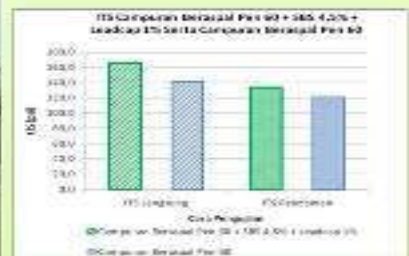
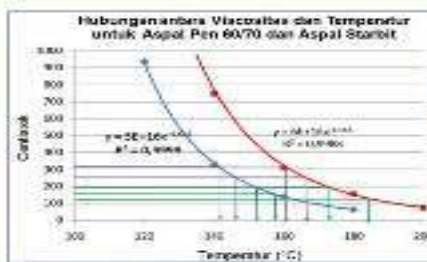


2013

TEKNOLOGI CAMPURAN BERASPAL HANGAT DAN DINGIN



Furqon Affandi



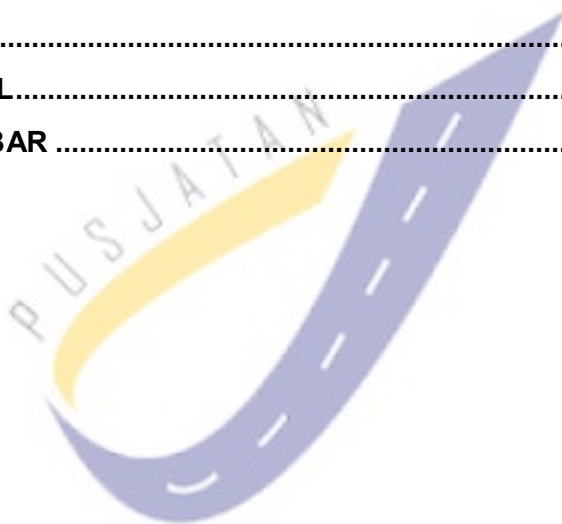
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN

Jl. A.H. Nasution No. 264 P.O BOX 2 Bandung 40294 Indonesia Telp. (022) 7802251 Fax. (022) 7802726 email: pusjatan@pusjatan.pu.go.id

DAFTAR ISI

1	PENDAHULUAN	1
1.1	Latar Belakang	1
2	KAJIAN PUSTAKA	5
2.1	Kajian Pustaka	5
3	HASIL DAN ANALISIS	12
3.1	Hasil Pengujian Aspal dan Aspal yang Ditambah Bahan Tambah	12
3.2	Pengujian agregat	16
3.2.1	Gradasi gabungan agregat untuk campuran beraspal	16
3.3	Sifat Campuran Beraspal dengan Aspal Modifikasi	18
3.4	Campuran Beraspal	19
3.4.1	Campuran Beraspal Dengan Aspal Modifikasi	19
3.4.2	Sifat Campuran Beraspal Lainnya Dengan Aspal Modifikasi ..	25
3.4.2.a	Pengujian Resilient Modulus Campuran Beraspal	25
3.4.2.b	Kuat Tarik Tidak Langsung (Indirect Tensile Strength)	26
3.4.2.c	Ketahanan Terhadap Alur	28
3.4.2.d	Ketahanan Terhadap Pelepasan Butir Dengan Cantabro	29
3.4.2.e	Workability Campuran Beraspal	30
3.4.2.f	Pengujian Ketahanan Campuran Terhadap Fatigue	33
3.4.3	Campuran Beraspal Dengan Aspal Konvensional Pen 60	34
3.4.3.a	Pengujian Resilient Modulus Campuran Beraspal Dengan Aspal Pen 60	37
3.4.3.b	Kuat tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength)	38
3.4.3.c	Ketahanan Terhadap Alur	39
3.4.3.d	Ketahanan terhadap pelepasan butir dengan Cantabro	40
3.4.3.e	Workability Campuran Beraspal	41
3.4.3.f	Pengujian Ketahanan Campuran Terhadap Fatigue	43
3.4.4	Campuran hangat dengan aspal pen 60 yang ditambah bahan tambah SBS dari Korea dan Leadcap	45

3.4.4.a Aspal	45
3.4.4.b Pengujian viskositas aspal	47
3.4.4.c Campuran Beraspal Dengan Aspal Konvensional Pen 60 tambah SBS 4,5% dan leadcap 1%	48
3.4.4.d Pengujian Resilient Modulus Campuran Beraspal Dengan Aspal Pen 60.....	51
3.4.4.e Kuat tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength)	53
3.4.4.f Ketahanan Terhadap Alur	55
3.4.4.g Ketahanan terhadap pelepasan butir dengan Cantabro.....	57
3.4.3.e Workability Campuran Beraspal.....	59
4 LOKASI UNTUK PERCOBAAN LAPANGAN.....	64
4.1 Hasil Survey Dari Lajur Pantura Daerah Pamanukan – Jatibarang.....	64
4.2 Hasil Survey Dari Lajur Antara Ciamis – Banjar.	75
4.3 Hasil survey lokasi Cikampek – Karawang jalur pantura.	78
4.4 Hambatan (Permasalahan).....	82
5 KESIMPULAN.....	83
DAFTAR PUSTAKA	85
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR	iv



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Berbagai hasil percobaan lapangan dari campuran beraspal hangat di berbagai Negara	9
Tabel 3. 1	Hasil Pengujian Aspal Konvensional Pen 60/70	12
Tabel 3. 2	Hasil Pengujian Aspal Modifikasi	13
Tabel 3. 3	Pengujian Aspal Pen 60 Dengan Bahan Tambah SBS 4,5% dan Leadcap 1%	14
Tabel 3. 4	Hasil Pengujian Sifat Sifat Teknis Agregat	17
Tabel 3. 5	Spesifikasi Agregat Gabungan dan Gradasi Agregat Hasil Pencampuran	17
Tabel 3. 6	Persyaratan Gradasi Gabungan untuk Lapisan Aus (<i>Wearing Course</i>)	18
Tabel 3. 7	Persyaratan Campuran Beraspal Untuk Lapisan Aus (<i>Wearing Course</i>)	19
Tabel 3. 8	Hasil Pengujian Wheel Traking Pada Contoh Dengan Aspal Modifikasi Starbit	28
Tabel 3. 9	Nilai Workability Index Untuk Campuran Dengan Aspal Starbit Pada Berbagai Temperatur	32
Tabel 3. 10	Sifat Campuran Beraspal Dengan Aspal Konvensional Pen 60	35
Tabel 3. 11	Hasil pengujian wheel Traking pada contoh dengan aspal pen 60	39
Tabel 3. 12	Pengujian ketahanan geser aspal dengan alat DSR	40
Tabel 3. 13	Sifat Campuran Beraspal Dengan Aspal Konvensional Pen 60+SBS 4,5% +Leadcap 1%	48
Tabel 3. 14	Hasil pengujian wheel Traking pada contoh dengan aspal pen 60	55
Tabel 3. 15	Hasil pengujian wheel Traking pada contoh dengan aspal pen 60 +SBS + Leadcap	56
Tabel 3. 16	Nilai	62
Tabel 4. 1	Hasil Pengujian Kondisi Perkerasan Jalan pada Lajur 1	66
Tabel 4. 2	Hasil Pengujian Kondisi Perkerasan Jalan pada Lajur 2	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	Hubungan Antara Viskositas Dengan Temperatur Aspal Pen 60.....	15
Gambar 3. 2	Hubungan Antara Viskositas Dan Temperatur Untuk Aspal Modifikasi (aspal starbit).....	15
Gambar 3. 3	Perbandingan Viscositas Dengan Temperatur Untuk Aspal Pen 60 dan Aspal Modifikasi Starbit	16
Gambar 3. 4	Kurva Gradasi Agregat untuk Percobaan Campuran Beraspal Hangat.....	18
Gambar 3. 5	Grafik Hasil Pengujian Pertama Marshall Dengan Aspal Modifikasi	21
Gambar 3. 6	Gradasi Untuk Percobaan Campuran Beraspal Dengan Aspal Modifikasi	22
Gambar 3. 7	Gradasi Percobaan Kedua Untuk Percobaan Campuran Beraspal Dengan Aspal Modifikasi	23
Gambar 3. 8	Grafik Hasil Pengujian Percobaan Kedua Dengan Marshall Menggunakan Aspal Modifikasi.....	24
Gambar 3. 9	Hasil pengujian Resilient Modulus pada berbagai temperatur Campuran dengan aspal modifikasi	26
Gambar 3. 10	Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran Beraspal Dengan Aspal Starbit.....	27
Gambar 3. 11	Grafik Perkembangan Alur Terhadap Jumlah Lintasan	28
Gambar 3. 12	Grafik Kehilangan Butir dari Contoh Dengan Aspal Starbit, Secara Langsung dan Yang Telah Mengalami Ageing.	29
Gambar 3. 13	Bentuk Benda Uji Setelah Pengujian Dari Contoh Dengan Aspal Modifikasi Starbit, Yang Langsung (A) Dan Yang Mengalami Ageing Terlebih Dahulu (B)	30
Gambar 3. 14	Hubungan Antara Girasi Dengan Nilai “A” ; Void In Mix; Dan Workability Indek Campuran Beraspal Dengan Starbit.....	32
Gambar 4. 15	Contoh Benda Uji Untuk Pengujian Fatigue	33
Gambar 4. 16	Alat Penguji Fatigue Didalam Lemari Pengatur Temperatur	34
Gambar 4. 17	Grafik hasil pengujian fatigue campuran beraspal dengan aspal Starbit.....	34
Gambar 4. 18	Grafik Pengujian Marshall Untuk Campuran Dengan Aspal Pen 60.....	36

