



KI NERJA LAPANGAN CAMPURAN BERASPAL HANGAT

(Campuran Beraspal Hangat Dengan Zeolit Alam dan Leadcap)



Furqon Affandi



INFORMATIKA
Bandung

KI NERJA LAPANGAN CAMPURAN BERASPAL HANGAT

(Campuran Beraspal Hangat Dengan Zeolit Alam dan Leadcap)

Desember 2012

Cetakan Ke-1, tahun 2012, (xii + 78 Halaman)

@Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

No. ISBN : 978-602-1514-17-7
Kode Kegiatan : 02-PPK3-001107-G12
Kode Publikasi : IRE-TR-79/2012
Kata Kunci : *Campuran Hangat, Zeolit Alam, Leadcap, Stabilitas Campuran, Penurunan Temperatur Pencampuran, Pemadatan Lapangan, Emisi Buang*

Penulis:

Furqon Affandi

Editor :

Prof. Dr. Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc
Dr. Djoko Widajat, M.Sc

Diterbitkan oleh:

Penerbit Informatika - Bandung

Anggota IKAPI Jabar Nomor : 033/JBA/99

Pemesanan melalui:

Perpustakaan Puslitbang Jalan dan Jembatan

info@pusjatan.pu.go.id

Kata Pengantar

Pada saat ini pembangunan berwawasan lingkungan menjadi perhatian dunia, dimana isu pemanasan global dan penghematan penggunaan bahan bakar menjadi isu utama. Indonesia juga termasuk negara yang mempunyai komitmen penurunan emisi buang dari industri berkaitan dengan pembangunan yang bersifat “*go green*”. Dibidang perkerasan jalan, Indonesia memerlukan aspal sekitar 1,2 sampai 1,3 juta ton per tahun dan banyak banyak sekali digunakan untuk campuran beraspal panas (hot mix). Pada cara ini perlu pemanasan yang cukup tinggi di AMP baik untuk aspal maupun agregatnya, sehingga memerlukan bahan bakar dan akan menghasilkan emisi yang cukup tinggi.

Sementara itu di luar negeri telah dikembangkan campuran beraspal hangat, dengan temperatur pencampuran yang lebih rendah dari campuran beraspal panas, dimana aspal nya/ campuran beraspalnya ditambah dengan bahan tambah tertentu. Bahan tambah ini bermacam macam, ada yang berbahan dasar kimia, ataupun bahan dasar air. Campuran beraspal hangat ini, dikarenakan temperatur pencampurannya lebih rendah, maka akan bisa menekan penggunaan bahan bakar dan juga menekan emisi buang. Di Indonesia sendiri ada bahan alam yang dikenal zeolit dalam jumlah yang cukup banyak dan tersebar di berbagai daerah, dimana sifatnya bisa menyerap dan melepaskan air dengan mudah bila dipanaskan. Karena sifatnya inilah maka zeolit ini berpotensi untuk dijadikan bahan tambah pada pembuatan campuran beraspal hangat.

Naskah Ilmiah ini merupakan salah satu kontribusi Puslitbang Jalan dan Jembatan dan penyediaan teknologi campuran beraspal hangat yang ramah lingkungan. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi para praktisi, akademisi, maupun pelaksana lapangan.

Bandung, Desember 2012



DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	ix
1. PENDAHULUAN	1
2. PERKEMBANGAN CAMPURAN BERASPAL	4
3. CAMPURAN BERASPAL HANGAT	9
3.1 Hasil pengujian aspal dan aspal yang ditambah bahan tambah Lead cap	9
3.2 Pengujian Agregat	12
3.3 Garadasi gabungan agregat untuk campuran beraspal	13
3.4 Sifat campuran beraspal dengan leadcap	14
3.5 Campuran beraspal	15
3.5.1 Campuran beraspal dengan aspal konvensional pen 60	16
3.5.2 Pengujian Campuran beraspal hangat dengan leadcap menggunakan alat Marshall	18
3.5.3 Pengujian Resilient Modulus campuran beraspal	22
3.5.4 Kuat Tarik Tidak Langsung	24
3.5.5 Ketahanan Terhadap Alur	26
3.5.6 Ketahanan terhadap pelepasan butir dengan Cantabro	28
3.5.7 Workability Campuran Beraspal	30
3.5.8 Pengujian Ketahanan Campuran Terhadap Fatigue	33
4 CAMPURAN BERASPAL HANGAT DENGAN ZEOLIT ALAM	36
4.1 Sumber dan produksi zeolit Alam	36
4.2 Pengelolaan Zeolit Untuk Campuran Beraspal	39
4.3 Produksi Zeolit Untuk Percobaan Lapangan Campuran Beraspal Hangat	39

5	PERCOBAAN LAPANGAN PENDAHULUAN	43
5.1	Percobaan lapangan pendahuluan dengan bahan tambah Leadcap	43
5.1.1	Rancangan campuran	43
5.1.2	Pelaksanaan Lapangan	47
5.1.3	Pengujian hasil pelaksanaan	50
5.1.4	Pengambilan benda uji inti dan pengujiannya dari lapangan skala kecil	50
5.2	Pengaruh Temperatur Pencampuran Terhadap Emisi Buang	51
5.3	Pengurangan Penggunaan Bahan Bakar	53
6.	PERCOBAAN SKALA PENUH CAM PURAN HANGAT DI LAPANGAN.	54
6.1	Lokasi percobaan lapangan	54
6.2	Susunan Konstruksi Perkerasan Yang Ada	55
6.3	Lalu Lintas di Lokasi Percobaan	58
6.4	Rancangan Campuran beraspal di ruas Subang – Pagaden (Pamanukan)	58
6.5	Percobaan Campuran Beraspal dengan AMP (Trial mix)	61
6.6	Percobaan Pelaksanaan Lapangan Dan Pengendalian Kualitas	62
6.7	Pengamatan suhu pada waktu pencampuran	66
6.8	Pelaksanaan Penghamparan dan Pemadatan	68
6.9	Pengambilan Contoh Inti	69
7.	PENUTUP	72
	DAFTAR PUSTAKA	75

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 3.1 Hasil pengujian aspal konvensional pen 60/ 70	10
Tabel 3.2 Pengujian sifat aspal untuk campuran hangat dengan bahan tambah Leadcap (0,75 %; 1,0% dan 1,25 %)	11
Tabel 3.3 Hasil pengujian agregat kasar, sedang dan agregat halus	13
Tabel 3.4 Spesifikasi agregat gabungan dan gradasi agregat hasil pencampuran	15
Tabel 3. 5 Persyaratan gradasi gabungan untuk lapisan aus (wearing course)	15
Tabel 3.6 Persyaratan campuran beraspal untuk lapisan aus (wearing course).	15
Tabel 3.7 Sifat campuran beraspal dengan aspal konvensional pen 60	17
Tabel 3.8 Karakteristik campuran dengan kadar Leadcap 0,75%	18
Tabel 3.9 Karakteristik campuran dengan kadar Leadcap 1%	19
Tabel 3.10 Karakteristik campuran dengan kadar Leadcap 1,25%	19
Tabel 3.11 Hasil pengujian wheel Traking	29
Tabel 3.12 Nilai Workability Index untuk campuran tanpa dan dengan bahan tambah leadcap pada berbagai temperatur.	32
Tabel 4.1 Hasil pengujian gradasi dan kadar air zeolit	37
Tabel 5.1 Analisa gradasi untuk campuran hangat dengan Leadcap dalam percobaan lapangan skala kecil	44
Tabel 5.2 Analisa gradasi untuk campuran hangat dengan zeolit dalam percobaan lapangan skala kecil	45
Tabel 5.3 Kadar aspal dan sifat campuran rencana dengan bahan tambah Leadcap dan zeolit	46
Tabel 5.4 Sifat campuran dari lapangan yang dipadatkan dengan alat Marshall	50
Tabel 5.5 Hasil pengujian benda uji dari pengeboran inti (core drill)	51

Tabel 5.6	Prakiraan pengurangan CO ₂ untuk berbagai penurunan temperatur	51
Tabel 5.7	Pengaruh temperatur dan kadar aspal dari campuran beraspal panas terhadap emisi CO ₂ .	52
Tabel 6.1	Penilaian Kondisi Awal Arah Subang	56
Tabel 6.2	Penilaian Kondisi Awal Arah Pagaden	56
Tabel 6.3	Ketidakrataan arah Subang dan arah Pagaden.	55
Tabel 6.4	Hasil perhitungan lalu lintas di Subang – Pagaden (Pamanukan)	58
Tabel 6.5	Gradasi untuk Job mix campuran beraspal dengan zeolit.	59
Tabel 6.6	Gradasi untuk Job mix campuran beraspal dengan leadcap dan standar (pen 60 saja) .	60
Tabel 6.7	Sifat campuran dengan agregat hot bin untuk percobaan lapangan di ruas Subang – Pagaden (Pamanukan)	61
Tabel 6.8	Sifat – sifat campuran dengan percobaan Marshall dan ekstraksi.	61
Tabel 6.9	Gradasi hasil ekstraksi campuran HMA pen 60, campuran beraspal hangat dengan zeolit dan leadcap.	62
Tabel 6.10	Hasil pengujian dari campuran beraspal pada waktu pelaksanaan	63
Tabel 6.11	Gradasi campuran beraspal panas dan campuran beraspal hangat	63
Tabel 6.12	Hasil pengujian kepadatan dari core drill	71

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 3.1	Hubungan antara viskositas dan temperatur untuk aspal pen 60/70 dan aspal pen 60/70 yang ditambah Leadcap 0.75%; 1,0% dan 1,25%
	12
Gambar 3.2	Kurva gradasi agregat untuk percobaan campuran beraspal hangat
	14
Gambar 3.3	Pengaruh kadar Leadcap terhadap karakteristik campuran beraspal
	21
Gambar 3.4	Hasil pengujian Resilient Modulus pada Temperatur 35 °C dan 25 °C
	23
Gambar 3.5	Pengaruh Temperatur terhadap Modulus
	23
Gambar 3.6	Perbandingan besar ITS pada campuran dengan Leadcap pada kondisi langsung dan rendaman
	25
Gambar 3.7	Perbandingan besar ITS pada campuran tanpa Leadcap pada kondisi langsung dan rendaman
	25
Gambar 3.8	Grafik penurunan alur terhadap jumlah lintasan
	27
Gambar 3.9	Nilai Stabilitas dinamis untuk berbagai kadar Leadcap
	28
Gambar 3.10	Grafik kehilangan butir pada 300 putaran
	29
Gambar 3.11	Bentuk benda uji setelah pengujian dari contoh tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah leadcap
	29
Gambar 3.12	Hubungan antara jumlah putaran pemadatan dengan VIM campuran tanpa bahan tambah
	31
Gambar 3.13	Hubungan antara jumlah putaran pemadatan dengan VIM campuran dengan bahan tambah leadcap 1%
	32
Gambar 3.14	Hubungan antara temperatur pencampuran dan workability Index
	33
Gambar 3.15	Contoh benda uji untuk pengujian fatik
	34
Gambar 3.16a	Alat penguji fatigue didalam lemari pengatur Temperatur
	35

Gambar 3.16b	Alat penguji fatigue	35
Gambar 3.17	Grafik hasil pengujian fatigue	35
Gambar 4.1	Contoh zeolit belum diaktivasi dari pabrik di Padalarang – Bandung	37
Gambar 4.2	Mesin pemecahan zeolit (Pabrik I)	38
Gambar 4.3	Penyaringan zeolit (Pabrik I)	38
Gambar 4.4	Alat pemasok zeolit ke karung (Pabrik I)	38
Gambar 4.5	Zeolit yang siap dalam karung (Pabrik I)	38
Gambar 4.6	Bahan dasar zeolit (Pabrik II)	38
Gambar 4.7	Mesin pemecah zeolit(Pabrik II)	38
Gambar 4.8	Penyaringan zeolit hasil pecah (Pabrik II)	38
Gambar 4.9	Zeolit siap kirim (Pabrik II)	38
Gambar 4.10a	Penuangan larutan untuk pengolahan zeolit alam	40
Gambar 4.10b	Penggodogan zeolit dengan larutan yang mengandung bahan kimia	40
Gambar 4.10c	Pemasukkan zeolit hasil penggodogan untuk diputar di mesin pengering	40
Gambar 4.10d	Zeolit disajikan dalam mesin pemutar	40
Gambar 4.10e	Proses pembersihan bahan kimia) pada zeolit	41
Gambar 4.10f	Pengujian kebersihan larutan dari bahan kimia	41
Gambar 4.10g	Proses "pengeringan" dan pengayakan	41
Gambar 4.10h	Proses pengantongan zeolit	41
Gambar 4.11	Grafik fatigue campuran beraspal hangat dengan zeolit dan campuran beraspal panas	42
Gambar 5.1	Gradasi campuran untuk campuran beraspal hangat dengan Leadcap	45
Gambar 5.2	Gradasi campuran untuk campuran beraspal hangat dengan zeolit	46
Gambar 5.3	Pelaksanaan Lapangan Skala Kecil	48
Gambar 5.4	Pelaksanaan campuran hangat dengan zeolit	49
Gambar 5.5	Benda uji hasil core drill dari campuran dengan Leadcap	51
Gambar 5.6	Benda uji core drill dari campuran dengan Zeolit	51

Gambar 5.7	Pengaruh temperatur dan kadar aspal dari campuran beraspal panas terhadap emsi CO ₂	52
Gambar 6.1	Peta lokasi jalan percobaan campuran hangat Subang – Pagaden (Pamanukan).	55
Gambar 6. 2	Lendutan maksimum tiap titik pengukuran dengan alat FWD	57
Gambar 6.3	Grafik gradasi rencana untuk campuran dengan zeolit	59
Gambar 6.4	Grafik gradasi rencana untuk campuran dengan leadcap dan standar (hot mix pen 60)	60
Gambar 6.5	Grafik gradasi hasil ekstraksi dari percobaan “trial mix”	62
Gambar 6.6	Grafik gradasi campuran beraspal panas dan campuran beraspal hangat	64
Gambar 6.7	Gradasi masing masing campuran terhadap gradasi toleransi nya.	65
Gambar 6.8	Kegiatan Pelaksanaan di AMP Sewo - Cirebon	67
Gambar 6.9	Kegiatan di lapangan waktu penghamparan, pemadatan dan pengambilan contoh benda uji	70



1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan yang berwawasan lingkungan, sudah menjadi tuntutan di seluruh dunia, sehingga upaya kearah tersebut dalam segala bidang terus ditingkatkan. Negara – negara di dunia telah sepakat untuk mewujudkan hal tersebut, seperti masalah global warming, melalui beberapa pertemuan tingkat dunia. Salah satu pertemuan penting ialah yang menghasilkan “protocol Kyoto” mengenai “Global warming and Climate change” tahun 1997 dimana dunia akan menekan emisi buang yang selama ini dihasilkan akibat pembangunan yang dilakukan. Berkaitan dengan hal tersebut, berdasarkan Copenhagen summit, global temperatures, Indonesia akan mengurangi emisi buangnya sebesar 26% pada tahun 2020.

Hal lain yang menjadi persoalan penting ialah penggunaan bahan bakar alternative dan penghematan sumber alam yang tidak dapat diperbaharui, seperti sumber alam minyak. Pada saat ini, Indonesia telah merasakan dampak keterbatasan sumber alam khususnya minyak untuk keperluan dalam negeri sendiri.

Dibidang konstruksi perkerasan jalan khususnya perkerasan beraspal yang saat ini banyak dan populer digunakan di dunia, termasuk di Indonesia ialah campuran beraspal panas (hot mix). Sesuai dengan nama dan sifatnya, campuran beraspal panas (*hot mix*) tersebut memerlukan pemanasan pada suhu tertentu yang cukup tinggi pada *Asphalt Mixing Plant* (AMP), sejalan dengan jenis aspal yang digunakannya, untuk mendapatkan campuran

dengan hasil yang baik. Akibat dari ini, diperlukan bahan bakar yang cukup banyak serta akan menghasilkan emisi buang yang besar pula. Padahal saat ini, penggunaan bahan bakar harus di minimalkan mengingat cadangan minyak bumi yang semakin menipis.

Panjang jaringan jalan di Indonesia tahun 2008 sudah mencapai 372.173 km yang meliputi jalan nasional 9,30%, jalan provinsi 13,08% jalan kabupaten/kota 77,43% dan jalan tol 0,18% (Dit Jen Bina Marga 2008). Sekitar 98 % dari jalan yang diperkeras pada jalan nasional ialah perkerasan lentur (Widayat 2009) sedangkan sisanya ialah perkerasan beton.

Untuk memenuhi keperluan pembangunan dan pemeliharaan perkerasan lentur tersebut setiap tahun diperlukan aspal sekitar 1,2 – 1,3 juta ton dimana sekitar 900.000 ton untuk jalan nasional dan 300.000 – 400.000 ton untuk jalan di daerah (Danis Sumadilaga, 2007). Bila dianggap semua jenis campuran yang digunakan ialah campuran beraspal panas (hot mix) dengan perkiraan rata rata kadar aspal dalam campuran 6%, maka akan menghasilkan $(100/6) \times 1,3$ juta ton = 21,6 juta ton campuran beraspal panas.

Kondisi alam Indonesia yang terletak di daerah tropis, dengan temperatur udara yang cukup panas, disertai dengan beban lalu lintas yang cukup berat di banyak ruas ruas jalan strategis, memerlukan jenis aspal yang lebih keras dibanding jenis aspal yang umum dipergunakan (aspal pen 60). Penggunaan aspal yang lebih keras dari aspal pen 60, atau yang lebih dikenal dengan aspal modifikasi telah digunakan di Indonesia sesuai spesifikasi yang telah diberlakukan. Aspal modifikasi ini memerlukan pemanasan yang lebih tinggi dari aspal pen 60, sehingga memerlukan bahan bakar yang lebih banyak serta akan menghasilkan emisi yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan aspal pen 60.

Salah satu hal yang bisa diupayakan untuk menekan penggunaan bahan bakar dan emisi buang, ialah dengan membuat campuran beraspal yang suhu pencampurannya lebih rendah dari yang umum saat ini, yang dikenal dengan campuran hangat.

Dalam membuat campuran beraspal hangat ini, berbagai produk bahan tambah telah dihasilkan dengan berbagai pendekatan teknisnya, antara lain

dengan menggunakan media air sebagai bahan tambahannya, atau menggunakan bahan tambah yang bersifat kimia.

Penggunaan campuran beraspal hangat di luar negeri telah berkembang, dengan berbagai jenis bahan tambahannya. Beberapa jenis bahan tambah ini bisa menurunkan temperatur pencampuran sampai 30 °C lebih rendah dari campuran beraspal panas pada umumnya. Ini berarti ada penghematan biaya untuk penggunaan bahan bakar bagi kontraktor dan juga pemerintah. Dari pengamatan berdasarkan beberapa percobaan, penghematan penggunaan bahan bakar pada campuran hangat ini bisa mencapai sampai 30% (The Asphalt Pavement Association of Oregon, 2003).

