

PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

Pelaksanaan lapis fondasi dan fondasi bawah menggunakan slag



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**



**MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
REPUBLIK INDONESIA**

Kepada Yth.:

- 1. Para Pimpinan Tinggi Madya di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;**
- 2. Para Pimpinan Tinggi Pratama di Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.**

**SURAT EDARAN
NOMOR: 04 /SE/M/2017**

TENTANG

**PEMBERLAKUAN 4 (EMPAT) PEDOMAN
BIDANG JALAN DAN JEMBATAN**

A. Umum

Dalam rangka menunjang pembangunan infrastruktur PUPR, perlu ditetapkan 4 (empat) Pedoman Bidang Jalan dan Jembatan dengan Surat Edaran Menteri PUPR sebagai acuan dalam pelaksanaan pekerjaan bidang jalan dan jembatan, sebagai berikut:

1. Pedoman Evaluasi Daya Dukung Tiang Berdasarkan Hasil Uji Metode Dinamik (Pd 11- 2016 – B);
2. Pedoman Tata Cara Penentuan Nilai-Nilai Koefisien untuk Perhitungan AHSP Pengecatan Komponen Baja Jembatan (Pd 12- 2016 – B);
3. Pedoman Pelaksanaan Lapis Fondasi dan Fondasi Bawah Menggunakan Slag (Pd 13- 2016 – B); dan
4. Pedoman Pelaksanaan Material Pilihan (*Selected Material*) Menggunakan Slag untuk Konstruksi Jalan (Pd 14- 2016 – B).

B. Dasar Pembentukan

1. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4655);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintahan Provinsi, Pemerintahan Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4737);
3. Peraturan Presiden Nomor 7 Tahun 2015 tentang Organisasi Kementerian Negara;
4. Peraturan Presiden Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
5. Keputusan Presiden Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode Tahun 2014-2019;
6. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan;
7. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/PRT/M/2012 tentang Penyelenggaraan Penelitian dan Pengembangan di Bidang Jalan;

C. Maksud dan Tujuan

1. Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi Pimpinan Tinggi Madya dan Pimpinan Tinggi Pratama di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, perencana, pelaksana dan pengawas dalam:
 - a. Evaluasi daya dukung tiang dengan metode dinamik;
 - b. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) pengecatan komponen baja jembatan;
 - c. pemanfaatan slag yang merupakan limbah dari produksi besi dan baja sebagai bahan suatu lapis fondasi maupun sebagai bahan suatu material pilihan pada perkerasan jalan.
2. Surat Edaran ini bertujuan sebagai:
 - a. panduan untuk mengevaluasi kesesuaian parameter yang digunakan pada laporan hasil pengujian sehingga daya dukung tiang beserta komponen daya dukung yang dihasilkan bisa ditetapkan dapat diterima atau tidak oleh pemilik pekerjaan;

- b. panduan penyusunan Harga Perkiraan Sendiri (HPS) untuk pekerjaan pengecatan komponen baja jembatan; dan
- c. panduan dalam pelaksanaan dan pengawasan pekerjaan pemeliharaan dan pembangunan jalan.

D. Ruang Lingkup

1. Pedoman Evaluasi Daya Dukung Tiang Berdasarkan Hasil Uji Metode Dinamik:

Pedoman ini menetapkan ketentuan dan prosedur evaluasi daya dukung tiang berdasarkan hasil uji metode dinamik. Evaluasi yang dijelaskan pada pedoman ini hanya untuk daya dukung aksial tiang dan tidak membahas mengenai daya dukung lateral tiang.

2. Pedoman Tata Cara Penentuan Nilai-Nilai Koefisien untuk Perhitungan AHSP Pengecatan Komponen Baja Jembatan:

Pedoman ini mencakup tata cara penentuan nilai-nilai koefisien sebagai dasar dalam menghitung Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) pengecatan komponen baja jembatan yang melingkupi koefisien tenaga kerja, peralatan, waktu pelaksanaan dan perhitungan kebutuhan bahan di lapangan. Pedoman ini tidak meliputi perhitungan koefisien untuk komponen baja jembatan yang digalvanisasi di pabrik serta mobilisasi dan demobilisasi peralatan.

3. Pedoman Pelaksanaan Lapis Fondasi dan Fondasi Bawah Menggunakan Slag

Pedoman ini menetapkan tentang ketentuan persyaratan umum, persiapan pelaksanaan kerja, penghamparan dan pemadatan, dan pengendalian mutu pelaksanaan lapisan fondasi dan fondasi bawah menggunakan *Blast Furnace Slag*, *Basic Oxygen Furnace Slag*, *Electric Arc Furnace Slag*, *Induction Furnace Slag* atau campuran dari beberapa jenis slag tersebut. Pedoman ini hanya diperuntukan bagi pembangunan jalan-jalan nasional, provinsi dan kabupaten/kota tidak untuk pembangunan jalan-jalan pedesaan.