Gambar 4. 19	Hubungan antara Modulus Resilient dengan Temperatur	37
Gambar 4. 20	Grafik kuat tarik tidak langsung (ITS) dan ITSr dari campuran beraspal dengan aspal pen 60.....	38
Gambar 4. 21	Grafik penurunan alur terhadap jumlah lintasan untuk campuran beraspal dengan pen 60	39
Gambar 4. 22	Grafik kehilangan butir dari contoh dengan aspal pen 60	40
Gambar 4. 23	Bentuk Benda Uji Setelah Pengujian Dari Contoh Dengan Aspal Pen 60 yang Diuji Secara Langsung dan yang Mengalami Proses Ageing.....	41
Gambar 4. 24	Hubungan antara jumlah putaran pemadatan (girasi) dengan VIM campuran beraspal pen 60	42
Gambar 4. 25	Nilai “A” Dan Workability Index Campuran Dengan Aspal Pen 60.....	43
Gambar 4. 26	Contoh benda uji untuk pengujian fatik	44
Gambar 4. 27	Alat Penguji Fatigue.	44
Gambar 4. 28	Grafik hasil pengujian fatigue dari campuran beraspal pen 60	45
Gambar 4. 1	Peta Lokasi Jalan Bypass Jatibarang.....	65
Gambar 4. 2	Ruas Jalan By Pass Jatibarang	65
Gambar 4. 3	Hasil Pengujian Ketidakrataan.....	66
Gambar 4. 4	Grafik Hasil Pengujian Alur Pada Lajur 1	71
Gambar 4. 5	Grafik Hasil Pengujian Alur Pada Lajur 2	72
Gambar 4. 6	Hasil Pengujian Lendutan Dengan Alat Deflectometer.	72
Gambar 4.7 a	AMP di Sewo, untuk rencana percobaan	73
Gambar 4.7 b	Agregat yang ada di Sewo.....	73
Gambar 4.7 c	Fasilitas Pemasukan agregat ke cold bin	74
Gambar 4.7 d	Pengisian truk dari pugmil.	74
Gambar 4.7 e	Fasilitas Peralatan Loader	74
Gambar 4.7 f	Lubang Untuk Pemasukan Bahan Tambah Ke Pugmil.....	74
Gambar 4.7 g	Fasilitas Penimbangan Truk Berisi Campuran Beraspal ..	74
Gambar 4.7 h	Peralatan Marshall	74
Gambar 4.7 i	Alat Laboratorium Lapangan di Sewo.....	75
Gambar 4.7 j	Alat Pengeluaran Contoh Dari Mold	75
Gambar 4. 8	Peta Lokasi Ruas Jalan Banjar – Ciamis, Jawa Barat	76
Gambar 4. 9	Kondisi jalan antara Ciamis Banjar (Taman Wisata Ciungwanara).....	76
Gambar 4. 10	AMP di Tasikmalaya milik PT Tri Mukti	77
Gambar 4. 11	AMP milik BBPJV di Ciamis	78

Gambar 4. 12	Lokasi Ruas Jalan Joming – Karawang	80
Gambar 4. 13	Kondisi Segmen Jalan Km 97 JKT	80
Gambar 4. 14	Kondisi Segment Jalan Km 86 JKT	80
Gambar 4. 15	AMP PT KADI.....	81
Gambar 4. 16	Agregat yang tersedia di AMP PT KADI.....	81
Gambar 4. 17	Fasilita slaboratorium di PT KADI	82



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 (Marbun, J. 2012)

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 2,4 juta ton (Kolokium Puslitbang Jalan dan Jembatan, Juni 2013). Keperluan aspal tersebut didapat dari produksi nasional sebanyak 700.000 ton pertahunnya yang berupa aspal pen 60, sedang sisanya didapat dengan melakukan import (Affandi 2011) juga dengan jenis aspal pen 60. Untuk memenuhi keperluan aspal bagi lalu lintas berat, telah diproduksi aspal modifikasi didalam negeri yang berasal dari aspal pen 60 dengan bahan tambah yang sesuai, seperti Starbit, JAP dan sebagainya. 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 $(100/6) \times 2,4$ juta ton = 40 juta ton campuran beraspal panas.

Kondisi alam Indonesia yang terletak didaerah tropis, dengan temperature udara yang cukup panas, disertai dengan beban lalu lintas yang cukup berat di banyak ruas ruas jalan strategis seperti jalur Pantura maupun Jalintim , 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 (Spesifikasi umum jalan dan jembatan 2010 rev 2).

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 baru mulai dikembangkan dalam tahap percobaan laboratorium dan percobaan lapangan sejak tahun 2011, yang masih terbatas untuk lalu lintas sedang dengan menggunakan aspal pen 60 (Affandi 2012). Persoalan penghematan penggunaan bahan bakar bahkan sampai mencari alternative pengganti bahan bakar tengah diupayakan, misalnya dengan penggunaan bahan bakar batubara, namun

masih banyak ditemukan kendala, baik dalam kualitas batu bara yang dipergunakan maupun kualitas campuran beraspalnya.

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. Jenis penggunaan bahan tambah tersebut umumnya hanya untuk menurunkan temperature pencampuran dan pemadatan, tanpa merubah sifat aspal ataupun sifat teknis campuran beraspalnya dibandingkan dengan campuran yang sama tanpa bahan tambah tersebut.



2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

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 temperature pemadatan viskositas aspalnya antara 280 ± 30 cSt (Asphalt Institute, mix design 1993; (AASHTO SMA , ASTM Matrix Asphalt Dam Open Graded).

Penggunaan viskositas aspal sebagai pedoman untuk menentukan temperature pencampuran dan pemadatan, hanya berlaku untuk aspal keras biasa dan aspal modified, tetapi hal ini tidak cocok bila digunakan untuk aspal yang ditambah bahan tambah untuk campuran beraspal hangat (Zumanis 2010).

Affandi (2012) juga menyampaikan grafik hubungan antara viskositas dan temperature dari aspal keras dan aspal keras yang ditambah bahan untuk campuran hangat, hampir berimpit, sehingga tidak terlihat perbedaan temperature pencampuran dan pemadatan bila menggunakan batasan viskositas seperti yang disampaikan Asphalt Institute diatas, padahal campuran beraspal hangat apat dicampur dan dipadatkan pada temperature 30°C lebih rendah dari campuran beraspal panas, dan masih memberikan rongga dalam campuran beraspal (Void in Mix) yang sama. Karena itu penentuan temperature pencampuran dan pemadatan campuran beraspal hangat sebaiknya menggunakan dasar kepadatan atau rongga dalam campuran, yang sama dengan aspal campuran beraspal panas (Zumanis 2010; Affandi 2012)

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 temperature yang lebih rendah tetapi tetap dapat menjaga kemudahan kerja (*workability*) yang diperlukan sehingga dapat dihampar dan dipadatkan dengan baik (Gierhart, D; 2009).

Salah satu klasifikasi Campuran Beraspal Hangat (CBH) ialah berdasarkan pengurangan temperature pencampuran, dimana campuran beraspal panas diklasifikasikan bila temperature 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 temperature 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.

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 temperature 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 telah mencari alternative campuran beraspal untuk mereduksi penggunaan bahan bakar dan emisi buangnya, karena Korea setiap tahun memproduksi campuran beraspal panas, yang dicampur pada suhu temperature 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. (Doong Woo Cho, 2011)

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

temperature pencampuran dan pemadatan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1 dibawah ini.

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

Negara	Portugal	Italy	Jepang	Amerika Serikat	Thailand	Cina
Cuaca	9-2010 Gugur	11-2010 Akhir Gugur	12-2010 Dingin	8-2011 Panas	9-2011 Panas	9-2011 Gugur
Type campuran	Gradasi Rapat	Gradasai 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.

Jenis Leadcap untuk campuran beraspal hangat ini, ada dua macam, yaitu Leadcap C-64 dan Leadcap C-70. Perbedaan dari kedua jenis bahan

tambah ini ialah, Leadcap C-64 hanya bisa menurunkan temperatur pencampuran dan pemadatan dari suatu campuran beraspal, tanpa merubah grade dari aspal aslinya. Sedangkan Leadcap C-70 selain menurunkan temperatur pencampuran juga bisa meningkatkan sifat aspal aslinya, dimana aspal yang semula termasuk kelas aspal PG 64-22 menjadi kelas aspal PG 70-22 setelah ditambah Leadcap C-70. (LEADCAP Warm Mix Asphalt Pavement Guidelines 2011. Korea Institut Of Construction Technology.

Penambahan dengan Leadcap C – 70 yang bisa meningkatkan kelas aspal dari PG 64-22 menjadi PG 70 - 22, menunjukkan penambahan ini meningkatkan ketahanan terhadap temperatur yang lebih tinggi dan juga bisa digunakan untuk lalu lintas yang lebih berat. (Asphalt Institute – Superpave Series No 2 (SP2) 1996).

Spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan (2010 revisi 2), Kementerian Pekerjaan Umum mensyaratkan sifat aspal modified untuk lalu lintas berat mempunyai titik lembek minimum 54°C dan campuran beraspalnya harus mempunyai ketahanan terhadap alur yang disyaratkan dengan nilai Dynamic Stability minimum 2500 lintasan/mm. Sedangkan untuk lalu lintas sedang dan rendah, yang menggunakan aspal pen 60, persyaratan titik lembek minimumnya hanya 48°C serta tidak ada persyaratan Dynamic Stability pada campuran beraspalnya.

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).

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)



3 HASIL DAN ANALISIS

3.1 Hasil Pengujian Aspal dan Aspal yang Ditambah Bahan Tambah

Pengujian aspal dilakukan pada aspal pen 60/70 tanpa dan dengan bahan tambah serta aspal modifikasi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1 Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 .