Temperatur campuran yang lebih rendah, juga berarti menurunkan emisi. Keuntungan lainnya dari campuran beraspal hangat, dilihat dari sisi teknis ialah oksidasi pada campuran beraspal menjadi lebih rendah sejalan dengan rendahnya temperatur pencampuran, yang selanjutnya juga mengurangi retak *thermal*, retak blok, dan mencegah campuran beraspal mengalami kerusakan ketika dihampar dan dipadatkan.

Campuran beraspal hangat di Indonesia belum dikembangkan, padahal persoalan menekan penggunaan bahan bakar bahkan sampai mencari alternative pengganti bahan bakar tengah diupayakan, misalnya dengan penggunaan bahan bakar batubara.

Jenis bahan tambah lainnya untuk campuran beraspal hangat di luar negeri yang telah dikembangkan, ialah dengan menggunakan zeolit buatan dengan berbagai merek dagangnya, seperti Aspha - Min dan Advera atau dengan bahan kimia seperti Evoterm maupun dengan bahan dasar dari wax seperti Sasobit ataupun Leadcap.

Indonesia banyak mempunyai kekayaan alam yang berupa zeolit, yang tersebar di beberapa tempat seperti di Propinsi Jawa Barat (Kabupaten Sukabumi, Bogor, Tasikmalaya), Propinsi Jawa Tengah (Wonogiri, kabupaten Klaten), serta Sulawesi Barat (Kabupaten Mamasa dan Kabupaten Majene mengandung 43 juta ton (Harian Republika Indonesia). Zeolit alam ini, mempunyai sifat mudah menyerap air dan melepaskannya bila kena panas, sehingga punya potensi untuk bahan tambah pada campuran beraspal hangat.

2

PERKEMBANGAN CAMPURAN BERASPAL

Salah satu sifat yang diperlukan dalam membuat campuran beraspal panas di AMP, ialah perlunya temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan yang cukup tinggi, sesuai dengan jenis dan grade aspal yang digunakan, guna mendapatkan kualitas yang memuaskan.

Temperatur pencampuran dan pemadatan didasarkan atas sifat viskositas dari aspal tersebut, dimana temperatur pencampuran harus berada pada temperatur yang mempunyai viskositas 170 ± 20 cSt sedangkan untuk temperatur pemadatan viskositas aspalnya antara 280 ± 30 cSt (Asphalt Institute, mix design 1993).

Campuran beraspal dengan aspal minyak penetrasi 60 -79 dmm (aspal pen 60), umumnya diperlukan pemanasan di AMP untuk pencampuran sekitar 160°C , sedangkan untuk aspal modified yang ditujukan untuk lalu lintas berat, sebagaimana dicantumkan pada spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum, memerlukan pemanasan untuk pencampuran di AMP yang lebih tinggi lagi, sekitar 170°C . Secara umum, selain sifat agregat dan aspalnya, sifat campuran beraspal yang baik, harus memenuhi beberapa ketentuan yang sudah disyaratkan pada spesifikasi.

Dikarenakan tuntutan akan pembangunan yang lebih ramah lingkungan dan efisiensi penggunaan bahan bakar, di beberapa negara lain telah dikembangkan campuran beraspal hangat atau yang disebut dengan

WMA – Warm Mix Asphalt. Sesuai dengan namanya, campuran beraspal hangat ini, diproduksi di AMP dengan temperatur yang lebih rendah tetapi tetap dapat menjaga workability yang diperlukan sehingga dapat dihampar dan dipadatkan dengan baik. (Gierhart, D; 2009)

Salah satu klasifikasi Campuran Beraspal Hangat (CBH) ialah berdasarkan pengurangan temperatur pencampuran, dimana campuran beraspal panas diklasifikasikan bila temperatur pencampuran lebih besar dari 135 °C, sedangkan campuran beraspal hangat ialah lebih besar dari 100 °C dan campuran setengah beraspal hangat (*half – warm asphalt mixtures*) bila temperaturnya lebih rendah dari 100 °C.(Gierhart, D; 2009)

Klasifikasi berdasarkan teknologi dilihat dari prosesnya, dapat diklasifikasikan atas tiga macam, yaitu berdasarkan penggunaan bahan tambah kimia (*additive*), proses yang menggunakan air dan proses yang menggunakan air serta *additive*. (SE States Pavement Association Management; 2009).

Pada campuran beraspal hangat, hasil penyelimutan agregat dan pemadatan yang sama didapat dengan melakukan penambahan bahan tambah pada aspal atau pada agregat bersamaan dengan penambahan aspal, tetapi dengan suhu yang lebih rendah. Fungsi bahan tambah dengan memanfaatkan air yang dikandungnya, bisa untuk memperbesar volume aspal sewaktu pencampuran dan sekaligus memudahkan tingkat pengerjaan pencampuran maupun pemadatan (Hurley G.C dan Prowel B.D). Tipe bahan tambah lainnya ialah sebagai “*asphalt flow improver*” dimana bahan tersebut bisa menurunkan viskositas aspal, sehingga akan menurunkan temperatur yang diperlukan untuk pencampuran maupun pemadatan. (Damm, K – W, J.Abraham, T. Butz, G. Hilderbrand and G. Riebeschl. April 2020).

Salah satu bahan tambah untuk campuran hangat yang berbasis air, ialah Aspha – min® yang berasal dari Jerman. Aspha- min® dibuat dari sodium aluminium silicate sintesis dengan rongga yang besar dan dapat menahan dan melepaskan air dengan cepat tanpa merusak struktur crystal nya, yang lebih dikenal dengan nama Zeolit.

Disamping zeolit buatan, juga terdapat zeolit alam dimana pada umumnya zeolit alam ini dibentuk oleh reaksi dari air pori dengan berbagai material seperti gelas, poorly cristalline clay, plagioklas maupun silica,

sedangkan zeolit sintesis dimana mineral buatannya tidak dapat sama dengan mineral pada zeolit alam (Rodhie Saputra, 2006). Deposit zeolit alam tersebar dan banyak terdapat di Indonesia, dimana potensi bahan tambang zeolit ini sangat melimpah (Affandi.F, 2011)

Bahan tambah lainnya untuk campuran hangat ialah dari bahan dasar “wax”, dimana salah satu produknya yang dikenal dengan merek dagang Sasobit, Bahan tambah lainnya yang terbuat dari wax, misalnya Leadcap yang diproduksi di Korea Selatan (Dong Woo Cho, 2011) Bahan tambah campuran beraspal hangat dari wax ini, seperti Sasobit meleleh pada temperatur yang cukup rendah dan seluruhnya larut dalam aspal, disamping akan mengurangi kekentalan, meningkatkan ketahanan deformasi serta tidak mempengaruhi sifat aspal pada temperatur rendah. Sejak tahun 1997, lebih dari 142 proyek telah menggunakan campuran beraspal hangat dengan bahan tambah Sasobit yang berjumlah 2.271.499 m², yang dilaksanakan di beberapa Negara seperti Austria, Belgia, Cina, Denmark, Perancis, Jerman, Hongaria, Itali, Macau, Malaysia, Belanda, Selandia Baru, Rusia, Afrika Selatan, Swedia, Switzerland, Inggris dan Amerika Serikat dengan berbagai jenis campuran beraspal seperti campuran beraspal bergradasi rapat, Stone Mastic Asphalt dan Gussasphalt. Penggunaan Sasobit sekitar antara 0,8 sampai 4% dari berat aspal (Hurley G.C and Prowel B.D).

Pemerintah Korea selatan mencari alternative campuran beraspal untuk mereduksi penggunaan bahan bakar dan emisi buangnya, karena Korea setiap tahun memproduksi campuran beraspal panas, yang dicampur pada suhu temperatur 160 °C sekitar 30 juta ton, dengan penggunaan bahan bakar untuk keperluan ini ialah sekitar sekitar 250 juta liter. Sedangkan emisi buang yang dihasilkannya ialah sekitar 0,8 juta ton CO₂.

Melihat hal tersebut, Korea selatan telah mengembangkan campuran beraspal hangat dengan bahan dasar wax sejak tahun 2009, dimana antara tahun 2009 sampai tahun 2011 telah dibangun jalur percobaan dengan menggunakan campuran beraspal hangat sebanyak enam segmen, yang mana segmen jalan percobaan tersebut meliputi jalan “lokal”, “Highway” dan “Express Way”. Rencana selanjutnya ialah membuat “pilot project” perkerasan dengan campuran beraspal hangat pada tahun 2012 sepanjang 200 km. Kemudian pada tahun 2013 dan selanjutnya direncanakan untuk

mengganti penggunaan campuran beraspal panas dengan campuran beraspal hangat, (Doong Woo Cho, 2011).

Berdasarkan laporan terakhir tahun 2012, sampai dengan November tahun 2012 ini, percobaan lapangan campuran beraspal hangat di Korea selatan telah berjumlah 11 ruas, termasuk jalan perkotaan. (Cho, Doong Woo, 2012) Selain percobaan di dalam negeri, Korea juga melakukan percobaan campuran beraspal hangat di lapangan di beberapa negara seperti di Portugal, Italy, Jepang, Amerika Serikat, Thailand dan Cina anatar tahun 2010 dan 2-11 (Cho, Doong Woo, 2012)

Hasil percobaan campuran beraspal hangat di lapangan yang dilakukan di beberapa Negara dengan bahan tambah berbasis wax mempunyai temperatur pencampuran dan pemadatan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Table 2. 1 Berbagai hasil percobaan lapangan dari campuran beraspal hangat di di berbagai Negara

Negara	Portugal	Italy	Jepang	Amerika Serikat	Thailand	China
Cuaca	9-2010 Gugur	11-2010 Akhir Gugur	12- 2010 Dingin	8-2011 Panas	9-2011 Panas	9-2011 Gugur
Type campuran	Gradasi Rapat	Gradasi Rapat	Aspal Porus	Gradasi Rapat	Gradasi Rapat	Polymer Modified SMA
Tipe bahan tambah	Wax -M	Wax -M	Wax -B	Wax -B	Wax -B	Wax -B
Tipe AMP	Batch	Batch	Batch	Drum	Batch	Batch
Cara Pencampuran	Pre - mixed	Pre - mixed	Pre - mixed	Pre - mixed	Plant - mixed	Plant - mixed
Temperatur Pencampuran	125±5 °C	135±5 °C	145±5 °C	130±2 °C	130±5 °C	145±5 °C
Temperatur Pemadatan	120±5 °C	120±5 °C	140±5 °C	120±5 °C	120±5 °C	140±5 °C

Beberapa sifat campuran beraspal yang telah didapat dari percobaan dengan bahan berbasis wax di Korea yaitu antara lain : Indirect Tensile Strength (ITS langsung dan ITS rendaman) dari campuran beraspal hangat

lebih rendah sekitar ITS dari campuran beraspal panas (HMA), tetapi campuran beraspal hangat dengan bahan dasar wax di Korea tidak begitu sensitive terhadap pengaruh air dibandingkan dengan campuran beraspal panas (hot mix). Berdasarkan rancangan campuran dengan metoda superpave, kadar aspal optimum pada campuran beraspal hangat lebih rendah sekitar 0,5% dibanding kadar aspal optimum dari campuran beraspal panas. Adapun temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan pada campuran beraspal hangat 30 °C lebih rendah dibanding temperatur pencampuran dan pemadatan pada campuran beraspal panas.

Dari sisi penggunaan bahan bakar, campuran beraspal hangat lebih rendah sekitar 32% dibanding konsumsi bahan bakar pada campuran beraspal panas. Pengurangan emisi dari campuran beraspal hangat dengan bahan tambah berbasis wax di Korea ialah sebesar 32%; 18%; 24% dan 33% masing masing untuk Carbon dioxide (CO₂), Carbon monoksida (CO), Sulfur dioksida (SO_x) dan Nitric Dioksida (NO_x). Penggunaan bahan tambah berbasis wax dari Korea ini, ialah sekitar 1% sampai 3% terhadap berat aspal dalam campuran. (Leadcap Warm Mix Asphalt Pavement Guidelines; 2011; Korea Institute of Construction Technology- KICT; 2011)

Jenis lainnya dari bahan tambah campuran beraspal hangat ialah yang berdasarkan proses kimia seperti Evotherm ®. Bahan tambah ini pada dasarnya merupakan emulsi yang didalamnya sudah mencakup satu paket kimia, termasuk aditive untuk perbaikan kelekatan terhadap agregat (coating) dan kemudahan kerja, meningkatkan adhesi dan emulsifikasi agent, dengan penggunaan sekitar 0,5 % dari berat aspal (Evoterm; Danny Gierhart, 2009) P.E. Regional Engineer – Asphalt Institute (SE States Pavement Association Management and Design Conference Southeast Pavement Preservation Partnership Meeting, May 11 – 13, 2009).

3

CAMPURAN BERASPAL HANGAT

Campuran beraspal hangat didapat dengan melakukan penambahan bahan tertentu ke dalam campuran tersebut, baik ke pada aspalnya maupun langsung ke campuran beraspalnya, tergantung jenis bahan yang digunakannya.

Untuk bahan tambah yang dicampurkan terlebih dahulu ke aspalnya, bisa dilakukan saat pembuatan campuran beraspal tersebut di AMP atau dicampur di pabrik pengolahan aspal terlebih dahulu. Salah satu bahan tambah yang dapat dicampur ke aspal saat pembuatan campuran beraspal ialah Leadcap. Sedangkan zeolit alam dicampur dengan campuran beraspalnya sewaktu agregat dicampur dengan aspal di pugmil, AMP.

3.1 Hasil pengujian aspal dan aspal yang ditambah bahan tambah Lead cap

Pengujian aspal dilakukan pada aspal tanpa bahan tambah dengan grade 60/70 dan aspal yang telah dicampur dengan bahan tambah Leadcap sebelumnya. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2

Hasil pengujian aspal yang ditambah zeolit alam, tidak dilakukan karena zeolit alam mengandung material yang tidak larut dalam aspal, sehingga hasil pengujianya tidak akan menggambarkan keadaan yang sebenarnya.

Tabel 3. 1 Hasil pengujian aspal konvensional pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi ^{*)}	Satuan
1.	Penetrasi pada 25 °C, 100 g, 5 detik	SNI 06-2456-1991	62	60 - 70	Dmm
2.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	48,4	≥ 48	°C
3.	Daktilitas pada 25 °C, 5 cm / menit	SNI 06-2432-1991	> 140	≥ 100	Cm
4.	Titik nyala (COC)	SNI 06-2433-1991	329	≥ 232	°C
5.	Kelarutan dalam C ₂ HCL ₃	SNI 06-2438-1991	99,6069	≥ 99	%
6.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1,0372	≥ 1,0	-
7.	Kehilangan berat (TFOT)	SNI 06-2440-1991	0,0230	≤ 0,8	%
8.	Penetrasi setelah TFOT	SNI 06-2456-1991	87	≥ 54	%
9.	Titik lembek setelah TFOT	SNI 06-2434-1991	50,6	-	°C
10.	Daktilitas setelah TFOT	SNI 06-2432-1991	>140	≥ 100	Cm
11.	Kadar paraffin	SNI 03-3639-1994	0.1958	≤ 2	%
12.	Uji kelekatan	ASSHTO-27-1990	99	-	°C
13.	Perkiraan suhu pencampuran	ASSHTO-27-1990	155-160		
14.	Perkiraan suhu pemadatan	ASSHTO-27-1990	143-148	-	°C
15.	Uji bintang dengan Hephtane - Xylene	SNI-03-6885-2002	-	Negatif	-

- Catatan : Spesifikasi yang digunakan ialah spec. Departemen Pekerjaan Umum, Bina Marga 2006

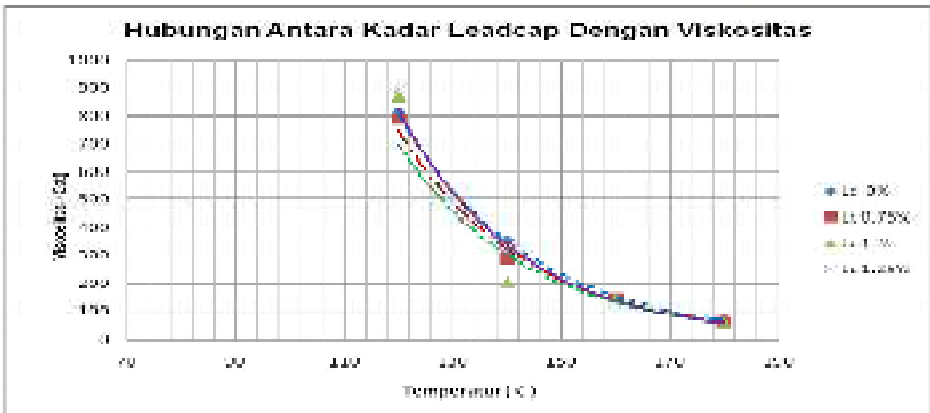
Tabel 3.2 Pengujian sifat aspal untuk campuran hangat dengan bahan tambah Leadcap (0,75 %; 1,0% dan 1,25 %)

No	Pengujian	Metoda Pengujian	Hasil Pengujian			Satuan
			0.75%	1,0%	1,25%	
1.	Penetrasi pada 25 °C, 100 g, 5 detik	SNI 06-2456-1991	76	75	72,6	dmm
2.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	46.2	47,95	48,05	°C
3.	Daktilitas pada 25 °C, 5 cm / menit	SNI 06-2432-1991	>140	> 140	>140	Cm
4.	Titik nyala (COC)	SNI 06-2433-1991	315	315	3`5	°C
5.	Kelarutan dalam C ₂ HCL ₃	SNI 06-2438-1991	99. 92	99,86	99,89	%
6.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1.0362	1,0361	1,0317	-
7.	Kehilangan berat (TFOT)	SNI 06-2440-1991	0.0160	0,0241	0,0165	%
8.	Penetrasi setelah TFOT	SNI 06-2456-1991	76	78	83	%
9.	Titik lembek setelah TFOT	SNI 06-2434-1991	49	49,2	49	°C
10.	Daktilitas setelah TFOT	SNI 06-2432-1991	>140	>140	>140	Cm
11.	Kadar paraffin	SNI 03-3639-1994	0,2482	0,25	0,25	%
12.	Uji kelekatan	SNI 03-2439-1991	99	99	99	
13.	Perkiraan suhu pencampuran	ASSHTO-27-1990	152-159	152 - 159	150 - 155	°C
14.	Perkiraan suhu pemadatan	ASSHTO-27-1990	138 - 144	139 - 144	139- 144	°C
15.	Uji bintang dengan Hephtane - Xylene	SNI-03-6885-2002	-			-

Hasil pengujian viskositas untuk menentukan temperatur pencampuran dan pemadatan diperlihatkan pada Gambar 3.1. Temperatur pencampuran didapat berdasarkan viskositas antara 170 ± 20 CS sedangkan untuk temperatur pemadatan diambil pada viskositas antara 280 ± 30 CS sesuai dengan ketentuan pada Asphalt Institut MS 2 yang selama ini dipergunakan. Dari grafik tersebut terlihat bahwa kedua garis itu hampir berimpit, dimana temperatur pencampuran dan pemadatan untuk aspal pen 60 dan aspal pen 60 ditambah Leadcap hanya menunjukkan perbedaan 5° sampai 4 °C saja. Kalau dilihat dari viskositas dan dikaitkan dengan temperatur pencampuran dan pemadatan saja, maka seolah - olah

penambahan Leadcap ini tidak bisa menurunkan temperatur pencampuran dan pemadatan. Hal ini sejalan dengan percobaan yang dilakukan oleh Zaumanis M (2010), bahwa pengukuran viskositas dan ketentuan dengan cara tersebut hanya cocok untuk aspal konvensional atau aspal modifikasi, tetapi tidak cocok untuk pengujian aspal bagi campuran beraspal hangat.