4. Pedoman Pelaksanaan Material Pilihan (*Selected Material*) Menggunakan Slag untuk Konstruksi Jalan

Pedoman ini menetapkan tentang persyaratan, penghamparan, pemadatan, dan pengendalian mutu pekerjaan material pilihan menggunakan *Blast Furnace Slag*, *Basic Oxygen Furnace Slag*, *Electric Arc Furnace Slag*, *Induction Furnace Slag* atau campuran dari beberapa jenis slag tersebut. Pedoman ini hanya diperuntukan bagi pembangunan jalan-jalan nasional, provinsi dan kabupaten/kota tidak untuk pembangunan jalan-jalan pedesaan.

E. Penutup

Surat Edaran ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 14 Februari 2017

MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT,



M. BASUKI HADIMULJONO

Tembusan disampaikan kepada Yth.:
Sekretaris Jenderal, Kementerian PUPR.

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi.....	1
4 Persyaratan	2
4.1 Persyaratan umum	2
4.2 Persyaratan teknis.....	3
4.2.1 Persyaratan kimia dan fisik slag.....	3
4.2.2 Persyaratan lapis fondasi dan lapis fondasi bawah	3
4.3 Toleransi dimensi dan elevasi	4
4.4 Persiapan pelaksanaan kerja	4
4.4.1 Persiapan	4
4.4.2 Rancangan campuran.....	5
4.4.3 Percobaan pemadatan.....	5
5 Penghamparan dan pemadatan.....	6
5.1 Penyiapan formasi untuk lapis fondasi menggunakan slag besi atau baja	6
5.2 Penghamparan	6
5.3 Pemadatan	6
6 Pengendalian mutu.....	7
7 Ketentuan kepadatan untuk lapis fondasi dan fondasi bawah	8
Lampiran A (informatif)	9
Bibliografi.....	12

Prakata

Pedoman lapis fondasi dan fondasi bawah menggunakan slag disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan Pusat Litbang Jalan dan Jembatan dengan mengacu pada ASTM D1241-07.

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

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007 dan dibahas dalam forum konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 29 April 2016 di Bandung, dengan melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Pedoman lapis fondasi dan fondasi bawah menggunakan slag dimaksudkan untuk pedoman dalam memanfaatkan slag yang merupakan limbah dari produksi besi dan baja sebagai bahan suatu lapis fondasi pada perkerasan jalan. Lapis fondasi dan fondasi bawah yang menggunakan slag berfungsi sebagai lapisan struktural sekaligus dapat mendukung lapisan konstruksi perkerasan di atasnya dan melindungi lapisan konstruksi di bawahnya.

Pedoman pelaksanaan lapisan fondasi dan fondasi bawah dengan menggunakan slag mencakup persyaratan slag dan sifat-sifat lapisan fondasi yang dihasilkannya. Slag harus memenuhi persyaratan baku mutu sesuai dengan PP No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

Spesifikasi ini dimaksudkan sebagai acuan bagi para perencana, pelaksana dan pengawas pada pelaksanaan dan pengawasan pekerjaan pemeliharaan dan pembangunan jalan.

Pelaksanaan lapisan fondasi dan fondasi bawah menggunakan slag

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan tentang ketentuan persyaratan umum, persiapan pelaksanaan kerja, penghamparan dan pemadatan, dan pengendalian mutu pelaksanaan lapisan fondasi dan fondasi bawah menggunakan *Blast Furnace Slag*, *Basic Oxygen Furnace Slag*, *Electric Arc Furnace Slag*, *Induction Furnace Slag* atau campuran dari beberapa jenis slag tersebut. Pedoman ini hanya diperuntukan bagi pembangunan jalan-jalan nasional, provinsi dan kabupaten/kota tidak untuk pembangunan jalan-jalan pedesaan.

2 Acuan normatif

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

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

BS EN 1744-1:2009 +A1:2012, *Tests for Chemical Properties of Aggregates Chemical Analysis*

SNI ASTM C117:2012, *Metode uji bahan yang lebih halus dari saringan 75 μm (No. 200) dalam agregat mineral dengan pencucian*

SNI ASTM C136:2012, *Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar*

SNI 1743:2008, *Cara uji kepadatan berat untuk tanah*

SNI 1744: 2012, *Metode uji CBR laboratorium*.