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	66	60 - 70	dmm
2.	Viskositas pada 135°C	SNI 06-6441-2000	424	≥ 300	cSt
3.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	49,2	≥ 48	°C
4.	Indeks penetrasi	-	-0,7371	≥ -1,0	-
5.	Daktilitas pada 25 °C, 5 cm / menit	SNI 06-2432-1991	> 140	≥ 100	Cm
6.	Titik nyala (COC)	SNI 06-2433-1991	334	≥ 232	°C
7.	Kelarutan dalam C ₂ HCl ₃	SNI 06-2438-1991	99,2592	≥ 99	%
8.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1,0377	≥ 1,0	-
9.	Kehilangan berat (TFOT)	SNI 06-2440-1991	0,0214	≤ 0,8	%
10.	Penetrasi setelah TFOT	SNI 06-2456-1991	86,4	≥ 54	%
11.	Titik lembek setelah TFOT	SNI 06-2434-1991	51,7	-	°C
12.	Daktilitas setelah TFOT	SNI 06-2432-1991	> 140	≥ 100	Cm
13.	Indeks penetrasi setelah TFOT	-	-0,4712	≥ -1,0	-
14.	Kadar parafin	SNI 03-3639-1994	-	≤ 2	%
15.	Perkiraan suhu pencampuran	ASSHTO-72-1990	153-159	-	°C
16.	Perkiraan suhu pemadatan	ASSHTO-72-1990	141-146	-	°C
17.	Uji bintik dengan Heptane - Xylene	SNI-03-6885-2002	-	Negatif	-
18.	Keelastisan setelah pengembalian	AASHTO T 301-98	7	-	%
19.	Perbedaan titik lembek setelah stabilitas penyimpanan	ASTM D 5976 part 6.1		-	-

Tabel 3. 2 Hasil Pengujian Aspal Modifikasi

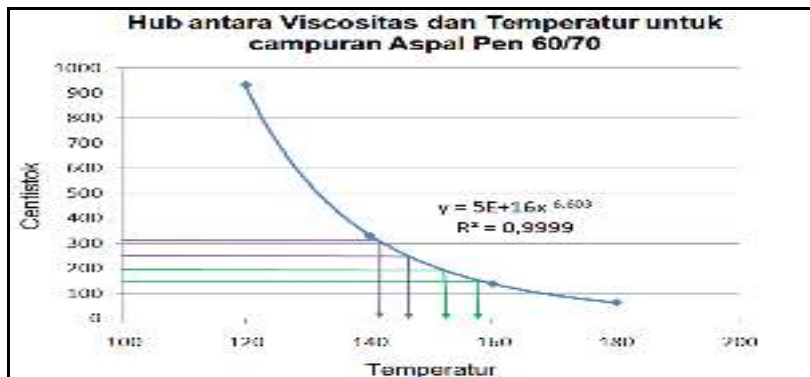
No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi*)	Satuan
1.	Penetrasi pada 25 °C, 100 g, 5 detik	SNI 06-2456-1991	65,7	Min. 40	dmm
2.	Viskositas pada 135 °C	SNI 06-6441-2000	-	≤ 3000	cSt
3.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	61,3	≥ 54	°C
4.	Indeks penetrasi	-	2,0241	≥ 0,4	-
5.	Daktilitas pada 25 °C, 5 cm / menit	SNI 06-2432-1991	>140	≥ 100	Cm
6.	Titik nyala (COC)	SNI 06-2433-1991	312	≥ 232	°C
7.	Kelarutan dalam C ₂ HCL ₃	SNI 06-2438-1991	99,8566	≥ 99	%
8.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1,0334	≥ 1,0	-
9.	Kehilangan berat (RTFOT)	SNI 03-6835-2002	0,0086	≤ 0,8	%
10.	Penetrasi setelah RTFOT	SNI 06-2456-1991	84,2	≥ 54	%
11.	Titik lembek setelah RTFOT	SNI 06-2434-1991	64,0	-	°C
12.	Daktilitas setelah RTFOT	SNI 06-2432-1991	>140	-	Cm
13.	Indeks penetrasi setelah RTFOT	-	2,0482	≥ 0,4	-
14.	Kadar Parafin				
15.	Perkiraan suhu pencampuran	ASSHTO-72-1990	172-177	-	°C
16.	Perkiraan suhu pemadatan	ASSHTO-72-1990	160-165	-	°C
17.	Uji bintik dengan Hephtane - Xylene	SNI-03-6885-2002	-	-	-
18.	Keelastisan setelah pengembalian	AASHTO T 301-98	75	≥ 60	%
19.	Perbedaan titik lembek setelah stabilitas penyimpanan	ASTM D 5976 part 6.1	0,6	≤ 2,2	°C

Tabel 3. 3 Pengujian Aspal Pen 60 Dengan Bahan Tambah SBS 4,5% dan Leadcap 1%

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian			Spesifikasi*	Satuan
1.	Penetrasi pada 25 °C, 100 g, 5 detik	SNI 06-2456-1991				Min. 40	dmm
2.	Viskositas pada 135°C	SNI 06-6441-2000				≤ 3000	cSt
3.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991				≥ 54	oC
4.	Indeks penetrasi	-				≥ 0,4	-
5.	Daktilitas pada 25 °C, 5 cm / menit	SNI 06-2432-1991				≥ 100	Cm
6.	Titik nyala (COC)	SNI 06-2433-1991				≥ 232	oC
7.	Kelarutan dalam C ₂ HCl ₃	SNI 06-2438-1991				≥ 99	%
8.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991				≥ 1,0	-
9.	Kehilangan berat (TFOT)	SNI 06-2440-1991				≤ 0,8	%
10.	Penetrasi setelah TFOT	SNI 06-2456-1991				≥ 54	%
11.	Titik lembek setelah TFOT	SNI 06-2434-1991				-	°C
12.	Daktilitas setelah TFOT	SNI 06-2432-1991				-	Cm
13.	Indeks penetrasi setelah TFOT	-				≥ 0,4	-
14.	Kadar parafin	SNI 03-3639-1994					%
15.	Perkiraan suhu pencampuran	ASSHTO-72-1990				-	°C
16.	Perkiraan suhu pemadatan	ASSHTO-72-1990				-	°C
17.	Uji bintang dengan Heptane - Xylene	SNI-03-6885-2002				-	-
18.	Keelastisan setelah pengembalian	AASHTO T 301-98				≥ 60	%
19.	Perbedaan titik lembek setelah stabilitas penyimpanan	ASTM D 5976 part 6.1				≤ 2,2	-

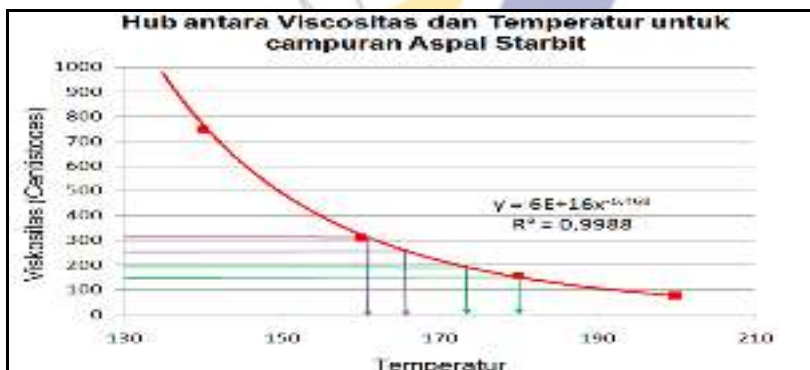
Hasil pengujian viskositas untuk menentukan temperatur pencampuran dan pemadatan diperlihatkan pada Gambar 4.1. Temperatur pencampuran didapat berdasarkan viskositas antara 170 ± 20 CSt sedangkan untuk temperatur pemadatan diambil pada viskositas antara 280 ± 30 CSt sesuai dengan ketentuan pada Asphalt Institut MS 2 yang selama ini dipergunakan.

Grafik tersebut memperlihatkan bahwa garis tersebut memberikan temperatur pencampuran antara 153°C sampai 159°C dan temperatur pemadatan antara 141°C sampai 146°C.

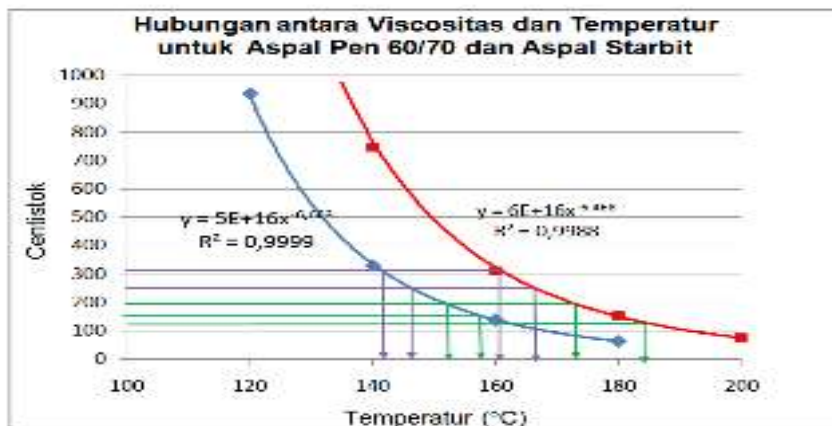


Gambar 3. 1 Hubungan Antara Viskositas Dengan Temperatur Aspal Pen 60

Hubungan antara viskositas dan temperatur pada aspal modifikasi memberikan temperatur pencampuran dan pemadatan masing masing sebesar 172°C sampai 177°C dan 160°C sampai 165°C, seperti dapat dilihat pada Gambar 4.2 serta kalau dibandingkan dengan grafik viskositas aspal pen 60, terlihat grafik hubungan viskositas dan temperatur aspal modified mempunyai jarak yang cukup jauh, sebagaimana terlihat pada Gambar 4.3. Perbedaan temperatur pencampuran antara aspal pen 60 dan aspal modifikasi sekitar 18°C dan untuk pemadatan sekitar 19°C.