Untuk melihat pengaruh bahan tambah Leadcap terhadap penurunan temperatur pencampuran dan pemadatan aspal, maka akan dilakukan pemeriksaan karakteristik campuran beraspal yang dicampur dan dipadatkan pada berbagai temperatur, yang lebih rendah dari temperatur untuk campuran dengan aspal pen 60/70. Selanjutnya sifat campuran tersebut dibandingkan dengan persyaratan campuran yang ditentukan.



Gambar 3.1 Hubungan antara viskositas dan temperatur untuk aspal pen 60/70 dan aspal pen 60/70 yang ditambah Leadcap 0.75%; 1,0% dan 1,25%

3.2 Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan terhadap tiga macam agregat, yaitu agregat kasar, sedang dan agregat halus, yang ke tiga tiga nya diambil dari sumber yang sama yaitu dari daerah Sewo – Cirebon.

Hasil pengujian sifat sifat teknis agregat disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil pengujian agregat kasar, sedang dan agregat halus

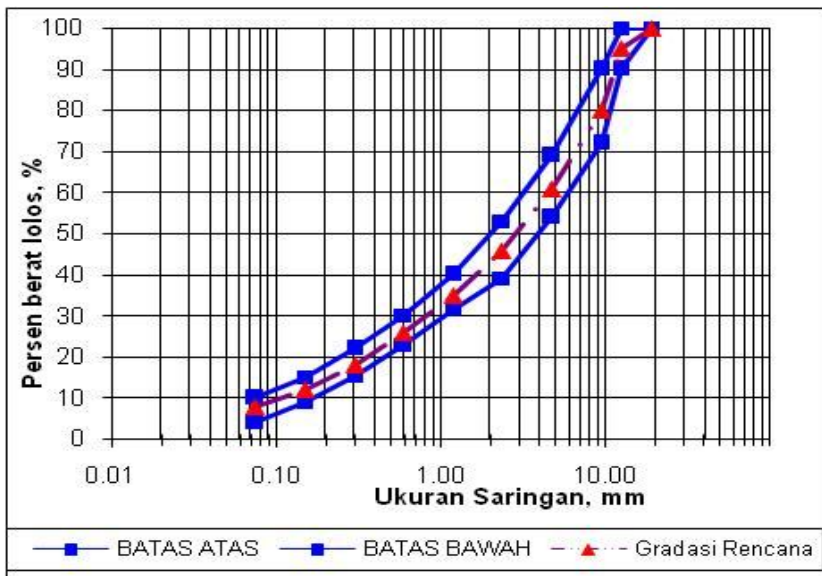
No	Jenis pengujian	Jenis pengujian			Satuan
		Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus	
1	Abrasi	16.91			%
2	Setara Pasir	-	-	74.2	%
3	Berat jenis				
	Bulk	2.675	2.664	2.697	-
	SSD	2.710	2.704	2.723	-
	Apparent	2.774	2.773	2.770	-
4	Penyerapan	1.336	1.524	0.969	%
5	Angularitas Halus	-	-	45.18	%
6	Angularitas Kasar	100/100	100/100	-	%
7	Kelekatan	-	95 +	-	%
8	Partikel Pipih dan lonjong	10	-	-	%
9	Soundness	1.04	1.54	1.73	%
10	Material lolos # 200	0.7	4.0	10.2	%
11	Analisa saringan				
	3/4"				
	1/2"	100.0			%
	3/8"	77.5	100.0	100.0	%
	# 4	1.5	38.9	99.4	%
	# 8	1.2	11.5	74.9	%
	# 16	1.1	7.5	49.4	%
	# 30	1.1	6.2	32.9	%
	# 50	1.0	5.4	21.7	%
	# 100	0.9	4.4	14.5	%
	# 200	0.8	3.4	9.7	%

3.3 Gradasi gabungan agregat untuk campuran beraspal

Untuk percobaan laboratorium dilakukan pengujian Marshall dengan berbagai kadar aspal dan berbagai kadar leadcap mulai dari 0,75%; 1,0% dan 1,25 %. Gradasi agregat yang digunakan untuk percobaan ini, mengacu pada campuran beraspal panas, didasarkan pada spesifikasi lapisan aus (*WC - wearing course*), Departemen Pekerjaan Umum, Bina Marga Tahun 2010. Adapun batas gradasi agregat dan gradasi agregat gabungan alah sebagai mana terlihat pada Tabel 3.4 dan gambar 3.3 berikut :

Tabel 3.4 Spesifikasi agregat gabungan dan gradasi agregat hasil pencampuran

Saringan	Ukuran saringan									
ASTM	¾"	½"	3/8"	No 4	No.8	No.16	No.30	No 50	No 100	No 200
(mm)	19	12.5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075
% berat lolos kasar (spec)	100	90-100	72-90	54-69	39,1-53	31,6-40	23,1-30	15,5-22	9-15	4-10
% berat lolos	100	92	80	58	44	35	26	18	12	6



Gambar 3.2 Kurva gradasi agregat untuk percobaan campuran beraspal hangat

3.4 Sifat campuran beraspal dengan leadcap

Adapun batasan gradasi agregat campuran tersebut, dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Persyaratan gradasi gabungan untuk lapisan aus (*wearing course*)

Saringan	Ukuran saringan									
	¾"	½"	3/8"	No 4	No.8	No.16	No.30	No 50	No 100	No 200
(mm)	19	12.5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0.150	0.075
% berat lolos kasar	100	90-100	72-90	43-63	28-39.1	19-25.6	13-19.1	9-15.5	6-13	4-10

Berdasarkan hasil pengujian agregat yang telah dilakukan, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.4, hasil untuk perencanaan gradasi campuran ditunjukkan pada Gambar 4.2 baik untuk campuran standar , leadcap maupun dengan bahan tambah zeolit.

3.5 Campuran beraspal

Sifat campuran beraspal mengacu pada spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum, Bina Marga 2010, untuk lapisan aus (*wearing course*) seperti disajikan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Persyaratan campuran beraspal untuk lapisan aus (*wearing course*).

Sifat-sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4.3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112 ⁽¹⁾	
Rongga dalam campuran (%) ⁽²⁾	Min.	3,5					
	Maks.	5,0					

Sifat-sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800				1800 ⁽¹⁾	
	Maks.	-				-	
Pelelehan (mm)	Min.	3				4,5 ⁽¹⁾	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽³⁾	Min.	90					
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁴⁾	Min.	2,5					

3.5.1 Campuran beraspal dengan aspal konvensional pen 60

Untuk mendapatkan pembandingan dari campuran beraspal hangat yang akan dicoba, terlebih dahulu dibuat campuran beraspal sesuai spesifikasi yang diacu, dengan menggunakan jenis aspal konvensional pen 60, dengan menggunakan metoda Marshall.

Percobaan Marshall dilakukan pada kadar aspal antara 5% sampai 7% dengan kenaikan setiap 0,5%, yang dilakukan pada temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan sesuai dengan hasil pengujian aspal konvensional pen 60 yang akan dipergunakan. Berdasarkan hasil pengujian aspal konvensional pen 60, temperatur pencampuran didapat antara, 155 – 160 °C sedangkan temperatur pemadatan antara 143 – 148 °C dimana ditetapkan untuk percobaan ini suhu pencampuran 157 °C dan temperatur pemadatan 144 °C.

Berdasarkan hasil percobaan Marshall tersebut diperoleh kadar aspal optimum 5.7%, dengan sifat campuran seperti ditunjukkan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Sifat campuran beraspal dengan aspal konvensional pen 60

Marshall Suhu Normal Pengujian Pada KAO	Temperatur pencampuran/pemadatan 157 C/ 144 C	Persyaratan
Kadar Aspal (%)	5.7	
Kepadatan (t/m ³)	2.385	-
VM A (%)	15,7	min 15
VIM (%)	4.0	3.5 - 5.0
VFB (%)	75.1	min 65
Stabilitas (kg)	1200	min 800
Stabilitas Rendaman (kg)	1121.5	-
Persen Stabilitas Sisa (%)	93	min 90
Kelelehan (mm)	3.2	min 3
MQ (kg/ mm)	395	min 250

Campuran yang dihasilkan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 4.6, memenuhi persyaratan yang ditentukan pada Spesifikasi Umum seperti yang dicantumkan pada kolom disebelahnya.

Hasil pengujian Marshall secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 4.1

3.5.2 Pengujian Campuran beraspal hangat dengan leadcap mnggunakan alat Marshall

Percobaan Marshall untuk campuranberaspal hangat dengan bahan tambah Leadcap ini, pertama tama dilakukan berdasarkan temperatur pencampuran dan pemadatan yang didapat dari hasil pengujian aspal di laboratorium, dimana temperatur pencampuran dan pemadatan untuk kadar leadcap 0,75% dan 1,0 % adalah 156 °C dan 142 °C, sedangkan untuk kadar leadcap 1,25% temperatur pencampurannya ialah 153 °C dan temperatur pemadatannya 142 °C.

Berdasarkan literatur bahwa penambahan bahan tambah untuk campuran hangat bisa menurunkan temperatur pencampuran sebesar 30 °C. Disamping itu sesuai dengan petunjuk dari produsen Leadcap bahwa penambahan Leadcap yang disarankan antara 1% sampai 1,5% terhadap berat aspal, maka pada percobaan ini dilakukan pemadatan sampai 40°C dibawah temperatur pencampuran dan pemadatan berdasarkan viskositas sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1, dengan variasi kadar Leadcap mulai dari 0,75% sampai 1,25% . Ringkasan hasil pengujian tersebut diperlihatkan pada Tabel 3.8 – Tabel 3.10 dan gambar 3.4. Hasil pengujian rinci dapat dilihat pada lampiran 4.2

Tabel 3.8 Karakteristik campuran dengan kadar Leadcap 0,75%

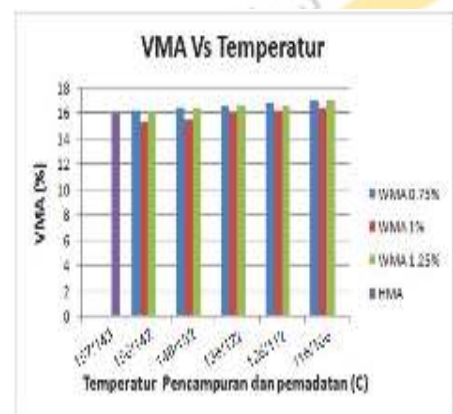
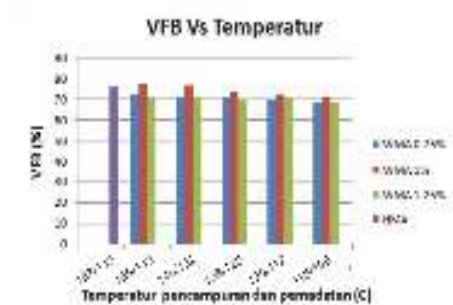
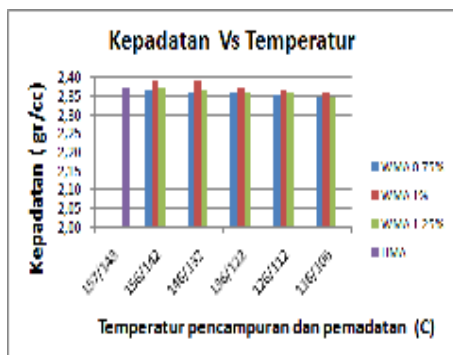
Sifat	Leadcap 0.75%					Ket
	156/ 142	146/ 132	136/ 122	126/ 112	116/ 102	
KAO	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	% thd aspal
Kepadatan	2,369	2,363	2,363	2,355	2,35	gr/ cm3
VIM	4,5	4,8	4,8	5,1	5,3	%
VMA	16,3	16,5	16,6	16,8	17	%
VFB	72,3	71,2	71,2	69,8	68,9	%
Stabilitas	1112	1001,8	1017,5	986,1	886,4	kg
Flow	3,7	3,3	3,8	3,2	3,2	mm
MQ	299,5	304,8	270,3	311,6	279,6	kg/mm
% Stab Rendaman	92	91,9	91,8	90,4	89,4	%

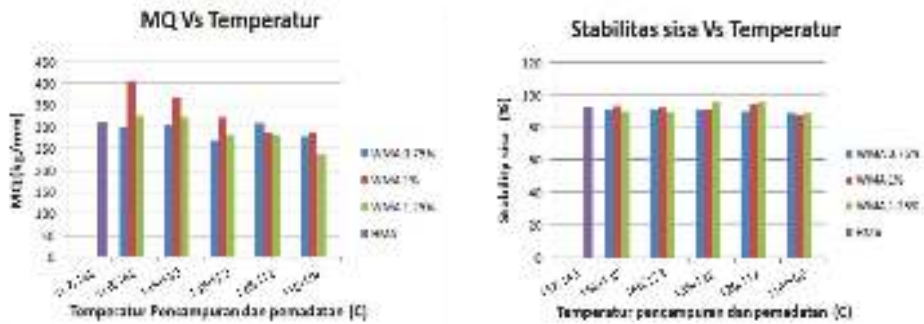
Tabel 3.9 Karakteristik campuran dengan kadar Leadcap 1%

Sifat	1% Leadcap					
	156/ 142	146/ 132	136/ 122	126/ 112	116/ 102	Ket
KAO	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	% thd aspal
Kepadatan	2,395	2,392	2,374	2,369	2,363	gr/ cm3
VIM	3,5	3,6	4,3	4,5	4,8	%
VMA	15,4	15,5	16,1	16,3	16,5	%
VFB	77,5	76,9	73,4	72,4	71,2	%
Stabilitas	1280,2	1198,2	1021	952,2	896,7	kg
Flow	3,1	3,2	3,2	3,3	3,1	mm
MQ	409,2	370,3	322,6	288,4	288	kg/ mm
% Stab Rendaman	93,6	92,2	91,7	95	87,6	%

Tabel 3.10 Karakteristik campuran dengan kadar Leadcap 1,25%

Sifat	1.25% Leadcap					
	153/ 142	143/ 132	133/ 122	123/ 112	113/ 102	Ket
KAO	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	% thd total
Γd	2,374	2,365	2,359	2,362	2,349	gr/ cm3
VIM	4,6	4,7	4,9	4,8	5,3	%
VMA	16,2	16,5	16,7	16,6	17	%
VFB	71,4	71,6	70,5	71,1	68,7	%
Stabilitas	1190,3	1063,3	960,2	960,2	887,7	kg
Flow	3,7	3,3	3,4	3,4	3,5	mm
MQ	328,5	322	283,2	281,7	240	kg/ mm
% Stab Rendaman	90,7	90,1	95,9	95,9	89,4	%





Gambar 3.3 Pengaruh kadar Leadcap terhadap karakteristik campuran beraspal

Dari Tabel 3.8 – Tabel 3.10 serta Gambar 3.3 terlihat bahwa penurunan temperatur pencampuran/pemadatan pada campuran dengan Leadcap menurunkan nilai kepadatan, VFB, Stabilitas, prosen stabilitas rendaman, kelelahan (flow) dan Marshall Quotient (MQ), serta menaikkan nilai VIM, VMA.

Pada campuran beraspal hangat dengan kadar Leadcap 0,75% dengan temperatur pencampuran/pemadatan sebesar 126/112°C, dan 116/102°C, nilai besaran VIM sudah keluar dari batas yang ditentukan, walaupun pada temperatur 126/112°C nilai VIM yang diluar batas sangat kecil sekali (0,1%) sedangkan sifat campuran lainnya seperti stabilitas, VFB, kelelahan (flow), Marshall Quotient (MQ) dan prosen stabilitas rendaman masih memenuhi persyaratan yang ditentukan, tetapi pada temperatur pencampuran / pemadatan 116/102°C besaran besaran VIM dan prosen stabilitas rendaman sudah keluar dari batas – batas yang ditentukan.

Pada campuran beraspal dengan kadar Leadcap 1%, hampir semua parameter campuran dipenuhi pada berbagai temperatur pencampuran dan pemadatan, kecuali satu parameter yaitu prosen stabilitas sisa pada pencampuran dan pemadatan 116/102 °C berada dibawah persyaratan, yaitu hanya 87,6%.

Sedangkan pada campuran beraspal dengan kadar Leadcap 1,25 %, dengan temperatur pencampuran dan pemadatan sebesar 113/102°C,

parameter VIM, MQ dan prosen stabilitas rendaman berada diluar batas spesifikasi, sedangkan semua besaran parameter pada berbagai temperatur pencampuran / pemadatan diatasnya berada dalam kisaran spesifikasi yang ditentukan.

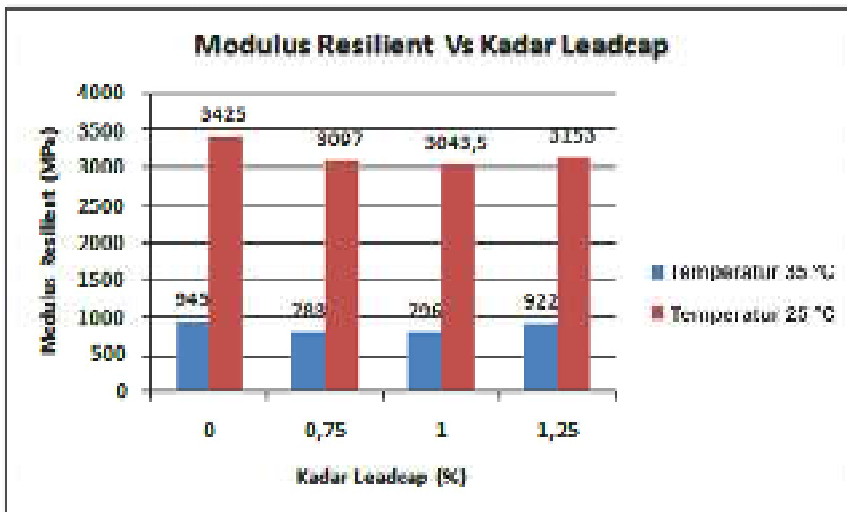
Berdasarkan hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa kadar leadcap yang paling baik untuk campuran beraspal hangat tersebut, ialah sebesar 1%, dengan temperatur pencampuran dan pemadatan paling rendah sebesar 126/112°C. Batasan besaran prosen stabilitas sisa minimum sebesar 90 % sesuai dengan spesifikasi Bina Marga ini, rasanya masih perlu ditinjau kembali, karena besaran tersebut pada ketentuan sebelumnya hanya sebesar 75%.

