sebagai lapis aus, dan lapis antara serta lapis fondasi pada perkesasan jalan. Campuran beraspal panas bergradasi menerus menggunakan slag berfungsi sebagai lapisan struktural sekaligus dapat melindungi lapisan konstruksi perkerasan di bawahnya.

Pedoman perancangan dan pelaksanaan campuran beraspal panas bergradasi menerus yang menggunakan slag mencakup persyaratan bahan yang terdiri dari slag (termasuk agregat dan bahan pengisi bila digunakan), bahan pengikat (aspal), gradasi agregat campuran dan sifat-sifat campuran. Slag harus memenuhi ketentuan dan persyaratan lingkungan hidup sesuai dengan PP No. 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan limbah berbahaya dan beracun dengan nilai baku karakteristik beracun sesuai Lampiran A, dan hanya diperuntukan bagi pembangunan jalan-jalan nasional, provinsi dan kabupaten/kota, tidak untuk pembangunan jalan-jalan pedesaan dan jalan lingkungan.

Pedoman perancangan dan pelaksanaan campuran beraspal panas bergradasi menerus atau Laston yang menggunakan slag ini menggunakan bahan pengikat aspal Tipe I (Aspal 60-70) atau aspal Tipe II (Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis).

Pedoman perancangan dan pelaksanaan campuran beraspal panas bergradasi menerus yang menggunakan slag dimaksudkan sebagai acuan bagi para perencana, pelaksana dan pengawas pada pelaksanaan dan pengawasan pekerjaan pembangunan, preservasi dan pemeliharaan jalan.

# **Perancangan dan pelaksanaan campuran beraspal panas bergradasi menerus (laston) menggunakan slag**

## **1 Ruang lingkup**

Pedoman ini menetapkan ketentuan bahan, campuran, prosedur perancangan dan pelaksanaan serta pengendalian mutu campuran beraspal panas bergradasi menerus menggunakan *Iron Slag* ataupun *Steel Slag* baik dari jenis *Blast Furnace* (BF), *Basic Oxygen Furnace* (BOF), *Electric Arc Furnace*, (EAF), *Induction Furnace* (IF) ataupun campuran dari beberapa jenis slag tersebut untuk lapis aus (*wearing course*), lapis antara (*binder course*) dan untuk lapis fondasi (*base course*).

## **2 Acuan normatif**

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

SNI 1970:2016, *Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*.

SNI 1969:2016, *Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*.

SNI 6787:2015, *Spesifikasi material pilihan (selected material) menggunakan slag untuk konstruksi jalan*.

SNI 2438:2015, *Cara uji kelarutan aspal*.

SNI 4141:2015, *Metode uji gumpalan lembung dan butiran mudah pecah dalam agregat*.

SNI 6889:2014, *Tata cara pengambilan contoh uji agregat*.

SNI ASTM C 136-2012, *Cara uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar*.

SNI ASTM C 117:2012, *Metode uji bahan yang lebih halus dari saringan 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) dalam agregat mineral dengan pencucian*.

SNI 7619:2012, *Metode uji penentuan persentase butir pecah pada agregat kasar*.

SNI 7182:2012, *Biodiesel*.

SNI 2432:2011, *Cara uji daktilitas aspal*.

SNI 2433:2011, *Cara uji titik nyala dan titik bakar dengan alat cleveland open cup*.

SNI 2434:2011, *Cara uji titik lembek aspal dengan alat cincin dan bola (ring and ball)*.

SNI 2439:2011, *Cara uji penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregat-aspal*.

SNI 2441:2011, *Cara uji berat jenis aspal keras*.

SNI 2456:2011, *Cara uji penetrasi aspal*.

SNI 4798:2011, *Spesifikasi aspal emulsi kationik*.

SNI 6832:2011, *Spesifikasi aspal emulsi anionik*.

SNI 2417:2008, *Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*.

SNI 3407:2008, *Cara uji kekekalan agregat dengan cara perendaman menggunakan larutan Natrium Sulfat atau Magnesium Sulfat*.

SNI 06-6721-2002, *Metode pengujian kekentalan aspal cair dan aspal emulsi dengan alat saybolt furol*.

SNI 03-6835-2002, *Metode pengujian pengaruh panas dan udara terhadap lapisan tipis aspal yang diputar*.

SNI 03-6757-2002, *Metode pengujian berat jenis nyata campuran beraspal di padatkan menggunakan benda uji kering permukaan jenuh*.

SNI 03-6893-2002, *Metode pengujian berat jenis maksimum campuran beraspal*.

SNI 03-6877-2002, *Metode pengujian kadar rongga agregat halus yang tidak dipadatkan*.

SNI 06-6399-2000, *Tata cara pengambilan contoh aspal*.

SNI 06-6441-2000, *Metode pengujian viskositas aspal minyak dengan alat brookfield termosel*.

SNI 03-4428-1997, *Metode pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastis dengan cara setara pasir.*

SNI 03-3426-1994, *Survai kerataan permukaan perkerasan jalan dengan alat ukur NAASRA.*

SNI 03-3640-1994, *Metode pengujian kadar beraspal dengan cara ekstraksi menggunakan alat soklet.*

SNI 06-2440-1991, *Metode pengujian kehilangan berat minyak dan aspal dengan cara A.*

AASHTO T301-13, *Elastic recovery test of asphalt materials by means of a ductilometer.*

AASHTO T 195, *Standard method of test for determining degree of particle coating of asphalt mixture.*

AASHTO M323, *Standard specification for superpave volumetric mix design.*

ASTM D4791-99, *Standard test method for flat particles, elongated particles, or flat and elongated particles in coarse aggregate.*

ASTM D6926-10, *Standard Practice for Preparation of Bituminous Specimens Using Marshall Apparatus.*

ASTM D6927-06, *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures.*

ASTM D5581-07a, *Standard test method for resistance to plastic flow of bituminous mixtures using Marshall apparatus (6 inch-diameter specimen).*

ASTM D2073-07, *Standard Test Methods for Total, Primary, Secondary, and Tertiary Amine Values of Fatty Amines by Alternative Indicator Method.*

ASTM D3625-96 (2005), *Standard Practice for Effect of Water on Bituminous-Coated Aggregate Using Boiling Water.*

ASTM D4792/D4792M-13:2013, *Standard Test Method for Potential Expansion of Aggregates from Hydration Reactions.*

ASTM D2170-10, *Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Asphalts (Bitumens).*

ASTM D5976 part 6.1 *Standard Specification for Type I Polymer Modified Asphalt Cement for Use in Pavement Construction (Withdrawn 2005).*

BS 598 Part 104, *The Compaction Procedure Used in the Percentage Refusal Density Test.*

JRA Japan Road Association (1980), *Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement.*

BS EN 1744-1:2009 *Tests for chemical properties of aggregates Chemical analysis*

Pd T-03-2005-B, *Pemeriksaan peralatan unit produksi campuran beraspal (asphalt mixing plant) Keputusan Menteri Perhubungan dan Prasarana Wilayah Nomor : 330/KPTS/M/2002*

Pd T-12-2003, *Pedoman perambuan sementara untuk pekerjaan jalan.*

Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum Nomor 10/SE/M/2011 Tanggal 31 Oktober 2011, *Perihal Pedoman Penggunaan batu bara untuk pemanas agregat slag pada Unit Pencampur Aspal (UPA)*

### **3 Istilah dan definisi**

Untuk tujuan penggunaan pedoman ini, istilah dan definisi berikut digunakan.

#### **3.1**

##### **agregat**

sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, sirtu, pasir atau mineral lainnya atau kombinasi dari bahan tersebut, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan

#### **3.2**

##### **agregat halus**

agregat yang lolos ayakan (4,75 mm) yang terdiri dari partikel pasir alami atau batu pecah halus



### 3.3

#### **agregat kasar**

agregat yang tertahan pada ayakan No.4 (4,75 mm)

### 3.4

#### **aspal modifikasi**

aspal keras yang dimodifikasi dengan penambahan elastomer sintesis

### 3.5

#### **aspal keras**

residu destilasi minyak bumi yang bersifat *viscoelastik* termasuk aspal alami dan aspal modifikasi

### 3.6

#### **aspal keras**

residu destilasi minyak bumi yang bersifat *viscoelastik* termasuk aspal alami dan aspal modifikasi

### 3.7

#### **BF Slag (*Blast Furnace*)**

slag yang didapat dari hasil peleburan dan pemisahan di dalam tungku tanur tinggi dan didinginkan dengan menggunakan air ataupun uap air

### 3.8

#### **BOF Slag (*Basic oxygen furnace slag*)**

slag yang didapat dari hasil pemisahan dan pendinginan dari peleburan baja didalam tungku tanur oksigen

### 3.9

#### **EHF Slag (*Electric arc steel slag*)**

slag yang didapat dari hasil pemisahan dan pendinginan dari proses peleburan baja didalam tungku tanur listrik

### 3.10

#### **IF Slag (*Induction furnace slag*)**

slag yang didapat dari hasil pemisahan dan pendinginan dari proses peleburan baja di dalam tungku tanur induksi listrik

### 3.11

#### **kadar aspal total**

kadar aspal yang diperoleh dari hasil bagi berat aspal dengan berat total campuran beraspal, dinyatakan dalam persen

### 3.12

#### **kadar aspal efektif**

kadar aspal total dikurangi dengan kadar aspal yang diserap dalam partikel agregat

### 3.13

#### **laston (*asphalt concrete, AC*)**

campuran beraspal panas dengan gradasi agregat gabungan yang rapat/menerus dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras

### 3.14

#### **laston lapis perata**

laston dengan bahan pengikat aspal keras (Pen 60--70) atau aspal keras yang dimodifikasi Polimer (Elastomer Sintetis) yang digunakan sebagai perata lapisan dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama

### 3.15

#### **laston lapis permukaan (*asphalt concrete wearing course, AC-WC*)**

laston dengan aspal Pen 60--70 dan ukuran agregat maksimum 19 mm yang dipasang pada bagian perkerasan yang paling atas dan berfungsi sebagai lapis aus

### 3.16

#### **laston lapis antara (*asphalt concrete binder course, AC-BC*)**

laston dengan aspal Pen 60--70 dan ukuran agregat maksimum 25 mm yang dipasang antara lapis permukaan dan lapis fondasi

### 3.17

#### **laston lapis fondasi (*asphalt concrete base, AC-Base*)**

laston dengan aspal Pen 60--70 dan ukuran agregat maksimum 37,5 mm yang dipasang di bawah lapis lapis antara atau dapat juga di bawah lapis permukaan

### 3.18

#### **laston modifikasi (*asphalt concrete modified, AC Modifikasi*)**

campuran beraspal panas dengan gradasi agregat gabungan yang rapat/menerus dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras yang dimodifikasi Polimer (Elastomer Sintetis)

### 3.19

#### **laston lapis permukaan modifikasi (*AC-WC Modifikasi*)**

laston modifikasi dengan aspal Elastomer Sintetis (Aspal Polimer) yang diproses dan ukuran agregat maksimum 19 mm yang dipasang pada bagian perkerasan yang paling atas dan berfungsi sebagai lapis aus

### 3.20

#### **laston lapis antara modifikasi (*AC-BC Modifikasi*)**

laston midifikasi dengan aspal Elastomer Sintetis (Aspal Polimer) yang diproses dan ukuran agregat maksimum 25,4 mm yang dipasang antara lapis permukaan dan lapis fondasi

### 3.21

#### **laston lapis fondasi modifikasi (*AC-Base Modifikasi*)**

laston midifikasi dengan aspal Elastomer Sintetis (Aspal Polimer) yang diproses dan ukuran agregat maksimum 37,5 mm yang dipasang yang dipasang di bawah lapis lapis antara atau dapat juga di bawah lapis permukaan

### 3.22

#### **lindi**

proses pelarutan bahan kimia, mineral atau zat lain

### 3.23

#### **pelelehan (*flow*)**

perubahan bentuk benda uji secara vertical suatu campuran beraspal pada saat runtuh

### 3.24

#### **rongga di antara mineral agregat (*void in mineral aggregates, VMA*)**

volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan, yaitu rongga udara dan volume kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume total benda uji

### 3.25

#### **rongga udara (*void in mix, VIM*)**

volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang diselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan, dinyatakan dengan persen terhadap volume total benda uji

### **3.26**

#### **rongga terisi aspal (*void filled with bitumen, VFB*)**

bagian rongga yang berada di antara mineral agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat, dinyatakan dalam persen terhadap VMA

### **3.27**

#### **slag**

limbah padatan bukan logam yang dihasilkan dari proses peleburan besi atau baja baik berupa BF, BOF, EAF dan IF yang umumnya mengandung CaO, SiO<sub>2</sub>, FeO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan MgO, selanjutnya dihancurkan dengan mesin penghancur menjadi agregat slag berbagai ukuran

### **3.28**

#### **slag halus**

slag yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm)

### **3.29**

#### **slag kasar**

slag yang tertahan pada ayakan No.4 (4,75 mm)

### **3.30**

#### **stabilitas**

kemampuan maksimum benda uji campuran beraspal dalam menahan beban sampai terjadi kelelahan plastis, dinyatakan dalam satuan beban

### **3.31**

#### ***toxicity characteristic leaching procedure (TCLP)***

prosedur laboratorium untuk memprediksi potensi pelindian B3 dari suatu Limbah

### **3.32**

#### **ukuran agregat nominal**

satu ukuran lebih besar dari ayakan yang menahan agregat lebih dari 10 persen

### **3.33**

#### **ukuran agregat maksimum**

satu ukuran lebih besar dari ukuran agregat nominal maksimum

## **4 Ketentuan**

### **4.1 Ketentuan bahan dan campuran**

#### **4.1.1 Umum**

Slag yang digunakan sebagai bahan campuran laston secara umum harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Slag harus berasal dari limbah hasil peleburan biji besi atau baja baik berupa BF slag, BOF slag, EAF slag maupun IF slag.
- Slag harus dipasok oleh produsen yang memiliki izin dari Kementerian yang berwenang di bidang lingkungan hidup untuk memproses slag.
- Pengambilan contoh slag untuk pengujian sesuai dengan SNI 6889:2014. Bahan harus ditumpuk maksimum 5 meter, dipisah setiap ukuran, terhindar dari air untuk memperkecil potensi pelindian kapur bebas atau dolomit yang mungkin ada dalam slag dan disimpan dengan baik sehingga dapat mencegah segregasi.
- Fraksi slag kasar dan slag halus serta agregat (bila diperlukan penambahan) harus merupakan bahan yang bersih, keras, nonplastis dan bebas dari bahan yang menurunkan kualitas campuran.