Gambar 3 2 Hubungan Antara Viskositas Dan Temperatur Untuk Aspal Modifikasi (aspal starbit)



Gambar 3. 3 Perbandingan Viscositas Dengan Temperatur Untuk Aspal Pen 60 dan Aspal Modifikasi Starbit

Untuk melihat pengaruh bahan tambah 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 modifikasi Selanjutnya sifat campuran tersebut dibandingkan dengan persyaratan campuran yang ditentukan.

3.2 Pengujian agregat

Pengujian agregat dilakukan terhadap tiga macam agregat, yaitu agregat kasar, sedang dan agregat halus, yang ke tiga nya diambil dari sumber yang sama yaitu dari daerah Sewo – Cirebon. Hasil pengujian sifat sifat teknis agregat disajikan pada Tabel 4.4

3.2.1 Garadasi gabungan agregat untuk campuran beraspal

Untuk percobaan laboratorium dilakukan pengujian Marshall dengan berbagai kadar aspal. 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 revisi 2. Adapun batas gradasi agregat dan gradasi

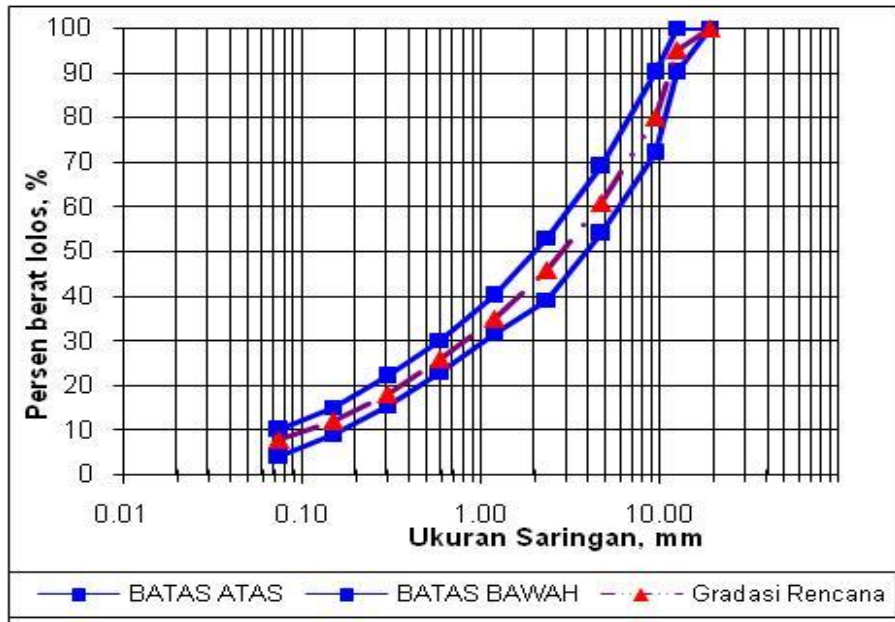
agregat gabungan alah sebagai mana terlihat pada Tabel 4.5 dan gambar 4.4.

Tabel 3. 4 Hasil Pengujian Sifat Sifat Teknis Agregat

No	Jenis pengujian	Metode Pegujian	Jenis pengujian				Spec	Satuan
			Agregat Kasar	Agregat Sedang I	Agregat Sedang II	Agregat Halus		
1	Abrasi	SNI 03-2417-1991	16,60	-	-	-	Max 30 & 40	%
2	Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	-	-	-	69,0	Min 50 & 70	%
3	Berat jenis	SNI 03-1969-2008						
	<i>bulk</i>		2,656	2,667	2,673	2,642		-
	<i>SSD</i>		2,692	2,702	2,704	2,697		-
	<i>apparent</i>		2,755	2,764	2,760	2,795		-
4	Penyerapan	SNI 031969-2008	1,355	1,315	1,179	2,072	Max 3	%
5	Angularity Halus	SNI 03-6877-2002	-		-	45,56	Min 45	%
6	Angularity Kasar	ASTM D 5821-01	100/100	100/100	100/100	-	Min 95/90	%
7	Kelekatan	SNI 03-2439-1991	-		95 +	-	Min 95	%
8	Partikel Pipih dan lonjong	RSNI T-01-2005	2,0	0,0	-	-	Max 10	%
9	Soundness	SNI 03-3407-1994	1,31	0,85	0,37	5,59	Max 12	%
10	Material lolos # 200	SNI 03-4142-1996						
	Agregat kasar		0,9	2,5			Max 1	%
	Agregat halus				2,1	9,4	Max 8	%
11	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990						
	3/4"		100,0	100,0				
	1/2"		67,1	99,5	100,0			%
	3/8"		28,2	96,9	95,5	100,0		%
	# 4		4,5	29,1	21,0	98,3		%
	# 8		3,1	8,1	6,4	71,7		%
	# 16		2,4	5,4	4,8	48,5		%
	# 30		2,0	4,3	4,1	34,2		%
	# 50		1,5	3,6	3,4	23,2		%
	# 100		1,1	2,9	2,8	16,1		%
	# 200		0,8	2,1	2,1	10,7		%

Tabel 3. 5 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 150	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



Gambar 3. 4 Kurva Gradasi Agregat untuk Percobaan Campuran Beraspal Hangat

3.3 Sifat Campuran Beraspal dengan Aspal Modifikasi

Adapun batasan gradasi agregat yang dipergunakan dalam campuran tersebut, sesuai dengan apa yang terlihat pada Tabel 4.6.

Tabel 3. 6 Persyaratan Gradasi Gabungan untuk Lapisan Aus (*Wearing Course*)

Saringan	Ukuran saringan									
ASTM	¾"	½"	3/8"	No 4	No.8	No.16	No.30	No 50	No 150	No 200
(mm)	19	12.5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0.150	0.075

Berdasarkan hasil pengujian agregat yang telah dilakukan, sebagaimana disajikan pada Tabel 3.4, hasil untuk perencanaan gradasi campuran ditunjukkan pada Gambar 4.4 baik untuk campuran dengan aspal modifikasi, aspal pen 60 maupun aspal pen 60 yang ditambah bahan tambah.

3.4 Campuran Beraspal

Sifat campuran beraspal mengacu pada spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum, Bina Marga 2010, untuk lapisan aus (*wearing course*) seperti disajikan pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 7 Persyaratan Campuran Beraspal Untuk Lapisan Aus (*Wearing Course*).

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Kadar aspal efektif (%)		4,3	4	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2		
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽¹⁾
Rongga dalam campuran (%) ⁽²⁾	Min.	3,5		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	1000		2250 ⁽¹⁾
	Maks.	-		-
Pelelehan (mm)	Min.	3		4,5 ⁽¹⁾
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	300		350
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽³⁾	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁴⁾	Min.	2,0		
Stabilitas dinamis (lintasan/mm)	Min	2500		

3.4.1 Campuran Beraspal Dengan Aspal Modifikasi

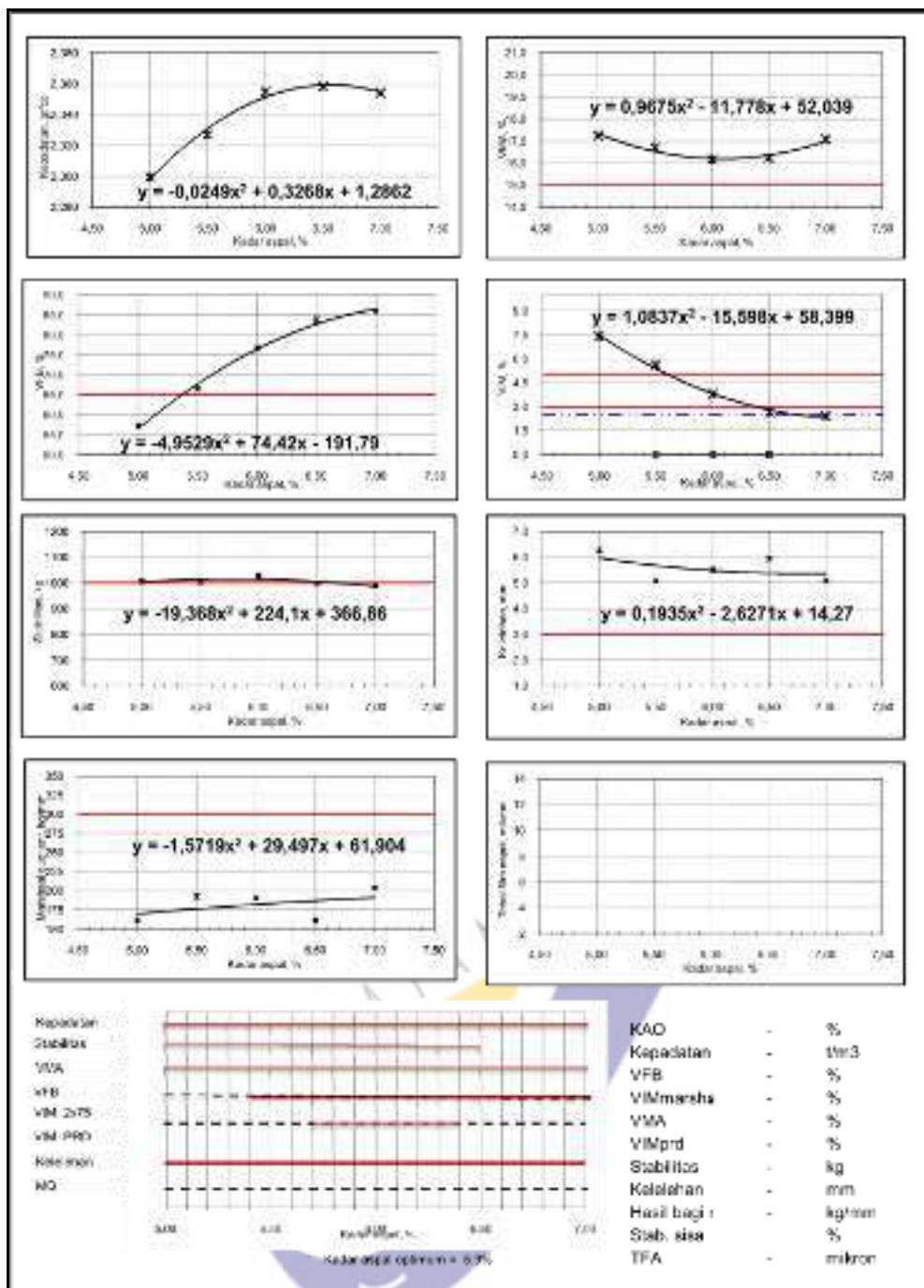
Dalam rangka mengkaji campuran beraspal hangat dengan bahan tambah yang diharapkan sama atau lebih baik dari campuran dengan aspal modifikasi, terlebih dahulu membuat campuran beraspal dengan aspal

modifikasi tersebut yang mengacu kepada spesifikasi jalan dan jembatan kementerian Pekerjaan Umum 2010 revisi 2.

