

LAMPIRAN
SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM
NOMOR :11/SE/M/2011
TANGGAL : 31 Oktober 2011

**Pedoman Pelaksanaan Daur Ulang Perkerasan Jalan
dengan Semen Dicampur di Tempat (*inplace*)**



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM



**MENTERI PEKERJAAN UMUM
REPUBLIK INDONESIA**

Jakarta, 31 Oktober 2011

Kepada yang terhormat,

1. Gubernur di seluruh Indonesia,
2. Bupati dan Walikota di seluruh Indonesia,
3. Seluruh Pejabat Eselon I di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum,
4. Seluruh Pejabat Eselon II di Ditjen Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.

Perihal : Pedoman Pelaksanaan daur ulang perkerasan jalan dengan semen dicampur di tempat (*inplace*)

SURAT EDARAN
Nomor : 11/SE/M/2011

Dalam rangka melaksanakan Pasal 78 ayat (1), Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan, perlu menetapkan Pedoman Pelaksanaan daur ulang perkerasan jalan dengan semen dicampur di tempat (*inplace*) dengan Surat Edaran Menteri sebagai berikut:

I. UMUM

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi perencana, pelaksana, pengawas lapangan dan pihak lain yang berkepentingan dalam pelaksanaan daur ulang perkerasan jalan dengan semen dicampur di tempat (*inplace*) dan bertujuan untuk dapat digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan daur ulang yang meliputi beberapa hal seperti bahan, peralatan, kriteria campuran, metode pelaksanaan serta pengendalian mutu pekerjaan yang digunakan sebagai lapis fondasi perkerasan CTRB atau CTRSB (*Cement Treated Recycling Base* atau *Cement Treated Recycling Sub-Base*).

Surat Edaran ini dapat diterapkan oleh Pejabat Eselon I dan Eselon II di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum untuk digunakan sebagaimana mestinya, sedangkan bagi Gubernur dan Bupati / Walikota di seluruh Indonesia agar dapat digunakan sebagai acuan.

II. MATERI MUATAN

Pedoman Pelaksanaan daur ulang perkerasan jalan dengan semen dicampur di tempat (*inplace*) meliputi proses penyiapan bahan, perencanaan pencampuran, pencampuran, pengangkutan, penghamparan serta pemadatan yang terkendali melalui pengendalian mutu, sehingga dapat memenuhi persyaratan pelaksanaan serta sesuai dengan gambar rencana.

Bahan dan Peralatan yang digunakan meliputi:

1. Semen Portland; semen yang digunakan untuk CTRB dan CTRSB harus memenuhi ketentuan SNI 15-2049-2004.

2. Air yang digunakan harus air tawar dan bebas dari endapan maupun larutan atau bahan suspensi yang mungkin dapat merusak pembuatan CTRB dan CTRSB seperti yang sudah ditentukan, dan harus bersih bebas dari organik.
3. Agregat baru yang akan ditambahkan harus berupa batu pecah, atau kerikil pecah atau kombinasi dari beberapa bahan ini yang memenuhi persyaratan. Agregat baru terdiri dari agregat kasar dan halus.
4. Peralatan yang digunakan seperti alat pendaur ulang di tempat (*inplace recycler*), alat penabur semen, tangki air, *grader*, dan alat pemadat harus layak pakai dan harus dikalibrasi sesuai dengan Standar Operasi Peralatan yang berlaku.

Langkah-langkah yang direkomendasikan dalam pelaksanaan daur ulang perkerasan jalan dengan semen dicampur di tempat (*inplace*) sebagai berikut:

- a. Pekerjaan persiapan,
- b. Penyiapan permukaan jalan,
- c. Pencampuran dan penghamparan di tempat (*mix in place*),
- d. Pembentukan badan jalan dan pemadatan,
- e. Sambungan pelaksanaan,
- f. Perawatan, dan
- g. Pengendalian mutu.

Pedoman Pelaksanaan daur ulang perkerasan jalan dengan semen dicampur di tempat (*inplace*) dimuat secara lengkap dalam Lampiran, merupakan satu kesatuan dari bagian yang tidak terpisahkan dari Surat Edaran Menteri ini.

Demikian atas perhatian Saudara kami ucapkan terima kasih.



Daftar Isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	iii
Pendahuluan.....	iv
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi.....	1
4 Ketentuan umum.....	2
4.1 Uraian.....	2
4.2 Peralatan laboratorium pengujian.....	3
4.3 Peralatan pelaksanaan lapangan.....	3
4.4 Toleransi Tebal lapisan.....	3
4.5 Batasan waktu.....	3
4.6 Perbaiki perkerasan setelah pengujian.....	3
4.7 Rencana kerja dan pengaturan lalu lintas.....	4
5 Ketentuan khusus tentang bahan dan campuran.....	4
5.1 Bahan.....	4
5.2 Agregat baru.....	5
5.2.1 Agregat kasar.....	5
5.2.2 Agregat halus.....	5
5.3 Campuran.....	5
6 Rancangan campuran rencana dan campuran kerja.....	6
6.1 Rancangan campuran rencana (<i>design mix formula, DMF</i>).....	6
6.2 Rancangan campuran kerja (<i>job mix formula, JMF</i>).....	7
7 Peralatan pekerjaan daur ulang.....	7
8 Pelaksanaan.....	9
8.1 Pencampuran dan penghamparan.....	9
8.1.1 Pekerjaan persiapan.....	9
8.1.2 Penyiapan permukaan jalan.....	9
8.1.3 Pencampuran dan penghamparan di tempat (<i>mix in place</i>).....	10
8.2 Pembentukan badan jalan dan pemadatan.....	10
8.3 Sambungan pelaksanaan.....	11
8.4 Perawatan.....	11
8.5 Pengendalian mutu.....	11
Lampiran A (normatif) Tipikal gambar pelaksanaan daur ulang dengan bahan tambah semen.....	13

Lampiran B (normatif) Contoh penentuan kadar semen dari kuat tekan bebas (q_u terkoreksi)	14
Bibliografi	15
Gambar A.1 - Penggarukan lapis aspal dengan <i>Cold Milling Machine</i>	14
Gambar A.2 - Penebaran semen dengan <i>Cement distributor</i>	14
Gambar A.3 - Penggarukan dan pengadukan dengan <i>Recycler</i>	14
Gambar A.4 - Gigi pengaduk di drum pengaduk (<i>milling drum</i>)	14
Gambar A.5 - Pemadatan awal dengan <i>Padfoot roller</i>	14
Gambar A.6 - Pembentukan permukaan daur ulang dengan <i>grader</i>	14
Tabel 1 - Gradasi campuran daur ulang + semen untuk CTRB dan CTRSB.....	5
Tabel 2 - Kriteria kekuatan CTRB dan CTRSB	6
Tabel 3 - Berat (Massa) alat pemadat getar minimum untuk beberapa variasi ketebalan	9

Prakata

Pedoman pelaksanaan daur ulang perkerasan jalan dengan semen dicampur di tempat (*inplace*) dimaksudkan sebagai acuan bagi para perencana, pelaksana dan pengawas pekerjaan perkerasan jalan pada pelaksanaan daur ulang campuran dingin dengan bahan tambah semen untuk lapis fondasi perkerasan jalan dicampur di tempat.