- e. Penyerapan air oleh slag serta agregat (bila diperlukan penambahan) maksimum 3% diuji sesuai SNI 1969:2016 untuk slag dan agregat kasar dan SNI 1970:2016 untuk agregat dan slag halus.
- f. Perbedaan berat jenis (*bulk specific gravity*) antara slag kasar dan slag halus atau dengan agregat yang ditambahkan (bila diperlukan) lebih dari 0,2 dapat digunakan dengan perhitungan koreksi berat berdasarkan volumetrik.

#### 4.1.2 Slag dan agregat

##### a. Sifat kimia dan fisik slag

Slag yang digunakan harus memenuhi persyaratan kimia dan fisik, seperti:

- 1) kandungan sulfur (S) yang terkandung dalam setiap slag  $\leq 2\%$  diuji sesuai BS EN 1744-1:2009 +A1:2012 dan pH slag harus mempunyai nilai 8 --10 diuji sesuai SNI 6787:2015.
- 2) kandungan lindi logam berat terkait TCLP C harus sesuai dengan PP No. 101 tahun 2014.
- 3) bahan untuk campuran laston seluruh dapat menggunakan slag, tetapi bila nilai pengembangannya yang diuji sesuai ASTM D4792/D4792M-13:2013 lebih besar dari 0,5% maka diperlukan perubahan komposisi campuran dengan penambahan agregat kasar atau agregat halus.
- 4) sifat fisik slag harus memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

##### b. Sifat fraksi slag dan agregat kasar

- 1) fraksi slag dan agregat kasar (bila diperlukan) untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm)
- 2) fraksi slag dan agregat kasar (bila diperlukan) harus hasil pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan seperti ditunjukkan pada Tabel 3.
- 3) fraksi slag dan agregat kasar (bila diperlukan) harus memenuhi persyaratan yang diberikan pada Tabel 1.

**Tabel 1 - Persyaratan slag dan agregat kasar**

Pengujian		Meode uji	Persyaratan
Kekekalan bentuk slag dan agregat kasar terhadap larutan:			
- Natrium Sulfat/Sodium Sulfat (5 siklus)		SNI 3407:2008	Maks. 12%
- Magnesium Sulfat			Maks. 18%
Keausan slag dan agregat kasar pada 500 putaran dengan mesin abrasi Los Angeles	Laston	SNI 2417:2008	Maks. 40%
	Laston Modifikasi	SNI 2417:2008	Maks. 30%
Kelekatan slag dan agregat kasar terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah slag dan agregat kasar		SNI 7619-2012	95/90 <sup>1)</sup>
Partikel pipih dan lonjong (Perbandingan lengan alat uji terhadap poros = 1:5)		ASTM D4791	Maks. 10%
Material lolos ayakan 0,075 mm (No.200)		SNI ASTM C117:2012	Maks. 2%
<b>CATATAN:</b> <sup>1)</sup> 95/90 menunjukkan bahwa 95% slag dan agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% slag dan agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.			

##### c. Sifat fraksi slag dan agregat halus

- 1) fraksi slag dan agregat halus (bila diperlukan) untuk rancangan campuran adalah yang lolos ayakan No.4 (4,75mm)

- 2) fraksi slag halus berupa penyaringan slag hasil pecah mesin, sedangkan agregat halus dapat berupa batu pecah atau pasir alam dengan penggunaannya maksimum sebanyak 15% terhadap berat total campuran
- 3) fraksi slag dan agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2- Persyaratan slag dan agregat halus**

Pengujian	Meode uji	Persyaratan
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam slag dan agregat halus	SNI 03-4141-2015	Maks 1%
Material lolos ayakan 0,075 mm (No.200)	SNI ASTM C117:2012	Maks 10%

d. Bahan pengisi

- 1) bila diperlukan, penambahan bahan pengisi maksimum 2% dari berat total campuran beraspal;
- 2) bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136-2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya;
- 3) bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas semen atau abu terbang.

e. Gradasi campuran

Persyaratan gradasi campuran beraspal panas bergadasi menerus menggunakan slag untuk setiap jenis campuran ditunjukkan dalam Tabel 3. Gradasi setiap jenis campuran tersebut harus termasuk agregat (bila digunakan).

**Tabel 3- Persyaratan gradasi campuran beraspal panas bergadasi menerus menggunakan slag**

Ukuran ayakan	Persen berat lolos terhadap total agregat dalam campuran		
	Laston (AC)		
	WC atau WC Modifikasi	BC atau BC Modifikasi	Base atau Base Modifikasi
1 ½ in (37,5 mm)			100
1 in (25 mm)		100	90--100
¾ in (19 mm)	100	90--100	76--90
½ in (12,5 mm)	90--100	75--90	60--78
3/8 in (9,5 mm)	77--90	66--82	52--71
No. 4 (4,75 mm)	53--69	46--64	35--54
No. 8 (2,36 mm)	33--53	30--49	23--41
No. 16 (1,18 mm)	21--40	18--38	14--30
No. 30 (0,60 mm)	14--30	12--28	10--22
No. 50 (0,30 mm)	9--22	7--20	6--15
No. 100 (0,15 mm)	6--15	5--13	4--10
No. 200 (0,075 mm)	4--9	4--8	3--7

### 4.1.3 Aspal

Bahan aspal harus memenuhi persyaratan sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Pengambilan contoh bahan aspal harus dilaksanakan sesuai dengan SNI 06-6399-2000.

**Tabel 4- Persyaratan aspal keras**

No.	Jenis Pengujian	Meode uji	Persyaratan	
			Tipe I Aspal Pen. 60- 70	Tipe II B Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60--70	Min. 40
2	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160--240	320--480
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	≥ 54
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	≥ 100
6	Titik Nyala (0 °C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 232
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	SNI 2438:2015	≥ 99	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D5976 part 6.1	-	≤ 2,2
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002) :				
10	Berat yang Hilang (%)	SNI2441-2011	≤ 0,8	≤ 0,8
11	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 03-6441-2000	≤ 800	≤ 1600
12	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 2456:2011	≥ 54	≥ 54
13	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-
14	Keelastisan setelah Pengembalian (%)	AASHTO T 301 -13	-	≥ 60

### 4.1.4 Bahan anti pengelupasan

Anti pengelupasan (*anti stripping*) hanya digunakan apabila nilai stabilitas lebih kecil dari yang disyaratkan. Kuantitas pemakaian aditif anti pengelupasan berkisar antara 0,2% sampai dengan 0,4% terhadap berat aspal.

Anti pengelupasan harus memenuhi persyaratan sesuai Tabel 5 dan kompatibilitas anti pengelupasan dengan aspal harus sesuai Tabel 6.

**Tabel 5- Persyaratan bahan anti pengelupasan mengandung *amine***

No	Jenis pengujian	Meode uji	Persyaratan
1	Titik nyala (Claveland Open Cup), °C	SNI 2433:2011	Min. 180 <sup>1)</sup> Min. 225 <sup>2)</sup>
2	Viskositas, pada 25°C (Saybolt Furol), detik	SNI 06-6721-2002	>200
3	Berat Jenis, pada 25°C,	SNI 2441:2011	0,92 – 1,06
4	Bilangan asam ( <i>acid value</i> ), mL KOH/g	SNI 7182:2012	<10
5	Total bilangan <i>amine</i> ( <i>amine value</i> ), mL HCl/g	ASTM D2073-07	150 - 350
<b>CATATAN:</b> 1) Khusus pencampuran menggunakan pompa penakar ( <i>dozing pump</i> ) 2) Khusus pencampuran diketel aspal			

**Tabel 6- Kompatibilitas bahan anti pengelupasan dengan aspal**

No	Jenis pengujian	Meode uji	Persyaratan
1	Uji pengelupasan dengan air mendidih ( <i>boiling water test</i> ), % <sup>1)</sup>	ASTM D3625-96	Min. 80 <sup>3)</sup>
2	Stabilitas penyimpanan campuran aspal dan bahan anti pengelupasan, °C	SNI 2434.2011	Maks. 2,2 <sup>2)</sup>
3	Stabilitas pemanasan ( <i>Heat stability</i> )	ASTM D3625-96	Min. 70 <sup>3)</sup>
4	Pengondisian 72 jam, % permukaan terselimuti aspal	Modification	
4	Homogenitas ( <i>Homogeneity</i> ), % $ B_{bottom} - B_{top} ^{(4)}$	ASTM D3625-96 Modification	<10 <sup>3)</sup>
<b>CATATAN:</b> 1)Modifikasi prosedur pengujian tentang persiapan benda uji meliputi ukuran dan jenis agregat, kadar aspal dan temperatur pencampuran antara aspal, slag dan bahan anti pengelupasan. 2) Perbedaan nilai Titik Lembek (SNI 2434:2011) 3) Persyaratan berlaku untuk pengujian menggunakan agregat silika 4) Perbedaan nilai uji <i>boiling test</i> contoh aspal yang diambil di bagian atas dan bawah			

#### 4.1.5 Campuran

Setiap jenis campuran laston (AC) menggunakan slag dengan aspal Pen 60-70, masing-masing disebut sebagai Lapis Aus (AC-WC), Lapis Antara (AC-BC), dan Lapis Fondasi (AC-Base), sedangkan yang menggunakan aspal Elastomer Sintetis (Aspal Polimer), disebut Lapis Aus Modifikasi (AC-WC Mod), Lapis Antara Modifikasi (AC-BC Mod), dan Lapis Fondasi Modifikasi (AC-Base Mod).

Sifat-sifat campuran laston dan laston modifikasi, harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan berturut-turut pada Tabel 7 untuk campuran laston, dan pada Tabel 8 untuk campuran laston modifikasi.

**Tabel 7 - Persyaratan sifat-sifat campuran laston menggunakan slag**

Sifat-sifat campuran	Meode uji	Laston (AC)		
		Lapis Aus (AC-WC)	Lapis Antara (AC-BC)	Lapis Fondasi (AC-Base)
Jumlah tumbukan per bidang	ASTM D6926-10	75		112 <sup>(1)</sup>
Rongga dalam campuran (VIM), %	AASHTO M323	3,0--5,0		
Rongga dalam mineral agregat (VMA), %	AASHTO M323	Min. 15	Min. 14	Min. 13
Rongga terisi aspal (VFB), %	AASHTO M323	Min. 65		Min. 65
Stabilitas marshall, kg	ASTM D6927-06	Min. 800		Min. 1800 <sup>(1)</sup>
Pelelehan, mm	dan ASTM D5581-07a	2--4		3,0 <sup>(1)</sup> -- 6,0 <sup>(1)</sup>
Stabilitas Marshall Sisa setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C, %	ASTM D6927-06 dan ASTM D5581-07a	Min. 90		
Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal) <sup>(2)</sup> , %	BS 598 Part 104	Min. 2		

**Tabel 8 - Persyaratan sifat-sifat campuran laston modifikasi menggunakan slag**

Sifat-sifat campuran	Meode uji	Laston (AC) Modifikasi		
		Lapis Aus Modifikasi (AC-WC Mod)	Lapis Antara Modifikasi (AC-BC Mod)	Lapis Fondasi Modifikasi (AC-Base Mod)
Jumlah tumbukan per bidang	ASTM D6926-10	75		112 <sup>(1)</sup>
Rongga dalam campuran (VIM), %	AASHTO M323	3,0--5,0		
Rongga dalam mineral agregat (VMA), %	AASHTO M323	Min. 15	Min. 14	Min. 13
Rongga terisi aspal (VFB), %	AASHTO M323	Min. 65		Min. 65
Stabilitas marshall, kg	ASTM D6927-06 dan	Min. 1000		Min. 2250 <sup>(1)</sup>
Pelelehan, mm	ASTM D5581-07a	2--4		3,0 <sup>(1)</sup> -- 6,0 <sup>(1)</sup>
Stabilitas Marshall Sisa setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C, %	ASTM D6927-06 dan ASTM D5581-07a	Min. 90		
Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal) <sup>(2)</sup> , %	BS 598 Part 104	Min. 2		
Stabilitas Dinamis, Lintasan / mm <sup>(3)</sup>	JRA-1980	Min. 2500		

**CATATAN:**

- (1) Modifikasi Marshall sesuai ASTM D 5581-07a (diameter benda uji 15 cm)
- (2) Untuk menentukan kepadatan membal (refusal), disarankan menggunakan penumbuk bergetar (*vibratory hammer*) agar pecahnya butiran agregat dalam campuran dapat dihindari.
- (3) Pengujian *Wheel Tracking Machine* (WTM) harus dilakukan pada temperatur 60°C dengan beban kontak (6,4 ± 0,15) kg/cm<sup>2</sup> dengan kecepatan 21 siklus per menit. Prosedur pengujian harus mengikuti Manual untuk Rancangan dan Pelaksanaan Perkerasan Aspal, JRA Japan Road Association (1980).

**4.2 Ketentuan peralatan**

Peralatan pengujian di laboratorium dan pelaksanaan di lapangan yang digunakan harus laik dan terkalibrasi sesuai dengan ketentuan.

**4.2.1 Peralatan laboratorium**

Alat utama yang digunakan untuk perancangan campuran dengan metode Marshall terdiri atas peralatan untuk penyiapan benda uji serta peralatan untuk pengujian stabilitas dan pelelehan. Secara lebih lengkap, peralatan yang diperlukan untuk penyiapan benda uji terdiri atas:

- a. Nampan logam dengan dasar rata, untuk memanaskan agregat.
- b. Mangkuk kapasitas sekitar 4 liter, untuk mencampur/mengaduk aspal, dan agregat.
- c. Oven dan plafon panas (*hot plate*), untuk memanaskan agregat, slag, aspal, dan peralatan.
- d. Sendok tanah.
- e. Wadah aspal, untuk pemanasan.
- f. Termometer logam dan termometer gelas, untuk mengukur temperatur agregat, slag, aspal, dan campuran.
- g. Timbangan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gr, untuk menimbang agregat dan aspal.
- h. Timbangan kapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gr, untuk menimbang benda uji.
- i. Spatula besar.
- j. Pengaduk mekanis.
- k. Pedestal pemadatan yang terdiri atas balok kayu 200 mm x 200 mm x 460 mm dengan tutup baja 305 mm x 305 mm x 25 mm. Balok kayu harus mempunyai berat sekitar 670 – 770 kg/m<sup>3</sup> dan terikat kuat pada pelat beton.
- l. Cetakan (*mold*) yang mempunyai diameter bagian dalam 101,6 mm (4,00 in) dan dilengkapi dengan pelat dasar dan leher (*collar*).
- m. Penumbuk (*compaction hammer*).
- n. Pemegang cetakan (*mold holder*).
- o. Pengeluar benda uji (*steel specimen extractor*).
- p. Sarung tangan.
- q. Spidol atau kapur tulis, untuk memberi tanda pada benda uji.
- r. Kertas saring.