SNI 1965:2008, *Cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan*

SNI 1966: 2008, *Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah*

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

SNI 2828:2011, *Metode uji densitas tanah di tempat (lapangan) dengan alat konus pasir*

SNI 4141-2015, *Metode uji gumpalan lempung dan butiran mudah pecah dalam agregat*

SNI 6787-2015, *Metode pengujian pH tanah*

SNI 6889-2014, *Tata cara pengambilan contoh uji agregat*

3 Istilah dan definisi

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

3.1

BF Slag (*Blast furnace iron slag*)

slag hasil pemisahan dan pendinginan dari proses peleburan besi didalam tanur tiup (*Blast Furnace*) dengan kandungan utama kalsium silikat dan aluminium silikat

3.2

BOF Slag (*Basic oxygen furnace slag*)

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

3.3

EAF Slag (*Electric arc steel slag*)

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

3.4

IF Slag (*Induction furnace slag*)

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

3.5

lapis fondasi

lapis fondasi yang diletakan langsung dibawah lapisan beraspal

3.6

lapis fondasi bawah

lapis fondasi bawah yang diletakan dibawah lapis fondasi

3.7

lindi

proses pelarutan bahan kimia, mineral atau zat lain

3.8

slag

limbah padatan bukan logam yang dihasilkan dari proses peleburan besi dan baja baik berupa BF, BOF, EAF dan IF yang umumnya mengandung CaO, SiO₂, FeO, Al₂O₃ dan MgO, selanjutnya dihancurkan dengan mesin penghancur menjadi agregat slag berbagai ukuran.

3.9

slag halus

slag yang lolos ayakan 4,75 mm harus terdiri dari partikel pasir slag atau slag pecah halus

3.10

slag kasar

slag yang tertahan ayakan 4,75 mm terdiri dari partikel atau pecahan slag yang keras dan awet

3.11

Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)

prosedur laboratorium untuk memprediksi potensi pelindian B3 dari suatu Limbah

4 Persyaratan

4.1 Persyaratan umum

Dasar lapis fondasi dan lapis fondasi bawah menggunakan slag harus dirancang, agar air dapat mengalir dengan baik sehingga tidak merendam lapisan fondasi slag. Sambungan perkerasan harus ditutup rapat untuk meminimalkan masuknya air permukaan ke dasar lapis fondasi slag. Persyaratan ini untuk memperkecil potensi pelindian kapur bebas atau dolomit yang mungkin ada dalam slag, yang dapat menyebabkan terjadinya endapan tufa.

Slag yang digunakan untuk bahan lapis fondasi secara umum harus memenuhi persyaratan, seperti:

- a. Slag harus berasal dari limbah hasil peleburan biji besi atau baja baik berupa BF slag, BOF slag, EAF slag maupun IF slag.
- b. Pemanfaatan slag menjadi agregat lapis fondasi dan fondasi bawah harus ada izin dari Kementerian yang berwenang di bidang lingkungan hidup dan rekomendasi dari asosiasi yang bergerak di bidang besi dan baja.
- c. Pengambilan contoh slag untuk pengujian sesuai dengan SNI 6889-2014. Bahan harus ditumpuk maksimum 5 meter, dipisah setiap ukuran, terhindar dari air dan disimpan dengan baik sehingga dapat mencegah segregasi. Untuk mencegah tercampurnya slag-slag tersebut maka gunakan dinding pemisah.
- d. Fraksi slag kasar dan slag halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, nonplastis dan bebas dari bahan yang menurunkan kualitas campuran.
- e. Tidak boleh ada penambahan bahan lain ke agregat slag yang mempunyai perbedaan berat jenis lebih dari 0,2.

4.2 Persyaratan teknis

4.2.1 Persyaratan kimia dan fisik slag

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

- a. Memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2.
- b. Kandungan sulfur (S) yang terkandung dalam setiap slag besi-baja $\leq 2\%$ diuji sesuai BS EN 1744-1:2009 +A1:2012 dan pH slag harus mempunyai nilai 8 – 10 diuji sesuai SNI 03-6787-2015.
- c. Kandungan lindi logam berat terkait TCLP C harus sesuai dengan PP No. 101 tahun 2014, terlampir.
- d. Persyaratan gradasi gabungan slag untuk fondasi menggunakan slag harus memenuhi persyaratan gradasi sesuai pada Tabel 1, diuji sesuai SNI ASTM C136:2012.