Pedoman ini dipersiapkan oleh Panitia Teknis No. 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan 91-01/S2 melalui Gugus Kerja Bidang Perkerasan Jalan.

Tata cara penulisan ini disusun mengacu pada Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) No. 8 Tahun 2007 dan dibahas dalam rapat konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 30 Maret 2010 di Bandung dengan melibatkan narasumber, pakar dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Daur ulang lapis perkerasan lama dengan semen merupakan salah satu sistim daur ulang campuran dingin yang dapat digunakan sebagai alternatif penanganan pada program rehabilitasi atau rekonstruksi jalan. Peningkatan jalan dengan cara penambahan lapis tambahan yang terus menerus akan mengakibatkan antara lain tebal lapis perkerasan semakin tebal dan keperluan akan bahan jalan baru akan terus meningkat.

Beberapa keuntungan dari teknologi ini antara lain dapat mengurangi keperluan akan bahan agregat baru, menghemat energi, geometrik jalan dapat dipertahankan serta melestarikan sumber alam. Daur ulang yang diproses dan ditunjang dengan peralatan yang memadai akan menghasilkan bahan campuran yang nilai strukturnya dapat mengimbangi campuran yang baru.

Pada teknologi ini, bahan daur ulang dari perkerasan lama diproses kembali dengan atau tanpa penambahan material baru untuk memproduksi suatu campuran yang memenuhi persyaratan. Bahan campuran daur ulang dapat ditempatkan kembali pada posisi awal perkerasan sebelum di daur ulang atau dapat di tempat lain pada lokasi perkerasan yang memerlukan.

Bahan hasil daur ulang untuk lapis perkerasan beraspal dianggap sebagai agregat sehingga kadar aspal yang terkandung pada bahan tidak diperhitungkan. Adanya pengaruh kadar semen dan tambahan proporsi agregat baru (bila diperlukan) sifat campuran akan mengalami peningkatan. Proporsi penggunaan material daur ulang dari perkerasan lama sangat bervariasi, hal ini disebabkan antara lain karena kualitas dari material pada perkerasan lama mempunyai rentang perbedaan mutu yang cukup lebar.

Pedoman yang berjudul "Pelaksanaan daur ulang perkerasan jalan dengan semen dicampur di tempat (*inplace*)" memberikan gambaran tentang pelaksanaan daur ulang yang menggunakan bahan daur ulang perkerasan dengan atau tanpa agregat baru serta bahan tambah semen, dilaksanakan di tempat.

Pedoman ini ditujukan sebagai acuan dalam pelaksanaan pekerjaan daur ulang yang meliputi beberapa hal seperti bahan, peralatan, kriteria campuran, metode pelaksanaan serta pengendalian mutu pekerjaan yang digunakan sebagai lapis fondasi perkerasan CTRB atau CTRSB (*Cement Treated Recycling Base* atau *Cement Treated Recycling Sub-Base*).

Pelaksanaan daur ulang perkerasan jalan dengan semen dicampur di tempat (*Inplace*)

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan cara pelaksanaan daur ulang perkerasan jalan campuran dingin dengan bahan tambah semen sebagai lapis fondasi (*base course*) dan lapis fondasi bawah (*sub-base course*).

Jenis perkerasan lama (*existing pavement*) yang didaur ulang mencakup perkerasan beraspal atau perkerasan tidak beraspal, tetapi tidak termasuk perkerasan beton semen.

Pedoman ini meliputi proses penyiapan bahan, perencanaan pencampuran, pencampuran, pengangkutan, penghamparan serta pemadatan yang terkendali melalui pengendalian mutu, sehingga dapat memenuhi persyaratan pelaksanaan serta sesuai dengan gambar rencana.

2 Acuan normatif

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

SNI 03-2828-1992, *Metode pengujian kepadatan lapangan dengan alat Korus pasir*

SNI 3423:2008 *Cara uji analisis ukuran butir tanah*

SNI 03-3438-1994, *Tata cara pembuatan rencana stabilisasi tanah dengan semen portland untuk jalan*

SNI 03-6886-2002, *Metode pengujian hubungan antara kadar air dan kepadatan pada campuran tanah-semen*

SNI 03-6887-2002, *Metode pengujian kuat tekan bebas campuran tanah-semen*

SNI 15-2409-2004, *Semen portland*

AASHTO T144-86 , *Cement content of soil-cement mixtures*

BS 1924 Test 18, *Detection of presence in soils of organic matter able to interfere with the hydration of Portland cement (measurement of the pH of a Soil-Cement paste)*

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang digunakan dalam pedoman ini sebagai berikut:

3.1

konstruksi perkerasan beraspal

konstruksi perkerasan yang terletak di atas tanah dasar atau tanah pilihan (*improved subgrade*), terdiri dari satu lapis atau beberapa lapis agregat (*granular aggregate*) dan lapis aspal

3.2

daur ulang

penggunaan kembali material perkerasan jalan yang ada (*existing pavement*) untuk digunakan sebagai material baru pada pekerjaan jalan

3.3

daur ulang campuran dingin (*cold mix recycling*)

suatu metode daur ulang yang menggunakan kembali bahan perkerasan lama sebagai bahan jalan dengan pencampuran tanpa pemanasan. Prosesnya dapat dilaksanakan secara di tempat (*inplace*) atau sentral (*in plant*)

3.4

lapis aspal garukan/*Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*

bahan hasil garukan dari alat penggaruk (*milling*)

3.5

material agregat garukan/*Reclaimed Aggregate Material (RAM)*

bahan hasil garukan dari alat penggaruk (*milling*) dan/atau bahan perkerasan olahan yang terdiri campuran agregat dari beberapa fraksi tanpa mengandung bahan pengikat aspal

3.6

kuat tekan bebas (KTB) atau *unconfined compressive strength (UCS)*

besarnya tegangan maksimum pada waktu pengujian sampai contoh benda uji mengalami keruntuhan

4 Ketentuan umum

4.1 Uralan

Jika terdapat lapis beraspal cukup tebal dan alat pencampur (*reclaimer*) tidak mampu menggali dan menghancurkan/menghaluskannya, maka diperlukan alat lain misalnya mesin penggaruk-dingin (*cold milling machine*) sebelum proses pencampuran dengan bahan pengikat semen dilaksanakan.