Gradasi agregat yang digunakan, pertama tama diambil dengan gradasi yang memenuhi ketentuan gradasi sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4.5 yang selanjutnya dilakukan percobaan Marshall dengan kadar aspal mulai dari 4,5% ; 5.0% 5,5%; 6.0 %; 6,5% untuk melihat sifat campuran beraspal tersebut serta mendapatkan kadar aspal optimumnya. Untuk percobaan pertama ini, digunakan gradasi seperti terlihat pada Gambar 3.5.

Hasil pengujian Marshall dengan aspal modifikasi dengan gradasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7.

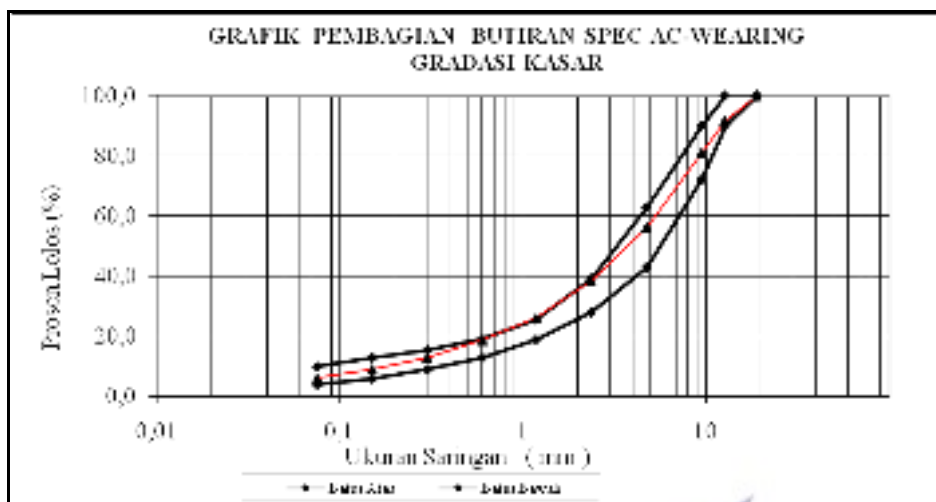




Gambar 3. 5 Grafik Hasil Pengujian Pertama Marshall Dengan Aspal Modifikasi

Dari gambar tersebut, terlihat bahwa persyaratan stabilitas, Marshall Quotient, Flow, VIM sesuai dengan persyaratan campuran, tidak bisa dipenuhi oleh campuran tersebut.

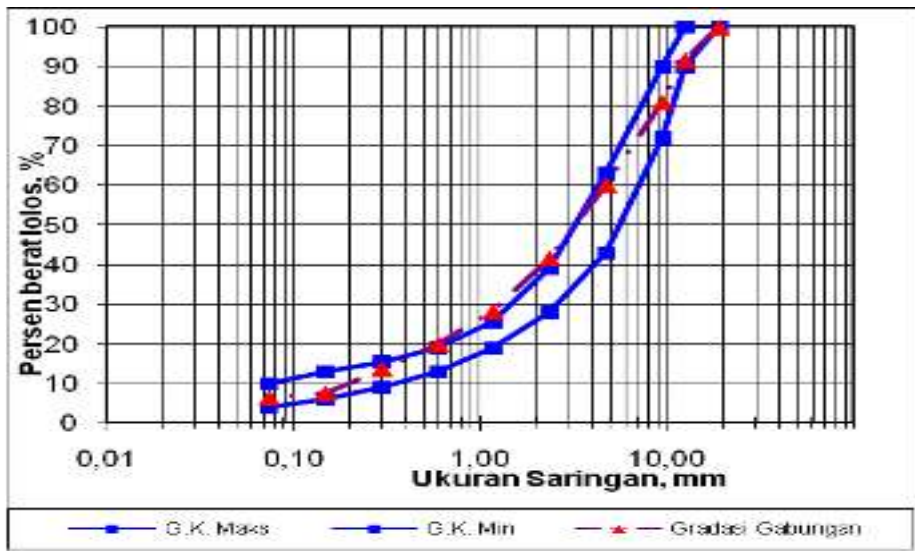
Karena sifat campuran beraspal dengan gradasi ideal sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.5 dan hasilnya pada Gambar 3.7, maka dilakukan pengujian ulang dengan melakukan perubahan gradasi sesuai gambar 3.6



Gambar 3. 6 Gradasi Untuk Percobaan Campuran Beraspal Dengan Aspal Modifikasi

Hasil pengujian Marshall, untuk campuran beraspalnya, menunjukkan bisa memenuhi spesifikasi yang diinginkan, tetapi nilai kelelehannya (flow) sangat tinggi, mendekati batas atasnya.

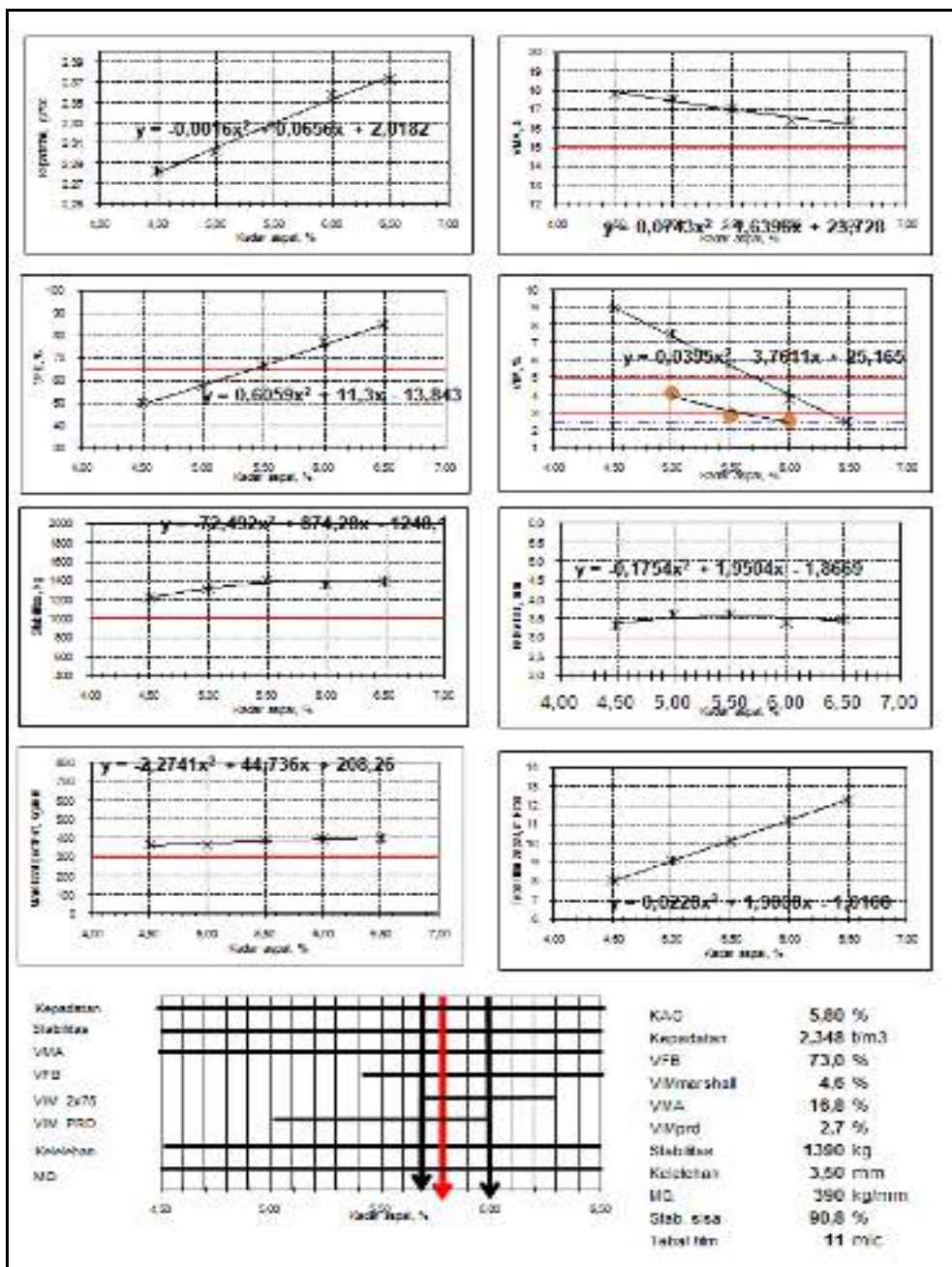
Selanjutnya dilakukan lagi percobaan lagi dengan gradasi kedua yang berbeda dengan gradasi yang ditunjukkan pada gambar 3.6 yang ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 7 Gradasi Percobaan Kedua Untuk Percobaan Campuran Beraspal Dengan Aspal Modifikasi

Hasil pengujian campuran beraspal dengan menggunakan gradasi 2 dan aspal modifikasi diperlihatkan pada Gambar 3.9





Gambar 3. 8 Grafik Hasil Pengujian Percobaan Kedua Dengan Marshall Menggunakan Aspal Modifikasi