#### 4.2.2 Unit produksi campuran aspal

Sebelum digunakan uji coba pencampuran dan produksi maka unit produksi campuran aspal (UPCA) atau *asphalt mixing plant* (AMP) harus diperiksa kelayakannya serta komponen tertentu, seperti alat ukur temperatur harus dikalibrasi. Pemeriksaan UPCA harus mengacu pada Pd T-03-2005-B.

Ketentuan UPCA mencakup hal-hal sebagai berikut:

- a. Unit produksi campuran aspal harus mempunyai sertifikat "laik operasi" dan sertifikat kalibrasi dari Metrologi untuk timbangan aspal, slag serta agregat dan bahan pengisi tambahan (bilamana digunakan), yang masih berlaku. Jika sertifikat timbangan masih berkaku tetapi kondisinya sudah tidak baik maka timbangan tersebut harus dikalibrasi ulang.
- b. Berupa pusat pencampuran dengan sistem penakaran (*batching*) yang dilengkapi ayakan panas (*hot bin screen*) dan mampu memasok mesin penghampar secara terus menerus bilamana menghampar campuran pada kecepatan normal dan ketebalan yang dikehendaki.
- c. Harus dirancang dan dioperasikan sedemikian hingga dapat menghasilkan campuran dalam rentang toleransi.
- d. Harus dipasang di lokasi yang jauh dari pemukiman sehingga tidak mengganggu ataupun mengundang protes dari penduduk di sekitarnya.
- e. Harus dilengkapi dengan alat pengumpul debu (*dust collector*) yang lengkap yaitu sistem pusaran kering (*dry cyclone*) dan pusaran basah (*wet cyclone*) sehingga tidak menimbulkan pencemaran debu. Bilamana salah satu sistem di atas rusak atau tidak berfungsi maka UPCA tersebut tidak boleh dioperasikan.
- f. Mempunyai pengaduk (*pug mill*) dengan kapasitas asli minimum 800 kg yang bukan terdiri dari gabungan dari 2 instalasi pencampur aspal atau lebih dan dilengkapi dengan sistem penimbangan secara komputerisasi jika digunakan untuk memproduksi AC modifikasi atau AC-Base.
- g. Jika digunakan untuk pembuatan campuran aspal yang dimodifikasi harus dilengkapi dengan pengendali temperatur termostatik otomatis yang mampu mempertahankan temperatur campuran sebesar 175°C. Jika digunakan bahan bakar gas maka pemanas (*dryer*) harus dilengkapi dengan alat pengendali temperatur (*regulator*) untuk mempertahankan panas dengan konstan.
- h. Jika digunakan untuk pembuatan AC-Base, mempunyai pemasok dingin (*cold bin*) yang jumlahnya tidak kurang dari 5 buah dan untuk jenis campuran beraspal lainnya minimal tersedia 4 pemasok dingin.
- i. Bahan bakar yang digunakan untuk memanaskan agregat slag haruslah minyak tanah atau solar dengan berat jenis maksimum 0,860 atau gas Elpiji atau LNG (*liquefied natural gas*) atau gas yang diperoleh dari batu bara. Batu bara yang digunakan dalam proses gasifikasi haruslah min. 5.500 K.Cal/kg. Ketentuan lebih lanjut penggunaan alat pencampur aspal dengan bahan bakar batu bara dengan sistem tidak langsung (*indirect*), mengacu pada Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum Nomor 10/SE/M/2011.
- j. Agregat slag yang diambil dari pemasok panas (*hot bin*) atau pengering (*dryer*) tidak boleh mengandung jelaga dan atau sisa minyak yang tidak habis terbakar.
- k. Tangki Penyimpan Aspal
  - 1) Tangki penyimpan bahan aspal harus dilengkapi dengan pemanas yang dapat dikendalikan dengan efektif dan andal sampai suatu temperatur dalam rentang yang disyaratkan. Pemanasan harus dilakukan melalui kumparan uap (*steam coils*), listrik, atau cara lainnya sehingga api tidak langsung memanasi tangki aspal. Setiap tangki harus dilengkapi dengan sebuah termometer yang terletak sedemikian hingga temperatur aspal dapat dengan mudah dilihat. Sebuah keran harus dipasang pada pipa keluar dari setiap tangki untuk pengambilan benda uji.

- 2) Sistem sirkulasi untuk bahan aspal harus mempunyai ukuran yang sesuai agar dapat memastikan sirkulasi yang lancar dan terus menerus selama periode pengoperasian. Perlengkapan yang sesuai harus disediakan, baik dengan selimut uap (*steam jacket*) atau perlengkapan isolasi lainnya, untuk mempertahankan temperatur yang disyaratkan dari seluruh bahan pengikat aspal dalam sistem sirkulasi.
  - 3) Daya tampung tangki penyimpanan minimum adalah paling sedikit untuk kuantitas dua hari produksi. Paling sedikit harus disediakan dua tangki yang berkapasitas sama. Tangki-tangki tersebut harus dihubungkan ke sistem sirkulasi sedemikian rupa agar masing-masing tangki dapat diisolasi secara terpisah tanpa mengganggu sirkulasi aspal ke alat pencampur.
  - 4) Untuk campuran aspal yang dimodifikasi, sekurang-kurangnya sebuah tangki penyimpan aspal tambahan dengan kapasitas yang tidak kurang dari 20 ton harus disediakan, dipanaskan tidak langsung dengan kumparan minyak atau pemanas listrik dan dilengkapi dengan pengendali temperatur termostatik yang mampu mempertahankan temperatur sebesar 175°C. Tangki ini harus disediakan untuk penyimpanan aspal yang dimodifikasi selama periode dimana aspal tersebut diperlukan untuk proyek.
  - 5) Semua tangki penyimpan aspal untuk pencampuran aspal alam yang mengandung bahan mineral dan untuk aspal yang dimodifikasi lainnya, bilamana akan terjadi pemisahan, harus dilengkapi dengan pengaduk mekanis yang dirancang sedemikian hingga setiap saat dapat mempertahankan bahan mineral didalam bahan pengikat sebagai suspensi.
- I. Tangki penyimpan aditif  
Tangki penyimpanan aditif dengan kapasitas minimal dapat menyimpan bahan aditif untuk satu hari produksi campuran beraspal dan harus dilengkapi dengan *dozing pump* sehingga dapat memasok langsung aditif ke *pugmill* dengan kuantitas dan tekanan tertentu.
  - m. Ayakan panas  
Ukuran saringan panas yang disediakan harus sesuai dengan ukuran slag atau agregat untuk setiap jenis campuran yang akan diproduksi.
  - n. Pengendali waktu pencampuran  
Instalasi harus dilengkapi dengan perlengkapan yang andal untuk mengendalikan waktu pencampuran dan menjaga waktu pencampuran tetap konstan.
  - o. Timbangan dan rumah timbang  
Timbangan harus disediakan untuk menimbang slag, aspal serta agregat dan bahan pengisi (bila diperlukan). Rumah timbang harus disediakan untuk menimbang truk bermuatan yang siap dikirim ke tempat penghamparan.
  - p. Penyimpanan dan pemasokan bahan pengisi  
Silo atau tempat penyimpanan yang tahan cuaca untuk menyimpan dan memasok bahan pengisi dengan sistem penakaran berat harus disediakan.
  - q. Ketentuan keselamatan kerja
    - 1) tangga yang memadai dan aman untuk naik ke landasan (*platform*) alat pencampur dan landasan berpagar yang digunakan sebagai jalan antar unit perlengkapan harus dipasang. Untuk mencapai puncak bak truk, perlengkapan untuk landasan atau perangkat lain yang sesuai harus disediakan sehingga dapat dilakukan pengambilan benda uji maupun pemeriksaan temperatur campuran.  
Untuk memudahkan pelaksanaan kalibrasi timbangan, pengambilan benda uji dan lainnya, maka suatu sistem pengangkat atau katrol harus disediakan untuk menaikkan peralatan dari tanah ke landasan (*platform*) atau sebaliknya. Semua roda gigi, roda beralur (*pulley*), rantai, rantai gigi dan bagian bergerak lainnya yang berbahaya harus seluruhnya dipagar dan dilindungi.
    - 2) lorong yang cukup lebar dan tidak terhalang harus disediakan di dan sekitar tempat pengisian muatan truk. Tempat ini harus selalu dijaga agar bebas dari benda yang jatuh dari alat pencampur

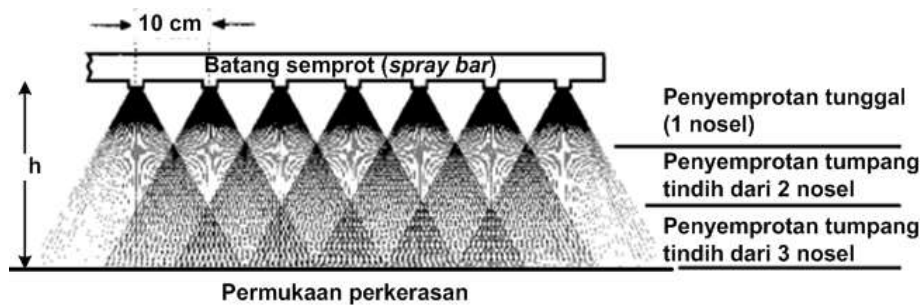
### 4.2.3 Peralatan pengangkut

- a. Truk untuk mengangkut campuran aspal harus mempunyai bak terbuat dari logam yang rapat, bersih dan rata, yang telah disemprot dengan sedikit air sabun, atau larutan kapur untuk mencegah melekatnya campuran aspal pada bak. Setiap genangan minyak pada lantai bak truk hasil penyemprotan sebelumnya harus dibuang sebelum campuran aspal dimasukkan dalam truk.
- b. Tiap muatan harus ditutup dengan kanvas/terpal atau bahan lainnya yang cocok dengan ukuran yang sedemikian mpa agar dapat melindungi campuran aspal terhadap cuaca dan proses oksidasi. Bilamana dianggap perlu, bak truk hendaknya diisolasi dan seluruh penutup harus diikat kencang agar campuran aspal yang tiba di lapangan pada temperatur yang disyaratkan.
- c. Truk yang menyebabkan segregasi yang berlebihan pada campuran aspal akibat sistem pegas atau faktor penunjang lainnya, atau yang menunjukkan kebocoran oli yang nyata, atau yang menyebabkan keterlambatan yang tidak semestinya, truk tersebut harus dikeluarkan dari pekerjaan sampai kondisinya diperbaiki.
- d. Dump truk yang mempunyai badan menjulur dan bukaan ke arah belakang harus disetel agar seluruh campuran aspal dapat dituang ke dalam penampung dari alat penghampar aspal tanpa mengganggu kerataan pengoperasian alat penghampar dan truk harus tetap bersentuhan dengan alat penghampar. Truk yang mempunyai lebar yang tidak sesuai dengan lebar alat penghampar tidak diperkenankan untuk digunakan. Truk aspal dengan muatan lebih tidak diperkenankan.
- e. Jumlah truk untuk mengangkut campuran aspal harus cukup dan dikelola sedemikian rupa sehingga peralatan penghampar dapat beroperasi secara menerus dengan kecepatan yang disetujui.

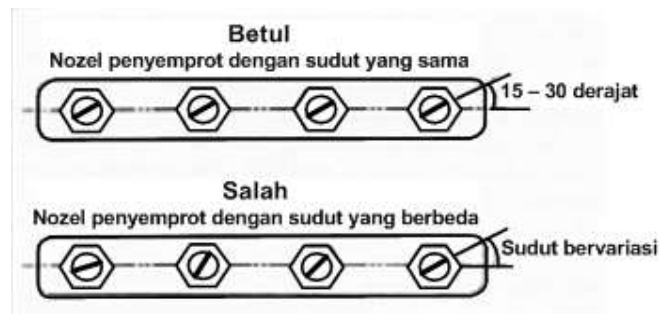
### 4.2.4 Peralatan penyemprot aspal

Penyemprotan lapis perekat atau lapis resap pengikat dapat dilakukan menggunakan alat sesuai yang direkomendasikan. Bila mana menggunakan alat aspal distributor maka:

- a. Alat aspal distributor harus berupa kendaraan beroda ban angin yang bermesin penggerak sendiri, memenuhi peraturan keselamatan jalan.
- b. Sistem tangki aspal, pemompaan dan penyemprotan harus sesuai dengan ketentuan pengamanan.
- c. Aspal distributor sebelum digunakan harus dikalibrasi agar penyiraman/penyemprotan aspal pada permukaan jalan merata sesuai penggunaan takaran yang direncanakan.
- d. Takaran penggunaan harus dalam batas-batas toleransi  $\pm 5\%$ , maka alat-alat pengukur harus dikalibrasi, yaitu :
  - 1) kecepatan kendaraan (*tachometer*);
  - 2) tekanan pompa (*tachometer pump*);
  - 3) termometer ;
  - 4) tongkat celup, pengukur volume;
- e. Batang penyemprot (*spray bar*) harus dilengkapi dengan pengatur tinggi dan panjang minimum 180 cm. (lihat Gambar 1);
- f. Sudut nosel harus disetel secara tepat (sudut nosel yang sama) supaya bentuk semprotan sama sehingga distribusi penggunaan aspal merata. (lihat Gambar 2).



**Gambar 1 - Ketinggian batang semprot untuk menghasilkan kerucut penyemprotan tumpang tindih (overlap) tiga kali**



**Gambar 2 - Penyetelan nosel yang tepat**

Semprotan tangan (*hand sprayer*) digunakan hanya untuk menyemprotkan aspal pada bagian-bagian permukaan jalan yang tidak bisa dilakukan dengan aspal distributor atau pada bagian yang tidak rata atau untuk pekerjaan yang relatif kecil/sedikit dan *spot-spot* (pemeliharaan rutin); sebelum digunakan harus dicoba sesuai dengan ketinggian dan kecepatan bergerak untuk dapat diperoleh takaran pemakaian aspal sesuai dengan yang disyaratkan.