Pekerjaan ini meliputi pemrosesan pekerjaan daur ulang (*recycling*) pada perkerasan jalan lama termasuk penggarukan perkerasan, penambahan air, penambahan agregat baru (bila diperlukan), penambahan semen, pencampuran di tempat (*inplace*), pembentukan badan jalan, pemadatan serta perawatan.

Pekerjaan daur ulang ini dilaksanakan pada lapis perkerasan beraspal/agregat/kerikil yang perlu distabilisasi dengan bahan tambah semen dengan memanfaatkan kembali material lapis fondasi pada perkerasan tersebut.

Pada perkerasan beraspal yang lapis aspalnya cukup tebal, sebagian besar lapis beraspal digaruk dan disingkirkan terlebih dahulu dan ditempatkan di tempat yang telah ditentukan; sedangkan sisa lapis beraspal dapat dicampurkan dengan lapis agregat di bawah lapis aspal.

Daur ulang dengan bahan tambah semen merupakan daur ulang perkerasan yang dapat terdiri atas campuran material agregat (RAM) dan sebagian lapis perkerasan aspal yang ada (RAP) dan semen dengan penambahan atau tanpa penambahan material baru. Apabila kriteria campuran memenuhi persyaratan untuk lapis fondasi bawah disebut *Cement Treated Recycling Sub-base (CTRSB)* atau apabila memenuhi persyaratan untuk lapis fondasi disebut *Cement Treated Recycling Base (CTRB)*.

Proses daur ulang dilakukan dengan menggunakan mesin pendaur ulang khusus untuk mengolah kembali material yang terdapat pada lapis perkerasan lama dan mencampur dengan material tambahan (apabila diperlukan), sehingga menjadi suatu lapisan yang seragam pada lapisan permukaan jalan.

4.2 Peralatan laboratorium pengujian

Peralatan laboratorium dan lapangan yang digunakan dalam pengujian harus memenuhi persyaratan ketelitian dan kalibrasi. Peralatan meliputi:

- a) 1 (satu) set pengukur berat jenis agregat kasar dan halus;
- b) 1 satu set saringan ukuran dari 2 (dua) inci (50 mm) hingga no.200 (0,075 mm);
- c) 1 (satu) set alat uji kepadatan berat;
- d) 1 (satu) set alat uji kuat tekan bebas; ukuran silinder diameter 7 cm dan tinggi 14 cm;
- e) 1 (satu) set uji *atterberg*;
- f) 1 (satu) set alat uji kepadatan lapangan dengan alat konus pasir (*sand cone*);
- g) Alat pengaduk dan alat bantu lainnya.

4.3 Peralatan pelaksanaan lapangan

Sebelum penghamparan dilaksanakan, terlebih dahulu peralatan lapangan harus memenuhi ketentuan yang disyaratkan. Untuk daur ulang lapis perkerasan beraspal harus tersedia alat yang memadai seperti alat penggaruk (*milling*), alat pencampur, pengaduk dan penghampar (*recycler*) serta alat pemadat. Uraian tentang kebutuhan peralatan dapat dilihat pada butir 7.

4.4 Toleransi Tebal lapisan

- a) Tebal rata-rata CTRB dan CTRSB pada setiap potongan melintang tidak boleh lebih dari 10 % lebih kecil atau lebih tipis dari pada tebal yang telah ditentukan.
- b) Tebal rata-rata dari CTRB dan CTRSB yang sudah selesai dengan kekuatan dan kerataan yang sudah disetujui yang diukur dengan pengujian dari benda uji inti (*core*) pada setiap potongan melintang (*cross section*) yang diteliti, harus sama atau lebih tebal dari pada tebal yang telah ditentukan.
- c) Permukaan akhir CTRB dan CTRSB harus mendekati ketinggian yang dirancang dan tidak boleh kurang dari 1 cm di bawah permukaan di titik yang dirancang.
- d) Kerataan permukaan akhir CTRB dan CTRSB tidak boleh ada penyimpangan lebih dari 10mm diukur dengan mistar lurus yang panjangnya 3 (tiga) meter diletakkan di permukaan jalan sejajar dengan sumbu jalan atau diletakkan melintang.

4.5 Batasan waktu

Setelah semen dicampurkan dengan material serta penambahan air untuk penyesuaian kadar air telah dilakukan, periode waktu maksimum antara pencampuran, penghamparan dan pemadatan pada saat penghamparan adalah 2 (dua) jam.

4.6 Perbaiki perkerasan setelah pengujian

Semua lubang yang terjadi akibat pengujian pada pekerjaan yang sudah selesai harus segera ditutup. Lubang-lubang yang terjadi akibat pengujian seperti akibat pengujian kepadatan atau pengambilan benda uji inti harus diisi dengan bahan CTRB/CTRSB dan dipadatkan sampai kepadatan dan toleransi permukaannya yang disyaratkan.

4.7 Rencana kerja dan pengaturan lalu lintas

- a) Selama maksimum 14 hari setelah penghamparan *Cement Treated Recycling Base (CTRB)*, penghamparan lapis penutup atas (seperti *Foamed Bitumen, Asphalt treated Base, Binder Course, Wearing Course*) harus dilaksanakan.
- b) Lalulintas tidak diijinkan lewat di atas CTRB/CTRSB minimum 4 hari sesudah pemadatan terakhir dan mengalihkan lalu lintas atau membuat jalan alternatif. Batasan minimum lalu lintas lewat di atas CTRB/CTRSB ini apabila kondisi darurat dapat diturunkan menjadi lebih kecil, tetapi dengan usaha lain seperti memberikan lapisan material penutup dengan ketebalan yang cukup sehingga permukaan CTRB/CTRSB tidak langsung terbebani dan terkena roda kendaraan.