Dari Gambar 3.8 terlihat pula bahwa sifat campuran tersebut, bisa memenuhi ketentuan campuran yang disyaratkan sesuai spesifikasi umum

pekerjaan jalan dan Jembatan 2010 revisi 2, untuk lalu lintas berat. Berdasarkan hasil kedua percobaan tersebut, percobaan tetap menggunakan persyaratan sifat campuran yang telah ditentukan, tetapi gradasi yang dipergunakan tidak memenuhi sepenuhnya batasan gradasi yang ada, namun masih mendekati batasan gradasi tersebut, yaitu gradasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7

Gradasi yang dipergunakan, ialah gradasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.7 dimana terlihat gradasi pada ukuran butir antara 0,6 mm dan 2,5 mm keluar dari batasan yang ditentukan pada spesifikasi jalan dan jembatan Kementerian Pekerjaan Umum 2010 revisi 2. Hasil percobaan Marshall dari campuran beraspal dengan gradasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.8 dengan aspal modifikasi ditunjukkan pada Gambar 3.9

Dari hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa semua persyaratan campuran beraspal yang ditentukan dapat dipenuhi, dengan kadar aspal optimum sebesar 5,8%. Selanjutnya gradasi dan kadar aspal sebesar 5,8 % tersebut dipergunakan untuk pengkajian kinerja lainnya dari campuran tersebut, seperti ketahanan terhadap alur, ketahanan terhadap pelepasan butir (Cantabro test), ketahanan terhadap pengaruh air dengan metoda kuat tarik tak langsung(ITR), Modulus Resilient.

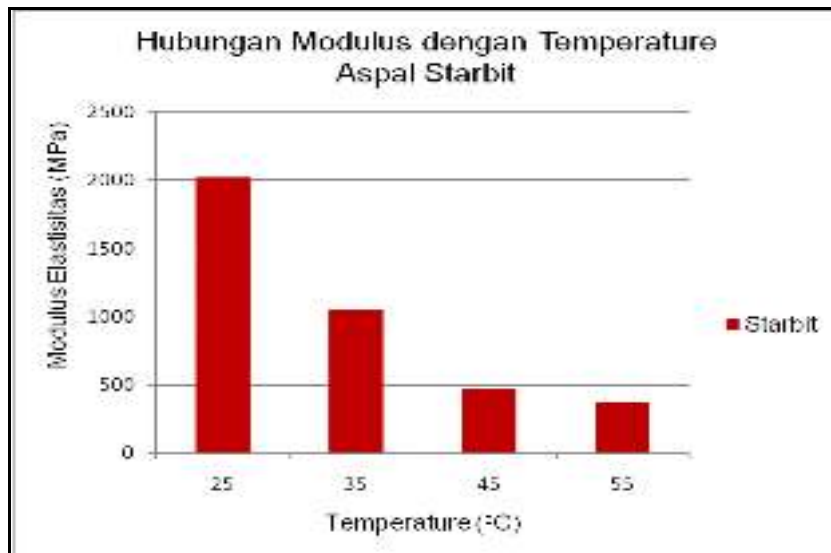
3.4.2 Sifat Campuran Beraspal Lainnya Dengan Aspal Modifikasi

Pengujian ini dilakukan untuk melihat sifat campuran beraspal dengan aspal modifikasi, yang meliputi pengujian pengujian modulus dengan alat UMMATA, pengujian ketahanan terhadap air dengan menggunakan ITS (AASHTO T 283), pengujian ketahanan terhadap pelepasan butir, pengujian ketahanan terhadap alur (Japan Road Association 1998), pengujian ketahanan terhadap beban berulang atau fatigue (AASHTO T 321).

3.4.2.a Pengujian Resilient Modulus Campuran Beraspal

Pengujian resilient Modulus, dilakukan pada contoh yang menggunakan aspal modifikasi dengan gradasi yang telah disesuaikan yang dicampur dan dipadatkan pada temperatur berdasarkan viskositas, yaitu temperatur 175°C

untuk pencampuran dan temperatur 163°C untuk pemadatan, dengan menggunakan alat UMMATA. Pengujian dilakukan pada temperatur 25°C, 35°C; 45°C dan 55°C dimana hasilnya dapat dilihat pada gambar 5.10



Gambar 3. 9 Hasil pengujian Resilient Modulus pada berbagai temperatur Campuran dengan aspal modifikasi

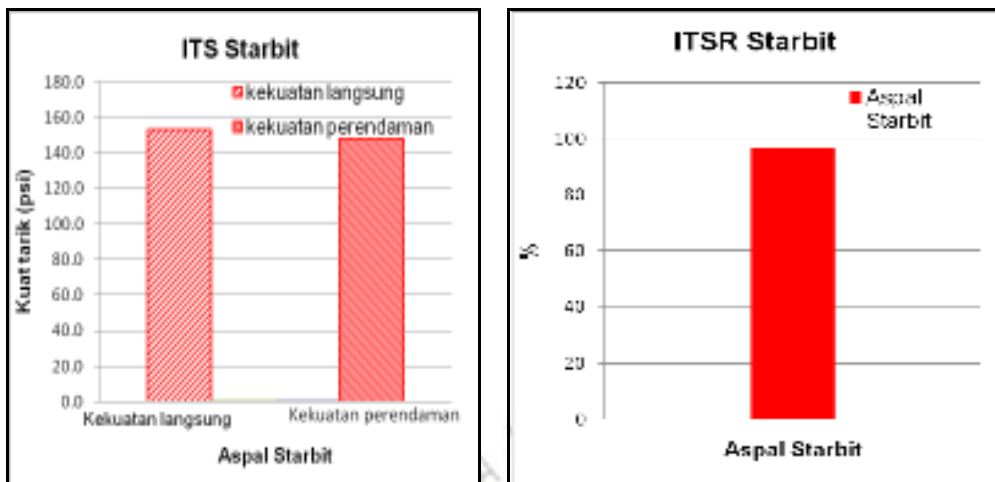
Besar modulus pada temperatur pengujian 25°C dari campuran beraspal dengan aspal modifikasi sebesar 2023 Mpa sedangkan pada temperatur 35°C, 45°C, dan 55°C, masing masing sebesar 1050; 474 dan 371 Mpa. Secara kasar kenaikan temperatur pengujian setiap satu derajat celcius, akan menurunkan modulus resiliennya sebesar 55 MPa.

3.4.2.b Kuat Tarik Tidak Langsung (Indirect Tensile Strength)

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 2 x 25; 2 x 50 dan 2 x 75 untuk mendapatkan VIM dalam campuran sebesar 7 ± 0.5 % sesuai dengan ketentuan AASHTO T283.

Hasil pengujian Kuat tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength –ITS) yang langsung dan rendaman diperlihatkan pada gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran Beraspal Dengan Aspal Starbit

Terlihat dari gambar 4.10 tersebut, kuat tarik tidak langsung dari campuran beraspal dengan aspal modifikasi yang diuji pada keadaan langsung sebesar 152 psi, dan yang mengalami rendaman atau pengkondisian, nilai kuat tarik tidak langsungnya lebih rendah yaitu sebesar 149 psi. Nilai kuat tarik tidak langsung sisa (ITSr), yaitu perbandingan antara kuat tarik dari contoh yang diuji setelah mengalami rendaman dan yang langsung, cukup tinggi yaitu sebesar 97 %.

3.4.2.c 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. Benda uji dengan aspal modifikasi ini dicampur dan dipadatkan pada temperatur 175/163 °C Temperatur pengujian dilakukan pada 60°C dengan jumlah lintasan per menit 42. Hasil dari pengujian tersebut diperlihatkan pada Tabel 3.7 dan Gambar 3.11 .

Tabel 3. 8 Hasil Pengujian Wheel Traking Pada Contoh Dengan Aspal Modifikasi Starbit

Waktu (menit)	0	1	5	10	15	30	45	60
Passing	0	21	105	210	315	630	945	1260
Alur (mm)	0,00	1,05	1,59	1,89	2,10	2,53	2,84	3,07
D0 (mm)	2,15							
RD (mm/ lintasan)	0,0153							
DS (lintasan/mm)	2739,1							

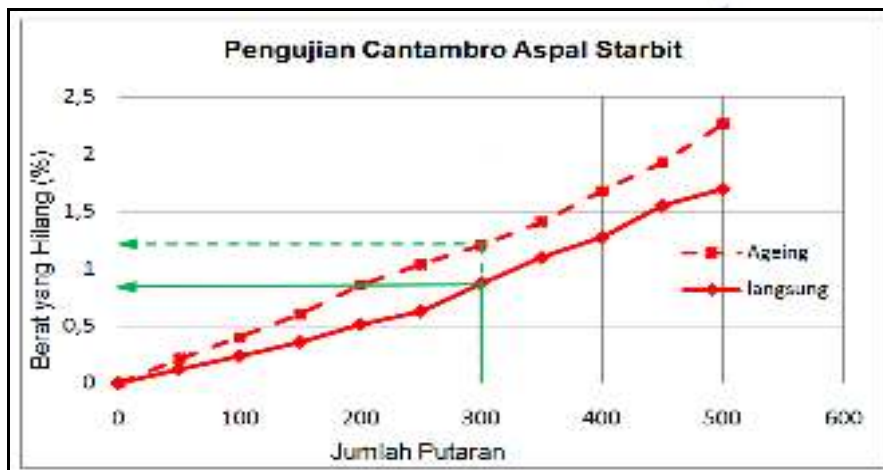


Gambar 3. 11 Grafik Perkembangan Alur Terhadap Jumlah Lintasan

Terlihat dari tabel tersebut nilai stabilitas dinamis nya sebesar 2739 lintasan / mm, yang lebih besar dari persyaratan untuk campuran beraspal dengan aspal modifikasi , yaitu minimum 2500 lintasan / mm.