Tabel 1 - Persyaratan gradasi slag lapis fondasi dan fondasi bawah

Ukuran ayakan		Persen berat yang lolos	
(in)	(mm)	Lapis fondasi	Lapis fondasi bawah
2 "	50	100	100
1 ½ "	37,5	95--100	90--100
¾ "	19,0	70—92	-
3/8 "	9,50	50—70	-
No.4	4,75	35—55	30--60
No.30	0,6	12—25	-
No.200	0,075	0--8	0--12

4.2.2 Persyaratan lapis fondasi dan lapis fondasi bawah

Setiap jenis lapis fondasi dan bawah menggunakan slag besi-baja harus memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi, seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 - Persyaratan sifat-sifat lapis fondasi dan fondasi bawah

Sifat-sifat	Fondasi	Fondasi bawah
Abrasi dari slag kasar (SNI 2417: 2008)	Maks. 30 %	Maks. 30 %
Indek plastisitas (SNI 1966: 2008)	Maks. 6	Maks. 10
Gumpalan lempung dan butiran-butiran mudah pecah (SNI 4141-2015)	Maks. 5%	Maks. 5%
Perbandingan persen lolos ayakan No.200 dan No.30 (SNI ASTM C117:2012)	Maks. 60%	Maks. 60%
CBR rendaman (SNI 1744: 2012)	Min. 95 %	Min. 70 %
Pengembangan (ASTM D4792/D4792M-13:2013)	0,5%	0,5%

4.3 Toleransi dimensi dan elevasi

Permukaan lapis akhir harus sesuai gambar rencana, dengan toleransi pada Tabel 3:

Tabel 3 - Toleransi elevasi permukaan relatif terhadap elevasi rencana

Lapisan	Toleransi elevasi permukaan relatif terhadap elevasi rencana
Permukaan lapis fondasi	+ 0 cm - 1 cm
Permukaan lapis fondasi bawah	+ 0 cm - 2 cm

Tebal minimum lapis fondasi menggunakan slag tidak boleh kurang satu sentimeter dari tebal yang disyaratkan, sedangkan lapis fondasi bawah tidak boleh kurang dari 2 (dua) cm. Pada permukaan lapis fondasi yang disiapkan untuk lapisan resap pengikat atau pelaburan permukaan, bilamana semua bahan yang terlepas sudah dibuang dengan sikat yang keras, maka penyimpangan maksimum pada kerataan permukaan yang diukur dengan mistar lurus sepanjang 3 m, diletakkan sejajar atau melintang sumbu jalan, maksimum 1 (satu) cm.

4.4 Persiapan pelaksanaan kerja

4.4.1 Persiapan

- a. Sebelum memulai pekerjaan, Penyedia harus sudah menumpuk setiap fraksi slag pecah campuran lapis fondasi atau bawah, paling sedikit untuk kebutuhan satu bulan dan selanjutnya tumpukan persediaan harus dipertahankan paling sedikit untuk kebutuhan campuran satu bulan berikutnya.
- b. Penyedia jasa harus menyerahkan berikut di bawah ini sedikit 21 hari sebelum tanggal yang diusulkan dalam penggunaan setiap bahan untuk pertama kalinya sebagai lapis fondasi atau fondasi bawah perkerasan jalan:
 - 1) Dua contoh masing-masing seberat 50 kg bahan, satu contoh diuji mutu bahan serta kekuatan lapis fondasi dan fondasi bawah serta satu contoh disimpan sebagai rujukan selama waktu untuk penyelesaian.

- 2) Pernyataan perihal asal dan komposisi setiap bahan yang diusulkan untuk lapis fondasi dan fondasi bawah perkerasan jalan, bersama dengan hasil pengujian laboratorium yang membuktikan bahwa sifat-sifat bahan yang ditentukan dalam 4.2, terpenuhi.
- c. Segera setelah selesainya satu bagian pekerjaan, penyedia harus menyerahkan dalam bentuk tertulis hasil pengukuran permukaan dan data survei yang menyatakan bahwa toleransi permukaan dan tebal yang disyaratkan dalam 4.3, terpenuhi.
- d. Laporan tertulis yang menjelaskan sifat-sifat hasil pengujian dari seluruh bahan.