5 Ketentuan khusus tentang bahan dan campuran

5.1 Bahan

a) Semen Portland;

- 1) Semen yang harus digunakan untuk CTRB dan CTRSB harus memenuhi ketentuan SNI 15-2049-2004.
- 2) Apabila diperlukan, untuk setiap pengiriman semen yang tiba di lapangan dan juga semen yang sudah disimpan di lapangan dapat dilakukan uji mutu sebelum digunakan untuk memastikan semen tersebut rusak atau tidak oleh setiap kemungkinan selama pengiriman atau penyimpanan.
- 3) Semua semen yang akan digunakan dalam pekerjaan harus disimpan di tempat penyimpanan di lapangan sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan dan harus didaftar untuk setiap penerimaannya. Catatan dalam daftar ini harus ditandatangani oleh penyedia dan pengguna jasa untuk menyatakan kebenarannya. Jumlah semen yang diletakkan di lapangan untuk percobaan lapangan awal (*preliminary field trials*) atau dalam pekerjaan juga harus dicatat secara terinci.

b) Air;

Air yang digunakan harus air tawar dan bebas dari endapan maupun larutan atau bahan suspensi yang mungkin dapat merusak pembuatan CTRB dan CTRSB seperti yang sudah ditentukan, dan harus bersih bebas dari organik.

c) Material daur ulang (*recycling*).

- 1) Material yang didaur ulang dengan stabilisasi semen ini umumnya dimanfaatkan dari material yang sudah ada di perkerasan lama, dapat berupa bahan yang tidak mengandung aspal (RAM) atau campuran dengan bahan yang mengandung aspal. Apabila menggunakan RAP, penggunaannya dalam campuran harus dibatasi maksimum 40% dengan nilai penetrasi aspal pada RAP maksimum 30.
- 2) Untuk perencanaan awal, rancangan campuran dibuat dari hasil pengambilan contoh lapangan melalui tes *pit* di setiap segmennya untuk menentukan kadar semen perkiraan awal yang diperlukan. Sebelum pelaksanaan pekerjaan dimulai, rancangan campuran ini diulang kembali menggunakan material garukan dan material tambahan lainnya yang akan digunakan dalam pekerjaan.
- 3) Material daur ulang digunakan sebagai agregat yang diperoleh dari campuran lapis perkerasan lama yang digaruk dan dihancurkan hingga lolos saringan 1½ inci (37,50 mm) untuk lapis fondasi dan lolos saringan 2 (dua) inci (50,00 mm) untuk lapis fondasi bawah.

- 4) Material daur ulang harus bebas dari benda/zat organik yang mengganggu hidrasi dari semen portland.
- 5) Nilai plastisitas Indeks (IP) maksimum adalah sebesar 10%.

5.2 Agregat baru

Agregat yang akan ditambahkan harus berupa batu pecah, atau kerikil pecah atau kombinasi dari beberapa bahan ini yang memenuhi persyaratan. Agregat baru terdiri dari agregat kasar dan halus

5.2.1 Agregat kasar

Agregat kasar (di *stockpile*) yang tertahan pada saringan No.8 (2,36 mm) dapat terdiri atas batu pecah, kerikil pecah yang keras, awet dan bersih dan harus disiapkan dalam ukuran nominal. Ukuran nominal maksimum adalah satu saringan yang lebih kecil dari saringan pertama atau (teratas) dengan bahan tertahan kurang dari 10 %.

Agregat kasar baru harus mempunyai nilai angularitas dan abrasi seperti yang disyaratkan dalam spesifikasi agregat kasar.

5.2.2 Agregat halus

Agregat halus baru (di *stockpile*) dari sumber bahan manapun, harus terdiri atas penyaringan batu pecah dari terdiri dari bahan yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm).

Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.

Nilai setara pasir agregat halus minimal memiliki nilai 50% dan Indeks Plastisitas < 6%.

5.3 Campuran

- a) Bahan campuran untuk CTRB dan CTRSB terdiri atas bahan garukan perkerasan (RAM atau campuran dengan RAP), semen dan air. Apabila gradasi campuran tidak memenuhi persyaratan gradasi, maka perlu ditambahkan agregat baru. Gradasi campuran untuk CTRSB dan CTRB disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 - Gradasi campuran daur ulang + semen untuk CTRB dan CTRSB

Ukuran saringan (ASTM)	Persen berat yang lolos saringan	
	Lapis fondasi (CTRB)	Lapis fondasi bawah (CTRSB)
2" (50,0 mm)		100
1 1/2" (37,5 mm)	100	88 - 95
1" (25,0 mm)	79 - 85	70 - 85
3/8" (9,50 mm)	44 - 58	30 - 65
No.4 (4,75 mm)	29 - 44	25 - 55
No.10 (2,0 mm)	17 - 30	15 - 40
No.40 (0,425 mm)	7 - 17	8 - 20
No.200 (0,075 mm)	2 - 8	2 - 8

- b) Kadar semen dan kadar air optimum harus ditentukan berdasarkan percobaan laboratorium dan percobaan campuran (*trial mix*).
- c) Karakteristik CTRB dan CTRSB

Kekuatan campuran CTRB dan CTRSB ditentukan berdasarkan kuat tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength*). Kriteria kekuatan pada umur 7 hari, harus memenuhi persyaratan kekuatan minimum seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 - Kriteria kekuatan CTRB dan CTRSB

Peruntukan	Kuat tekan bebas (KTB) pada umur 7 hari (kg/cm ²)
CTRB	30 - 40
CTRSB	20 - 30

Catatan :

Nilai KTB pada Tabel 2 berdasarkan ukuran silinder diameter 70 mm dan tinggi 140 mm bila digunakan silinder diameter 150 mm dan tinggi 127 mm kriteria pada tabel 2 agar dikalikan faktor koreksi sebesar 1,24.