3.4.2.d 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, yang dilakukan pada pada contoh yang langsung dan setelah pengkondisian *ageing*, dimana untuk contoh yang mengalami pengkondisian, contoh disimpan idalam oven selama 7x 24 jam pada temperatur 60°C . Pelepasan butir dengan metoda ini dinyatakan dengan pelepasan setelah 300 putaran di dalam alat Loss Anggeles Abrassion 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 3.14. Nilai kehilangan butir secara langsung sebesar 0,8% sedang yang mengalami ageing sebesar 1,2 %, sebagai mana ditunjukkan pada gambar 3.14 tersebut.



Gambar 3. 12 Grafik Kehilangan Butir dari Contoh Dengan Aspal Starbit, Secara Langsung dan Yang Telah Mengalami Ageing.

Kondisi dari contoh campuran beraspal dengan aspal starbit, setelah mengalami pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Bentuk Benda Uji Setelah Pengujian Dari Contoh Dengan Aspal Modifikasi Starbit, Yang Langsung (A) Dan Yang Mengalami Ageing Terlebih Dahulu (B)

Terlihat bahwa pelepasan butir dari contoh setelah mengalami ageing, lebih tinggi 0,4 % dari contoh yang diuji secara langsung, tetapi dua duanya masih jauh dibawah ambang batasnya, yaitu 20% untuk pengujian langsung dan 30% untuk pengujian setelah mengalami ageing.

3.4.2.e 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 Cabrerra dan Dixon (1994), dimana dalam sub bab ini, yang akan diuji terlebih dahulu ialah workability campuran beraspal dengan aspal starbit, sebagai nilai pembanding nantinya. Workability dinyatakan dengan nilai Workability Index (WI), dimana 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

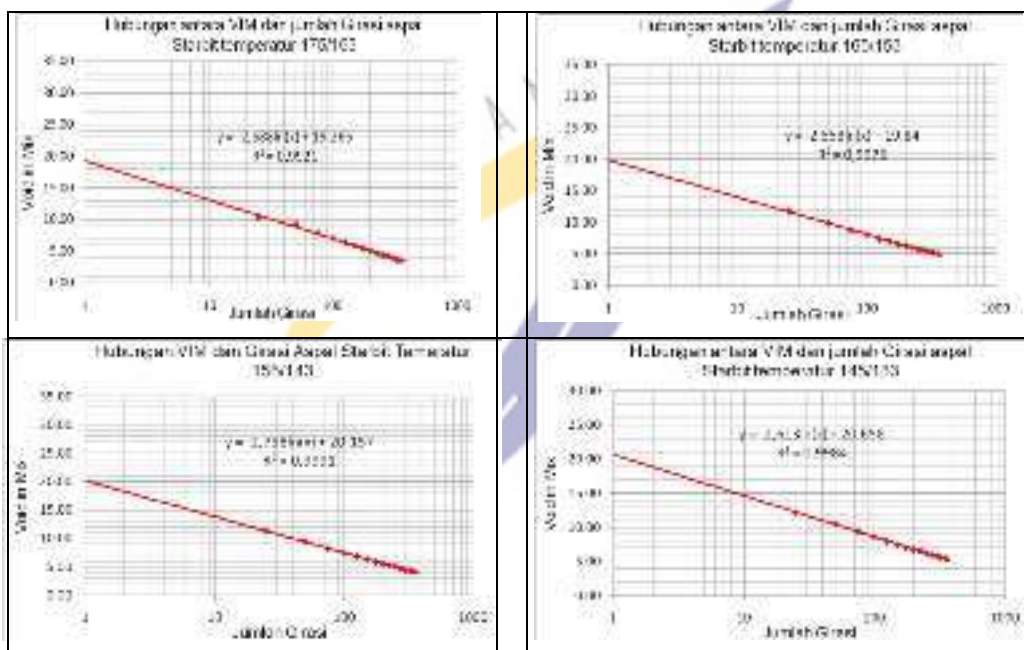
WI = Workability Index

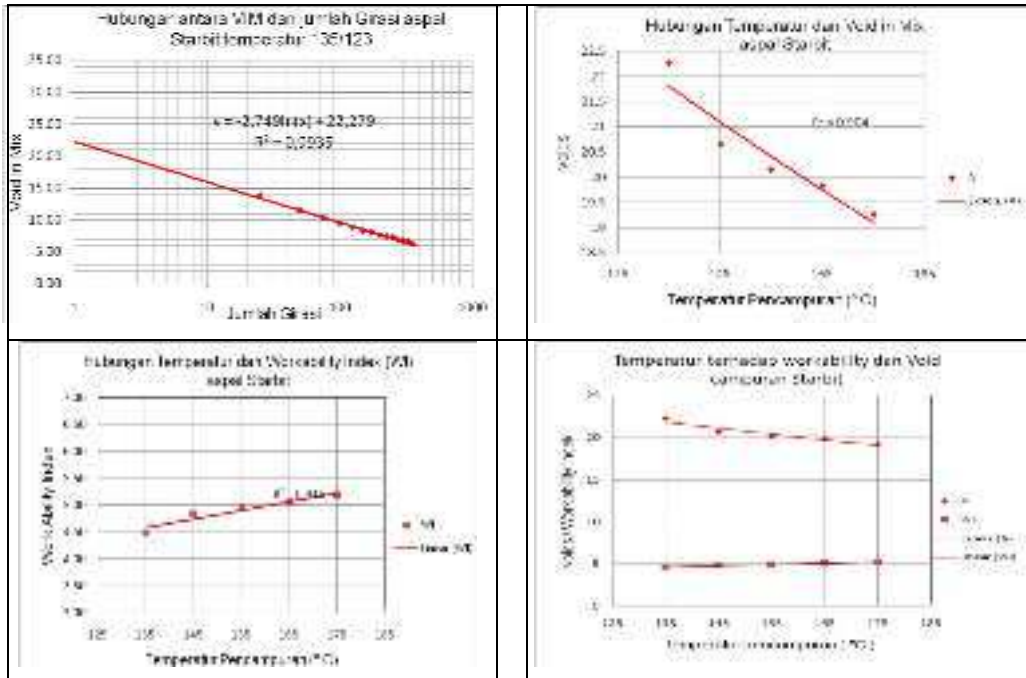
A = garis potong antara garis yang menyatakan rongga hasil pemadatan dengan sumbu tegak (Y)

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 dengan aspal starbit tanpa bahan tambah ini, dilakukan pengujian pada temperatur yang berbeda yaitu pada temperatur 175°C; 165°C; 155°C; 145°C dan 135°C, dimana untuk satu temperatur campuran tertentu dilakukan pengukuran ketinggian benda uji pada setiap jumlah girasi (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 5.16. 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 4.16. Selanjutnya dilakukan hal yang sama untuk berbagai temperatur pemadatan campuran beraspal.





Gambar 3. 14 Hubungan Antara Girasi Dengan Nilai “A” ; Void In Mix; Dan Workability Index Campuran Beraspal Dengan Starbit

Hasil pengujian workability pada berbagai campuran dan berbagai temperatur pencampuran/ pemadatan ditunjukkan pada Tabel 3.9

Tabel 3. 9 Nilai Workability Index Untuk Campuran Dengan Aspal Starbit Pada Berbagai Temperatur.

Temperatur (°C)	A	Workability Index (WI)
175	19,26	5,192
165	19,84	5,040
155	20,15	4,963
145	20,65	4,843
135	22,27	4,490

3.4.2.f 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 wheel 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 dengan aspal starbit pada temperatur 175°C/163°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 Fatigue

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 3.19



Gambar 4. 16 Alat Penguji Fatigue



Gambar 3. 17 Grafik hasil pengujian fatigue campuran beraspal dengan aspal Starbit

Dari gambar 3.17 terlihat bahwa garis fatigue dari campuran beraspal dengan aspal starbit, hanya dilakukan pada tiga titik. Hal ini disebabkan karena pengujian pada regangan awal yang lebih rendah membutuhkan waktu yang sangat lama yang sangat menghawatirkan terhadap ketahanan dari alat tersebut.

3.4.3 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.