#### 4.2.5 Peralatan penghampar dan pembentuk

- Peralatan penghampar dan pembentuk harus penghampar mekanis bermesin sendiri yang disetujui, yang mampu menghampar dan membentuk campuran aspal sesuai dengan garis, kelandaian serta penampang melintang yang diperlukan.
- Alat penghampar harus dilengkapi dengan penampung dan dua ulir pembagi dengan arah gerak yang berlawanan untuk menempatkan campuran aspal secara merata di depan "*screed*" (sepatu) yang dapat disetel. Peralatan ini harus dilengkapi dengan perangkat kemudi yang dapat digerakkan dengan cepat dan efisien dan harus mempunyai kecepatan jalan mundur seperti halnya maju. Penampung (*hopper*) harus mempunyai sayap-sayap yang dapat dilipat pada saat setiap muatan campuran aspal hampir habis untuk menghindari sisa bahan yang sudah mendingin di dalamnya.
- Alat penghampar harus mempunyai perlengkapan elektronik dan/atau mekanis pengendali kerataan seperti batang perata (*leveling beams*), kawat dan sepatu pengarah kerataan (*joint matching shoes*) dan peralatan bentuk penampang (*cross fall devices*) untuk mempertahankan ketepatan kelandaian dan kelurusan garis tepi perkerasan tanpa perlu menggunakan acuan tepi yang tetap (tidak bergerak).
- Alat penghampar harus dilengkapi dengan sepatu perata (*screed*) baik dengan jenis penumbuk (*tamper*) maupun jenis vibrasi dan perangkat untuk memanasi *screed* pada temperatur yang diperlukan untuk menghampar campuran aspal tanpa menggusur atau merusak permukaan hasil hamparan.
- Istilah *screed* mengacu pada pengambang mekanis standar (*standard floating mechanism*) yang dihubungkan dengan lengan arah samping (*side arms*) pada titik penambat yang dipasang pada unit penggerak alat penghampar pada bagian belakang roda penggerak dan dirancang untuk menghasilkan permukaan tekstur lurus dan rata tanpa terbelah, tergeser atau beralur.

Bilamana selama pelaksanaan, hasil hamparan dengan peralatan penghampar dan pembentuk meninggalkan bekas pada permukaan, segregasi atau cacat atau ketidakrataan permukaan lainnya yang tidak dapat diperbaiki dengan cara modifikasi prosedur pelaksanaan, maka penggunaan peralatan tersebut harus dihentikan dan peralatan penghampar dan pembentuk lainnya yang memenuhi ketentuan.

#### 4.2.6 Alat pemadat

- a. Setiap alat penghampar harus disertai paling sedikit dua alat pemadat roda baja (*steel wheel roller*) dan satu alat pemadat roda karet (*tire roller*). Paling sedikit harus disediakan satu tambahan alat pemadat roda karet (*tire roller*) untuk setiap kapasitas produksi yang melebihi 40ton/jam. Semua alat pemadat harus mempunyai tenaga penggerak sendiri.
- b. Alat pemadat roda karet harus dari jenis yang disetujui dan memiliki tidak kurang dari sembilan roda yang permukaannya halus dengan ukuran yang sama dan mampu dioperasikan pada tekanan ban pompa sebesar 6,0 -- 6,5 kg/cm<sup>2</sup> atau 85—90 psi pada jumlah lapis anyaman ban (*ply*) yang sama. Roda-roda harus berjarak sama satu sama lain pada kedua sumbu dan diatur sedemikian rupa sehingga tengah-tengah roda pada sumbu yang satu terletak di antara roda-roda pada sumbu yang lainnya secara tumpang-tindih (*overlap*). Setiap roda harus dipertahankan tekanan pompanya pada tekanan operasi yang disyaratkan sehingga selisih tekanan pompa antara dua roda tidak melebihi 0,35 kg/cm<sup>2</sup> (5psi). Suatu perangkat pengukur tekanan ban harus disediakan untuk memeriksa dan menyetel tekanan ban pompa di lapangan pada setiap saat. Untuk setiap ukuran dan jenis ban yang digunakan, Laporan dibuat berbentuk grafik atau tabel yang menunjukkan hubungan antara beban roda, tekanan ban pompa, tekanan pada bidang kontak, lebar dan luas bidang kontak. Setiap alat pemadat harus dilengkapi dengan suatu cara penyetelan berat total dengan pengaturan beban (*ballasting*) sehingga beban per lebar roda dapat diubah dalam rentang 300 – 600 kg per 0,1 meter. Tekanan dan beban roda harus disetel sesuai persyaratan tersebut, agar dapat memenuhi ketentuan setiap aplikasi khusus. Pada umumnya pemadatan dengan alat pemadat roda karet pada setiap lapis campuran aspal harus dengan tekanan yang setinggi mungkin yang masih dapat dipikul bahan.
- c. Alat pemadat roda baja yang bermesin sendiri dapat dibagi atas dua jenis:
  - Alat pemadat tandem statis
  - Alat pemadat vibrator ganda (*twin drum vibratory*)

Alat pemadat statis minimum harus mempunyai berat statis tidak kurang dari 8ton. Alat pemadat vibrator ganda mempunyai berat statis tidak kurang dari 6 ton. Roda gilas harus bebas dari permukaan yang datar, penyok, robek-robek atau tonjolan yang merusak permukaan perkerasan.

#### 4.2.7 Perlengkapan lainnya

Semua perlengkapan lapangan yang harus disediakan termasuk tidak terbatas pada:

- a. Mesin Penumbuk (*Petrol Driven Vibrating Plate*).
- b. Alat pemadat vibrator, 600kg.
- c. Mistar perata 3 meter.
- d. Thermometer Genis arloji) 200°C (minimum tiga unit).
- e. Kompresor dan *jack hammer*.
- f. Mistar perata 3 meter yang dilengkapi dengan *waterpass* dan dapat disesuaikan untuk pembacaan 3% atau lereng melintang lainnya dan super-elevasi antara 0--6%.
- g. Mesin potong dengan mata intan atau serat.
- h. Penyapu mekanis berputar.
- i. Pengukur kedalaman aspal yang telah dikalibrasi.
- j. Pengukur tekanan ban.

### 4.3 Ketentuan pelaksanaan

#### 4.3.1 Ketentuan batasan cuaca

Campuran beraspal panas menggunakan slag hasil produksi hanya bisa dipampar bila permukaan yang telah disiapkan dalam kering dan diperkirakan tidak akan turun hujan selama pekerjaan penghamparan.

#### 4.3.2 Ketentuan pengendalian lalu lintas

Tempat kerja harus ditutup untuk lalu lintas pada saat pekerjaan sedang berlangsung. Selain untuk keselamatan pekerja, pengaturan lalu lintas diperlukan untuk melindungi hasil pelaksanaan. Untuk itu, harus memasang pemisah jalur dan rambu-rambu lalu lintas sesuai Pd T-12-2003 agar jalan dapat dilalui dengan kecepatan maksimum 20 km/jam.

#### 4.3.3 Ketentuan lapis resap pengikat dan lapis perekat

Jenis aspal untuk lapis resap pengikat dapat menggunakan aspal cair jenis medium curing (MC-30) yang dapat dibuat dengan mencampur 80--85 bagian minyak per 100 bagian aspal semen (80—85 pph) atau aspal emulsi jenis *anionic slow setting* atau *medium setting* (SS atau MS) atau aspal *emulsi kationik slow setting* atau *medium setting* (CSS atau CMS) sesuai SNI 4798:2011. Adapun untuk bahan lapis perekat yang disarankan adalah aspal cair jenis *rapid curing* (RC) atau aspal emulsi jenis *anionic rapid setting* (RS) atau aspal emulsi *kationik rapid setting* (CRS) sesuai SNI 6832:2011 atau SNI 4798:2011. Untuk lapis perekat dapat juga menggunakan aspal emulsi modifikasi yang bereaksi cepat, yaitu aspal emulsi yang dimodifikasi dengan lateks sintesis atau lateks alam.

Takaran lapis resap pengikat untuk lapis fondasi agregat tanpa bahan pengikat berkisar antara 0,4--1,3 l/m<sup>2</sup>, sedangkan untuk takaran lapis perekat disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9 – Ketentuan pemakaian lapis perekat**

Jenis aspal	Takaran penggunaan (liter per meter persegi) pada		
	Permukaan baru atau aspal atau beton lama yang licin	Permukaan porus dan terekpos cuaca	Permukaan bahan bepengikat semen
Aspal Cair	0,15	0,15-0,35	0,20-1,00
Aspal Emulsi	0,20	0,20-0,50	0,10-1,00
Aspal Emulsi yang diencerkan (1:1)	0,40	0,40-1,00	0,40-2,00
Aspal Emulsi Modifikasi	0,20	0,20-0,50	0,20-1,00

#### 4.3.4 Ketentuan pelaksanaan uji coba penghamparan dan pemadatan

Segera setelah rancangan campuran rencana (RCR) disetujui, uji coba penghamparan dan pemadatan campuran beraspal harus segera dilakukan dan paling sedikit 50 ton untuk setiap jenis campuran yang diproduksi dengan Unit Pencampur Aspal, dihampar dan dipadatkan di lokasi yang ditetapkan dengan peralatan dan prosedur yang diusulkan.

#### 4.4 Ketentuan pengendalian mutu

##### 4.4.1 Ketentuan tempetarur pencampuran dan pemadatan

Tempetarur pencampuran dan pemadatan, baik pada perancangan di laboratorium maupun pada pelaksanaan di lapangan, dapat ditetapkan sesuai hasil viskositas aspal keras Tipe I dan Tipe IIB atau sesuai rentang temperatur seperti diberikan pada Tabel 10.

**Tabel 10 – Ketentuan temperatur pencampuran dan pemadatan**

No.	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas Aspal (Pas)	Perkiraan Temperatur Aspal (°C)	
			Tipe I	Tipe IIB
1	Pencampuran benda uji Marshall	0,2	155± 1	165± 1
2	Pemadatan benda uji Marshall	0,4	145 ± 1	155±1
3	Pencampuran, rentang temperatur sasaran	0,2--0,5	145--155	155--165
4	Menuangkan campuran aspal dari alat pencampur kedalam truk	± 0,5	135--150	145--160
5	Pemasukan ke Alat penghampar	0,5--1,0	130--150	140--160
6	Pemadatan awal (roda baja)	1--2	125--145	135--155
7	Pemadatan antara (roda karet)	2--20	100--125	110--135
8	Pemadatan akhir (roda baja)	< 20	> 95	>105

##### 4.4.2 Ketentuan tebal

Tebal padat setiap lapisan perkerasan beraspal hasil penghamparan harus sama atau lebih besar dari tebal rancangan yang ditentukan dalam gambar dengan tebal nominal minimum sesuai yang dipersyaratkan pada Tabel 11. Adapun toleransi tebal untuk setiap lapisan campuran beraspal adalah:

- Laston slag sebagai lapis aus, toleransi tebalnya ± 3,0 mm
- Laston slag sebagai lapis antara, toleransi tebalnya ± 4,0 mm
- Laston slag sebagai lapis fondasi, toleransi tebalnya ± 5,0 mm

**Tabel 11 – Ketentuan tebal nominal minimum laston dan laston modifikasi menggunakan slag**

Jenis campuran	Simbol	Tebal nominal minimum (cm)
• Laston slag lapis Aus	AC-WC	4,0
• Laston slag lapis Antara mm	AC-BC	6,0
• Laston slag lapis Fondasi	AC-Base	7,5

##### 4.4.3 Ketentuan komposisi campuran

Seluruh campuran yang dihampar dalam pekerjaan harus sesuai dengan rancangan campuran kerja, dalam batas rentang toleransi yang ditetapkan dalam Tabel 12 di bawah ini.

**Tabel 12 - Toleransi komposisi campuran**

Agregat slag Gabungan	Toleransi Komposisi Campuran
Sama atau lebih besar dari 2,36 mm Lolos ayakan 2,36 mm sampai 0,30 mm Lolos ayakan 0,150 mm dan tertahan 0,075 mm Lolos ayakan 0,075 mm	± 5 % berat total agregat ± 3 % berat total agregat ± 2 % berat total agregat ± 1 % berat total agregat
Kadar aspal	Toleransi
Kadar aspal	± 0,2 % berat total campuran
Temperatur Campuran	Toleransi
campuran beraspal yang berada di tempat penghamparan	- 10 °C dari temperatur campuran beraspal di truk saat keluar dari AMP

**4.4.4 Ketentuan kepadatan**

- Benda uji inti untuk pengujian kepadatan harus sama dengan benda uji untuk pengukuran tebal lapisan. Cara pengambilan benda uji campuran beraspal dan pemadatan benda uji di laboratorium masing-masing harus sesuai dengan ASTM D6927-06 untuk ukuran butir maksimum 25mm atau ASTM D5581-07a untuk ukuran maksimum 50 mm.
- Benda uji inti paling sedikit harus diambil dua titik pengujian per penampang melintang per lajur dengan jarak memanjang antar penampang melintang yang diperiksa tidak lebih dari 100m.
- Tingkat kepadatan semua jenis campuran beraspal yang telah dipadatkan di lapangan minimum sama atau lebih besar dari nilai-nilai yang diberikan Tabel 13. Bilamana rasio kepadatan maksimum dan minimum yang ditentukan dalam serangkaian benda uji inti pertama yang mewakili setiap lokasi yang diukur, lebih besar dari 1,08 maka benda uji inti tersebut harus dibuang dan diambil serangkaian benda uji inti baru.