- d) Homogenitas campuran di lapangan

1) Homogenitas campuran di lapangan sangat tergantung dari Faktor Efisiensi (FE) dari cara pencampuran yang digunakan yaitu :

- Instalasi pencampur : 80 – 100% (SE No 01/SE/M/2010)
- Alat pencampur rotor : 60 – 80% (SE No 01/SE/M/2010)
- Alat pembentuk mekanik : 40 – 50% (SE No 01/SE/M/2010)
- *Mix in place* (alat pencampur berjalan) : 80 - 100 %

Kadar semen yang diperlukan di lapangan ditentukan sebagai berikut :

- Kuat tekan bebas sesuai dengan ketentuan yang berlaku (q_u lap);
- Kuat tekan bebas lapangan terkoreksi (q_u koreksi);
- Kadar semen di lapangan ditentukan dengan memplotkan q_u lap. terkoreksi ke dalam grafik hubungan q_u lap dengan kadar semen;
- Contoh penentuan kadar semen dari q_u terkoreksi dapat dilihat pada Lampiran B (Gambar B).

6 Rancangan campuran rencana dan campuran kerja

6.1 Rancangan campuran rencana (*design mix formula, DMF*)

Sebelum dimulainya pekerjaan campuran lapis fondasi hasil daur ulang, usulan rancangan campuran rencana (*DMF*) untuk campuran yang akan digunakan dalam pekerjaan harus sudah tersedia formula yang menentukan dalam campuran tersebut, yang antara lain adalah:

- a) kualitas material pada pekerasan lama yang akan didaur ulang;
- b) ketebalan lapisan daur ulang yang direncanakan;
- c) ukuran nominal maksimum partikel;
- d) sumber agregat baru (apabila diperlukan);

- e) persentase setiap fraksi agregat yang akan digunakan;
- f) gradasi agregat gabungan (Tabel 1)
- g) kadar semen terhadap berat total agregat;
- h) kadar air optimum.
- i) berat isi kering maksimum

6.2 Rancangan campuran kerja (*Job mix formula, JMF*)

- a) Percobaan campuran di lapangan dan penghamparan percobaan yang memenuhi ketentuan akan menjadikan rancangan campuran rencana (*DMF*) dapat disetujui sebagai rancangan campuran kerja (*JMF*).
- b) Segera setelah rancangan campuran rencana (*DMF*) disetujui, harus melakukan penghamparan percobaan paling sedikit seluas 500 m² untuk setiap jenis campuran dengan menggunakan produksi, penghamparan, peralatan dan prosedur pemadatan yang diusulkan. Setiap alat pendaur ulang (*recycler*) mampu mengolah bahan sesuai dengan tebal yang disyaratkan dan homogenitas bahan yang terjamin. Kombinasi penggilas yang diusulkan mampu mencapai kepadatan yang disyaratkan.
- c) Contoh campuran harus dibawa ke laboratorium dan digunakan untuk pengujian kuat tekan bebas. Hasil pengujian ini harus dibandingkan dengan ketentuan sifat campuran yang dipilih sesuai persyaratan pada kriteria Tabel 2. Bilamana percobaan tersebut gagal memenuhi spesifikasi pada salah satu ketentuannya maka perlu dilakukan penyesuaian dan percobaan harus diulang kembali.
- d) Pengujian kepadatan lapangan harus dilaksanakan dan minimum 6 (enam) buah benda uji silinder harus dibuat dari setiap penghamparan percobaan. Contoh campuran daur ulang diambil dari hasil alat pendaur ulang, dan dibawa ke laboratorium dalam wadah yang aman dan terbungkus rapi.
- e) Pekerjaan daur ulang untuk skala proyek belum dapat dimulai sebelum diperoleh rancangan campuran kerja (*JMF*) yang disetujui. Mutu campuran harus dikendalikan, terutama dalam batas toleransi yang diijinkan.

7 Peralatan pekerjaan daur ulang

Peralatan yang digunakan pada pekerjaan campuran lapis fondasi daur ulang ini terdiri dari beberapa jenis sesuai fungsinya. Peralatan-peralatan tersebut harus layak pakai dan yang memerlukan peneraan dan harus dikalibrasi sesuai dengan Standar Operasi Peralatan yang berlaku. Peralatan meliputi alat pendaur ulang di tempat, alat penabur semen, tangki air, grader dan alat pemadat.

- a) Alat pendaur ulang di tempat (*Inplace recycler*);

Alat pendaur ulang yang digunakan harus mampu menghasilkan gradasi dan konsistensi campuran yang direncanakan dalam satu kali lintasan (*single pass stabilization*). Alat daur ulang harus memenuhi persyaratan minimum sebagai berikut:

- 1) Alat tersebut merupakan buatan pabrik yang memproduksi dan memiliki sejarah serta latar belakang dalam perakitan alat/mesin serupa.
- 2) Apabila umur pakai alat tersebut lebih dari 10 tahun, maka alat tersebut harus disertifikasi oleh pabrik pembuat atau agen perwakilannya untuk memberikan jaminan kelayakan operasional yang berlaku tidak lebih dari 3 bulan sebelum dimulainya suatu pekerjaan.

- 3) Drum pengaduk (*milling drum*) harus memiliki lebar minimum potongan sebesar 2 m serta memiliki kemampuan untuk merubah kecepatan putaran. Alat tersebut harus mampu mendaur ulang dengan kedalaman minimum sebesar 300 mm dalam satu kali lintasan dengan kapasitas mesin minimum 350 HP.
- 4) Drum pengaduk (*milling drum*) harus berotasi berlawanan arah jarum jam (Gambar A.4) dan memiliki ruangan tertutup di bagian dalam sebagai tempat pencampuran antara air, semen dan material daur ulang dalam suatu tingkatan yang diperlukan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan desain campuran laboratorium selama berlangsungnya pengoperasian.
- 5) Untuk menjamin proses pencampuran dan penambahan air agar dapat dilakukan dengan baik, maka drum pengaduk atau penghancur (*milling drum*) dilengkapi dengan peralatan sebagai berikut:
 - (a) Sistem pengontrol air yang mampu mengatur penambahan air sesuai dengan rencana. Sistem pengontrol dikendalikan oleh seorang operator mesin dan berada di ruang kerja operator;
 - (b) Sistem pembersih *nozzle* yang menjamin tidak adanya *nozzle* yang tersumbat, sehingga penambahan air dapat dilakukan secara akurat dan merata ke seluruh lebar jalan yang akan dikerjakan. Tiap-tiap grup *nozzle* dapat dibuka dan ditutup dari ruang operator sesuai dengan lebar jalan yang distabilisasi.
- 6) Alat tersebut harus memiliki sistem kendali batas penggarukan yang mempertahankan kedalaman garukan dengan toleransi ± 10 mm dari kedalaman yang diperlukan selama berlangsungnya pengoperasian.
- 7) Seluruh sistem penebar (*spray system*) yang terpasang pada alat pendaur ulang harus dikontrol oleh prosesor mikro untuk mengatur kecepatan aliran secara akurat dan merata ke seluruh lebar jalan.
- 8) Alat pendaur ulang harus mampu mencampur material daur ulang dengan semua bahan aditif untuk menghasilkan keseragaman campuran yang homogen selama berlangsungnya pengoperasian.