Selain pengujian Marshall dilakukan juga pengujian sifat sifat campuran lainnya, walaupun tidak termasuk dalam kriteria persyaratan Marshall, namun untuk mengetahui lebih dalam sifat campuran beraspal hangat tersebut.

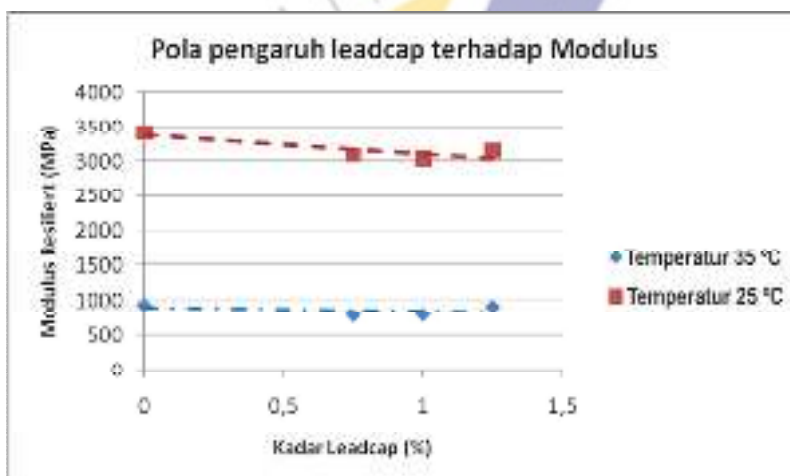
3.5.3 Pengujian Resilient Modulus campuran beraspal

Pengujian resilient Modulus, dilakukan pada contoh yang menggunakan aspal konvensional pen 60 maupun aspal dengan bahan tambah Leadcap 0.75% sampai dengan 1,25 % (campuran hangat), dengan menggunakan alat UMMATTA. Pengujian dilakukan pada temperatur 25°C, 35 °C; dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.4 dan gambar 3.5.

Campuran dengan bahan tambah Leadcap dicampur dan dipadatkan pada temperatur 126/112 untuk kadar leadcap 0,75% dan 1%, dan campuran dengan leadcap 1,25% dicampur dan dipadatkan pada 123/112 sedangkan campuran dengan aspal pen 60 tanpa Leadcap (sebagai kontrol) dicampur dan dipadatkan pada temperatur 158/144 °C, sesuai hasil pengukuran viskositas.



Gambar 3.4 Hasil pengujian Resilient Modulus pada temperatur 35 °C dan 25 °C



Gambar 3.5 Pengaruh Temperatur terhadap Modulus

Modulus campuran beraspal dengan aspal pen 60 (tanpa bahan tambah), selalu lebih tinggi dari campuran yang menggunakan bahan tambah Leadcap untuk setiap temperatur pengujian. Kecepatan penurunan modulus akibat peningkatan temperatur pengujian, antara campuran dengan

aspal pen 60 saja dan dengan yang ditambah Leadcap, hampir dapat dikatakan sama terlihat dari kemiringan garisnya yang hampir sejajar, walaupun kecepatan penurunan modulus pada campuran dengan aspal pen 60 saja sedikit lebih besar yang ditandai dengan kemiringan garisnya yang sedikit lebih curam.

Besar modulus pada temperatur pengujian 25°C dari campuran beraspal dengan pen 60 saja sebesar 3425 Mpa sedangkan pada temperatur 35°C sebesar 945 Mpa, sedangkan pada campuran hangat dengan Leadcap 0.75; 1 dan 1,25% masing masing sebesar 3097 MPa dan 3043 Mpa. dan 3153 MPa pada temperatur pengujian 25 C dan menurun menjadi masing – masing sebesar 783 MPa; 796 MPa ; dan 922 Mpa pada temperatur pengujian 35°C. Secara umum pengujian yang dilakukan pada 35°C akan menurunkan nilai Stifness Modulus campuran beraspal tanpa bahan tambah sekitar 73 %, sedang yang menggunakan bahan tambah antara 71% sampai 75%.

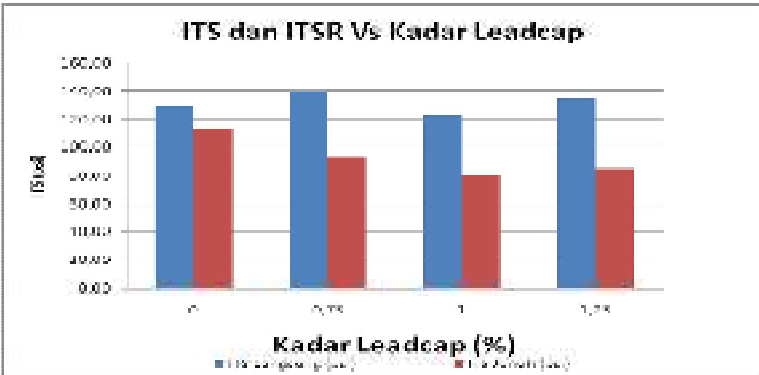
3.5.4 Kuat Tarik Tidak Langsung

Pengujian kuat tarik tak langsung dari campuran beraspal disini, dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan campuran tersebut akibat pengaruh air, yang dilakukan sesuai metoda AASHTO T 283. Pengkondisian benda uji tidak sepenuhnya mengikuti prosedur yang ada dalam AASHTO T 283, dimana benda uji dalam percobaan ini tidak dimasukkan kedalam pendingin dengan suhu -18°C selama 3 jam sebagaimana disebutkan dalam prosedur tersebut. Hal ini didasarkan dengan pertimbangan bahwa Indonesia merupakan Negara tropis dan tidak pernah mengalami musim dingin seperti di Eropa atau Amerika, sebagaimana yang disarankan oleh Strategic Highway Research Project (SHRP), dimana untuk Negara tropis langkah tersebut tidak perlu dilakukan. Benda uji dibuat dengan jumlah tumbukan 2x41; 2x43 dan 2x35 masing masing untuk kadar leadcap 0,75%; 1,0% dan 1,25% menggunakan alat pemadat Marshall, sehingga rongga dalam campuran (VIM) nya mencapai 7 ± 0.5 % sesuai dengan ketentuan AASHTO T283.

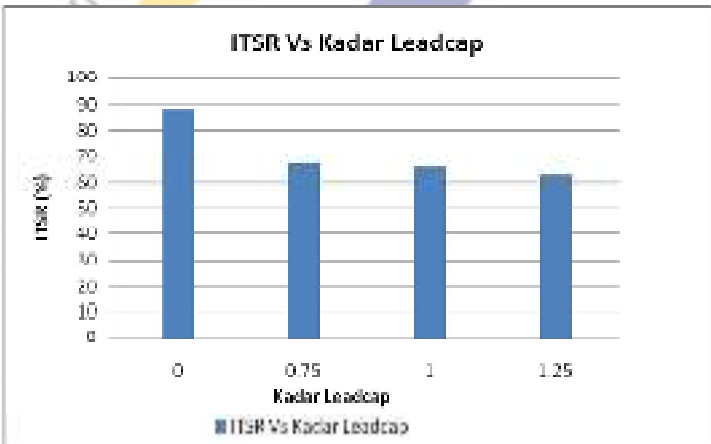
Pengujian dilakukan pada campuran beraspal dengan menggunakan aspal konvensional pen 60 dan campuran beraspal hangat yang

menggunakan bahan tambah Leadcap yang bervariasi dari 0.75% sampai 1,25% dengan temperatur pencampuran / pemadatan sebesar 158/144 °C untuk campuran tanpa Leadcap dan 126/112 °C untuk campuran dengan Leadcap.0,75% dan 1,0% sedangkan untuk campuran dengan kadar leadcap 1,25% ialah sebesar 123/112 °C

Hasil pengujian Kuat tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength – ITS) diperlihatkan pada gambar 4.6



Gambar 3.6 Perbandingan besar ITS pada campuran dengan Leadcap pada kondisi langsung dan rendaman



Gambar 3.7 Perbandingan besar ITS pada campuran tanpa Leadcap pada kondisi langsung dan rendaman

Gambar 3.6 dan Gambar 3.7 Perbandingan besar ITSr pada campuran dengan dan tanpa Leadcap Terlihat pada Gambar tersebut, kuat tarik tidak langsung dari benda uji yang menggunakan aspal untuk campuran hangat, dapat dikatakan hampir sama dengan campuran tanpa bahan tambah dari aspal konvensional pen 60, pada pengujian langsung. Tetapi pada pengujian benda uji yang telah mengalami rendaman (pengkondisian), untuk berbagai kadar Leadcap, kuat tarik tidak langsung dari campuran tanpa bahan tambah lebih besar dari campuran dengan bahan tambah. Begitu juga pada nilai ITSr nya, semakin besar kadar Leadcap semakin kecil nilai ITSr nya.

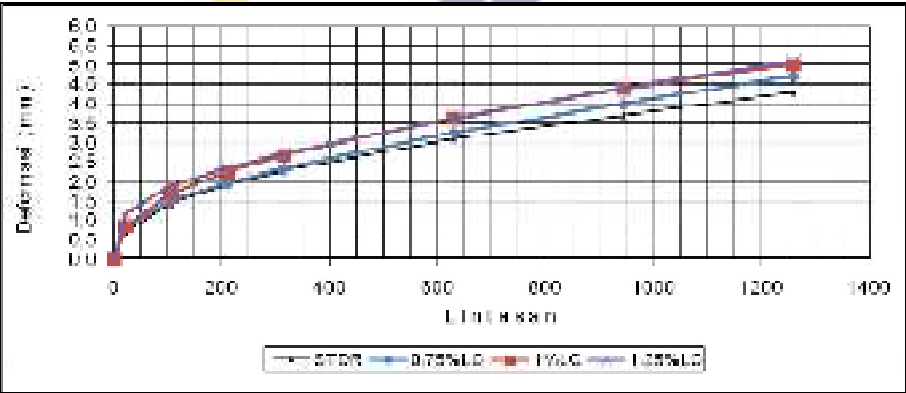
3.5.5 Ketahanan Terhadap Alur

Ketahanan terhadap alur, dilakukan dengan alat *Wheel Tracking Machine* dengan menggunakan beban 6,4 kg/cm² sesuai metoda Japan Road Association 1998. Pengujian dilakukan pada campuran tanpa bahan tambah maupun dengan bahan tambah leadcap 0,75%; 1,0% dan 1,25%. Benda uji untuk campuran yang ditambah Leadcap dicampur dan dipadatkan pada temperatur 126/112°C bagi kadar leadcap 0,75% dan 1% serta 123/112 C untuk campuran dengan kadar leadcap 1,25%, sedangkan yang tanpa leadcap pada temperatur 168/144°C. Temperatur pengujian dilakukan pada 60°C dengan jumlah lintasan per menit 42. Hasil dari pengujian tersebut diperlihatkan pada Tabel 3.11 dan Gambar 3.8.

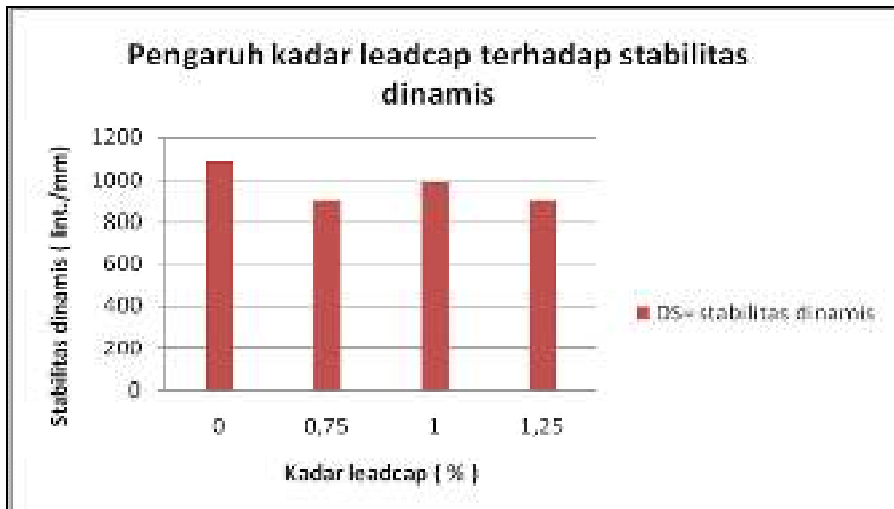
Pengujian ini dilakukan untuk melihat perbandingan dari kedua campuran tersebut terhadap ketahanan alur, meskipun pada spesifikasi tidak ada persyaratan untuk hal ini, kecuali untuk aspal modifikasi. Terlihat nilai Do dari campuran dengan dan tanpa leadcap dapat dikatakan sama karena perbedaannya cukup kecil. Campuran dengan leadcap 1% mempunyai nilai Do yang lebih kecil dari semua campuran tersebut. Sedangkan *dinamyc stability* dari campuran tanpa leadcap lebih tinggi sekitar 9% sampai 17% dibandingkan campuran dengan leadcap 1% serta campuran dengan leadcap 0,75% dan 1,25%.

Tabel 3. 11 Hasil pengujian whell Traking

Waktu (menit)	Passin g	Jenis contoh uji				Satuan
		Pen 60 (0% leadcap)	Leadcap 0.75%	Leadcap 1%	Leadcap 1.25%	
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	mm
1	21	0,89	0,81	0,85	1,18	mm
5	105	1,42	1,49	1,45	1,90	mm
10	210	1,91	1,98	1,84	2,37	mm
15	315	2,28	2,34	2,15	2,72	mm
30	630	3,09	3,24	2,86	3,64	mm
45	945	3,71	4,06	3,51	4,41	mm
60	1260	4,29	4,70	3,88	5,11	mm
DO = Ren Awal		1,97	2,21	1,48	2,13	mm
RD = Kecepatan Deformasi		0,0387	0,0467	0,0450	0,0467	mm/menit
DS = Dinamis Stabilitas		1086,2	900,0	985,2	900,0	lintasan/ mm



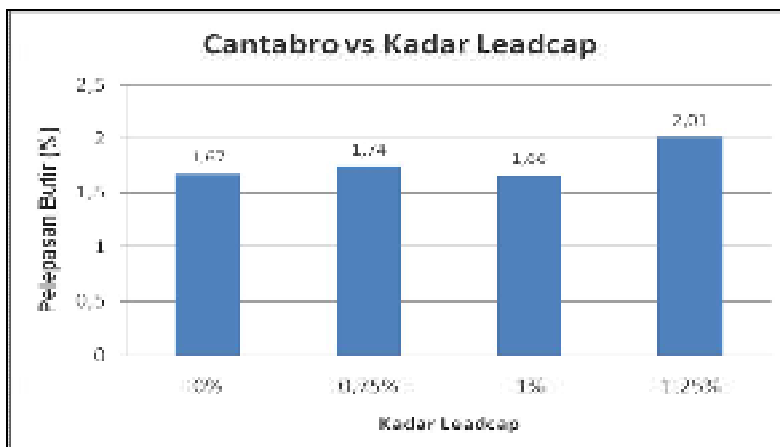
Gambar 3.8 Grafik penurunan alur terhadap jumlah lintasan



Gambar 3.9 Nilai Stabilitas dinamis untuk berbagai kadar leadcap

3.5.6 Ketahanan terhadap pelepasan butir dengan Cantabro

Umumnya ketahanan terhadap pelepasan butir dengan metoda Cantabro ini digunakan untuk campuran porus atau gradasi terbuka. Namun pengujian ini dilakukan juga disini untuk membandingkan ketahanan dari dua campuran yang menggunakan bahan tambah Leadcap dan tanpa bahan tambah. Metoda pengujian ini mengikuti metoda ASTM D, tetapi yang dilakukan hanya pada contoh yang langsung, sedangkan untuk contoh yang mengalami pengkondisian didalam oven selama 7x 24 jam pada temperatur 60°C tidak dilakukan. Pelepasan butir dengan metoda ini dinyatakan dengan pelepasan setelah 300 putaran di dalam alat *Los Angeles Abrasion test*. Guna melihat lebih jauh dari ketahanan terhadap pelepasan massa ini, pengukuran kehilangan masa dilakukan setiap interval 50 putaran dan berakhir pada 500 putaran. Grafik kehilangan masa dari benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Grafik kehilangan butir pada 300 putaran



Gambar 3.11 Bentuk benda uji setelah pengujian dari contoh tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah leadcap.

Dari gambar 3.11 terlihat, bahwa pelepasan butir pada campuran dengan Ledcap 1,25% lebih tinggi daripada pelepasan butir pada campuran yang hanya menggunakan aspal pen 60 saja atau campuran lainnya. Sedangkan ketahanan terhadap pelepasan butir dari campuran dengan

leadcap 0,75 % dan 1% tidak begitu berbeda dibandingkan dengan campuran tanpa bahan leadcap. Hal ini menunjukkan ketahanan terhadap pelepasan butir dari campuran dengan bahan tambah Leadcap sedikit lebih rendah dibandingkan dengan campuran aspal pen 60 tanpa Leadcap.

Nilai pelepasan butir dari campuran tanpa Leadcap ialah sebesar 1,67 % sedangkan yang menggunakan Leadcap sebesar antara 1,66% sampai 2,01%, dengan demikian perbedaanya tidak begitu besar hanya 0.34 %. Pada campuran bergradasi porous, batasan maksimum yang umum untuk pelepasan butir ialah 20% untuk benda uji yang langsung tanpa pengkondisian, sedangkan yang mengalami pengkondisian selama 7 hari dengan temperatur 60°C ialah tidak lebih dari 30%. Dengan demikian pelepasan butir dari campuran beraspal hangat ini, jauh di bawah dari ambang batas untuk campuran porous.

3.5.7 Workability Campuran Beraspal

Workability dari campuran beraspal merupakan satu hal yang penting, untuk mendapatkan hasil yang baik. Apalagi pada campuran beraspal hangat, dimana temperatur pencampuran lebih rendah dari campuran beraspal panas, sehingga workability merupakan hal yang perlu diperhatikan.