**Tabel 13 – Tingkat kepadatan lapangan**

Kepadatan yg. Disyaratkan(% JSD)	Jumlah benda uji per segmen	Kepadatan Minimum Rata-rata (% JSD)	Nilai minimum setiap pengujian tunggal (% JSD)
98	3--4	98,1	95
	5	98,3	94,9
	> 6	98,5	94,8

**4.4.5 Ketentuan kerataan permukaan**

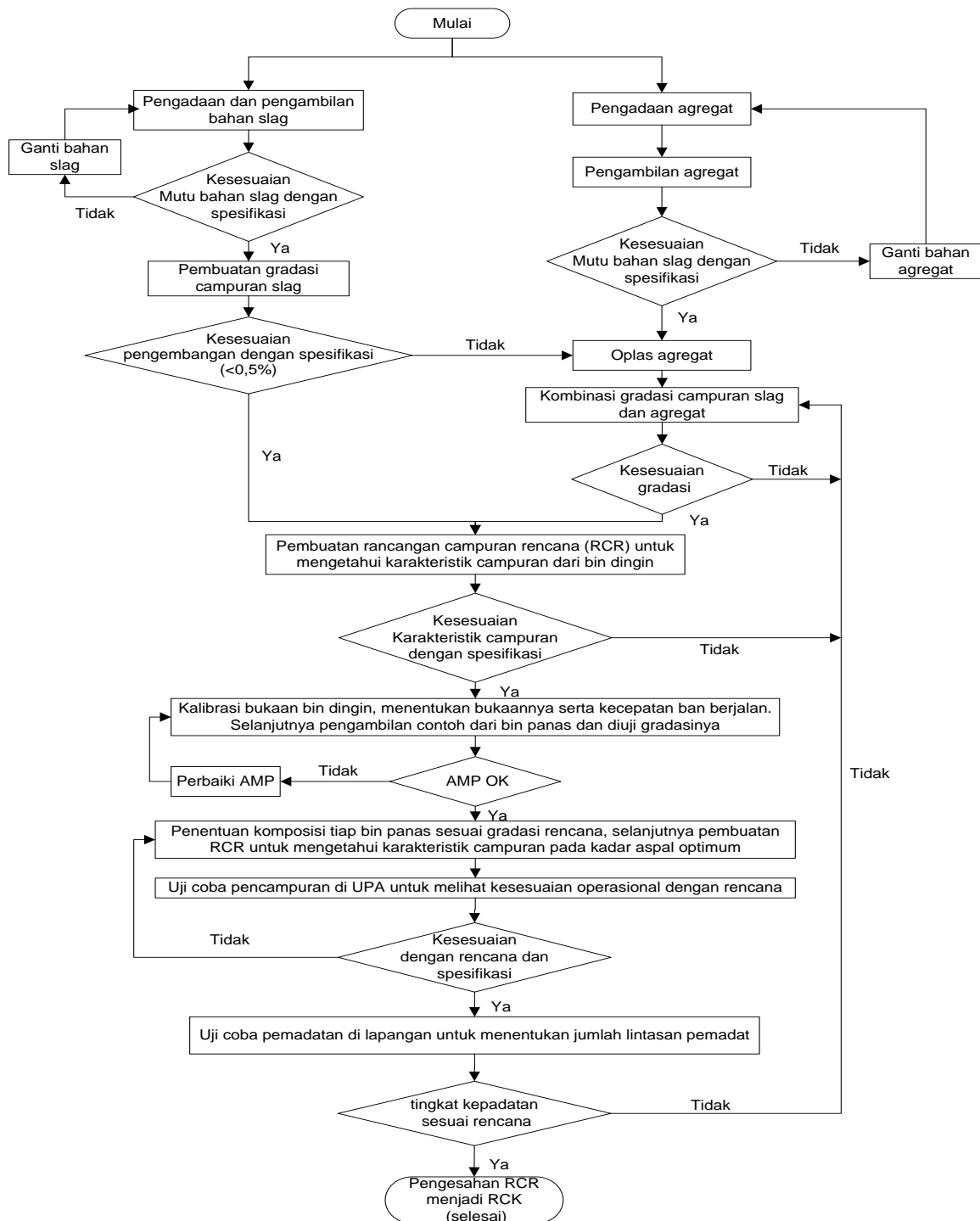
Perbedaan kerataan permukaan laston slag lapisan aus (AC-WC) yang telah selesai dikerjakan, harus memenuhi ketentuan berikut ini:

- Kerataan melintang  
Bilamana diukur dengan mistar lurus sepanjang 3 m yang diletakkan tepat di atas permukaan jalan tidak boleh melampaui 5 mm untuk lapis aus dan lapis antara atau 10 mm untuk lapis pondasi. Perbedaan setiap dua titik pada setiap penampang melintang tidak boleh melampaui 5mm dari elevasi yang dihitung dari penampang melintang yang ditunjukkan dalam gambar rencana.
- Kerataan memanjang  
Setiap kerataan individu bila diukur dengan *Roll Profilometer* tidak boleh melampaui 5 mm.
- Kerataan permukaan  
Kerataan permukaan lapis perkerasan penutup atau lapis aus segera setelah pekerjaan selesai harus diperiksa kerataannya dengan menggunakan alat ukur kerataan NAASRA-Meter sesuai SNI 03-3426-1994, dengan *International Roughness Index* (IRI) maksimum 3 m/km setiap interval 100 m.



## 5 Prosedur perancangan campuran

Perancangan campuran beraspal panas bergradasi menerus (laston) menggunakan slag sesuai bagan alir seperti yang disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3 - Bagan alir perancangan campuran rencana (RCR) dan perancangan campuran kerja (RCK)**

### 5.1 Jenis campuran laston

Sebelum perancangan campuran dilakukan, tentukan terlebih dahulu jenis laston; lapis aus atau lapis antara atau laston lapis fondasi yang akan dirancang dan jenis aspal keras yang akan digunakannya.

### 5.2 Pengambilan contoh dan pengujian bahan

Bahan yang akan digunakan untuk pembuatan campuran beraspal panas menggunakan slag, yaitu slag kasar, slag halus serta agregat kasar atau halus dan bahan pengisi (bila diperlukan), dan aspal keras sebagai bahan pengikat.

Slag kasar, slag halus dan agregat kasar atau agregat halus (bila diperlukan) untuk perancangan campuran harus diambil dari bin dingin atau *stockpile* untuk pengujian sesuai dengan SNI 6889:2014.

Mutu slag atau agregat kadar (bila digunakan) harus memenuhi persyaratan pada Butir 4.1.1 dan Butir 4.1.2 serta Tabel 1, sedangkan untuk mutu slag atau agregat halus (bila digunakan) harus memenuhi persyaratan pada Butir 4.1.1 dan Butir 4.1.2 serta Tabel 2.

Aspal yang akan digunakan, harus diambil dari drum atau ketel aspal dan tata cara pengambilannya sesuai dengan SNI 06-6399-2000. Mutu aspal tersebut harus memenuhi persyaratan sesuai Tabel 4.

### 5.3 Penentuan gradasi gabungan

Tentukan proporsi gradasi slag campuran, termasuk agregat dan bahan pengisi (bila digunakan), baik dengan cara analitis ataupun secara grafis, sehingga menghasilkan gradasi yang sesuai Tabel 3.

### 5.4 Pengujian pengembangan

Setelah gradasi slag campuran diperoleh sesuai dengan jenis campuran yang akan dirancang, maka harus dilakukan pengujian pengembangan sesuai dengan ASTM D4792/D4792M-13:2013. Bila campuran laston yang seluruhnya menggunakan slag memiliki nilai pengembangannya di atas 0,5% maka diperlukan penambahan agregat kasar atau agregat halus harus dilakukan (lihat Butir 4.1.2).

### 5.5 Penentuan rancangan campuran rencana

Untuk pembuatan rancangan campuran rencana (RCR), slag dan agregat (bila diperlukan) diambil dari bin panas. Selanjutnya, tentukan komposisi masing-masing fraksi slag dan agregat serta bahan pengisi (bila diperlukan) sesuai gradasi jenis campuran yang akan dirancang. Pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan Metode pengujian Marshall sesuai ASTM D6927-06 atau ASTM D5581-07a. Perhitungan volumetrik campuran dapat dilakukan sesuai AASHTO M 323.

Perhitungan perkiraan kadar aspal rancangan, yaitu salah satu rumus untuk menghitung perkiraan kadar aspal rancangan adalah:

$$P = 0,035a + 0,045b + cK + F \quad \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

P adalah perkiraan kadar aspal dalam campuran (% berat campuran).

a adalah persentase agregat yang tertahan saringan 2,36 mm (No. 8).

b adalah persentase agregat yang lolos saringan 2,36 mm (No. 8) dan tertahan saringan 0,075 mm (No. 200).

- c adalah persentase agregat yang lolos saringan 0,075 mm (No. 200).
- K adalah 0,18 apabila 6--10% agregat lolos saringan 0,075 mm (No. 200).  
Adalah 0,20 apabila 5% agregat lolos saringan 0,075 mm (No. 200).
- F adalah 0--2,0%; tergantung pada penyerapan agregat. Apabila tidak ada data, maka nilai F yang disarankan untuk digunakan adalah sebesar 0,7%.

Sifat-sifat campuran beraspal yang dihasilkan harus memenuhi semua sifat-sifat campuran sebagaimana disyaratkan Butir 4.1.5 dalam Tabel 7 atau Tabel 8 tergantung jenis campuran beraspal yang dirancang.

## 5.6 Pemeriksaan UPCA

Sebelum digunakan UPCA harus diperiksa kelaikannya serta komponen tertentu, seperti alat ukur temperatur harus dikalibrasi. Pemeriksaan UPCA harus termasuk kelaikan pintu bin dingin dan ban berjalannya. Pemeriksaan UPCA harus mengacu pada Pd T-03-2005-B dan uraian singkat untuk ketentuan UPCA sesuai Butir 4.2.2.

## 5.7 Kalibrasi sistem pemasok agregat dingin

Kalibrasi bukaan pintu penampung agregat dingin (bin) dilakukan untuk tiap pintu bin dengan cara membuat hubungan antara bukaan pintu bin dan kuantitas (berat) slag dan agregat (bila diperlukan) yang keluar. Oleh karena itu, bukaan pintu perlu dibuat bervariasi dan untuk tiap bukaan pintu kemudian slag dan agregat (bila diperlukan) yang terdapat pada ban berjalan (setelah dijalankan dalam durasi tertentu) diambil contohnya dan selanjutnya ditimbang. Apabila pintu bin yang dikalibrasi merupakan jenis pintu yang langsung menumpahkan slag dan agregat (bila diperlukan) ke ban berjalan utama, maka kuantitas slag dan agregat (bila diperlukan) per menit harus diketahui. Pada kegiatan ini perlu dipastikan kecepatan ban berjalan harus dibuat tetap dan sama dengan kecepatan pada operasi sebenarnya.

Pada UPCA modern yang menggunakan pemasok sistem *appron*, kuantitas agregat tidak dikendalikan oleh bukaan pintu, tetapi oleh vibrasi sistem pemasok dan kecepatan ban berjalan yang diukur dalam satuan revolusi per menit (RPM). Untuk meningkatkan atau menurunkan kuantitas slag dan agregat (bila diperlukan) yang dipasok dari suatu bin, putaran ban berjalan dapat ditingkatkan atau diturunkan, sesuai dengan kebutuhan. Pemasok slag dan agregat (bila diperlukan) dingin dengan sistem ban berjalan menerus dan sistem *appron*, slag dan agregat (bila diperlukan) yang keluar dari pintu penampung dingin tidak ditampung dan dialirkan oleh ban berjalan besar (utama), tetapi ditampung dan dialirkan oleh ban berjalan kecil.

## 5.8 Rancangan campuran rencana

Rancangan campuran rencana (RCR) setelah dilakukan pemeriksaan UPCA yang meliputi sistem pengeringan, pemanasan aspal dan kalibrasi pintu bin. Tujuan pembuatan RCR adalah untuk menentukan proporsi bahan yang digunakan dalam campuran beraspal serta kualitas campuran yang dapat dihasilkannya.

Untuk pembuatan RCR, contoh dari bin panas harus diambil setelah penentuan besarnya bukaan bin dingin. Selanjutnya proporsi takaran pada bin panas dapat ditentukan kemudian buat gradasi campurannya. Setelah itu, lakukan pembuatan dan pengujian sifat-sifat campuran menggunakan prosedur Marshall sesuai ASTM D6927-06 atau ASTM D5581-07a dan volumetrik campuran sesuai AASHTO M 323. Sifat-sifat campuran beraspal menggunakan slag sesuai hasil pengujian merupakan RCR dan harus memenuhi semua sifat-sifat campuran sebagaimana disyaratkan Butir 4.1.5.dalam Tabel 7 atau Tabel 8.

## 5.9 Rancangan campuran kerja

Sifat-sifat campuran yang diperoleh dari RCR belum tentu dapat dihasilkan apabila campuran tersebut diproduksi secara besar-besaran dengan menggunakan UPCA. Oleh karena itu, sebelum digunakan sebagai acuan pada pelaksanaan reguler, RCR perlu terlebih dulu diuji coba dengan menggunakan peralatan aktual dan pada lokasi yang dinilai mewakili lokasi pekerjaan campuran beraspal panas. Rancangan campuran rencana yang telah diuji coba dan dilengkapi batas-batas toleransi, serta bila perlu disesuaikan, menjadi rancangan campuran kerja (RCK).