4.4.2 Rancangan campuran

- a. Komposisi umum untuk perancangan
Lapis fondasi dan fondasi bawah menggunakan slag terdiri dari fraksi slag kasar dan halus. Gradasi gabungan harus memenuhi Tabel 1, sesuai jenis fondasi yang digunakan.
- b. Uji *California Bearing Ration (CBR)* laboratorium
Sesuai dengan SNI 1744:2012 pengujian CBR laboratorium harus dilakukan seperti di bawah ini:
 - 1) Tentukan kadar air material yang dipadatkan (kadar air sebelum direndam). Massa contoh kadar air minimum 100 g untuk material berbutir halus dan 500 g untuk material berbutir kasar. Penentuan kadar air harus dilakukan sesuai SNI 1965:2008.
 - 2) Padatkan contoh uji pertama dari tiga contoh uji di dalam cetakan, dengan pola pemadatan sesuai SNI 1743:2008 metode D.
 - 3) Dilakukan perendaman selama 96 jam, tentukan pembacaan akhir arloji pengembangan dan hitung pengembangan.
 - 4) Atur arloji pengukur penetrasi dan arloji beban pada posisi nol, kemudian lakukan uji penetrasi dengan beban awal sebesar 44 N (4,54 kg).
 - 5) Berikan beban pada piston penetrasi sedemikian sehingga kecepatan penetrasi seragam pada 1,27 mm/menit. Catat beban penetrasi.
 - 6) Gambarkan kurva hubungan antara beban dan penetrasi setiap benda uji.
 - 7) Nilai beban terkoreksi harus ditentukan untuk setiap benda uji pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inci) dan 5,08 mm (0,20 inci). Nilai CBR, dinyatakan dalam persen.
 - 8) Nilai CBR rancangan yang diterima adalah nilai CBR yang memenuhi persyaratan dalam Tabel 2.

4.4.3 Percobaan pemadatan

- a. Sebelum pelaksanaan pekerjaan lapis fondasi dan fondasi bawah dimulai, percobaan pemadatan harus dilakukan
- b. Percobaan lapangan harus dilaksanakan dengan metode dan peralatan yang telah disepakati, pelaksanaan percobaan pemadatan, yaitu dengan variasi jumlah lintasan pemadatan dengan menggunakan alat pemadat yang telah disetujui. Hasil percobaan pemadatan adalah jumlah lintasan pemadatan dengan kadar air pada rentang yang diijinkan sampai kepadatan lapangannya sesuai dengan yang disyaratkan. Hasil percobaan lapangan ini selanjutnya harus digunakan dalam menetapkan jumlah lintasan, jenis peralatan pemadat dan kadar air untuk seluruh pemadatan berikutnya.
- c. Bilamana kepadatan tidak mencapai yang disyaratkan dan disetujui oleh pihak berwenang, maka dapat diusulkan penggunaan metode dan peralatan yang lain.

5 Penghamparan dan pemadatan

5.1 Penyiapan formasi untuk lapis fondasi menggunakan slag besi atau baja

Lapis fondasi atau fondasi bawah yang akan dihampar harus memenuhi langkah-langkah berikut ini:

- a. Bilamana lapis fondasi atau fondasi bawah akan dihampar pada perkerasan atau bahu jalan lama, semua kerusakan yang terjadi pada perkerasan atau bahu jalan lama harus diperbaiki terlebih dahulu
- b. Bilamana lapis fondasi akan dihampar pada suatu lapisan perkerasan lama atau tanah dasar baru yang disiapkan atau lapis fondasi lama yang disiapkan, maka lapisan tersebut harus diselesaikan sepenuhnya, sesuai pada lokasi dan jenis lapisan yang terdahulu.
- c. Lokasi yang telah disediakan untuk pekerjaan lapisan fondasi dan fondasi bawah, sesuai dengan 4.4.1.a, harus disiapkan paling sedikit 100 meter ke depan dari rencana akhir lokasi penghamparan lapis fondasi pada setiap saat. Untuk perbaikan tempat-tempat yang kurang dari 100 meter panjangnya, seluruh formasi itu harus disiapkan dan disetujui sebelum lapis fondasi dan fondasi bawah slag dihampar.
- d. Bilamana lapis fondasi dan fondasi bawah akan dihampar langsung di atas permukaan perkerasan lama, apabila dalam kondisi tidak rusak, maka harus diperlukan penggaruan atau pengaluran pada permukaan perkerasan aspal lama agar meningkatkan tahanan geser yang lebih baik.

5.2 Penghamparan

Penghamparan lapis fondasi atau fondasi bawah harus memenuhi persyaratan, seperti:

- a. Slag harus dibawa ke badan jalan sebagai campuran yang merata dan harus dihampar pada kadar air dalam rentang yang disyaratkan dalam 5.3.c. Kadar air dalam bahan harus tersebar secara merata.
- b. Setiap lapis harus dihampar pada suatu operasi dengan takaran yang merata agar menghasilkan tebal padat yang diperlukan dalam toleransi yang disyaratkan. Bilamana akan dihampar lebih dari satu lapis, maka lapisan-lapisan tersebut harus diusahakan sama tebalnya.
- c. Lapis fondasi atau fondasi bawah yang menggunakan slag harus dihampar dan dibentuk dengan salah satu metode yang disetujui yang tidak menyebabkan segregasi pada partikel slag kasar dan halus. Bahan yang bersegregasi harus diperbaiki atau dibuang dan diganti dengan bahan yang bergradasi baik.
- d. Tebal padat maksimum tidak boleh melebihi 20 cm, kecuali digunakan peralatan khusus yang telah diperhitungkan.
- e. Tebal padat lapisan slag tidak boleh kurang dari 15 cm.