Pada percobaan ini dilakukan pengujian workability pada campuran tanpa bahan tambah dan campuran dengan bahan tambah leadcap, mengikuti ketentuan dari Cabrera dan Dixon (1994), dimana workability dinyatakan dengan nilai Workability Index (WI). Workability Index ialah suatu nilai yang menyatakan “kebalikan” dengan porositas campuran pada jumlah pemadatan sama dengan nol. Rumus workability Index ialah :

$WI = 100 / A \dots\dots\dots (1)$

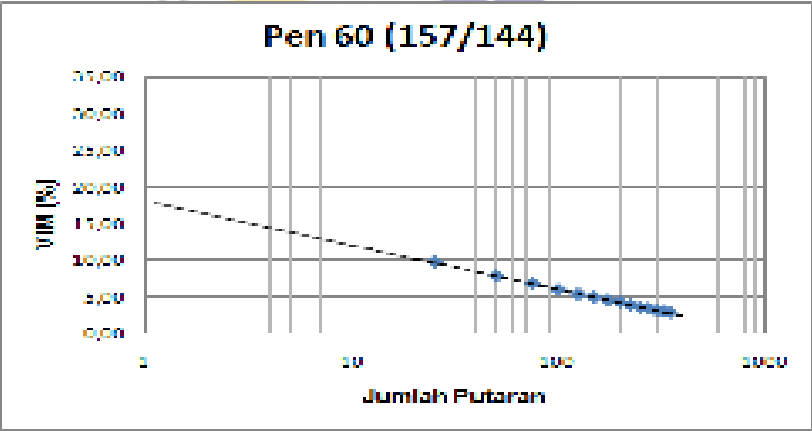
Dengan

- WI = Workability Index
- A = garis potong antara garis yang menyatakan rongga hasil pemadatan dengan sumbu tegak (Y)

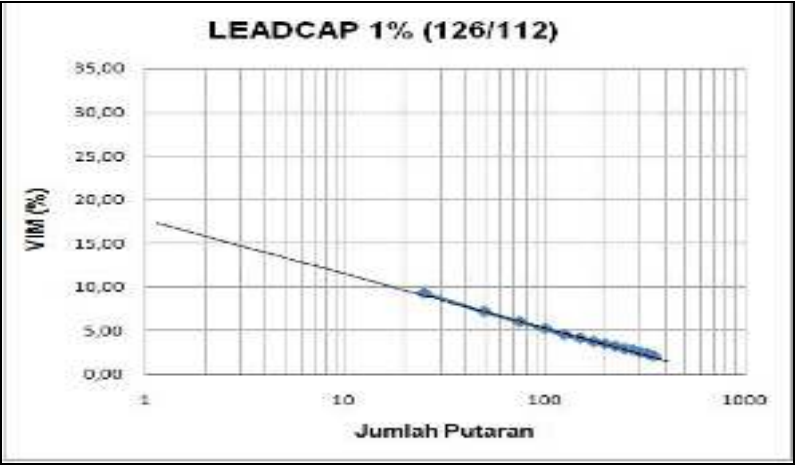
Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *gyratory compactor*, dimana contoh dicampur dan dipadatkan pada temperatur yang sama seperti untuk pembuatan benda uji kuat tarik tidak langsung, maupun pengujian *wheel tracking*.

Sebagai contoh, untuk campuran tanpa bahan tambah, dilakukan pengujian pada temperatur yang berbeda yaitu pada temperatur 117°C; 127°C; 137°C ;147°C dan 157°C, dimana untuk satu temperatur campuran tertentu dilakukan pengukuran ketinggian benda uji pada setiap putaran tertentu. Dari data tersebut untuk setiap pengujian dengan temperatur tertentu, bisa dibuat hubungan antara jumlah putaran dan rongga dalam campuran (VIM) seperti diperlihatkan pada gambar 3.10. Perpotongan antara garis tersebut dengan sumbu vertikal dinyatakan sebagai nilai “A”, dan selanjutnya nilai WI dapat dihitung dengan persamaan 1 sebagaimana disampaikan diatas.

Contoh penentuan nilai “A” dapat dilihat pada gambar 3.10. Selanjutnya dilakukan hal yang sama untuk berbagai campuran, baik campuran tanpa bahan tambah maupun campuran dengan bahan tambah dengan leadcap 0,75%;1,0% dan 1,25%.



Gambar 3.12 Hubungan antara jumlah putaran pemadatan dengan VIM campuran tanpa bahan tambah



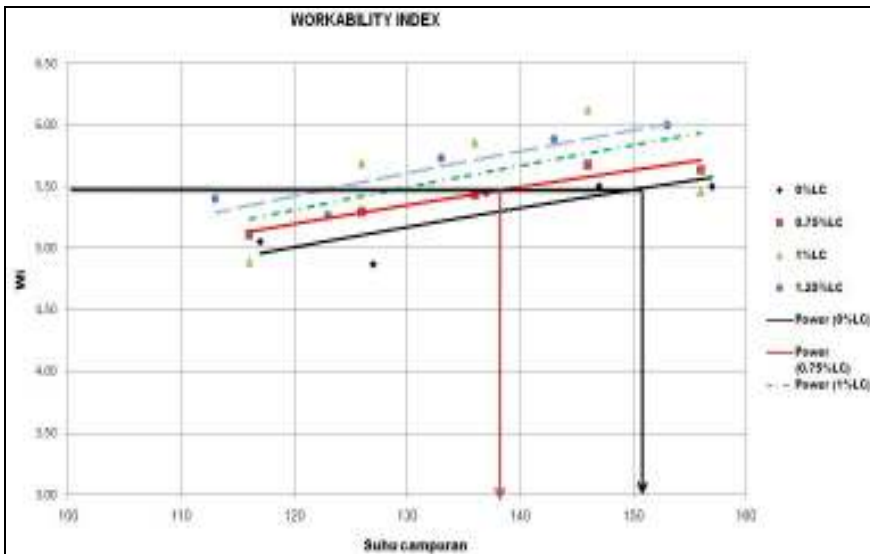
Gambar 3.13 Hubungan antara jumlah putaran pemadatan dengan VIM campuran dengan bahan tambah leadcap 1%

Hasil pengujian workability pada berbagai campuran dan berbagai temperatur pencampuran/ pemadatan ditunjukkan pada tabel 3.12

Tabel 3.12 Nilai Workability Index untuk campuran tanpa dan dengan bahan tambah leadcap pada berbagai temperatur.

TEMPERATUR	WI (0% leadcap)	TEMPERATUR	WI (0,75% leaccap)	TEMPERATUR	WI (1,0% leaccap)	TEMPERATUR	WI (1,25 % leaccap)
117	5,06	118	5,11	119	4,83	113	5,3
127	4,87	126	5,29	128	5,5	123	5,27
137	5,45	136	5,35	136	5,37	133	5,27
147	5,52	146	5,58	145	5,13	143	5,57
157	5,5	156	5,66	156	5,32	153	5,31

Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat dibuat grafik antara WI dengan temperatur untuk campuran tanpa bahan tambah leadcap dan dengan bahan tambah leadcap 0,75%; 1,0% dan 1,25%, sebagaimana terlihat pada Gambar 4.14.



Gambar 3.14 Hubungan antara temperatur pencampuran dan workability Index

Dari gambar 3.14 diatas dapat dilihat bahwa untuk campuran tanpa bahan tambah memerlukan temperatur pencampuran yang lebih tinggi dibandingkan campuran dengan bahan tambah leadcap guna mencapai Workability Index yang sama, begitu juga semakin tinggi bahan tambah leadcap semakin besar nilai WI nya untuk suatu temperatur pencampuran tertentu atau dengan kata lain, semakin besar kadar leadcap semakin rendah temperatur pencampuran yang diperlukan untuk mencapai nilai WI tertentu yang sama.

3.5.8 Pengujian Ketahanan Campuran Terhadap Fatigue

Pengujian ketahanan campuran terhadap fatigue, dilakukan dengan menggunakan alat fatigue sesuai dengan metoda AASHTO T 321, pada temperatur pengujian sebesar 20°C.

Benda uji dipadatkan dengan alat pemadat whell Tracking Machine, dengan tebal contoh yang disesuaikan untuk keperluan pengujian fatigue. Sekali lagi pencampuran dan pemadatan campuran beraspal disesuaikan

dengan jenis campurannya, yaitu untuk campuran tanpa zeolit pada temperatur 157°C / 144°C dan untuk campuran yang mengandung leadcap 1% ialah pada temperatur 126/112°C. Benda uji berupa balok dengan ukuran 6 cm x 5 cm x 48 cm diberi beban berulang dengan regangan yang tetap, sampai balok tersebut mengalami keruntuhan yang didefinisikan saat Modulus nya telah mencapai 50% dari modulus awalnya.

Contoh benda uji untuk pengujian fatik dari contoh dengan dan tanpa leadcap diperlihatkan pada Gambar 3.15



Gambar 3.15 Contoh benda uji untuk pengujian fatik

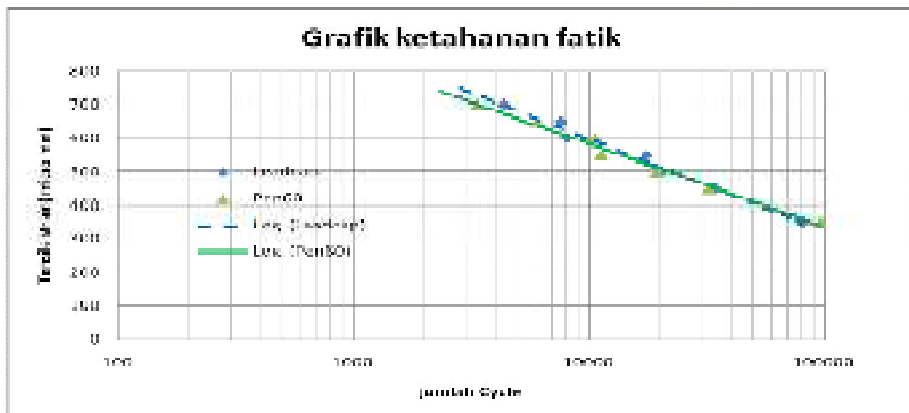
Besar regangan awal, untuk masing masing benda uji berbeda beda yang bervariasi mulai dari 700 μ strain sampai 350 μ strain, dengan alat penguji fatigue seperti diperlihatkan pada gambar 3.16 . Grafik hasil pengujian, diperlihatkan pada Gambar 3.17



Gambar 3. 16(a) Alat penguji fatigue didalam lemari pengatur temperatur



Gambar 3.16 (b) Alat penguji fatigue.



Gambar 3. 17 Grafik hasil pengujian fatigue

Dari gambar 3.17 terlihat bahwa garis fatigue dari campuran beraspal hangat yang mengandung leadcap 1%, berada di atas garis kelelahan campuran dengan aspal konvensional (pen 60). Keadaan ini menunjukkan, bahwa ketahanan fatigue dari campuran beraspal hangat yang mengandung leadcap 1% lebih tinggi dari campuran dengan aspal konvensional.

4

CAMPURAN BERASPAL HANGAT DENGAN ZEOLIT ALAM

4.1 Sumber dan produksi zeolit Alam

Zeolit alam yang akan dipergunakan pada percobaan lapangan di tahun 2012 ini, didasarkan atas hasil pengujian tahun 2011, yaitu zeolit alam dari Cipatujah – Tasikmalaya dari jenis kliptitonit yang selanjutnya akan diaktivasi dahulu sebelum digunakan dengan bahan kimia (Laporan Teknis Campuran beraspal hangat , Affandi .F, 2011)

Produksi umum zeolit sudah banyak dilakukan di pabrik pabrik pemecahan dari bahan berukuran bongkahan menjadi ukuran yang lebih kecil untuk kegunaan lain selain untuk campuran beraspal. Pada produksi ini, hanya pemecahannya saja, tanpa proses lebih lanjut sesuai kegunaan dari zeolit itu sendiri. Di daerah Jawa Barat ada beberapa pabrik pemecah zeolit ini, yang terdapat di daerah Padalarang – Bandung, yang sumber nya dari zeolit Cipatujah – Tasikmalaya.

Gradasai zeolit dan kadar airnya dari hasil pemecahan dari pabrik di Padalarang –Bandung ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Hasil pengujian gradasi dan kadar air zeolit

No Saringan	Gradasi (% lolos)
No 30 ()	100
No 50 (0,308 mm)	100
No 100 (0,154 mm)	97,66
No 200 (0.074 mm)	96,54
Kadar air (%)	9,01

Gambar 4.1 menunjukkan zeolit alam dari Cipatujah – Tasikmalaya yang telah di pecah, sedangkan Gambar 5.2 sampai Gambar 5.9 menunjukkan alat pemecah zeolit yang digunakan di beberapa pabrik di daerah Padalarang – Bandung dan produksinya.



Gambar 4. 1 Contoh zeolit belum diaktivasi dari pabrik di Padalarang – Bandung

Gambar 4.2 sampai Gambar 4.9 menunjukkan alat pemecah zeolit yang digunakan di beberapa pabrik di daerah Padalarang – Bandung dan produksinya.



Gambar 4. 2 Mesin pemecahan zeolit (Pabrik I)



Gambar 4. 3 Penyaringan zeolit (Pabrik I)



Gambar 4.4 Alat pemasok zeolit ke karung (Pabrik I)



Gambar 4.5 Zeolit yang siap dalam karung (Pabrik I)



Gambar 4.6 Bahan dasar zeolit (Pabrik II)



Gambar 4.7 Mesin pemecah zeolit(Pabrik II)



Gambar 4.8 Penyaringan zeolit hasil pecah (Pabrik II)



Gambar 4.9 Zeolit siap kirim (Pabrik II)

4.2 Pengelolaan Zeolit Untuk Campuran Beraspal

Pengelolaan zeolit disini, dimaksudkan untuk mengolah zeolit alam menjadi zeolit yang mampu menyerap air dalam jumlah yang banyak dan sekaligus dapat melepaskannya ketika dipanaskan, melalui metoda aktivasi.

Berdasarkan hasil percobaan laboratorium tahun 2011, dari tiga metoda aktivasi seperti dibawah ini, yaitu :

- Metoda aktifasi secara fisika
- Metoda aktifasi secara kimia
- Metoda aktifasi secara kimia - fisika

Didapat metoda yang memberikan penyerapan air yang tinggi, ialah metoda kimia dengan HCL tanpa pemanasan, dimana zeolit dari Cipatujah yang diaktivasi dengan cara kimia tanpa pemanasan tersebut, menghasilkan penyerapan kadar air yang terbesar dibandingkan metoda lainnya. Selanjutnya zeolit Cipatujah ini, yang dipergunakan sebagai bahan penurun temperatur pencampuran dan pemadatan pada percobaan campuran beraspal hangat.

4.3 Produksi Zeolit Untuk Percobaan Lapangan Campuran Beraspal Hangat

Untuk keperluan percobaan campuran beraspal hangat di lapangan dengan tambahan zeolit alam, telah dilakukan proses aktivasi sesuai metoda kimia dengan HCL di kantor Puslitbang jalan Bandung.

Prinsip pengolahan sama dengan proses percobaan laboratorium sebelumnya, namun dilakukan dalam skala dan peralatan yang lebih besar, sesuai dengan jumlah zeolit yang diperlukan untuk percobaan skala penuh. Pemanasan zeolit yang telah ditambah air dan bahan HCL dilakukan pada wadah seperti tong kecil, dan selanjutnya diolah lagi pada mesin pemutar yang didalamnya dilengkapi dengan geotextile untuk menampung dan menyaring agar zeolitnya tidak terbawa keluar selama proses pembersihan tersebut dengan air suling.

Selama proses pembersihan ini, air limbah ini di uji dengan bahan kimia "perak nitrat" , untuk memastikan bahwa zeolit tersebut telah bersih

dari unsur HCL. Setelah bahan tersebut bersih dan kandungan airnya tidak berlebihan, bahan itu digelar diatas terpal plastik dan digemburkan selama 2 hari, untuk selanjutnya dimasukan dalam kemasan plastik 4 kg dan ditutup rapat. Pengujian kadar air dilakukan secara kontinyu sebelum zeolit hasil olahan dimasukkan kedalam kantong plastik dan siap untuk digunakan, dengan kadar air antara 18 % sampai 20%. .

Proses pengolahan aktivasi zeolit tersebut ditunjukkan pada gambar 4.10 (a) sampai gambar 4.10 (i).



Gambar 4. 10(a) penuangan larutan untuk pengolahan zeolit alam



Gambar 4.10(b) penggodogan zeolit dengan larutan yang mengandung bahan kimia



Gambar 4.10(c) memasukkan zeolit hasil penggodogan untuk diputar di mesin pengering



Gambar 4.10(d) zeolit disajikan dalam mesin pemutar



Gambar 4.10(e) proses pembersihan bahan kimia pada zeolit



Gambar 4.10(f) pengujian kebersihan larutan dari bahan kimia



Gambar 4.10(g) proses "pengeringan" dan pengayakan



Gambar 4.10(h) proses pengantongan zeolit

Dari hasil percobaan laboratorium yang telah dilakukan pada tahun 2011, campuran beraspal hangat dengan bahan tambah zeolit alam dari Cipatujah – Tasikmalaya yang telah diaktivasi sebesar 1% terhadap berat campuran, menunjukkan hasil yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan karakteristik campuran tersebut yang memenuhi spesifikasi campuran beraspal panas AC – WC dari spesifikasi umum 2010, dengan temperatur pencampuran dan pemadatan sebesar 29 °C lebih rendah dari campuran beraspal panas.

Pengujian ketahanan fatigue dari campuran dengan zeolit ini, dilakukan dengan alat dan metoda yang sama seperti pada campuran dengan bahan tambah keadcap, dan hasilnya lebih baik dari campuran beraspal panas, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.12. Pengujian fatigue dilakukan pada temperatur 20 °C.



Gambar 4. 11 Grafik fatigue campuran beraspal hangat dengan zeolit dan campuran beraspal panas

5

PERCOBAAN LAPANGAN PENDAHULUAN

Percobaan lapangan pendahuluan dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran dari cara pelaksanaan dan kinerja campuran beraspal hangat dengan bahan tambah Leadcap maupun bahan tambah zeolit sebelum pelaksanaan yang sebenarnya dilakukan. Dengan dilakukannya percobaan pendahuluan ini, diharapkan tidak terjadi kesulitan pada pelaksanaan lapangan dengan skala yang lebih besar.

Percobaan pendahuluan ini dilakukan di ruas jalan dalam kompleks kanor Puslitbang Jalan, pada tanggal 9 bulan Juni 2012 dengan panjang percobaan masing masing 5 meter untuk campuran beraspal hangat dengan leadcap maupun dengan bahan tambah zeolit alam yang telah diaktivasi.