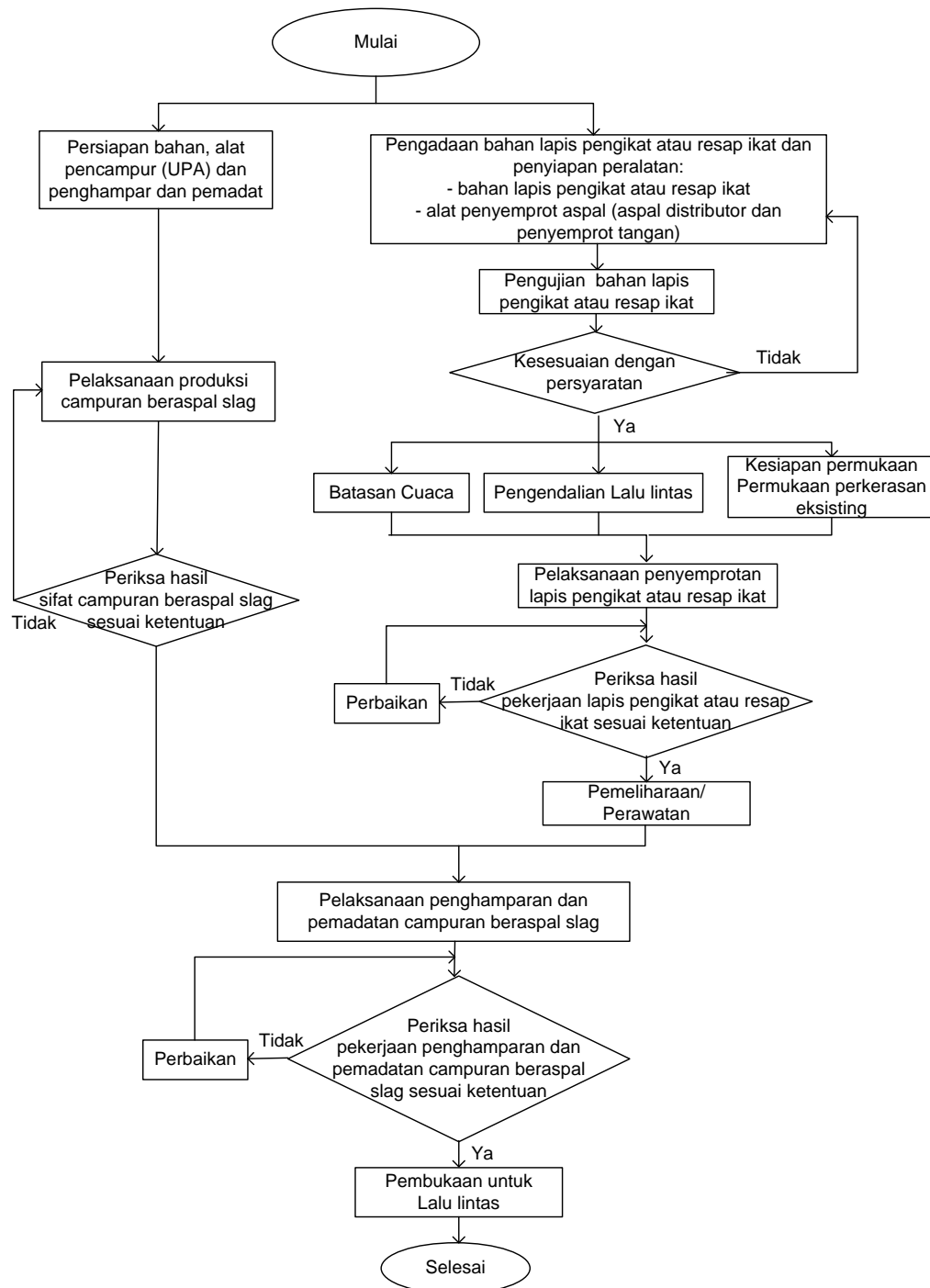
Tahapan kegiatan untuk pembuatan RCK adalah mencakup:

- a. Setelah percobaan pencampuran dilaksanakan, produksi untuk percobaan penghamparan dapat segera dilakukan.
- b. Dua belas benda uji Marshall harus dibuat dari setiap penghamparan percobaan. Contoh campuran beraspal dapat diambil dari UPCA atau dari truk di AMP, dan dibawa ke laboratorium dalam kotak yang terbungkus rapi. Benda uji Marshall harus dicetak dan dipadatkan pada temperatur yang disyaratkan dalam Tabel 10, dan menggunakan jumlah penumbukan yang disyaratkan dalam Tabel 7 atau 8, tergantung jenis laston yang diproduksi. Kepadatan rata-rata (*specific gravity mix bulk, GMB*) dari semua benda uji yang diambil dari campuran untuk percobaan pemadatan yang memenuhi ketentuan harus menjadi kepadatan standar kerja (*job standard density, JSD*), yang harus dibandingkan dengan pemadatan campuran beraspal terhampar dalam pekerjaan.
- c. Segera setelah RCR disetujui maka pelaksanaan percobaan penghamparan dan pemadatan dapat dimuali, yaitu dengan kuantitas paling sedikit 50 ton untuk setiap jenis campuran yang diproduksi dengan UPCA. Pelaksanaan percobaan harus di lokasi yang telah disetujui.
- d. Dalam penghamparan percobaan, harus dapat menunjukkan prosedur dan peralatan yang digunakan. Alat penghampar (*finisher*) mampu menghampar bahan sesuai dengan tebal yang disyaratkan tanpa segregasi, tergores. Kombinasi penggilas yang diusulkan harus mampu mencapai kepadatan yang disyaratkan sesuai Tabel 13 dalam rentang temperatur pemadatan sebagaimana yang dipersyaratkan dalam Tabel 10.
- e. Bila hasil penghamparan percobaan ini dapat menghasilkan campuran beraspal dengan kepadatan yang disyaratkan, maka RCR yang digunakan dapat disetujui menjadi RCK.
- f. RCK merupakan acuan untuk pelaksanaan, dalam RCK harus tercantum aspek-aspek yang terkait dengan prosedur pelaksanaan serta aspek-aspek yang harus dipenuhi (dicapai). Aspek-aspek di atas sekurang-kurangnya mencakup:
  - 1) Sumber-sumber agregat.
  - 2) Ukuran nominal maksimum partikel.
  - 3) Gradasi tiap fraksi, baik pada penampung dingin maupun pada penampung panas.
  - 4) Takaran tiap fraksi agregat, baik dari penampung dingin maupun dari penampung panas.
  - 5) Gradasi agregat gabungan.
  - 6) Toleransi gradasi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi.
  - 7) Kadar aspal optimum dan kadar aspal efektif.
  - 8) Toleransi kadar aspal.
  - 9) Stabilitas.
  - 10) Pelelehan.
  - 11) Hasil bagi Marshall.
  - 12) Rongga dalam campuran.
  - 13) Rongga terisi aspal.
  - 14) Temperatur campuran pada saat keluar dari unit pengaduk.
  - 15) Temperatur campuran pada saat tiba di lapangan.

- 16) Temperatur dan tebal lapis campuran beraspal panas hasil penghamparan.
- 17) Durasi pemadatan yang tersedia.
- 18) Panjang zona pemadatan.
- 19) Temperatur awal pemadatan.
- 20) Temperatur akhir pemadatan.
- 21) Jenis alat pemadat
- 22) Jumlah lintasan dan pola pemadatan.
- 23) Tebal dan kepadatan target.
- 24) Waktu tempuh dari AMP ke lokasi penghamparan.

## 6 Prosedur pelaksanaan

Pelaksanaan campuran laston menggunakan slag sesuai bagan alir seperti yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 - Bagan alir pelaksanaan di lapangan

## **6.1 Penyiapan bahan dan peralatan**

### **6.1.1 Penyiapan aspal**

Bahan aspal harus dipanaskan dengan temperatur sampai dengan 160°C di dalam suatu tangki yang dirancang sedemikian rupa sehingga dapat mencegah terjadinya pemanasan langsung setempat dan mampu mengalirkan bahan aspal secara berkesinambungan ke alat pencampur secara terus menerus pada temperatur yang merata setiap saat. Pada setiap hari sebelum proses pencampuran dimulai, kuantitas aspal minimum harus mencukupi untuk pekerjaan yang direncanakan pada hari itu yang siap untuk dialirkan ke alat pencampur.

### **6.1.2 Penyiapan slag dan agregat**

- a. Setiap fraksi slag dan agregat (bila digunakan) harus disalurkan ke UPCA melalui pemasok yang terpisah. Pra-pencampuran agregat slag dari berbagai jenis atau dari sumber yang berbeda tidak diperkenankan. Slag dan agregat (bila digunakan) untuk campuran beraspal harus dikeringkan dan dipanaskan pada alat pengering sebelum dimasukkan ke dalam alat pencampur. Nyala api yang terjadi dalam proses pengeringan dan pemanasan harus diatur secara tepat agar dapat mencegah terbentuknya selaput jelaga pada slag dan agregat (bila digunakan).
- b. Bila slag dan agregat (bila digunakan) akan dicampur dengan bahan aspal, maka slag dan agregat (bila digunakan) harus kering dan dipanaskan terlebih dahulu dengan temperatur dalam rentang yang disyaratkan untuk bahan aspal, tetapi tidak melampaui 10°C di atas temperatur bahan aspal.
- c. Bahan pengisi (*filler*) tambahan (bila digunakan) harus ditakar secara terpisah dalam penampung kecil yang dipasang tepat di atas alat pencampur. Bahan pengisi tidak boleh ditabur di atas tumpukan agregat slag maupun dituang ke dalam penampung instalasi pemecah slag. Hal ini dimaksudkan agar pengendalian kadar *filler* dapat dijamin.

### **6.1.3 Penyiapan alat penyemprot aspal**

Siapkan alat penyemprotan lapis resap pengikat atau lapis perekat dapat dilakukan menggunakan alat sesuai yang direkomendasikan. Ketentuan alat penyemprot lapis resap pengikat atau lapis perekat sesuai butir 4.2.4.

### **6.1.4 Penyiapan UPCA**

Siapkan dan periksa UPCA, terutama bila jarak waktu antara percobaan produksi dan pelaksanaan produksi yang masal terjadi jeda waktu serta periksa atau ganti saringan panas bila UPCA digunakan untuk jenis campuran yang tidak sesuai dengan yang akan diproduksi. UPCA harus laik pakai serta memenuhi ketentuan pada Butir 4.2.2.

### **6.1.5 Penyiapan alat pengangkut**

Siapkan alat pengangkut dengan jumlah yang dengan volume pekerjaan serta jarak antara UPCA dan lokasi pekerjaan. Ketentuan alat pengangkut sesuai Butir 4.2.3.

### **6.1.6 Penyiapan alat penghampar dan pemadat**

Siapkan alat penghampar dan pemadat sesuai dengan pada saat digunakan percobaan penghamparan dan pemadatan. Ketentuan alat penghampar dan pemadat sesuai Butir 4.2.5 dan 4.2.6.

## 6.2 Penyiapan perkerasan eksisting

Sebelum penghamparan dilakukan, beberapa ketentuan yang harus dipenuhi antara lain:

- a. Permukaan jalan lama atau lapisan fondasi harus rata, bila terdapat lubang harus ditutup minimum dengan jenis bahan yang sesuai dengan bahan yang digunakan pada perkerasan eksisting. Bila permukaan perkerasan eksisting berupa lapis beraspal yang telah mengalami kerusakan setempat-setempat, maka sebelum pelaksanaan penghamparan lapisan eksisting tersebut harus diperbaiki terlebih dahulu dengan jenis bahan yang sesuai dengan bahan yang digunakan pada perkerasan eksisting.
- b. Bangunan-bangunan dan benda-benda lain di samping tempat kerja (seperti struktur, pepohonan) harus dilindungi agar tidak menjadi kotor karena percikan lapis resap pengikat atau lapis perekat. Di samping itu, permukaan perkerasan eksisting harus dibersihkan dengan alat penyapu jalan atau menggunakan kompresor untuk menghilangkan debu dan kotoran. Permukaan perkerasan eksisting selain harus bersih juga harus benar-benar kering.
- c. Pekerjaan harus dilaksanakan sedemikian rupa sehingga masih memungkinkan lalu lintas satu lajur tanpa merusak pekerjaan yang sedang dilaksanakan dan hanya menimbulkan gangguan yang minimal bagi lalu lintas.

## 6.3 Batas cuaca

Sesuai Butir 4.3.1 maka pelaksanaan penghamparan campuran beraspal panas menggunakan slag pada waktu yang diperkirakan tidak akan turun hujan selama pekerjaan penghamparan.

## 6.4 Pengendalian lalu lintas

Tempat kerja harus ditutup untuk lalu lintas pada saat pekerjaan sedang berlangsung. Selain untuk keselamatan pekerja, pengaturan lalu lintas diperlukan untuk melindungi hasil pelaksanaan. Pengaturan lalulintas harus dilakukan sampai selesai pemadatan dan selanjutnya setelah sampai waktu yang ditentukan dan disetujui, permukaan akhir dapat dibuka untuk lalu lintas. Untuk itu, harus memasang pemisah jalur dan rambu-rambu lalu lintas sesuai Pd T-12-2003 agar jalan dapat dilalui dengan kecepatan maksimum 20 km/jam.

## 6.5 Penyemprotan lapis resap ikat atau lapis pengikat

Mesin penyemprot harus mampu memberikan distribusi aspal yang merata baik menggunakan batang penyemprot dari aspal distributor maupun penyemprot tangan. Penggunaan batang penyemprot manual dapat dilakukan untuk pemberian lapis resap pengikat atau lapis perekat pada lokasi yang kecil. Apabila penghamparan dilakukan di atas lapis pondasi, lapis resap pengikat harus diberikan dengan takaran sesuai Butir 4.3.3, sedangkan apabila penghamparan dilakukan di atas permukaan perkerasan beraspal atau beton semen sesuai Tabel 9.

Tahapan penyemprotan lapis resap pengikat atau lapis perekat

- a. Penyemprotan lapis resap pengikat atau lapis perekat adalah sebagai berikut:
  - 1) Panaskan aspal yang digunakan sesuai dengan jenis aspal dan jumlah pengencer, dengan tujuan untuk memperoleh suatu distribusi aspal yang seragam kecuali bila menggunakan aspal emulsi;
  - 2) Pasang lembaran kertas penutup (kertas tebal atau kertas semen) pada tempat-tempat penyemprotan dimulai dan berakhir, yang diperlukan untuk mendapatkan batas permukaan yang rapi pada awal dan akhir penyemprotan;
  - 3) Pasang tanda dengan benang atau kapur atau cat pada batas-batas samping pengaspalan sebagai petunjuk bagi operator;
  - 4) Jalankan aspal distributor di atas kertas batas awal dan bentang penyemprot dibuka; aspal distributor bergerak maju dengan kecepatan tetap sesuai dengan yang ditetapkan, sampai batas kertas akhir, lalu pipa batang penyemprot ditutup;
  - 5) Singkirkan lembaran kertas;
  - 6) Hitung jumlah pemakaian aspal per m<sup>2</sup>.



- b. Penyemprotan aspal pada lokasi yang relatif sedikit atau *spot-spot* adalah sebagai berikut:
  - 1) Panaskan aspal yang digunakan sesuai dengan jenis aspal dan jumlah pengencer, dengan tujuan untuk memperoleh suatu distribusi aspal yang seragam kecuali bila menggunakan aspal emulsi;
  - 2) Pasang tanda dengan benang atau kapur atau cat pada batas-batas samping pengaspalan sebagai petunjuk bagi operator;
  - 3) Jalankan semprotan tangan (*hand sprayer*) di atas kertas batas awal dan bentang penyemprot dibuka; semprotan tangan bergerak maju dengan kecepatan tetap sesuai dengan yang ditetapkan, sampai tanda batas, lalu pipa batang penyemprot ditutup;
- c. Periksa hasil penyemprotan aspal, apabila ditemukan ada yang tidak rata maka pada bagian yang kekurangan aspal lakukan koreksi dengan penyemprotan ulang menggunakan semprotan tangan.