5.3 Pemadatan

Pemadatan lapis fondasi atau fondasi bawah menggunakan slag harus memenuhi persyaratan, seperti:

- a. Segera setelah penghamparan dan pembentukan akhir, lapis fondasi atau fondasi bawah harus dipadatkan seluruhnya dengan alat pemadat mesin gilas beroda baja dengan drum penggetar/vibrasi, hingga kepadatan 100 % dari kepadatan kering maksimum modifikasi (*modified*) laboratorium seperti yang ditentukan oleh SNI 1743: 2008, metode D.

- b. Bila pemadatan akhir dengan mesin gilas beroda baja dengan drum penggetar/vibrasi dianggap mengakibatkan kerusakan atau degradasi berlebihan dari lapis fondasi atau fondasi bawah yang menggunakan slag, maka dapat menggunakan mesin gilas beroda karet.
- c. Pemadatan dilakukan apabila kadar air dari bahan slag berada dalam rentang 3 % di bawah kadar air optimum sampai 1 % di atas kadar air optimum, dimana kadar air optimum adalah seperti yang ditetapkan oleh kepadatan kering maksimum modifikasi (*modified*) yang ditentukan oleh SNI 1743: 2008, metode D.
- d. Operasi penggilasan harus dimulai dari sepanjang tepi dan bergerak sedikit demi sedikit ke arah sumbu jalan, dalam arah memanjang. Pada bagian yang ber"superelevasi", penggilasan harus dimulai dari bagian yang rendah dan bergerak sedikit demi sedikit ke bagian yang lebih tinggi. Operasi penggilasan harus dilanjutkan sampai seluruh bekas roda mesin gilas hilang dan lapis tersebut terpadatkan secara merata.
- e. Bahan sepanjang kerb, tembok, dan tempat-tempat yang tak terjangkau mesin gilas harus dipadatkan dengan timbris mekanis atau alat pemadat lainnya yang disetujui.
- f. Lapis fondasi atau fondasi bawah menggunakan slag yang sudah selesai dan diterima harus segera diberi lapis peresap dengan aspal emulsi dengan takaran sesuai 0,35--0,50 liter per meter persegi.

6 Pengendalian mutu

a. Umum

Penyedia harus menyediakan laboratorium lapangan dan semua peralatan yang diperlukan untuk melakukan pengujian terhadap hasil pemadatan. Prosedur pengujian dan frekwensi rancangan campuran dan pengendalian mutu dan termasuk penambahan, bentuk, kadar air, toleransi permukaan dan yang lain harus sudah tercakup dalam rencana pengendalian mutu dari penyedia.

- b. Gradasi akhir lapangan setelah pemadatan harus sesuai dengan gradasi rancangan yang ditetapkan, dengan toleransi seperti pada Tabel 4:

Tabel 4 - Toleransi gradasi slag lapis fondasi dan fondasi bawah

Ukuran ayakan		Toleransi desain campuran (%)	
(in)	(mm)	Lapis fondasi atas	Lapis fondasi bawah
2 "	50	- 2	- 3
1 ½ "	37,5	± 5	+ 5
¾ "	19,0	± 8	-
3/8 "	9,50	± 8	-
No.4	4,75	± 8	± 10
No.30	0,6	± 5	-
No.200	0,075	± 3	± 5

- c. Pengendalian kadar air untuk operasi pencampuran di tempat pengambilan contoh dan pengujian untuk pengendalian kadar air selama penghamparan dan pencampuran harus dilaksanakan dengan jarak yang tidak lebih dari 100 meter di

sepanjang proyek, dan pada setiap lokasi pengambilan contoh akan termasuk pengambilan dan pengujian contoh berikut ini :