b) Alat penabur semen (*cement distributor*) ;

Alat digunakan sebagai penabur semen di atas permukaan perkerasan yang akan didaur ulang. Apabila tidak terdapat alat ini sebagai alternatif penaburan semen dapat dilakukan secara manual.

c) Alat pembentuk permukaan tanah (*motor grader*),

Alat ini diperlukan untuk pembentukan atau penyesuaian elevasi awal dan akhir lapis terstabilisasi.

d) Truk tangki air;

Alat ini dilengkapi pipa penyebar air atau pipa penyambung ke mesin pencampur untuk menambahkan air selama pencampuran basah (*wet mixing*).

e) Alat pemadat;

Alat yang mampu memadatkan lapis terstabilisasi sampai mencapai nilai kepadatan yang ditentukan. Pemilihan jenis alat pemadat yang digunakan tergantung kebutuhan, terdiri dari:

- 1) Pemadat roda besi bergigi (*padfoot vibrating roller*) yang digunakan untuk pemadatan awal dan *heavy smooth drum* untuk pemadatan lanjutan yang dioperasikan pada mode *high amplitude vibration*. Kecepatan pemadat tidak melebihi dari 3 km/jam dan massa statis tergantung dari ketebalan lapisan daur ulang sesuai dengan Tabel 3.
- 2) Timbris mekanis (*tamping compactor*), digunakan untuk memadatkan lapis terstabilisasi pada area sempit yang sulit dijangkau alat pemadat dan/atau untuk pemadatan tambahan pada sambungan.

Tabel 3 - Berat (Massa) alat pemadat getar minimum untuk beberapa variasi ketebalan

Ketebalan padat lapisan daur ulang	Massa minimum alat pemadat getar (ton)
200 mm – 250 mm	19
>250	24

Catatan :

Ketebalan hamparan lapis daur ulang ditambah sekitar 20% - 25% tebal padat yang ketepatannya diperiksa dengan melakukan percobaan ketebalan di lapangan.

- f) Penyapu mekanis (*power broom*).

Alat ini digunakan untuk membersihkan permukaan daur ulang sebelum diberi lapis di atasnya (misal lapis peresap) sehingga debu permukaan tersingkirkan secara sempurna.

8 Pelaksanaan

8.1 Pencampuran dan penghamparan.

8.1.1 Pekerjaan persiapan

Semua pekerjaan persiapan harus telah selesai sebelum pekerjaan daur ulang dimulai agar alat pendaur ulang tidak mengalami hambatan sewaktu beroperasi. Menghentikan alat pendaur ulang tidak saja mengakibatkan proses daur ulang menjadi semakin lama, tapi juga akan menyebabkan diskontinuitas pada hamparan material daur ulang yang dihasilkan. Sehingga akan menghasilkan segmen permukaan jalan yang lemah dari segi kekuatan. Hal ini sebisa mungkin harus dapat dihindari.

8.1.2 Penyiapan permukaan jalan

- a) Pekerjaan penyiapan permukaan jalan seperti ketinggian, kemiringan, jalur dan ukuran-ukurannya harus dilakukan menurut ketentuan yang disyaratkan pada gambar rencana.
- b) Permukaan jalan adalah permukaan jalan yang sudah disiapkan untuk pekerjaan CTRB atau CTRSB dengan kedalaman sesuai yang ditunjukkan pada gambar rencana.
- c) Permukaan jalan yang ada harus dibersihkan dari material yang tidak diinginkan.
- d) Profil permukaan jalan yang tidak baik harus dikoreksi sebelum proses daur ulang. Hal ini dilakukan untuk memastikan agar ketebalan lapisan yang dihasilkan menjadi seragam (baik dari potongan memanjang maupun melintang setelah permukaan akhir yang diperlukan telah diratakan oleh *grader*).

Koreksi bentuk permukaan jalan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Mendatangkan material baru dan menghamparkannya pada permukaan jalan eksisting untuk mendapatkan bentuk permukaan yang diperlukan.
- Membuang/menggali material pada jalan eksisting, hal ini dilakukan hanya jika jalan memiliki lapisan yang cukup tebal.
- Dengan melakukan penggarukan awal (*pre-pulverising*)

8.1.3 Pencampuran dan penghamparan di tempat (*mix in place*)

Tahap pencampuran dan penghamparan sebagai berikut :

- a) Lapis perkerasan lama yang didaur ulang digaruk dan dihancurkan dengan menggunakan alat pendaur ulang sampai diameter butir yang sesuai untuk peruntukannya.
- b) Bahan garukan yang telah siap ditentukan kadar airnya.
- c) Kemudian, semen disebar merata dengan alat *cement distributor* atau secara manual di atas permukaan dengan takaran (*rate*) yang telah ditentukan dari rancangan campuran laboratorium dan *preliminary field trial* untuk menghasilkan kadar semen.
- d) Selanjutnya, mesin pengaduk secara mekanis mengaduk secara merata semen dan material daur ulang dengan menambah air (menggunakan tangki air) sampai menyamai batas kadar air yang ditentukan oleh prosedur rancangan campuran laboratorium dan berdasarkan *preliminary field trials*. Tebal lapis perkerasan yang diaduk harus ditentukan sedemikian rupa sehingga setelah dipadatkan mencapai tebal yang ditentukan dalam toleransi yang ditentukan.