## **6.6 Penghamparaan dan pemadatan campuran beraspal panas dengan slag**

### **6.6.1 Penyiapan campuran**

- a. Slag dan agregat kering (bila digunakan) yang telah disiapkan seperti yang dijelaskan di atas, harus dicampur di UPCA dengan proporsi tiap fraksi slag dan agregat (bila digunakan) yang tepat agar memenuhi RCK. Bahan aspal harus ditimbang dan dimasukkan ke dalam alat pencampur dengan jumlah yang ditetapkan sesuai dengan hasil RCK. Bilamana digunakan UPCA sistem penakaran seluruh slag dan agregat harus dicampur kering terlebih dahulu di dalam unit pengaduk (*mixer*), kemudian baru aspal dengan jumlah yang tepat disemprotkan langsung ke dalam unit pengaduk dan sambil diaduk kembali dengan waktu sesingkat mungkin yang telah ditentukan (sesuai hasil uji coba pencampuran) untuk menghasilkan campuran yang homogen dan semua butiran slag dan agregat terselimuti aspal secara merata. Waktu pencampuran total harus ditetapkan dan diatur dengan perangkat pengendali waktu yang andal. Lamanya waktu ideal pencampuran ini umumnya sekitar 45 detik. Lamanya waktu pencampuran harus diperiksa secara berkala melalui "pengujian derajat penyalutan aspal terhadap butiran slag dan agregat kasar" sesuai dengan prosedur AASHTO T195-67 (2007).
- b. Temperatur campuran beraspal saat dikeluarkan dari alat pencampur harus dalam rentang seperti yang dijelaskan dalam Tabel 10. Tidak ada campuran beraspal yang diterima dan disetujui dalam pekerjaan bilamana temperatur pencampurannya melampaui temperatur maksimum yang disyaratkan.

### **6.6.2 Pengangkutan campuran**

Karena penuangan campuran dari unit pengaduk ke dalam truk berlangsung relatif cepat, maka pada saat penuangan campuran ke dalam truk, pengemudi truk cenderung tidak menjalankan (secara lambat), tetapi menghentikan truk di bawah unit pengaduk. Pada saat campuran (terutama campuran mudah mengalami segregasi) dituangkan ke dalam truk, agregat kasar berpotensi menggelinding ke bagian sisi bak truk. Hal tersebut mengakibatkan bahan kasar campuran yang terdapat pada bagian belakang dan bagian depan bak truk akan tertuang ke dalam mesin penghampar pertama dan paling akhir. Bahan kasar campuran yang terdapat pada bagian samping bak truk dan tertuang ke dalam mesin penghampar akan menempel pada sayap-sayap mesin penghampar. Lebih lanjut, cara penuangan campuran pada saat truk berhenti dapat mengakibatkan beberapa bagian lapis beton aspal menjadi kasar.

Cara terbaik mengatasi persoalan di atas adalah dengan mengisikan campuran pada beberapa lokasi bak truk (sekurang-kurangnya tiga lokasi), yaitu pengisian pertama dilakukan pada bagian depan bak truk dan pengisian ke dua dilakukan pada bagian belakang bak truk (atau sebaliknya). Pengisian-pengisian selanjutnya dilakukan di bagian tengah bak truk. Lokasi penuangan diatur dengan memajukan dan memundurkan truk sehingga lokasi bak truk sesuai dengan lokasi pengisian.

Sebelum meninggalkan UPCA, temperatur campuran yang terdapat di dalam perlu diukur dengan menggunakan termometer batang (*armored-stem thermometer*). Pengukuran dilakukan dengan cara menusukkan batang termometer ke dalam campuran sampai kedalaman yang tidak kurang dari 15 cm

### 6.6.3 Penghamparan dan pemadatan

Beberapa aspek yang perlu diperhatikan selama operasi penghamparan termasuk pemadatan, adalah:

- Kesiambungan operasi (*continuity of operations*).
- Jumlah mesin penghampar.
- Kecepatan mesin penghampar.
- Kapasitas truk pengangkut.
- Jumlah dan jenis mesin pemadat.
- Metode penghamparan.
- Lebar penghamparan.
- Pelebaran.
- Pengaturan lalu-lintas.
- Keselamatan

#### a. Penghamparan campuran

##### a) Menyiapkan permukaan yang akan dilapisi

Permukaan perkerasan yang akan dilapisi harus sudah siap dan sesaat sebelum penghamparan, permukaan yang akan dihampar harus dibersihkan dari bahan yang lepas dan yang tidak dikehendaki dengan sapu mekanis dan dibantu dengan cara manual bila diperlukan. Lapis resap pengikat (*prime coat*) atau lapis perekat (*tack coat*) harus diterapkan sesuai dengan Butir 6.5.

##### b) Acuan tepi

Untuk menjamin sambungan memanjang vertikal baik, sebaiknya digunakan besi profilisiku dengan ukuran tinggi 5 mm lebih kecil dari tebal rencana dan dipakukan pada perkerasan dibawahnya.

##### c) Penghamparan dan pembentukan

- 1) Sebelum memulai penghamparan, sepatu (*screed*) alat penghampar harus dipanaskan terlebih dahulu. Campuran beraspal harus dihampar dan diratakan sesuai dengankelandaian, elevasi, serta bentuk penampang melintang yang disyaratkan.
- 2) Penghamparan harus dimulai dari lajur yang lebih rendah menuju lajur yang lebih tinggi bilamana pekerjaan yang dilaksanakan lebih dari satu lajur.
- 3) Mesin vibrasi pada *screed* alat penghampar harus dijalankan selama penghamparan dan pembentukan.
- 4) Penampung alat penghampar (*hopper*) tidak boleh dikosongkan, sisa campuran beraspal harus dijaga tidak kurang dari temperatur yang disyaratkan dalam Tabel 10.
- 5) Alat penghampar harus dioperasikan dengan suatu kecepatan yang tidak menyebabkan retak permukaan, koyakan, atau bentuk ketidakrataan lainnya pada permukaan. Kecepatan penghamparan harus disetujui dan ditaati. Bilamana terjadi segregasi, koyakan atau alur pada permukaan, maka alat penghampar harus dihentikan dan tidak boleh dijalankan lagi sampai penyebabnya telah ditemukan dan diperbaiki.
- 6) Proses perbaikan lubang-lubang yang timbul karena terlalu kasar atau bahan yang tersegregasi karena penaburan material yang halus sedapat mungkin harus dihindari sebelum pemadatan. Butiran yang kasar tidak boleh ditebarkan diatas permukaan yang telah padat dan rapat.
- 7) Perhatikan harus diberikan agar campuran tidak terkumpul dan mendingin pada tepi-tepi penampung alat penghampar atau tempat lainnya.

- 8) Bilamana jalan akan dihampar hanya setengah lebar jalan atau hanya satu lajur untuk setiap kali pengoperasian *finisher*, urutan penghamparan harus dilakukan sedemikian rupa sehingga perbedaan akhir antara panjang penghamparan lajur yang satu dan yang bersebelahan pada setiap hari produksi dibuat seminimal mungkin.
- 9) Selama pekerjaan penghamparan fungsi-fungsi berikut ini harus dipantau dan dikendalikan baik secara elektronik atau pun manual sebagaimana diperlukan untuk menjamin terpenuhinya elevasi rancangan dan toleransi yang disyaratkan serta ketebalan dari lapisan beraspal:
  - Tebal hamparan aspal gembur sebelum dipadatkan, sebelum diperbolehkannya proses pemadatan (diperlukan pemeriksaan secara manual).
  - Kelandaian sepatu (*screed*) alat penghampar untuk menjamin terpenuhinya lereng melintang dan super elevasi yang diperlukan.
  - Elevasi yang sesuai pada sambungan dengan lapisan yang telah dihampar sebelumnya, sebelum dibolehkannya pemadatan.
  - Perbaikan penampang memanjang dari permukaan aspal lama dengan menggunakan batang perata, kawat baja atau hasil penandaan survei.

b. Pemadatan

- a) Segera setelah campuran beraspal dihampar dan diratakan, permukaan tersebut harus diperiksa dan setiap ketidaksempurnaan yang terjadi harus diperbaiki. Temperatur campuran beraspal yang terhampar dalam keadaan gembur harus dipantau dan penggilasan harus dimulai dalam rentang viskositas aspal yang ditunjukkan pada Tabel 10.
- b) Pemadatan campuran beraspal harus terdiri dari tiga operasi yang terpisah berikut ini:
  - Pemadatan awal
  - Pemadatan utama
  - Pemadatan akhir
- c) Pemadatan awal atau *breakdown rolling* harus dilaksanakan dengan alat pemadat roda baja. Pemadatan awal harus dioperasikan dengan roda penggerak berada di dekat alat penghampar. Setiap titik perkerasan harus menerima minimum dua lintasan penggilasan awal. Pemadatan kedua atau utama harus dilaksanakan dengan alat pemadat roda karet sedekat mungkin di belakang penggilasan awal. Pemadatan akhir atau penyelesaian harus dilaksanakan dengan alat pemadat roda baja tanpa penggetar. Bila hamparan campuran beraspal tidak menunjukkan adanya bekas jejak roda pemadatan setelah pemadatan kedua, pemadatan akhir bisa tidak dilakukan.
- d) Pemadatan pertama harus dilakukan pada sambungan melintang yang telah dipasang kasau dengan ketebalan yang diperlukan untuk menahan pergerakan campuran beraspal akibat penggilasan. Bila sambungan melintang dibuat untuk menyambung lajur yang dikerjakan sebelumnya, maka lintasan awal harus dilakukan sepanjang sambungan memanjang untuk suatu jarak yang pendek dengan posisi alat pemadat berada pada lajur yang telah dipadatkan dengan tumpang tindih pada pekerjaan baru kira-kira 15 cm.
- e) Pemadatan harus dimulai dari tempat sambungan memanjang dan kemudian dari tepi luar. Selanjutnya, penggilasan dilakukan sejajar dengan sumbu jalan dan bergeser menuju ke arah sumbu jalan, kecuali untuk superelevasi pada tikungan harus dimulai dari tempat yang terendah dan bergerak ke arah yang lebih tinggi. Lintasan pemadatan harus saling tumpang tindih (*overlap*) minimum setengah lebar roda dan lintasan-lintasan tersebut tidak boleh berakhir pada titik yang kurang dari satu meter dari lintasan sebelumnya.
- f) Bilamana menggilas sambungan memanjang, alat pemadat untuk pemadatan awal harus terlebih dahulu memadatkan lajur yang telah dihampar sebelumnya sehingga tidak lebih dari 15 cm dari lebar roda pemadat yang memadatkan tepi sambungan yang belum dipadatkan. Pemadatan dengan lintasan yang berurutan harus dilanjutkan dengan menggeser posisi alat pemadat sedikit demi sedikit melewati sambungan, sampai tercapainya sambungan yang dipadatkan dengan rapi.

- g) Kecepatan alat pemadat tidak boleh melebihi 4 km/jam untuk roda baja dan 10 km/jam untuk roda karet dan harus selalu dijaga rendah sehingga tidak mengakibatkan bergesernya campuran panas tersebut. Garis, kecepatan dan arah penggilasan tidak boleh diubah secara tiba-tiba atau dengan cara yang menyebabkan terdorongnya campuran beraspal.
  - h) Semua jenis operasi penggilasan harus dilaksanakan secara menerus untuk memperoleh pemadatan yang merata saat campuran beraspal masih dalam kondisi mudah dikerjakan sehingga seluruh bekas jejak roda dan ketidakrataan dapat dihilangkan.
  - i) Roda alat pemadat harus dibasahi dengan cara pengabutan secara terus menerus untuk mencegah melekatnya campuran beraspal pada roda alat pemadat, tetapi air yang berlebihan tidak diperkenankan. Roda karet boleh sedikit diminyaki untuk menghindari lengketnya campuran beraspal pada roda.
  - j) Peralatan berat atau alat pemadat tidak diijinkan berada di atas permukaan yang baru selesai dikerjakan, sampai seluruh permukaan tersebut dingin.
  - k) Setiap produk minyak bumi yang tumpah atau tercecer dari kendaraan atau perlengkapan yang digunakan di atas perkerasan yang sedang dikerjakan, dapat menjadi alasan dilakukannya pembongkaran dan perbaikan atas perkerasan yang terkontaminasi.
  - l) Permukaan yang telah dipadatkan harus halus dan sesuai dengan lereng melintang dan kelandaian yang memenuhi toleransi yang disyaratkan. Setiap campuran beraspal padat yang menjadi lepas atau rusak, tercampur dengan kotoran, atau rusak dalam bentuk apapun, harus dibongkar dan diganti dengan campuran panas yang baru serta dipadatkan secepatnya agar sama dengan lokasi sekitarnya. Pada tempat-tempat tertentu dari campuran beraspal terhampar dengan luas 1000 cm<sup>2</sup> atau lebih yang menunjukkan kelebihan atau kekurangan bahan aspal harus dibongkar dan diganti. Seluruh tonjolan setempat, tonjolan sambungan, cekungan akibat ambles, dan segregasi permukaan yang keropos harus diperbaiki.
  - m) Sewaktu permukaan sedang dipadatkan dan diselesaikan, maka tepi perkerasan harus dipangkas agar bergaris rapi. Setiap bahan yang berlebihan harus dipotong tegak lurus setelah pemadatan akhir, dan dibuang di luar daerah milik jalan sehingga tidak kelihatan dari jalan yang lokasinya disetujui.
- c. Sambungan
- a) Sambungan memanjang maupun melintang pada lapisan yang berurutan harus diatur sedemikian rupa agar sambungan pada lapis satu tidak terletak segaris yang lainnya. Sambungan memanjang harus diatur sedemikian rupa agar sambungan pada lapisan teratas berada dipemisah jalur atau pemisah lajur lalu lintas.
  - b) Campuran beraspal tidak boleh dihampar disamping campuran beraspal yang telah dipadatkan sebelumnya kecuali bilamana tepinya telah tegak lurus atau telah dipotong tegak lurus atau dipanaskan dengan menggunakan lidah api (dengan menggunakan alat *burner*). Bila tidak ada pemanasan, pada bidang vertical sambungan harus lapis perekat.

## 7 Prosedur pengendalian mutu

### 7.1 Lapis resap ikat atau lapis perekat

- a. Contoh aspal dan sertifikatnya, seperti disyaratkan dalam Butir 4.2.4 dari Pedoman ini harus disediakan pada setiap pengangkutan aspal ke lapangan pekerjaan.
- b. Dua liter contoh bahan aspal yang akan dihampar harus diambil dari distributor aspal, masing-masing pada saat awal penyemprotan dan pada saat menjelang akhir penyemprotan.
- c. Distributor aspal harus diperiksa dan diuji, sesuai dengan ketentuan Butir 4.2.4 dari Pedoman ini sebagai berikut:
  - i) Sebelum pelaksanaan pekerjaan penyemprotan, distributor aspal harus diperiksa;

- ii) Setiap 6 bulan atau setiap penyemprotan bahan aspal sebanyak 150.000 liter, dipilih yang lebih dulu tercapai;
- iii) Apabila distributor aspal mengalami kerusakan atau modifikasi, perlu dilakukan pemeriksaan ulang terhadap distributor tersebut.