5.1 Percobaan lapangan pendahuluan dengan bahan tambah Leadcap

5.1.1 Rancangan campuran

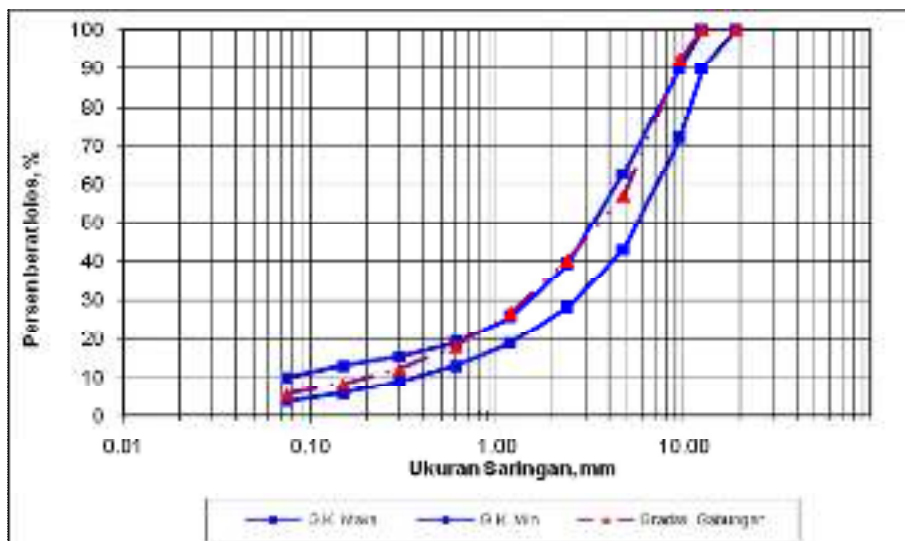
Rancangan campuran mengikuti hasil percobaan di laboratorium yaitu sesuai persyaratan AC Wearing Course pada spesifikasi umum jalan dan dan jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga 2010. Gradasi yang dilaksanakan

adalah seperti terlihat pada Gambar 5.1, dengan menggunakan agregat dari Sewo- Cirebon yang telah memenuhi persyaratan sebagaimana disampaikan dibagian depan dari laporan ini.

Gradasi campuran agregat disampaikan pada Tabel 5.1 serta Gambar 5.1 untuk campuran hangat dengan bahan tambah leadcap serta pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.2 untuk campuran dengan zeolit alam hasil olahan dan aktivasi.

Tabel 5.1 Analisa gradasi untuk campuran hangat dengan Leadcap dalam percobaan lapangan skala kecil

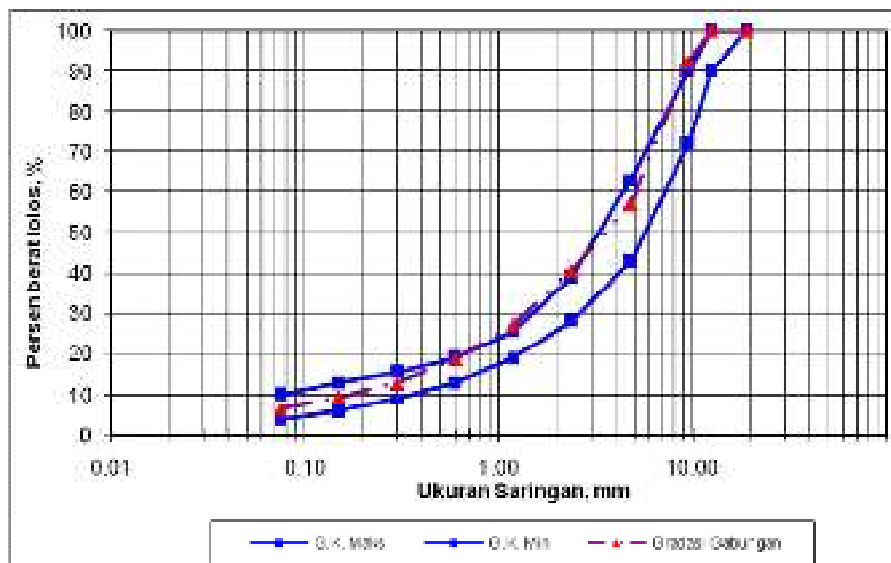
URAIAN		Ukuran Saringan									
Inch		3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200
Mm		19,0	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075
Data Analisa saringan											
Agregat Kasar		100,00	100,00	77,50	1,50	1,20	1,10	1,10	1,00	0,90	0,80
Agregat Sedang		100,00	100,00	100,00	38,90	11,50	7,50	6,20	5,40	4,40	3,40
Abu Batu		100,00	100,00	100,00	99,40	74,90	49,40	32,90	21,70	14,80	9,70
ZEOLIT		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	97,66	96,54
Penggabungan agregat											
Agregat Kasar	34,00%	34,00	34,00	26,35	0,51	0,41	0,37	0,37	0,34	0,31	0,27
Agregat Sedang	15,00%	15,00	15,00	15,00	5,84	1,73	1,13	0,93	0,81	0,66	0,51
Abu Batu	51,00%	51,00	51,00	51,00	50,69	36,20	25,18	16,78	11,07	7,45	4,95
ZEOLIT	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gradasi gabungan		100,0	100,0	92,4	57,0	40,3	26,7	18,1	12,2	8,4	5,7
Gradasi											
Maks.		100,0	100,0	90,0	83,0	39,1	25,6	19,1	15,5	13,0	10,0
Min		100,0	90,0	72,0	43,0	28,0	19,0	13,0	9,0	6,0	4,0



Gambar 5.1 Gradasi campuran untuk campuran beraspal hangat dengan Leadcap

Tabel 5.2 Analisa gradasi untuk campuran hangat dengan zeolit dalam percobaan lapangan skala kecil

URAIAN	Ukuran Saringan									
	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#16	#30	#50	#100	#200
Inch	19.0	12.5	9.5	4.75	2.38	1.18	0.600	0.300	0.150	0.075
Mm										
Data Analisa Saringan										
Agregat Kasar	100.00	100.00	77.50	1.50	1.20	1.10	1.10	1.00	0.90	0.80
Agregat Sedang	100.00	100.00	100.00	68.90	11.50	7.50	6.20	5.40	4.40	3.40
Abu Batu	100.00	100.00	100.00	98.40	74.90	49.40	32.90	21.70	14.60	9.70
ZEOLIT	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	97.86	96.54
Penggabungan agregat										
Agregat Kasar 34,00%	34.00	34.00	26.35	0.51	0.41	0.37	0.37	0.34	0.31	0.27
Agregat Sedang 15,00%	15.00	15.00	15.00	5.84	1.73	1.13	0.93	0.81	0.68	0.51
Abu Batu 50,00%	50.00	50.00	50.00	48.70	37.45	24.70	16.46	10.85	7.30	4.86
ZEOLIT 1,00%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.977	0.964
Gradasi gabungan	100.0	100.0	92.4	57.0	40.6	27.2	18.8	13.0	9.3	6.6
Gradasi Maks.	100.0	100.0	90.0	63.0	39.1	25.6	19.1	15.5	13.0	10.0
Min.	100.0	90.0	72.0	43.0	26.0	19.0	13.0	8.0	6.0	4.0



Gambar 5.2 Gradasi campuran untuk campuran beraspal hangat dengan zeolit

Adapun kadar aspal dan karakteristik sifat campuran rencana, ditunjukkan pada Tabel 5.3 dengan rencana temperatur pencampuran dan pemadatan lapangan masing – masing 126 °C dan 112 °C.

Tabel 5.3 Kadar aspal dan sifat campuran rencana dengan bahan tambah Leadcap dan zeolit

Sifat	Temp. Pencam./ Pemadatan 126/112 °C Zeolit 1%	Temp. Pencam./ Pemadatan 126/112 °C LeadCap 1%	Keterangan
Kadar aspal	5,7	5,7	% thd aspal
Kepadatan	2,345	2,369	t/m3
VMA	16,8	16,3	%
VIM	4,7	4,5	%
VFB	71,9	72,4	%
Stabilitas	1084	952,2	Kg
Kelelehan	3,9	3,3	mm
Marshall Quotient	319	288,4	Kg/mm

5.1.2 Pelaksanaan Lapangan Campuran hangat dengan Leadcap

Pelaksanaan lapangan untuk pencampuran campuran beraspal menggunakan “AMP mini mobile” seperti dapat dilihat pada Gambar 5.3. Sedangkan alat pemadat, karena keterbatasan hanya menggunakan alat pemadat roda besi 6 – 8 ton. Penghamparan dilakukan secara manual dengan alat bantu balok sebagai perata hamparan.

Sebelum penghamparan, perkerasan lama diberi lapisan *tack coat* dari aspal emulsi jenis RS dengan intensitas 0.3 kg/m². Temperatur pencampuran dilakukan pada 120°C – 128°C, sedangkan pemadatan dilakukan pada temperatur 110°C – 120°C. Lead cap ditambah dan diaduk dengan aspal sebelum dicampur terhadap agregat panas.



Gambar 5.3 (a) Alat pemadat untuk percobaan campuran beraspal hangat



Gambar 5.3 (b) AMP mini untuk pemanasan agregat dan pencampuran campuran beraspal hangat.



Gambar 5.3 (c) Pemberian tack coat aspal emulsi RS



Gambar 5.3 (d) Penambahan aspal yang telah ditambah Leadcap kedalam “Pugmil”



Gambar 5.3 (e) Persiapan Penghamparan campuran hangat dengan Leadcap



Gambar 5.3 (f) Pemadatan campuran hangat dengan bahan tambah Leadcap



Gambar 5.3 (g) Hamparan yang telah selesai dipadatkan

Gambar 5.3 Pelaksanaan Lapangan Skala Kecil Campuran hangat dengan zeolit alam

Pelaksanaan campuran hangat dengan zeolit serupa dengan pelaksanaan campuran hangat dengan Leadcap, tapi perbedaannya hanya bahan tambahanya berupa zeolit yang mempunyai kadar air sebesar 18% serta jumlah penggunaanya sebanyak 1% terhadap berat agregat. Zeolit alam dimasukkan dan dicampurkan dengan agregat panas pada pugmil bersamaan dengan dimasukkannya aspal. Temperatur pencampuran dilaksanakan pada sekitar 126 °C, dan pemadatan dilaksanakan pada temperatur sekitar 114 °C. Alat pencampur dan pemadat serta jumlah dan jenis tack coat sama seperti yang dilakukan pada penghamparan campuran beraspal hangat dengan Leadcap. Kegiatan pelaksanaan lapangan dapat dilihat pada Gambar 5.4 .



Gambar 5.4 (a) Pemanasan Aspal



Gambar 5.4(b) AMP mini untuk pemanasan agregat dan pencampuran



Gambar 5.4 (c) Pemberian tack coat aspal emulsi RS



Gambar 5.4 (d) Penambahan zeolit alam kedalam "pugmil"



Gambar 5.4(e) Pengukuran temperatur campuran



Gambar 5.4(f) Penghamparan campuran hangat



Gambar 5.4 (g) Pemadatan campuran hangat



Gambar 5.4 (h) Hambaran yang telah selesai dipadatkan

Gambar 5.4 Pelaksanaan campuran hangat dengan zeolit

4.1.3 Pengujian hasil pelaksanaan

Untuk mengetahui kualitas penghamparan dengan bahan tambah Leadcap maupun dengan Zeolit alam, telah dilakukan pengambilan contoh gembur untuk dipadatkan dengan cara Marshall di laboratorium. Hasil pemadatan tersebut, selanjutnya diperiksa karakteristiknya, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 6.4 .

Tabel 5.4 Sifat campuran dari lapangan yang dipadatkan dengan alat Marshall

Sifat	Campuran hangat dengan Leadcap	Campuran hangat dengan Zeolit alam	Satuan
Kadar aspal	5.7	5.7	% thd Aspal
Kepadatan	2.373	2.395	t/m3
VMA	16.6	15.4	%
VIM	3.8	3.6	%
VFB	77.2	76.5	%
Stabilitas	999.8	921.3	kg
Kelelahan	4	3.50	mm
Marshall Quotient	252.2	263	kg/mm

Dari hasil percobaan lapangan skala kecil ini, terlihat bahwa campuran Dengan zeolit dan leadcap mempunyai nilai memenuhi yang disyaratkan.

5.1.4 Pengambilan benda uji inti dan pengujiannya dari lapangan skala kecil

Setelah umur perkerasan berumur seminggu, pada hamparan beraspal hangat tersebut dilakukan pengambilan benda uji dengan bor inti (core drill), baik pada hamparan dengan tambahan Leadcap maupun dengan bahan tambah zeolit. Selanjutnya pada benda uji dilakukan pengujian kepadatan,. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada Tabel 6.5

Tabel 5.5 Hasil pengujian benda uji dari pengeboran inti (core drill)

Parameter Campuran	Campuran hangat dengan Leadcap	Campuran dengan zeolit	Satuan
Kepadatan	2.363	2.358	t/m3
Derajat kepadatan	99	98.4	%

Contoh benda uji hasil core drill diperlihatkan pada Gambar 6.5 untuk campuran beraspal dengan Leadcap dan Gambar 6.6 untuk campuran dengan zeolit.



Gambar 5. 5 Benda uji hasil core drill dari campuran dengan Leadcap



Gambar 5. 6 Benda uji core drill dari campuran dengan Zeolit

5.2 Pengaruh Temperatur Pencampuran Terhadap Emisi Buang

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Mallick.R.B dan Bergendahi. J (2009), didapat pengaruh penurunan temperatur campuran beraspal terhadap emisi buang, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Prakiraan pengurangan CO2 untuk berbagai penurunan temperatur

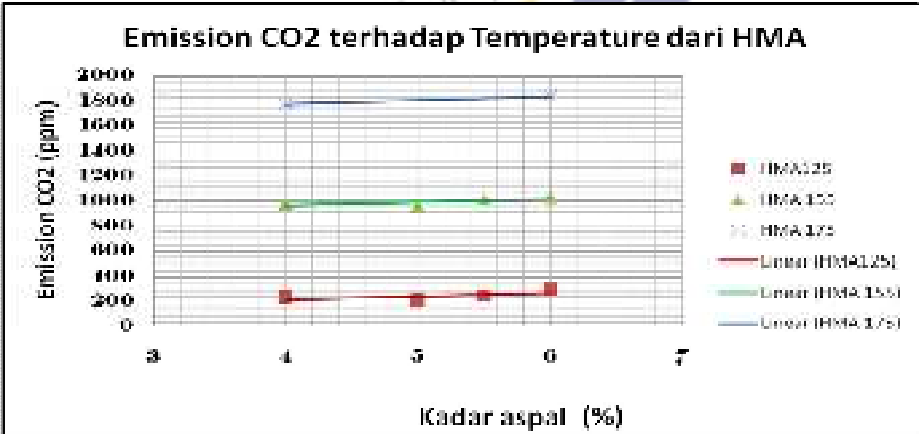
Temperatur Hot Mix (perkiraan °C)	Emisi Hot Mix Asphalt (ppm)	Temperatur Warm Mix Asphalt (campuran hangat = °C)	Emisi Warm Mix Asphalt (campuran hangat) (ppm)	% pengurangan emisi
150	755,23	140	511,3	32,29
130	755,23	130	346,2	54,16
150	755,23	120	234,4	68,96

Sumber: A laboratory study on CO2 emission from asphalt binder and its reduction with the use of warm mix asphalt (2009)

Lebih jauh lagi Mallick.R.B dan Bergendahi. J (2009) menyampaikan, bahwa emisi yang dihasilkan dari produksi campuran beraspal panas dan campuran beraspal hangat selain tergantung pada temperatur pencampuran juga tergantung pada kadar aspal dalam campuran tersebut, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.7 dan Gambar 5.7.

Tabel 5.7 Pengaruh temperatur dan kadar aspal dari campuran beraspal panas terhadap emisi CO2.

Kadaar aspal (%)	Emisi CO2 yang dihasilkan dari campuran beraspal pada temperatur yang berbeda (ppm)		
	WMA 125 C	HMA 155 C	HMA 175 C
4	233.3	983	1783.3
5	216.6	966	
5.5	250	1016.6	
6	300	1033	1850



Gambar 5.7 Pengaruh temperatur dan kadar aspal dari campuran beraspal panas terhadap emisi CO2

Dengan menggunakan table dan temperatur campuran dari campuran tanpa bahan tambah zeolit (hot mix), sebesar 154 °C ~ 150 °C dan campuran hangat dengan Leadcap 130°C didapat pengurangan emisi buang yang dihasilkan sekitar sebesar 54,16%. Begitu juga bila temperatur pencampuran

hot mix sekitar 154 °C ~ 150 °C dan temperatur pencampuran 118° C ~ 120 °C, maka penurunan emisi diperkirakan sekitar 68,96 %.

Dari Gambar 5.7 untuk kadar aspal 5,8% dengan temperatur pencampuran 155 °C akan menghasilkan emisi CO₂ sebesar 1100 ppm dan bila temperatur pencampuran 125 °C akan menghasilkan emisi CO₂ sebesar 300 ppm, sehingga bila dikaitkan dengan campuran hangat dengan zeolit ataupun leadcap yang bisa dicampur pada temperatur 125 C, maka akan menurunkan emisi CO₂ sebesar 73%.

5.3 Pengurangan Penggunaan Bahan Bakar

Karena temperatur campuran pada campuran hangat (dengan aspal untuk campuran hangat ataupun penambahan zeolit dan bahan tambah Leadcap) lebih rendah dari campuran beraspal panas, maka penggunaan bahan bakar pun akan turun pula. Berdasarkan pengalaman yang telah dilakukan sebelumnya di luar negeri, penurunan temperatur campuran sebesar 30 °C, bisa menurunkan penggunaan bahan bakar sebesar 30%. (*Asphalt Pavement Association of Oregon, 2003*) seperti yang sudah dikemukakan sebelumnya pada pendahuluan.

Bila dikaitkan dengan penurunan temperatur pencampuran pada campuran yang ditambah zeolit yang bisa mencapai 29°C atau Leadcap, maka penurunan penggunaan bahan bakarpun sedikit lebih kecil dari 30%.

6

PERCOBAAN SKALA PENUH CAMPURAN HANGAT DI LAPANGAN

6.1 Lokasi percobaan lapangan

Lokasi percobaan terletak di Ruas Subang – Pagaden (Pamanukan) antara km 164+760 sampai km 164+535 (km Jakarta), yaitu sepanjang 225 meter.

Sebelum penentuan lokasi percobaan yang tepatnya seperti diatas, terlebih dahulu dilakukan beberapa jenis yang survey pendahuluan sepanjang 2 km antara km 164 sampai km 166 (km Jakarta). Dari data yang didapat baru ditentukan lokasi percobaan penghamparan tersebut. Jenis jenis survey pendahuuan, yaitu :

- Survai penilaian kondisi (pcs)
- Survey ketidakrataan (roughness)
- Survey kekuatan struktur perkerasan dengan alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD)
- Survey susunan dan ketebalan konstruksi perkersan

Berikut ini ditunjukkan lokasi jalan percobaan pada ruas Subang – Pagaden (Pamanukan) Propinsi Jawa Barat.