- 1) Sebuah contoh tanah saat baru dihampar di atas jalan (untuk menentukan kebutuhan pengeringan atau pembasahan sebelum penghalusan).
 - 2) Sebuah contoh setelah pencampuran slag (untuk menentukan jumlah air yang perlu ditambahkan agar dapat mencapai kadar air yang ditentukan untuk pemadatan).
 - 3) Hasil pengujian kadar air pada setiap hari kerja harus diambil untuk menghitung optimasi pada hari kerja berikutnya.
- d. Suatu program pengujian rutin pengendalian mutu bahan harus dilaksanakan untuk mengendalikan ketidakseragaman bahan yang dibawa ke lokasi pekerjaan. Pengujian lebih lanjut harus seperti yang diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan tetapi untuk setiap 1000 meter kubik bahan yang diproduksi paling sedikit harus meliputi tidak kurang dari lima (5) pengujian indeks plastisitas, lima (5) pengujian gradasi partikel, dan satu (1) penentuan kepadatan kering maksimum menggunakan SNI 1743:2008, metode D. Pengujian CBR harus dilakukan dari waktu ke waktu sebagaimana diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan.

7 Ketentuan kepadatan untuk lapis fondasi dan fondasi bawah

- a. Lapisan slag yang lebih dalam dari 30 cm di bawah elevasi permukaan akhir harus dipadatkan sampai kepadatan minimum 95 % terhadap kepadatan kering maksimum laboratorium (SNI 1743:2008 metode D) yang ditentukan sesuai dengan SNI 2828:2011. Untuk slag yang mengandung lebih dari 10 % bahan yang tertahan pada ayakan 19 mm, kepadatan kering maksimum yang diperoleh harus dikoreksi terhadap bahan yang berukuran lebih (*oversize*) tersebut.
- b. Lapisan slag pada kedalaman kurang 30 cm dari elevasi permukaan harus dipadatkan sampai kepadatan minimum 100 % terhadap kepadatan kering maksimum laboratorium (SNI 1743:2008 metode D) yang ditentukan sesuai dengan SNI 2828:2011.
- c. Pengujian kepadatan harus dilakukan pada lokasi yang diperintahkan, dengan jarak pengujian tidak boleh berselang lebih dari 200 m.
- d. Pengujian kepadatan harus dilakukan pada setiap lapis fondasi atau fondasi bawah yang dipadatkan sesuai dengan SNI 2828:2011 dan bila hasil setiap pengujian menunjukkan kepadatan kurang dari yang disyaratkan maka harus diperbaiki.
- e. Lubang bekas pengujian kepadatan harus segera ditutup dengan bahan yang sama dan dipadatkan hingga memiliki kepadatan yang relative sama dengan sekitarnya.

Lampiran A

(informatif)

**Nilai baku karakteristik beracun melalui TCLP dan total konsentrasi untuk penetapan pengelolaan tanah terkontaminasi limbah bahan berbahaya dan beracun
(Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014)**

ZAT PENCEMAR	TCLP-A	TK-A	TCLP-B	TK-B	TCLP-C	TK-C
Satuan (berat kering)	(mg/L)	(mg/kg)	(mg/L)	(mg/kg)	(mg/L)	(mg/kg)
PARAMETER WAJIB						
ANORGANIK						
Antimoni, Sb	6	300	1	75	04	3
Arsen, As	3	2000	05	500	02	20
Barium, Ba	210	25000	35	6250	14	160
Berilium, Be	4	4000	05	100	02	11
Boron, B	150	60000	25	15000	10	36
Kadmium, Cd	09	400	015	100	006	3
Krom valensi enam, Cr6+	15	2000	25	500	1	1
Tembaga, Cu	60	3000	10	750	4	30
Timbal, Pb	3	6000	05	1500	02	300
Merkuri, Hg	03	300	005	75	002	03
Molibdenum, Mo	21	4000	35	1000	14	40
Nikel, Ni	21	12000	35	3000	14	60
Selenium, Se	3	200	05	50	02	10
Perak, Ag	40	720	5	180	2	10
<i>Tributyltin oxide</i>	04	10	005	25	002	R
Seng, Zn	300	15000	50	3750	20	120
ANION						
Klorida, Cl-	75000	N/A	12500	N/A	5000	N/A
Sianida (total), CN-	21	10000	35	2500	14	50
Fluorida, F-	450	40000	75	10000	30	450
Iodida, I-	40	N/A	5	N/A	2	N/A
Nitrat, NO3-	15000	N/A	2500	N/A	1000	N/A