8.2 Pembentukan badan jalan dan pemadatan

- a) Setelah pencampuran dan penghamparan campuran selesai, segera dilakukan pemadatan awal dengan *padfoot roller* dengan jumlah lintasan sesuai dengan Rancangan Campuran Kerja. Kemudian lakukan perataan dengan alat perata (*grader*) untuk mendapatkan kerataan, ketebalan yang merata serta kemiringan permukaan yang sesuai. Setelah itu lakukan pemadatan kembali menggunakan pemadat getar hingga mencapai kepadatan yang diinginkan sesuai dengan jumlah lintasan yang diperlukan.
- b) Pemadatan CTRB dan CTRSB harus telah dimulai dilaksanakan paling lambat 60 menit semenjak pencampuran material dengan air.
- c) Campuran yang telah dihampar tidak boleh dibiarkan tanpa dipadatkan lebih dari 30 menit.
- d) Kepadatan CTRB dan CTRSB setelah pemadatan harus mencapai kepadatan kering paling sedikit 100% maksimum kepadatan kering sebagai ditentukan pada SNI 03-6886-2002.
- e) Test kepadatan lapangan CTRB dan CTRSB dilakukan berdasarkan SNI 03-2828-1992 atau AASHTO T 191, T 205 atau cara lain yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan.
- f) Kadar air pada waktu pemadatan minimal sama dengan kadar air optimum dan maksimal sama dengan kadar air optimum + 2 %.
- g) Pemadatan harus telah selesai dalam waktu 120 menit semenjak semen dicampur dengan air.

8.3 Sambungan pelaksanaan

Pada tiap-tiap hari akhir kerja, sambungan pelaksanaan ke arah melintang harus dibentuk dengan penutup atau dengan memotong sampai pada bagian material yang padat untuk membuat permukaan melintang benar-benar tegak. Perlindungan terhadap sambungan pelaksanaan harus diselenggarakan sedemikian sehingga pada waktu penghamparan, pembentukan, pemadatan material tidak akan merusak pekerjaan yang sudah dilaksanakan lebih dahulu. Perlu perhatian khusus terhadap kepadatan material yaitu pada bagian yang berdekatan langsung dengan seluruh sambungan pelaksanaan.

8.4 Perawatan

Segera setelah pemadatan terakhir permukaan harus ditutup dengan menggunakan salah satu cara dari berikut ini:

- a) Lembaran plastik atau terpal untuk menjaga penguapan air dalam campuran.
- b) Penyemprotan dengan Bituminous Emulsi CSS-I dengan batasan pemakaian antara 0,35 – 0,50 liter per meter persegi.
- c) Metode lain yang bertujuan melindungi CTRB dan CTRSB adalah dengan karung goni yang dibasahi air selama masa perawatan (*curing*).
- d) Lembaran membran untuk menjaga agar penguapan air tidak terlalu cepat.

8.5 Pengendalian mutu

a) Pengendalian mutu campuran

Pengambilan contoh material daur ulang harus dilakukan untuk pengujian dan menentukan rancangan campuran dari setiap jenis atau komposisi material daur ulang yang berbeda di setiap bagian pekerjaan.

Percobaan campuran dan pemeriksaan kekuatan KTB untuk menetapkan perbandingan komposisi harus dilakukan pada saat pekerjaan persiapan, perawatan dan penanganan contoh-contoh uji.

Persyaratan jumlah benda uji pada awal pelaksanaan hingga batas yang ditentukan oleh pengawas pekerjaan adalah 6 buah untuk setiap 1.000 m² dari fondasi atau bagian yang dihampar setiap hari.

Apabila jumlah dan hasil uji serta kualitas campuran yang ada telah sesuai dengan yang disyaratkan maka dapat dilakukan pengurangan jumlah benda uji menjadi 3 buah untuk setiap 1.000 m² dari bagian yang dihampar setiap harinya.

b) Pengendalian kadar air untuk operasi pencampuran

Pengambilan contoh dan pengujian untuk pengendalian kadar air selama pencampuran dan penghamparan dilakukan pada jarak maksimal 100 meter di sepanjang proyek. Pemeriksaan kadar air lapangan dilakukan sebelum dan setelah proses daur ulang. Pada setiap lokasi kuantitas pengambilan dan pengujian contoh meliputi:

- 1) Sebuah contoh setelah pengadukan semen dengan material daur ulang (untuk penentuan jumlah air yang perlu ditambahkan untuk mencapai kadar air yang ditentukan untuk pemadatan).
- 2) Satu atau lebih contoh setelah pengadukan penambahan air ke dalam campuran semen dengan material daur ulang (untuk memeriksa bahwa kadar air yang ditentukan untuk pemadatan sudah dicapai).
- 3) Pengendalian pemadatan

- (a) Segera sebelum pemadatan dimulai, contoh-contoh campuran harus diambil dari lokasi dengan interval satu dengan lainnya maksimal 500 meter di sepanjang proyek. Lokasi yang dipilih untuk pengambilan contoh harus bertepatan dengan penampang melintang yang dipantau. Pengambilan contoh tersebut harus dilaksanakan sesegera mungkin, untuk mengurangi keterlambatan dimulainya penggilasan. Contoh yang diambil harus segera dimasukkan ke dalam kantong plastik yang kedap atau tempat penyimpanan lainnya dan ditutup rapat untuk dibawa ke laboratorium lapangan. Contoh ini akan digunakan dalam pembuatan benda uji untuk pengujian kepadatan kering maksimum dan pengujian Kuat Tekan Bebas.
- (b) Kecuali ada ketentuan lain, dua benda uji harus disiapkan untuk menentukan kepadatan kering maksimum (menggunakan pemadatan SNI 1743:2008) dan empat benda uji harus disiapkan untuk pengujian kekuatan (menggunakan SNI 03-6887-2002).
- (c) Segera setelah pemadatan setiap lapisan selesai dilaksanakan, pengujian kepadatan lapangan (SNI 03-2828-1992) harus dilaksanakan di lokasi yang dengan interval tidak melebihi 100 m di sepanjang jalan. Setiap lokasi pengujian yang kelima harus sama dengan lokasi pengambilan contoh sebelum penggilasan. Hasil kepadatan dan kadar air pengujian konus pasir (*sand-cone*) harus dibandingkan dengan nilai rata-rata dari kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum yang diukur dari dua benda uji, seperti yang diuraikan pada butir 3 (a) di atas, untuk menentukan persentase pemadatan yang dicapai di lapangan dan menentukan pengendalian kadar air di lapangan.
- (d) Pengukuran ketebalan hamparan padat
Ketebalan hamparan padat diukur dengan menggali dan mengukur secara manual pada titik pengujian konus pasir setelah pemadatan selesai, atau ketebalan dapat diukur dari hasil pengambilan contoh inti (*core drill*) setelah hamparan minimum berusia 14 hari.