Gambar 6.1 Peta lokasi jalan percobaan campuran hangat Subang – Pagaden (Pamanukan).

Pengambilan ruas ini dengan pertimbangan masih cukup dekat ke AMP Sewo di Pantura yang berjarak sekitar 45 km dari lokasi percobaan, serta lalu lintas di ruas tersebut relatif sedang, sesuai dengan penggunaan aspal pen 60.

6.2 Susunan Konstruksi Perkerasan Yang Ada

Konstruksi perkerasan yang ada terdiri dari tiga lapisan diatas tanah dasar. Tanah dasarnya mempunyai CBR antara 8 – 13% yang diukur dengan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dan susunan lapisannya terdiri dari lapisan sirtu dan batu pecah setebal 15 – 20 cm yang langsung diatas tanah dasar. Selanjutnya diatasnya lapisan Penetrasi McAdam setebal 6 cm dan baru lapisan aspal beton setebal 9 cm sebagai lapisan permukaan.

Data penilaian kondisi sebelum pelaksanaan, didapat dari penilain kondisi visual (pavement condition survey – PCS) yang dapat dilihat pada Tabel 6.1 dan Tabel 6.2.

[illegible][illegible]

56

Tabel 6.3 Ketidakrataan arah Subang dan arah Pagaden.

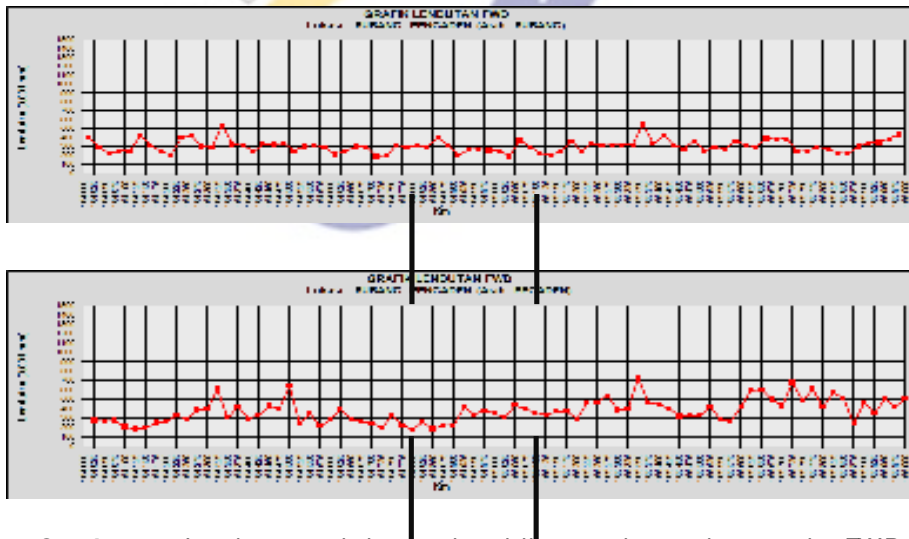
Uji : Kerataan (Romdas)
 Ruas : PAGADEN - SUBANG
 Km : **KM 164 - 166**
 Arah : SUBANG
 Lajur : L 1 (lambat)

Uji : Kerataan (Romdas)
 Ruas : SUBANG - PAGADEN
 Km : **KM 166 - KM 164**
 Arah : PAGADEN
 Lajur : L 1 (lambat)

No.	STA	Dari	Ke	Kerataan (IRI)	Keterangan
1	164+000	0	100	2,62	
2		100	200	2,78	
3		200	300	2,66	
4		300	400	2,74	
5		400	500	2,65	
6	164+500	500	600	2,76	
7		600	700	2,62	
8		700	800	3,18	
9		800	900	2,44	JEMBATAN
10		900	1000	2,51	
11	165+000	1000	1100	2,36	
12		1100	1200	2,4	
13		1200	1300	2,72	
14		1300	1400	2,64	
15		1400	1500	2,53	
16	165+500	1500	1600	2,51	
17		1600	1700	2,53	
18		1700	1800	2,87	
19		1800	1900	2,63	
20		1900	2000	3,97	
21	166+000	2000	2100	3,16	

No.	STA	Dari	Ke	Kerataan (IRI)	Keterangan
1	166+000	0	100	4,37	
2		100	200	3,38	
3		200	300	3,35	
4		300	400	3,47	
5		400	500	3,21	
6	165+500	500	600	3,12	
7		600	700	3,3	
8		700	800	2,88	
9		800	900	2,86	
10		900	1000	2,74	
11	165+000	1000	1100	2,48	
12		1100	1200	2,72	
13		1200	1300	2,68	JEMBATAN
14		1300	1400	2,92	
15		1400	1500	3,74	
16	164+500	1500	1600	2,9	
17		1600	1700	4,35	
18		1700	1800	2,65	
19		1800	1900	2,65	
20		1900	2000	2,66	
21	164+000	2000	2100	2,51	

Hasil pengukuran kekuatan struktur perkerasan dengan alat FWD dilakukan setiap interval 25 meter, dan yang hanya disajikan pada diagram ini ialah lendutan maksimumnya saja, seperti dapat dilihat pada Gambar 6.3 .



Gambar 6.2 Lendutan maksimum tiap titik pengukuran dengan alat FWD

Dari hasil survey dan pengujian seperti diatas, terlihat bahwa ruas Subang – Pagaden (pamanukan) pada lokasi tersebut cukup baik dimana tambalan tidak ada, retak juga tidak ada, alur sangat kecil yaitu lebih kecil dari 2 mm, serta lubang juga tidak ada.

Berdasarkan keseragaman dari hasil pengujian, dipilih lokasi untuk penghamparan antara km 164+760 sampai km 164 + 535 (km Jakarta).

6.3 Lalu Lintas di Lokasi Percobaan

Untuk mendapatkan gambaran lalu lintas di daerah percobaan, telah dilakukan perhitungan lalu lintas sterbatas yang hanya dilakukan selama satu hari (dari pagi sampai sore) mulai pukul 09.30 sampai pukul 17.00, pada tanggal 27 November 2010.

Hasil perhitungan lalu lintas diperlihatkan pada Tabel 6.4

Tabel 6.4 Hasil perhitungan lalu lintas di Subang – Pagaden (Pamanukan)

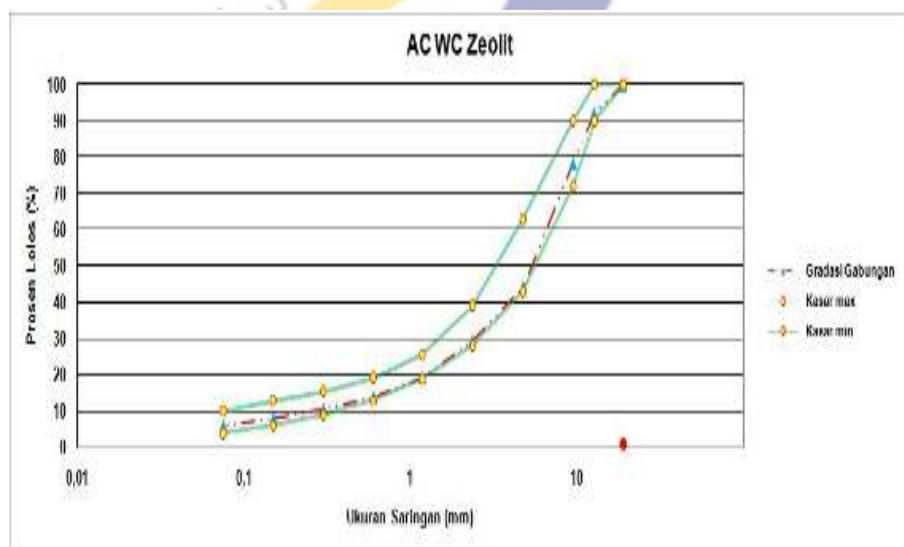
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Arah Pagaden	1230	100	310	3		1	-		2	3	4994	1110
Arah Subang	1218	113	300	3	-	-	-	-	-	-	3200	1004
Total arah	2448	213	610	6	-	1	-	-	2	3	8194	2114

6.4 Rancangan Campuran beraspal di ruas Subang – Pagaden (Pamanukan)

Sebelum penghamparan dilakukan, terlebih dahulu dibuat rancangan campuran beraspal baik untuk yang hot mix maupun untuk campuran beraspal hangat dengan leadcap atau dengan bahan tambah zeolit.

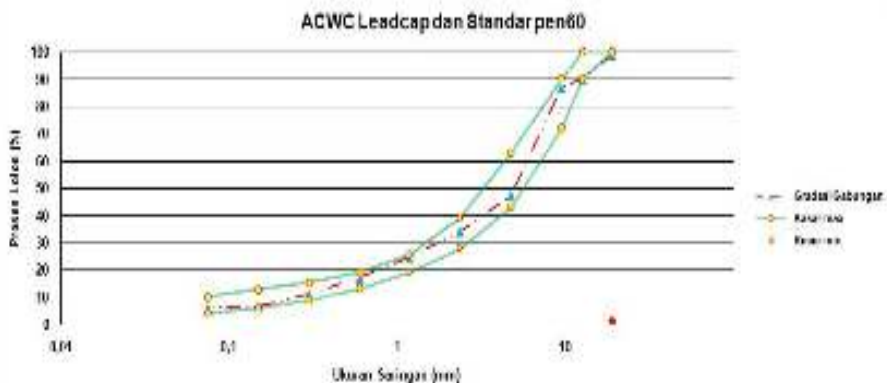
Campuran agregat didasarkan pada contoh agregat yang didapat dari hot bin AMP, yaitu hot bin 1, hot bin 2 dan hot bin 3. Prosentase agregat dari masing - masing hot bin ditunjukkan seperti ada tabel 6.5

Tabel 6.5 Gradasi untuk Job mix campuran beraspal dengan zeolit.

[illegible]

Gambar 6.3 Grafik gradasi rencana untuk campuran dengan zeolit

Tabel 6.6 Gradasi untuk Job mix campuran beraspal dengan leadcap dan standar (pen 60 saja) .

[illegible]

Gambar 6.4 Grafik gradasi rencana untuk campuran dengan leadcap dan standar (hot mix pen 60)

Berdasarkan percobaan Marshall dengan agregat dari hot bin untuk masing - masing campuran didapat kadar aspal optimum dan karakteristik campuran seperti ditunjukkan pada Tabel 6.7

Tabel 6.7 Sifat campuran dengan agregat hot bin untuk percobaan lapangan di ruas Subang – Pagaden (Pamanukan)

Parameter campuran	Campuran beraspal panas dengan aspal pen 60	Campuran beraspal hangat dengan zeolit 1%	Campuran beraspal hangat dengan leadcap 1%	Satuan
KAO	5,80	5,80	5,90	%
Kepadatan	2,352	2,365	2,335	t/m ³
VFB	73	72,00	74	%
VIMmarshall	4,50	4,70	4,80	%
VMA	15,7	16,2	17,5	%
VIMprd	3,0	3,5	3,2	%
Stabilitas	1180	1050	850	kg
Kelelahan	4,10	3,00	3,60	mm
MQ	290	350	240	kg/mm
Stab. sisa	97.3	94.2	92	%
Tebal film	11,0	11	11,6	mic

6.5 Percobaan Campuran Beraspal dengan AMP (Trial mix)

Sebelum dilakukan percobaan lapangan, terlebih dahulu dilakukan percobaan pencampuran di AMP dengan bahan dari hot bin (trial mix) . Hasil dari pencampuran di AMP ditunjukkan pada Tabel 6.8.

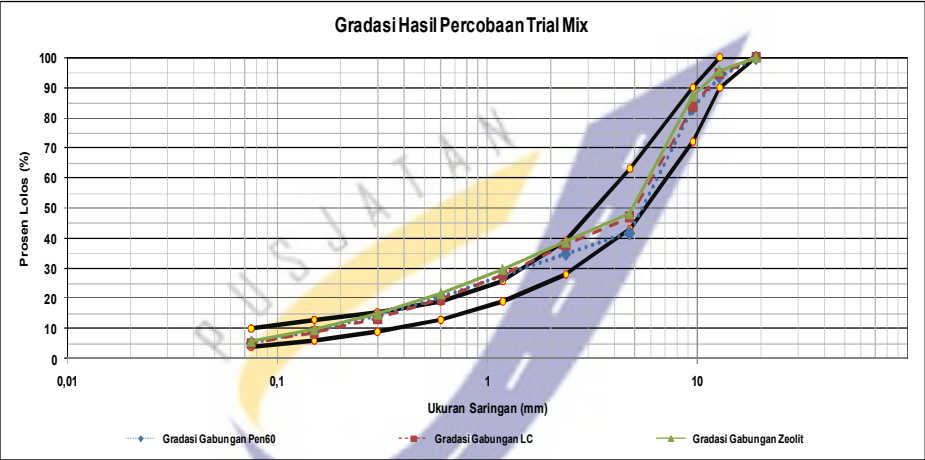
Tabel 6.8 Sifat – sifat campuran dengan percobaan Marshall dan ekstraksi.

PARAMATER	HMA pen60	Campuran Hangan Zeolit	Campuran Hangat Leadcap
Kepadatan	2,357	2,353	2,368
VIM	4,3	4,8	5,5
VMA	16,6	16,8	15,8
VFB	74,3	71,7	65
Stabilitas	1145	1114	888,7
Flow	4,2	3,8	3,6
MQ	272,8	292,4	249,9

Gradasi hasil ekstraksi dari percobaan trial mix, ditunjukkan pada Tabel 6.9 dan Gambar 6.5.

Tabel 6.9 Gradasi hasil ekstraksi campuran HMA pen 60, campuran beraspal hangat dengan zeolit dan leadcap.

Uraian		Ukuran saringan											
Inc mm		1 1/2"	1"	3/4 "	1/2 "	3/8 "	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	#100	# 200
		37,5	25,4	19	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Gradasi Gabungan Pen60	100,00%			100,0	93,7	83,2	41,7	34,8	27,4	20,2	14,0	9,0	5,2
Gradasi Gabungan Zeolit	100,00%			100,0	95,6	87,2	48,2	38,8	29,7	21,7	15,0	9,8	5,9
Gradasi Gabungan LC	100,00%			100,0	94,6	83,5	47,0	37,8	28,0	19,8	13,5	8,9	5,2
Spec.gradasi UMUM 2010 Kasar													
Kasar max				100,0	100,0	90,0	63,0	39,1	25,6	19,1	15,5	13,0	10,0
Kasar min				100,0	90,0	72,0	43,0	28,0	19,0	13,0	9,0	6,0	4,0
Fuller				100,0	83,4	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	11,3	8,3



Gambar 6.5 Grafik gradasi hasil ekstraksi dari percobaan “trial mix”

6.6 Percobaan Pelaksanaan Lapangan Dan Pengendalian Kualitas

Selama pelaksanaan lapangan, dilakukan pengambilan contoh campuran beraspal yang diambil dari AMP, dan selanjutnya dilakukan pengujian sesuai parameter yang disyaratkan. Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 6.10.

Tabel 6.10 Hasil pengujian dari campuran beraspal pada waktu pelaksanaan

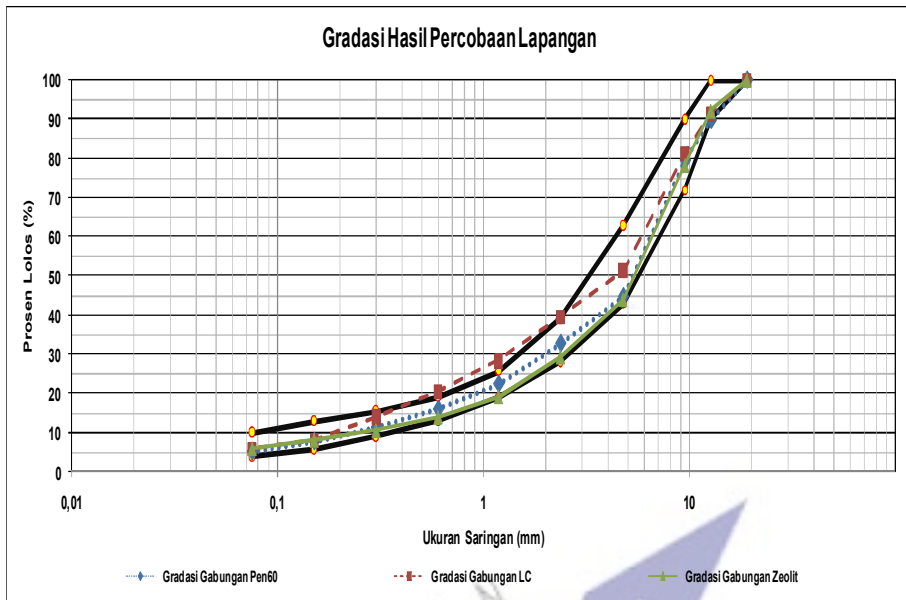
No	Parameter Pengujian	Pen 60/70	Zeolit 1%	Leadcap 1%	Persyaratan	Satuan
1	Kadar Aspal	5.77	6.05	5.79	-	%
2	Kepadatan	2.392	2.384	2.376	-	gr/cc
3	Rongga dalam campuran (VIM)	4.4	4.3	4.8	3.5 - 5	%
4	Rongga diantara agregat	15.7	16.1	16.2	>15	%
5	Persen rongga terisi aspal	72	73.1	70.6	>65	%
6	Stabilitas	1232.6	1087.1	857	>800	kg
7	Kelelahan	3.6	3.7	3.4	>3	mm
8	Hasil bagi Marshall (MQ)	342.4	293.8	252,1	>250	kg/mm
9	Stabilitas sisa	92.2	94	98,3	>90	%

Pada waktu percobaan lapangan, telah dilakukan pengambilan contoh campuran beraspal dari AMP, yang selanjutnya di lakukan pengecekan gradasi dengan cara ekstraksi. Hasil dari pengujian tersebut ditunjukkan pada Tabel 6.11 dan Gambar 6.6.