ZAT PENCEMAR	TCLP-A	TK-A	TCLP-B	TK-B	TCLP-C	TK-C
Satuan (berat kering)	(mg/L)	(mg/kg)	(mg/L)	(mg/kg)	(mg/L)	(mg/kg)
PARAMETER WAJIB						
Nitrit, NO ₂ -	900	N/A	150	N/A	60	N/A
ORGANIK						
Benzena	3	16	05	4	02	1
Benzo(a)pirena	0,004	20	00,005	5	00,002	06
C6-C9 petroleum hidrokarbon	N/A	2600	N/A	325	N/A	100
C10-C36 petroleum hidrokarbon	N/A	40000	N/A	5000	N/A	1000
Karbon tetraklorida	12	48	02	12	008	25
Klorobenzena	120	4800	15	1200	6	620
Kloroform	24	960	3	240	12	R
2 Klorofenol	120	4800	15	1200	2	140
Kresol (total)	800	32000	100	8000	40	R
Di (2 etilheksil) ftalat	24	160	04	40	016	5
1,2-Diklorobenzena	300	24000	50	6000	20	R
1,4-Diklorobenzena	90	640	15	160	6	R
1,2-Dikloroetana	15	48	25	12	1	R
1,1-Dikloroetana	12	480	3	120	15	R
1-2-Dikloroetana	15	960	25	240	1	R
Diklorometana (metilen klorida)	6	64	1	16	04	R
2,4-Diklorofenol	80	3200	10	800	4	R
2,4-Dinitrotoluena	052	21	0,065	52	0,026	R
Etilbenzena	90	4800	15	1200	6	R
<i>Ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA)</i>	180	4000	30	1000	12	R
Formaldehida	200	8000	25	2000	10	R
Heksaklorobutadiena	018	11	003	28	0,012	R
Metil etil keton	800	32000	100	8000	40	R
Nitrobenzena	8	320	1	80	04	R
PAHs (total)	N/A	400	N/A	50	N/A	1
Fenol (total, non-terhalogenasi)	56	2200	7	560	28	R
<i>Polychlorinated biphenyls</i>	N/A	50	N/A	2	N/A	002

ZAT PENCEMAR	TCLP-A	TK-A	TCLP-B	TK-B	TCLP-C	TK-C
Satuan (berat kering)	(mg/L)	(mg/kg)	(mg/L)	(mg/kg)	(mg/L)	(mg/kg)
PARAMETER WAJIB						
Stirena	6	480	1	120	04	R
1,1,1,2-Tetrakloroetana	40	1600	4	400	016	R
1,1,2,2-Tetrakloroetana	52	210	065	52	026	R
Tetrakloroetena	20	800	25	200	1	R
Toluena	210	12800	35	3200	14	R
Triklorobenzena (total)	12	480	15	120	06	R
1,1,1-Trikloroetana	120	4800	15	1200	6	R
1,1,2-Trikloroetana	48	190	06	48	024	R
Trikloroetena	2	80	025	20	01	R
2,4,5-Triklorofenol	1600	64000	200	16000	80	R
2,4,6-Triklorofenol	8	320	1	80	04	R
Vinil klorida	012	48	0,015	12	0,006	R
Ksilena (total)	150	9600	25	2400	10	R
PESTISIDA						
Aldrin + dieldrin	0,009	48	00,015	12	00,006	R
DDT + DDD + DDE	03	50	005	50	002	R
2,4-D	9	480	15	120	06	R
Klordana	006	16	001	4	0,004	R
Heptaklor	012	48	0,015	12	0,006	R
Lindana	06	48	01	12	004	R
Metoksiklor	6	480	1	120	04	R
Pentaklorofenol	27	120	045	30	018	R

Bibliografi

ASTM D1241, 2007. *“Standard Specification for Graded Aggregate Material for Bases or Subbases for Highways or Airports”*. *Annual Book of ASTM Standards*.

PP No. 101, 2014. *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*.

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

3. Subkomite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan

No	Nama	Instansi	Kedudukan	Wakil dari
1	Dr. Eng. Ir. Herry Vaza M.Eng, Sc	Pusat Litbang Jalan Jembatan	Ketua	Pemerintah
2	Prof. Dr.Ir. M. Sjahanulirwan, M.Sc	Universitas Tama Jagakarsa	Wakil Ketua	Pakar
3	Dr.Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc	Pusat Litbang Jalan Jembatan	Sekretaris	Pemerintah
4	Prof. Dr. Ir. H. Raden Anwar Yamin, MT, M.E	Pusat Litbang Jalan Jembatan	Anggota	Pemerintah
5	Ir. Abinhot Sihotang, MT	Institut Teknologi Nasional (ITENAS)	Anggota	Pakar
6	Dr.Ir. Samun Haris, MT	Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia (HPJI)	Anggota	Konsumen
7	Dr. Ir. Imam Aschuri, MT	Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)	Anggota	Konsumen
8	Ir. Theresia Widia Liestiani	PT. SENECA	Anggota	Produsen
9	Dr. Ir. Hindra Mulya, MM	PT. MBT	Anggota	Produsen