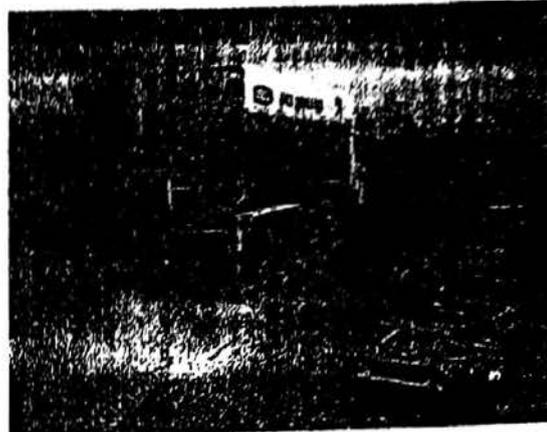


Lampiran A
(normatif)

Tipikal gambar pelaksanaan daur ulang dengan bahan tambah semen



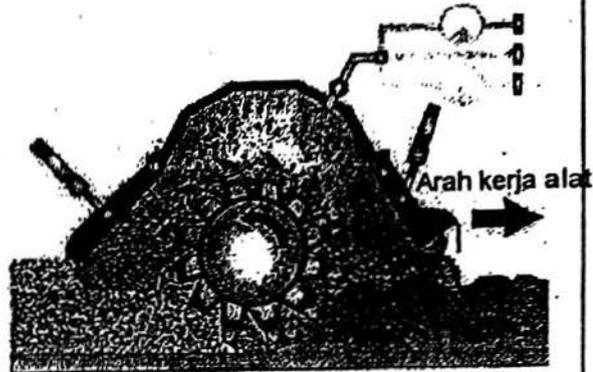
Gambar A.1 - Penggarukan lapis aspal dengan *Cold Milling Machine*



Gambar A.2 - Penebaran semen dengan *Cement distributor*



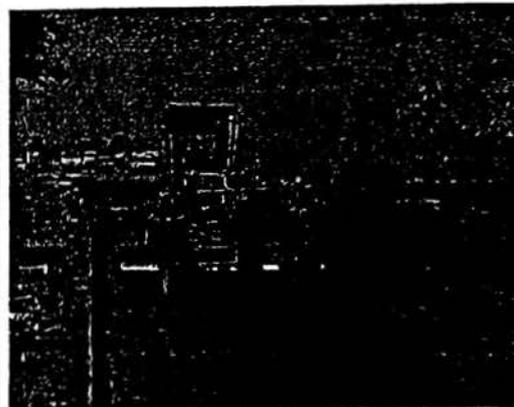
Gambar A.3 - Penggarukan dan pengadukan dengan *Recycler*



Gambar A.4 - Gigi pengaduk di drum pengaduk (*milling drum*) (Sumber *Wirtgen, 2004*)



Gambar A.5 - Pemasadatan awal dengan *Padfoot roller*



Gambar A.6 - Pembentukan permukaan daur ulang dengan *grader*.

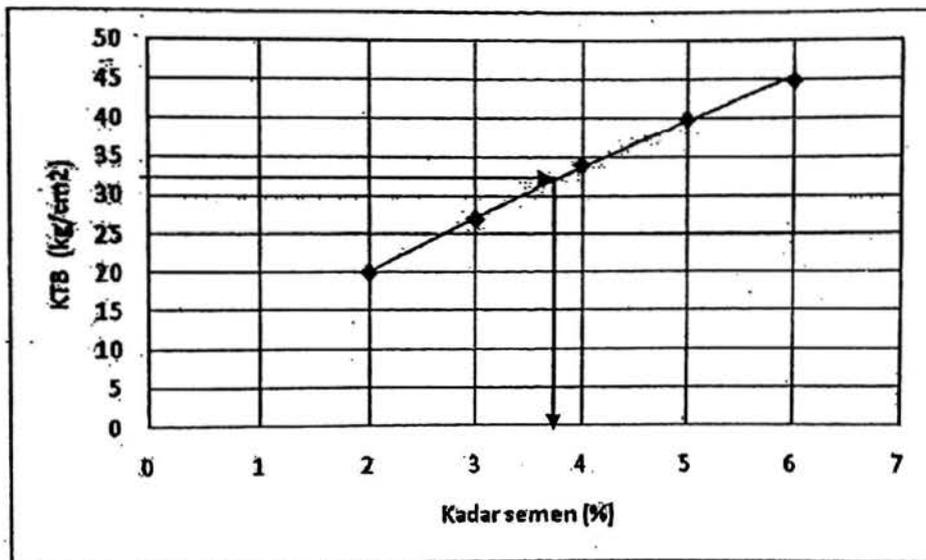
Lampiran B (normatif)

Contoh penentuan kadar semen dari kuat tekan bebas (q_u terkoreksi).

- Hasil pengujian variasi kadar B semen dan nilai KTB (q_u lap) pada campuran CTRB dapat dilihat pada Gambar B.
- Bila KTB rencana (q_u lap) 30 kg/cm² dan pelaksanaan daur ulang secara di tempat (*in place*) dengan faktor efisiensi sebesar 95%, maka:

$$q_u \text{ koreksi} = 30 : 0,95 = 31,60 \text{ kg/cm}^2$$

- Plotkan nilai q_u koreksi pada gambar B.
- Kadar semen perlu sekitar 3,7%.



Gambar B - Hubungan nilai KTB (q_u lap) dengan Kadar semen

Bibliografi

- SNI 1966:2008, *Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah*
- SNI 1967:2008, *Cara uji penentuan batas cair tanah*
- SNI 1968:1990, *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar*
- SNI 1969:2008, *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*
- SNI 1970:2008, *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*
- SNI 03-6388-2000, *Spesifikasi agregat lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan*
- SNI 03-1971-1990, *Metode pengujian kadar air agregat*
- SNI 03-6817-2002, *Metode pengujian mutu air untuk digunakan dalam beton*
- SE No 01/SE/M/2010, *Pedoman pelaksanaan stabilisasi bahan jalan langsung di tempat dengan bahan serbuk pengikat*