Tabel 6.11 Gradasi campuran beraspal panas dan campuran beraspal hangat

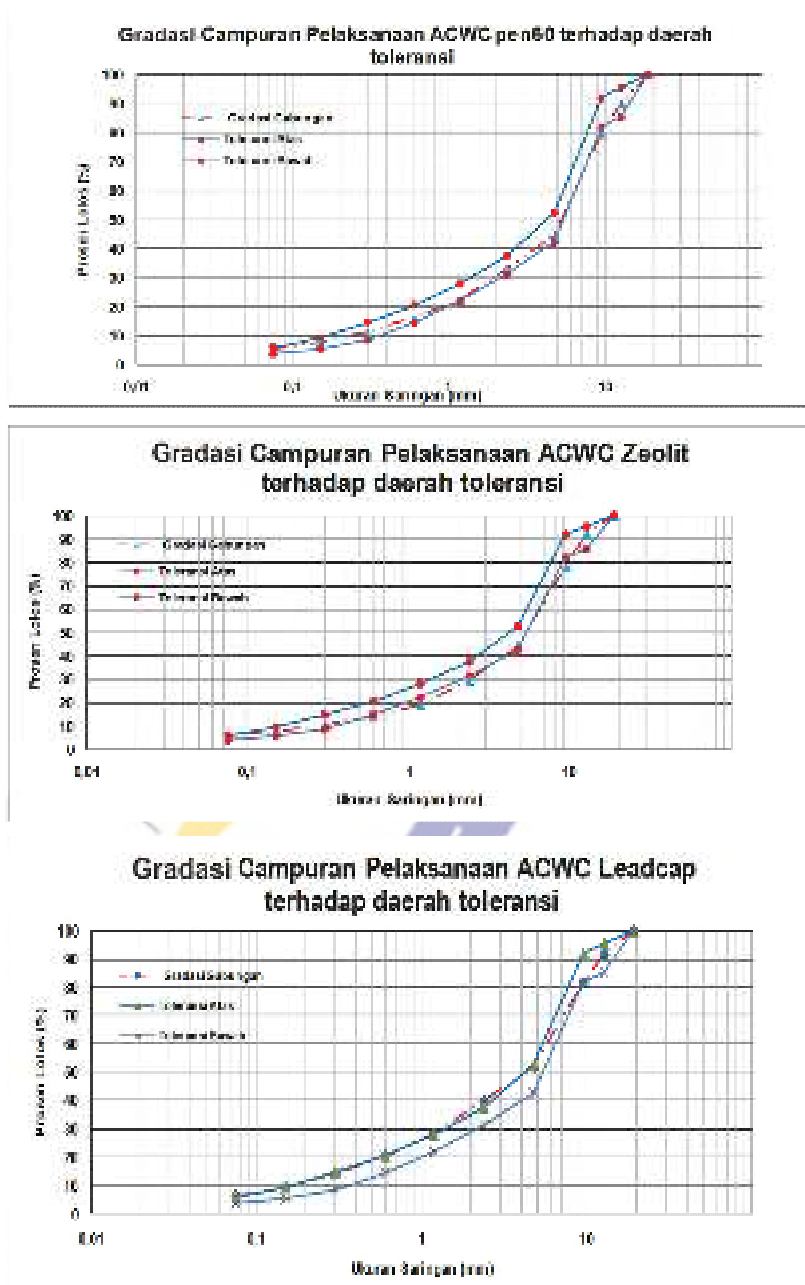
1. No. Catok/Catrol : Penelitian 2012 Campuran Hangat
2. Jenis Catok Up : AC WU
3. Jenis Pelaksanaan : Camp. Pen 60, Zeolit dan Leadcap
4. Uterma tanggal :
5. Pengumpul :
6. Metode uji :
7. Hasil pengujian :

Uraian	Ukuran saringan											
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200
Inc mm	37,5	25,4	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Gradasi Gabungan Pen60	100,00%		100,0	89,7	79,6	44,7	32,7	22,4	18,0	11,2	7,7	6,1
Gradasi Gabungan Zeolit	100,00%		100,0	92,2	78,3	44,1	29,4	19,2	14,1	10,8	8,1	8,0
Gradasi Gabungan LC	100,00%		100,0	91,4	81,3	61,6	39,6	28,6	20,6	14,2	8,1	8,0
Spec. gradasi UMUM 2010 Kasar												
Kasar max			100,0	100,0	90,0	63,0	39,1	25,6	19,1	15,5	13,0	10,0
Kasar min			100,0	90,0	72,0	43,0	28,0	19,0	13,0	9,0	6,0	4,0
Fuller			100,0	93,4	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	11,3	8,3



Gambar 6.6 Grafik gradasi campuran beraspal panas dan campuran beraspal hangat

Perbandingan gradasi dari yang dihasilkan dari AMP terhadap gradasi toleransi dari yang direncanakan, ditunjukkan pada Gambar 6.7 (a) (b) dan (c). Terlihat gradasi yang dihasilkan dari campuran beraspal panas, sedikit sekali diluar dari toleransi pada ukuran butiran 3/8". Pada campuran beraspal hangat dengan zeolit, gradasi yang dihasilkan sedikit keluar dari toleransi gradasi pada ukuran butiran 3/8" dan no 16, sedangkan pada campuran beraspal hangat dengan leadcap, gradasinya keluar dari toleransi gradasi pada ukuran butiran no 8. Walaupun demikian, penyimpangan tersebut sangat kecil sekali untuk semua jenis campuran yang dilaksanakan, sehingga pengaruhnya terhadap variabilitas sifat campuran tidak akan berpengaruh.



Gambar 6. 7 Gradasi masing masing campuran terhadap gradasi toleransinya.

6.7 Pengamatan suhu pada waktu pencampuran

Pada waktu pencampuran di AMP, dilakukan pengamatan temperatur pencampuran sewaktu keluar dari AMP. Temperatur campuran untuk campuran beraspal panas dengan aspal pen 60 saja, berkisar antara 155 sampai 160C, sedang untuk campuran dengan zeolit antara 120 – 125 C, begitu juga untuk campuran dengan bahan tambah leadcap antara 120 – 125 C. Temperatur pencampuran di AMP tersebut, sudah sesuai dengan temperatur yang direncanakan, baik untuk campuran beraspal panas maupun campuran beraspal hangat.

Kegiatan di AMP seperti kegiatan pencampuran, pengukuran temperatur, pengambilan contoh serta persiapan pengangkutan dengan truk diperlihatkan pada Gambar 6.8 (a) sampai Gambar 6.8 (k)



Gambar 6.8 (a) AMP di Sewo, untuk percobaan



Gambar 6.8 (b) Agregat yang digunakan



Gambar 6.8 (c) Pemasukan agregat ke cold bin



Gambar 6.8 (d) pengukuran temperatur campuran



Gambar 6.8 (e) Pengangkutan zeolit ke AMP



Gambar 6.8 (f) Pemasukan zeolit ke pugmil



Gambar 6.8 (g) Penimbangan truk berisi campuran beraspal



Gambar 6.8 (h) Pengambilan contoh dan persiapan truk ke lapangan



Gambar 6.8 (i) Pembuatan contoh Marshall



Gambar 6.8 (j) Pengeluaran contoh dari mold

Gambar 6. 8 Kegiatan Pelaksanaan di AMP Sewo - Cirebon

6.8 Pelaksanaan Penghamparan dan Pemadatan

Pelaksanaan penghamparan dan pemadatan dilakukan di bagian ruas jalan Subang – Pagaden (Pamanukan) antara km 164+ 760 sampai dengan km 164+ 535 (km Jakarta), dengan lebar 6 meter.

Ruas jalan sebelum diberi lapisan tambah, terlebih dahulu dibersihkan dengan menggunakan kompresor, dan selanjutnya diberi tack coat dengan jenis aspal emulsi CRS sebanyak antara 0,30 kg/m² sampai dengan 0,64 kg/m² dengan rata – rata 0,45 kg/m².

Penghamparan menggunakan finisher tipe track, yang selanjutnya di padatkan dengan menggunakan tandem roller sebagai pemadatan awal sebanyak 2 lintasan, yang diikuti dengan pemadatan antara dengan menggunakan tyre roller sebanyak 32 lintasan dan kemudian dilakukan finishing rolling dengan menggunakan tandem roller kembali.

Ketebalan hamparan antara 6 cm sampai 5 cm.

Kegiatan pelaksanaan lapangan dapat dilihat pada gambar 6.9 (a) sampai 6.9 (n).



Gambar 6.9 (a) Persiapan pemasangan kayu pembatas



Gambar 6.9 (b) Persiapan pembersihan jalan dengan kompresor



Gambar 6.9 (c) Pemberian lapisan tack coat



Gambar 6.9 (d) Pengambilan kertas pengukur tack coat



Gambar 6.9 (e) Tack coat yang siap dihampar campuran beraspal



Gambar 6.9 (f) Penuangan campuran beraspal ke finisher



Gambar 6.9 (g) Penghamparan dan pengukuran tebal campuran beraspal



Gambar 6.9 (h) Pengukuran temperatur campuran



Gambar 6.9 (i) Break down rolling



Gambar 6.9 (j) Intermediate rolling



Gambar 6.9 (k) Finishing rolling



Gambar 6.9 (l) Penghamparan selesai pemadatan



Gambar 6.9 (m) Pengeboran core drill



Gambar 6.9 (n) Contoh hasil core drill

Gambar 6.9 Kegiatan di lapangan waktu penghamparan, pemadatan dan pengambilan contoh benda uji

6.9 Pengambilan Contoh Inti

Setelah selesai penghamparan dan pemadatan dilakukan pengambilan benda uji dengan core drill, dimana hasil pengujian kepadatannya ditunjukkan pada Tabel 6.12 dibawah ini.

Tabel 6.12 Hasil pengujian kepadatan dari core drill

Parameter	Campuran beraspal			Satuan
	HMA pen 60	Cam. Hangat dengan zeolit	Camp. Hangat dengan leadcap	
Kepadatan	2,32	2,287	2,298	gr/ cc
Derajat kepadatan	98,4	98,2	98,04	%

7

PENUTUP

Campuran beraspal hangat merupakan salah satu teknologi di bidang perkerasan jalan, khususnya pada bidang campuran beraspal, yang tengah dikembangkan di seluruh pelosok dunia. Campuran beraspal hangat ini, merupakan salah satu jawaban atas tuntutan keadaan saat ini dan sekaligus meningkatkan kualitas lingkungan hidup.

Zeolit alam yang merupakan salah satu kekayaan alam Indonesia yang banyak tersebar di berbagai daerah, dapat dimanfaatkan untuk pengembangan teknologi campuran beraspal hangat yang sangat berguna untuk mengurangi tingkat polusi dan penggunaan bahan bakar dibanding dengan campuran beraspal panas (Hot Mix Asphalt) , serta mempunyai kualitas yang setara dengan aspal campuran panas yang selama ini dipergunakan.

Bahan tambah berupa Zeolit alam yang telah diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan dan leadcap telah menunjukkan kinerja yang baik di laboratorium, dan bisa memenuhi ketentuan spesifikasi campuran beraspal panas sesuai dengan spesifikasi Jalan dan Jambatan Kementerian Pekerjaan Umum 2010. Penggunaan zeolit alam yang mempunyai kadar air antara 18% sampai 20% dalam jumlah penggunaan 1% terhadap berat campuran telah menunjukkan kemampuan yang sesuai spesifikasi Jalan dan Jambatan Kementerian Pekerjaan Umum 2010.

Dalam pelaksanaan di laboratorium dan di AMP baik campuran beraspal hangat dengan bahan tambah zeolit alam maupun bahan tambah leadcap, bisa dilaksanakan pada temperatur pencampuran 30 °C lebih rendah dari campuran beraspal panas (hot mix aspal), yaitu pada temperatur sebesar 125 °C.

Dalam pelaksanaan di AMP tipe batch, penggunaan zeolit alam untuk campuran beraspal hangat tidak mengalami kesulitan, dimana zeolit tinggal dimasukkan kedalam pugmil melalui “lubang jendela” yang memang sudah ada pada alat AMP tersebut, yang tengah mencampur agregat dan aspal, serta tidak memerlukan modifikasi dari peralatan AMP itu sendiri. Begitu juga dengan campuran beraspal hangat dengan bahan tambah leadcap, dimana bahan tambah leadcap dicampur dengan merata terlebih dahulu didalam tangki aspal.

Pelaksanaan penghamparan dan pemadatan di lapangan, baik pada campuran dengan bahan tambah zeolit maupun leadcap tidak mengalami kesulitan, walaupun temperatur campurannya jauh lebih rendah dari campuran beraspal panas, serta tidak memerlukan peralatan tambahan atau peralatan khusus.

Pencampuran beraspal hangat dengan zeolit, harus menggunakan tipe batch yang mempunyai “ lubang - jendela” di daerah pugmil, untuk memasukkan zeolit alam ke agregat panas yang sedang dicampur.

Perencanaan dan pelaksanaan campuran hangat dengan leadcap, tidak memerlukan peralatan yang khusus baik di laboratorium maupun di lapangan, sama saja dengan peralatan untuk membuat hot mix asphalt.

Kepadatan lapangan dari hasil percobaan lapangan di Subang – Pagaden (Pamanukan) menunjukkan hasil yang setara antara campuran hot mix asphalt dengan campuran beraspal hangat baik yang ditambah zeolit maupun yang ditambah leadcap.

Karena temperatur pencampuran beraspal hangat (dengan bahan tambah zeolit atau leadcap) bisa dilaksanakan pada temperatur 30 °C lebih rendah dari campuran beraspal panas, maka akan memberikan penghematan penggunaan bahan bakar yang diperlukan. Campuran beraspal hangat dengan zeolit ataupun leadcap dapat menurunkan emisi sekitar sebesar 73%

dari emisi yang dihasilkan oleh campuran beraspal panas dengan aspal pen 60.

Penggunaan aspal pada campuran beraspal hangat ini, sama dengan untuk campuran beraspal panas, baik untuk campuran dengan zeolit maupun dengan bahan tambah leadcap, karena kadar aspal optimum pada campuran beraspal hangat baik dengan zeolit maupun dengan bahan tambah leadcap tidak berbeda dengan kadar aspal yang diperlukan pada campuran beraspal panas.

Berdasarkan hal tersebut, maka campuran beraspal hangat ini perlu dikembangkan secara luas dan dikembangkan teknologinya sehingga bisa digunakan untuk lalu lintas berat.



DAFTAR PUSTAKA

1. AASHTO T 283-03(2004) *Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture – Induced Damage*. Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling And Testing, Twenty Fourth Edition (2004)
2. AASHTO T321. *Determining the Fatigue Life of Compacted hot mix asphalt (HMA) Subjected to Repeated Flexural Bending*. Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing , Twenty Fourth Edition (2004)
3. Asphalt Institute, Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types . MS-2 Sixth Edition. Lexington USA. 1993.
4. ASTM D 4123 Standard test method for Indirect tension test for resilient modulus of bituminous mixture. ASTM 2005
5. ASTM D 4867 “Standard test method for effect of moisture on Asphalt concrete paving mixtures. ASTM 2005
6. ASTM D 70 64. Standard Practice for Open Graded Friction Course (OGFC) Mix Design. 2005.
7. Brits, C.H.Sasobit Investigation. Report No. 100035/S9/2004/11/05/CHB/av/I, Geostrada Engineering, Material Laboratory, South Africa, 2004.
8. Cabrera, J.G and Dixon , J.R. (1994), Performance and durability of bituminous material , Proceeding of symposium , University of Leed, March 1994.
9. Cho, Doong Woo, 2012; Development of Warm Mix Asphalt Technology ; Joint Work shop between KICT and IRE ; October 29 – 30 , 2012).
10. Cho, Doong Woo, 2012; Deverlopment of Warm Mix Asphalt Technology ; Joint Work shop between KICT and IRE ; October 29 – 30 , 2012).
11. Damm, K – W,J.Abraham,T.Butz, G. Hilderbrand and G. Riebeschl. Asphalt flow improvers as, Intelligent Fillers' for hot asphalt – A New Chapter in

Asphalt Technology. In Journal of Applied Asphalt Binder Technology, April 2002, pp 36 – 69.

12. Danis Sumadilaga, Balitbang – Dit Jen Bina Marga, 2007.
13. Danny Gierhart, 2009) P.E Regional Engineer – Asphalt Institute (SE States Pavement Association Management and Design Conference Southeast Pavement Preservation Partnership Meeting, May 11 – 13, 2009).
14. Danny Gierhart, P.E Regional Engineer – Asphalt Institute (SE States Pavement Association Management and Design Conference Southeast Pavement Preservation Partnership Meeting, May 11 – 13, 2009).
15. Development and Application of Korean WMA Technologies ; Doong Woo Cho PhD; International Seminar on the Green Road Construction and International Workshop on the Vetiver System; Bandung 4 – 5 October 2011; Institute of Road Engineering, Agency for Research and development ; ministry of public works).
16. Ditjen. Binamarga, 2008. Kolokium Pusat Litbang Jalan dan Jembatan . Bandung 2008.
17. Dong Woo Cho, 2011. Development and Application of Korean WMA Technologies. Proceeding International seminar on the green road construction and international workshop on the vetiver systems; Institute of Road Engineering. Ministry of public works Indonesia.
18. Evoterm
19. Graham C Hurley 1 and Brian D Prowell . Evaluation of potential processes for use in warm mix asphalt, National Center for Asphalt Technology
20. Harian Republik Indonesia 17 – 06 -2010; Majene-Mamasa Mengandung Mineral Zeolit 43 Juta Ton, Didaerah Kabupaten Mamasa Dan Kabupaten Majene
21. Harjono. SUARA MERDEKA Senin, 23 Februari 2004 ; Zeolit, Bahan Pembenh Tanah.
22. Hurley G.C dan Prowel B.D

23. Leadcap Warm Mix Asphalt Pavement Guidelines; 2011; Korea Institute of Construction Technology- KICT; 2011)
24. Leadcap Warm Mix Asphalt Pavement Guidelines; 2011; Korea Institute of Construction Technology- KICT).
25. Lefon.S,J., 1983. Industrial minerals and Rocks (Nonmetallic other than fuels) Inc New York , fifth 5th edition. Vol 2 AIME p 1391 – 1431. Rodhie Saputra; Januari 2006.
26. Mulyanto, B dan Suwardi, 2006 Departmen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB;Email: bdmulyanto@yahoo.com
27. Rodhie Saputra; Januari 2006, Pemanfaatan Zeolit sintesis sebagai alternatif pengolahan limbah Industri.
28. Salem, OR; Fall .The asphalt pavement association of Oregon “warm mix asphalt shows promise for cost reduction, environmental benefit” Centerline, The Asphalt Pavement Association of Oregon,,2003.
29. States Pavement Association Management and Design Conference Southeast Pavement Preservation Partnership Meeting, May 11 – 13, 2009).
30. Stroup – Gardiner,M and C. Lange. Characterization of Asphalt Odors and emissions. Proceedings of the ninth International Conference on Asphalt Pavement, Copenhagen, Denmark, August 2002.
31. U.S Departmen of Transportation Federal Highway Administration. Warm Mix Technologies and Research. www.fhwa.dot.gov/pavement/wma.html.
32. Widayat 2009. Road Map Perkerasan Lentur, Puslitbang Jalan , Kementerian Pekerjaan Umum. Bandung 2009.
33. Zaumanis M (2010), Warm mix asphalt Investigation; Thesis - Master of Science, Riga Technical University, Denmark , 2010.