### **7.1.1 Permukaan perkerasan**

- a. Permukaan perkerasan harus diperiksa dengan mistar lurus sepanjang 3 m dan harus dilaksanakan tegak lurus dan sejajar dengan sumbu jalan sesuai dengan petunjuk untuk memeriksa seluruh permukaan perkerasan. Toleransi harus sesuai dengan ketentuan dalam Butir 4.4.5.a.
- b. Pengujian untuk memeriksa toleransi kerataan yang disyaratkan harus dilaksanakan segera setelah pemadatan awal, penyimpangan yang terjadi harus diperbaiki dengan membuang atau menambah bahan sebagaimana diperlukan. Selanjutnya pemadatan dilanjutkan seperti yang dibutuhkan. Setelah penggilasan akhir, kerataan lapisan ini harus diperiksa kembali dan setiap ketidakrataaan permukaan yang melampaui batas-batas yang disyaratkan dan setiap lokasi yang cacat dalam tekstur, pemadatan atau komposisi harus diperbaiki sebagaimana yang diperintahkan.
- c. Kerataan permukaan lapis perkerasan penutup atau lapis aus segera setelah pekerjaan selesai harus diperiksa kerataannya dengan menggunakan alat ukur kerataan NAASRA-Meter sesuai SNI 03-3426-1994, dengan *International Roughness Index* (IRI) maksimum 3m/km setiap interval 100m sesuai Butir 4.4.5.c.

### **7.2 Ketentuan kepadatan**

- a. Benda uji inti untuk pengujian kepadatan harus sama dengan benda uji untuk pengukuran tebal lapisan. Cara pengambilan benda uji campuran beraspal dan pemadatan benda uji di laboratorium masing-masing harus sesuai dengan ASTM D6927-06 untuk ukuran butir maksimum 25mm atau ASTM D5581-07a untuk ukuran maksimum 50mm.
- b. Benda uji inti paling sedikit harus diambil dua titik pengujian per penampang melintang per lajur dengan jarak memanjang antar penampang melintang yang diperiksa tidak lebih dari 100m.
- c. Kepadatan laston yang menggunakan slag yang telah dipadatkan yang diuji sesuai SNI 03-6757-2002, harus sama atau lebih besar dari nilai-nilai yang diberikan Tabel 13. Bilamana rasio kepadatan maksimum dan minimum yang ditentukan dalam serangkaian benda uji inti pertama yang mewakili setiap lokasi yang diukur untuk pembayaran, lebih besar dari 1,08 maka benda uji inti tersebut harus dibuang dan serangkaian benda uji inti baru harus diambil.

### **7.3 Jumlah pengambilan benda uji campuran beraspal**

#### **7.3.1 Pengambilan benda uji campuran beraspal**

Pengambilan contoh untuk benda uji umumnya dilakukan di UPCA, tetapi pengambilan benda uji harus di lokasi penghamparan bilamana terjadi segregasi yang berlebihan selama pengangkutan dan penghamparan campuran beraspal.

#### **7.3.2 Pengendalian proses**

- a. Frekuensi minimum pengujian yang diperlukan untuk maksud pengendalian proses harus seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 14 atau sampai dapat diterima dan disetujui.
- b. Pengoperasian rencana jaminan mutu produksi harus yang sudah disetujui, berdasarkan data statistik dan yang mencapai suatu tingkat tinggi dari pemenuhan terhadap ketentuan-ketentuan pedoman dapat meminta persetujuan untuk pengurangan jumlah pengujian yang dilaksanakan.

- c. Contoh yang diambil dari penghamparan campuran beraspal setiap hari harus dengan cara yang diuraikan di atas dan dengan frekuensi yang diperintahkan dalam Butir 7.3.4 dan Butir 7.3.5. Enam cetakan Marshall harus dibuat dari setiap contoh. Benda uji harus dipadatkan pada temperatur yang disyaratkan dalam Tabel 10 dan dalam jumlah tumbukan yang disyaratkan dalam Tabel 7 atau Tabel 8. Kepadatan benda uji rata-rata (GMB) dari semua cetakan Marshall yang dibuat setiap hari akan menjadi Kepadatan Marshall Harian.
- d. Proses pembuatan rancangan campuran beraspal harus diulang bilamana Kepadatan Marshall Harian rata-rata dari setiap produksi selama empat hari berturut-turut berbeda lebih 1 % dari Kepadatan Standar Kerja (JSD).
- e. Untuk mengurangi kuantitas bahan terhadap
- f. resiko dari setiap rangkaian pengujian, maka dapat memilih untuk mengambil contoh di atas ruas yang lebih panjang (yaitu, pada suatu frekuensi yang lebih besar) dari yang diperlukan dalam Tabel 14.

### 7.3.3 Pengambilan benda uji inti dan uji ekstraksi lapisan beraspal

Mesin bor pengambil benda uji inti (*core*) yang mampu memotong benda uji inti berdiameter 4 inci dan 6 inci pada lapisan beraspal yang telah selesai dikerjakan harus disediakan. Benda uji inti tidak boleh digunakan untuk pengujian ekstraksi. Uji ekstraksi harus dilakukan menggunakan benda uji campuran beraspal gembur yang diambil di belakang mesin penghampar.

### 7.3.4 Pengujian pengendalian mutu campuran beraspal

- a. Catatan seluruh pengujian harus disimpan dan catatan tersebut harus diserahkan tanpa keterlambatan.
- b. Penyerahan hasil dan catatan pengujian berikut ini, yang dilaksanakan setiap hari produksi, beserta lokasi penghamparan yang sesuai, yaitu:
  - 1) Analisa ayakan (cara basah), paling sedikit dua contoh slag dan agregat (bila digunakan) per hari dari setiap penampung panas.
  - 2) Temperatur campuran saat pengambilan contoh di UPCA maupun di lokasi penghamparan (satu per jam).
  - 3) Kepadatan Marshall Harian dengan detail dari semua benda uji yang diperiksa.
  - 4) Kepadatan hasil pemadatan di lapangan dan persentase kepadatan lapangan relatif terhadap Kepadatan Campuran Kerja (*Job Mix Density*) untuk setiap benda uji inti.
  - 5) Stabilitas, pelelehan, *Marshall Quotient* (untuk non AC), Stabilitas Marshall sisa atau paling sedikit dua contoh per hari.
  - 6) Kadar bitumen aspal dalam campuran aspal dan gradasi yang didapat dari hasil ekstraksi campuran aspal paling sedikit dua contoh per hari. Bilamana cara ekstraksi sentrifugal digunakan maka koreksi abu harus dilaksanakan seperti yang disyaratkan SNI 03-3640-1994.
  - 7) Untuk bahan pengisi yang digunakan sebagai bahan pengisi tambahan (*filler added*), kuantitasnya ditentukan dengan mencatat kuantitas silo atau penampung sebelum dan setelah produksi.
  - 8) Rongga dalam campuran pada kepadatan Marshall dan kepadatan membal (*refusal*), yang dihitung berdasarkan Berat Jenis Maksimum campuran perkerasan aspal (SNI 03-6893-2002).
  - 9) Kadar aspal yang terserap oleh slag dan agregat (bila digunakan), yang dihitung berdasarkan Berat Jenis Maksimum campuran perkerasan aspal (SNI 03-6893-2002).
  - 10) Kadar bahan anti pengelupasan (*anti stripping agent*) ditentukan dengan mencatat volume tanki sebelum dan sesudah produksi. Penggunaannya juga diperiksa melalui pengujian Stabilitas Marshall sisa untuk setiap 200 ton produksi.

**Tabel 14 - Pengendalian Mutu**

Bahan dan Pengujian	Frekuensi pengujian
<u>Aspal :</u>	
Aspal berbentuk drum	3√ dari jumlah drum
Aspal curah	Setiap tangki aspal
Jenis pengujian aspal drum dan curah mencakup: Penetrasi dan Titik Lembek	
<u>Slag dan Agregat (bila digunakan) :</u>	
– Abrasi dengan mesin Los Angeles	Setiap 5.000 m <sup>3</sup>
– Gradasi agregat slag yang ditambahkan ke tumpukan	Setiap 1.000 m <sup>3</sup>
– Gradasi agregat slag dari penampung panas ( <i>hot bin</i> )	Setiap 250 m <sup>3</sup> (min. 2 pengujian per hari)
– Nilai setara pasir ( <i>sand equivalent</i> )	Setiap 250 m <sup>3</sup>
<u>Campuran :</u>	
– Suhu di AMP dan suhu saat sampai di lapangan	Setiap <i>batch</i> dan pengiriman
– Gradasi dan kadar aspal	Setiap 200 ton (min. 2 pengujian per hari)
– Kepadatan, stabilitas, pelelehan, Marshall Quotient (untuk non AC), rongga dalam campuran pada 75 tumbukan dan Stabilitas Marshall Sisa	Setiap 200 ton (min. 2 pengujian per hari)
– Rongga dalam campuran pada Kepadatan Membal	Setiap 3.000 ton
– Campuran Rancangan ( <i>Mix Design</i> ) Marshall	Setiap perubahan material ataupun rancangan
<u>Lapisan yang dihampar :</u>	
– Benda uji inti berdiameter 4 inci untuk partikel ukuran maksimum 1" dan 6 inci untuk partikel ukuran di atas 1 inci baik untuk pemeriksaan pemadatan maupun tebal lapisan bukan perata:	Benda uji inti paling sedikit harus diambil dua titik pengujian per penampang melintang per lajur dengan jarak memanjang antar penampang melintang yang diperiksa tidak lebih dari 100 m.
<u>Toleransi Pelaksanaan :</u>	
– Elevasi permukaan, untuk penampang melintang dari setiap jalur lalu lintas.	Paling sedikit 3 titik yang diukur melintang pada paling sedikit setiap 12,5 meter memanjang sepanjang jalan tersebut.

### 7.3.5 Pengendalian kuantitas dengan menimbang campuran beraspal

Dalam pemeriksaan untuk pengukuran kuantitas, campuran beraspal yang dihampar harus selalu dipantau dengan tiket pengiriman campuran beraspal dari rumah timbang dengan menimbang setiap muatan truk yang meninggalkan pusat instalasi pencampur aspal.

## Lampiran A (informatif)

**Nilai baku karakteristik beracun melalui TCLP dan total konsentrasi untuk  
penetapan pengelolaan tanah terkontaminasi limbah bahan berbahaya dan  
beracun**

ZAT PENCEMAR Satuan (berat kering)	TCLP-C (mg/L)
PARAMETER WAJIB	
ANORGANIK	
Antimoni, Sb	0,4
Arsen, As	0,2
Barium, Ba	14
Berilium, Be	0,2
Boron, B	10
Kadmium, Cd	0,06
Krom valensi enam, Cr6+	1
Tembaga, Cu	4
Timbal, Pb	0,2
Merkuri, Hg	0,02
Molibdenum, Mo	1,4
Nikel, Ni	1,4
Selenium, Se	0,2
Perak, Ag	2
<i>Tributyltin oxide</i>	0,02
Seng, Zn	20
ANION	
Klorida, Cl-	5000
Sianida (total), CN-	1,4
Fluorida, F-	30
Iodida, I-	2
Nitrat, NO3-	1000

ZAT PENCEMAR Satuan (berat kering)	TCLP-C (mg/L)
PARAMETER WAJIB	
Nitrit, NO2-	60
ORGANIK	
Benzena	0,2
Benzo(a)pirena	0,002
C6-C9 petroleum hidrokarbon	N/A
C10-C36 petroleum hidrokarbon	N/A
Karbon tetraklorida	0,08
Klorobenzena	6
Kloroform	1,2
2 Klorofenol	2
Kresol (total)	40
Di (2 etilheksil) ftalat	0,16
1,2-Diklorobenzena	20
1,4-Diklorobenzena	6
1,2-Dikloroetana	1
1,1-Dikloroetena	1,5
1-2-Dikloroetena	1
Diklorometana (metilen klorida)	0,4
2,4-Diklorofenol	4
2,4-Dinitrotoluena	0,026
Etilbenzena	6
<i>Ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA)</i>	12
Formaldehida	10
Heksaklorobutadiena	0,012
Metil etil keton	40
Nitrobenzena	0,4
PAHs (total)	N/A
Fenol (total, non-terhalogenasi)	2,8
<i>Polychlorinated biphenyls</i>	N/A

ZAT PENCEMAR Satuan (berat kering)	TCLP-C (mg/L)
PARAMETER WAJIB	
Stirena	0,4
1,1,1,2-Tetrakloroetana	0,16
1,1,2,2-Tetrakloroetana	0,26
Tetrakloroetena	1
Toluena	14
Triklorobenzena (total)	0,6
1,1,1-Trikloroetana	6
1,1,2-Trikloroetana	0,24
Trikloroetena	0,1
2,4,5-Triklorofenol	80
2,4,6-Triklorofenol	0,4
Vinil klorida	0,006
Ksilena (total)	10
PESTISIDA	
Aldrin + dieldrin	0,006
DDT + DDD + DDE	0,02
2,4-D	0,6
Klordana	0,004
Heptaklor	0,006
Lindana	0,04
Metoksiklor	0,4
Pentaklorofenol	0,18

(Sumber : PP 101 Tahun 2014)



## Bibliografi

SNI 6753:2008, *Cara uji ketahanan campuran beraspal panas terhadap kerusakan akibat perendaman*

ASTM D5106, 2015. "*Standard Specification for Steel Slag Aggregates for Bituminous Paving Mixtures*". Annual Book of ASTM Standards.

ASTM D2042-01, *Standard test method for solubility of asphalt materials in Trichloroethylene*

AASHTO T283-07, *Standard Method of Test for Resistance of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) To Moisture-Induced Damage*

Peraturan Pemerintah No. 101, 2014. *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun*.

Direktorat Jenderal Bina Marga (2015). *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi-3*. Jakarta

## Daftar nama dan lembaga

### 1. Pemrakarsa

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

### 2. Penyusun

Nama	Instansi
Hendri Hadisi, S.Si, M.Eng	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
Prof. Dr. Ir. H. R. Anwar Yamin, M.Sc	Pusat Litbang dan Jembatan