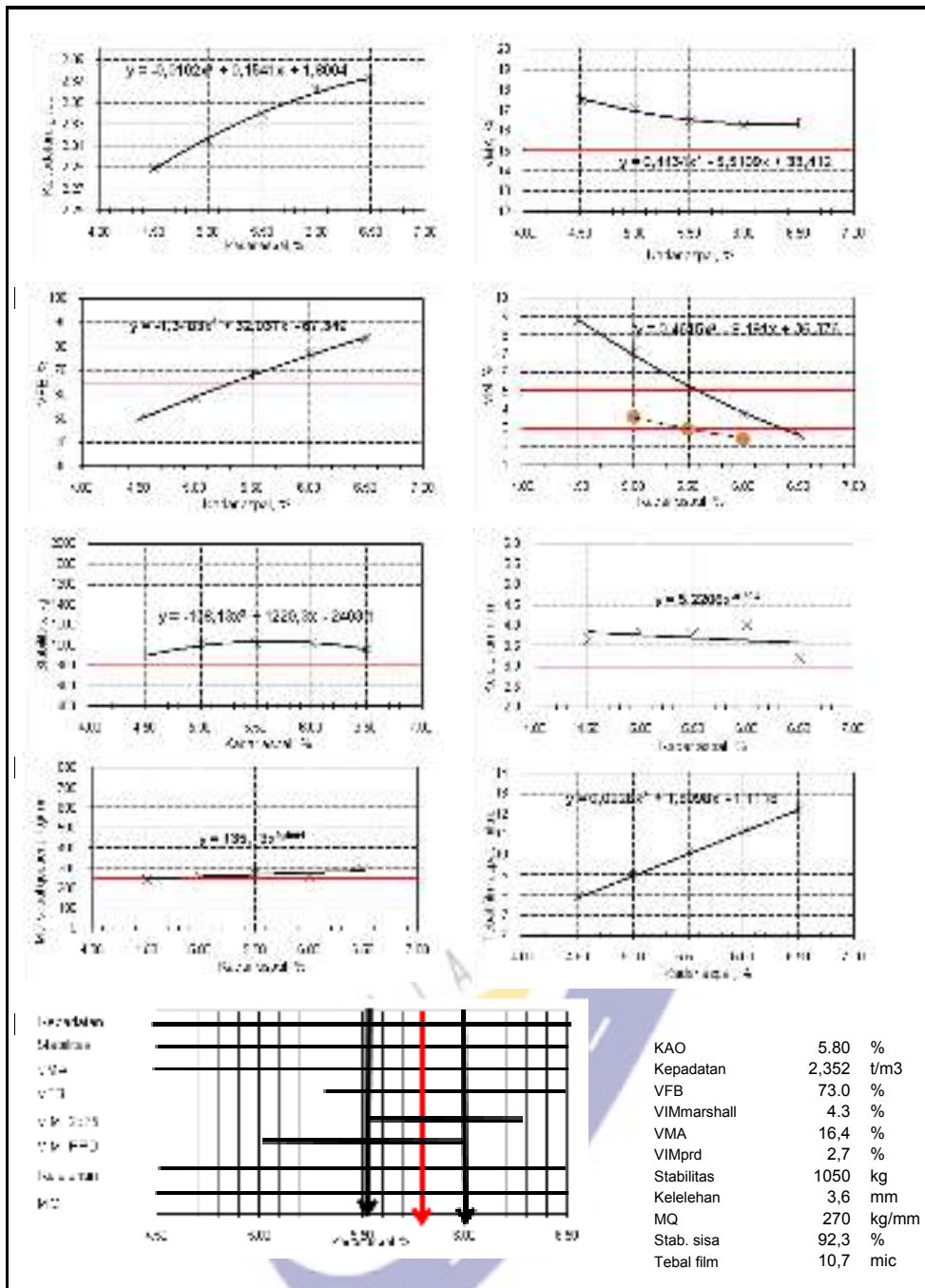
Gradasi yang dipergunakan untuk campuran dengan aspal pen 60, sama dengan gradasi untuk campuran yang menggunakan aspal starbit sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 3.8 Percobaan Marshall dilakukan pada kadar aspal antara 4,5% sampai 6,5% dengan kenaikan setiap 0,5%, yang dilakukan pada temperatur pencampuran 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, 153 – 159 °C sedangkan temperatur pemadatan antara 141 – 146°C dimana ditetapkan untuk percobaan ini suhu pencampuran 156°C dan temperatur pemadatan 144°C. Berdasarkan hasil percobaan Marshall tersebut diperoleh kadar aspal optimum 5.8%, dengan sifat campuran seperti ditunjukkan pada Tabel 3.10.

Tabel 3. 10 Sifat Campuran Beraspal Dengan Aspal Konvensional Pen 60

Marshall Suhu Normal Pengujian Pada KAO	Temperatur pencampuran/pemadatan 156/144 C	Persyaratan
Kadar Aspal (%)	5.8	
Kepadatan (t/m ³)	2.352	-
VMA (%)	16,4	min 15
VIM (%)	43	3.5 - 5.0
VFB (%)	73	min 65
Stabilitas (kg)	1050	min 800
Stabilitas Rendaman (kg)	969,2	-
Persen Stabilitas Sisa (%)	92,3	min 90
Kelelehan (mm)	3.6	min 3
MQ (kg/mm)	270	min 250

Campuran yang dihasilkan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 3.10, memenuhi persyaratan yang ditentukan pada Spesifikasi Umum seperti yang dicantumkan pada kolom disebelahnya.

Grafik hasil pengujian Marshall disajikan pada Gambar 3.18.



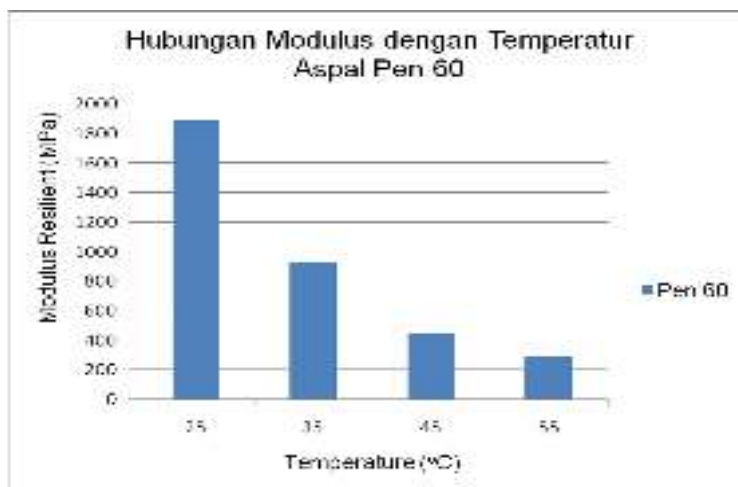
Gambar 3. 18 Grafik Pengujian Marshall Untuk Campuran Dengan Aspal Pen 60

Selanjutnya campuran beraspal dengan aspal pen 60 tersebut, diuji sifat sifat campurannya seperti ketahanan terhadap pelepasan butir, ketahanan

terhadap pengaruh air (kuat tarik tidak langsung), kemudahan kerja (*workability*), ketahanan terhadap alur (*wheel tracking test*), modulus dan ketahanan terhadap beban berulang (*fatigue*).

3.4.3.a Pengujian Resilient Modulus Campuran Beraspal Dengan Aspal Pen 60

Pengujian resilient Modulus, dilakukan pada contoh yang menggunakan aspal aspal pen 60 dengan gradasi yang sesuai serta dicampur dan dipadatkan pada temperatur berdasarkan viskositas, yaitu temperatur 156°C untuk pencampuran dan temperatur 144°C untuk pemadatan, dengan menggunakan alat UMMATA. Pengujian dilakukan pada temperatur 25°C, 35°C; 45°C dan 55°C dimana hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3. 19 Hubungan antara Modulus Resilient dengan Temperatur

Modulus campuran beraspal dengan aspal pen 60, berkisar antara 1890 sampai 296 MPa, untuk temperatur pengujian antara 25°C sampai 55°C. Kecepatan penurunan modulus akibat peningkatan temperatur pengujian, terlihat cukup besar yang ditunjukkan dengan penurunan nilai yang cukup besar.

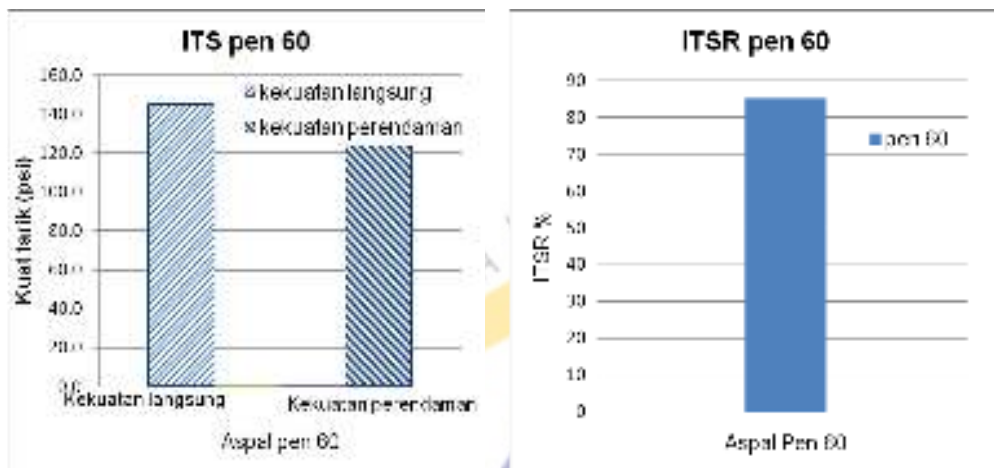
Besar modulus pada temperatur pengujian 25°C dari campuran beraspal dengan aspal pen 60 sebesar 1890 Mpa sedangkan pada temperatur 35°C,

45°C, dan 55°C, masing masing sebesar 933; 445 dan 296 Mpa. Secara umum kenaikan temperatur pengujian setiap satu derajat Celsius, akan menurunkan modulus resilient nya sekitar sebesar 53 MPa.

3.4.3.b Kuat tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength)

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, sama seperti yang dilakukan untuk campuran beraspal dengan menggunakan aspal Starbit. 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.

Hasil pengujian Kuat tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength –ITS) yang langsung dan rendaman diperlihatkan pada gambar 3.23



Gambar 3. 20 Grafik kuat tarik tidak langsung (ITS) dan ITSR dari campuran beraspal dengan aspal pen 60.

Besar kuat tarik tidak langsung yang diuji tanpa pengkondisian (rendaman) dan dengan rendaman mempunyai nilai masing masing sebesar 144,9 psi dan 123,5 psi, sedangkan ITSR nya sebesar 85,2 %.

3.4.3.c 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, sama seperti campuran dengan menggunakan aspal Starbit. Benda uji dengan aspal pen 60 ini dicampur dan dipadatkan pada temperatur 156°C serta 144°C sesuai temperatur pencampuran dan pemadatan berdasarkan viskositas. Temperatur pengujian dilakukan pada 60°C dengan jumlah 42 lintasan per menit. Hasil dari pengujian tersebut diperlihatkan pada Tabel 3.11 dan Gambar 4.21.

Tabel 3. 11 Hasil pengujian wheel Traking pada contoh dengan aspal pen 60

Waktu (menit)	0	1	5	10	15	30	45	60
Passing	0	21	105	210	315	630	945	1260
Alur (mm)	0,00	1,41	2,27	2,83	3,25	4,11	4,68	5,15
D ₀ (mm)	3,27							
RD (mm/ lintasan)	0,0313							
DS (lintasan/mm)	1340,4							



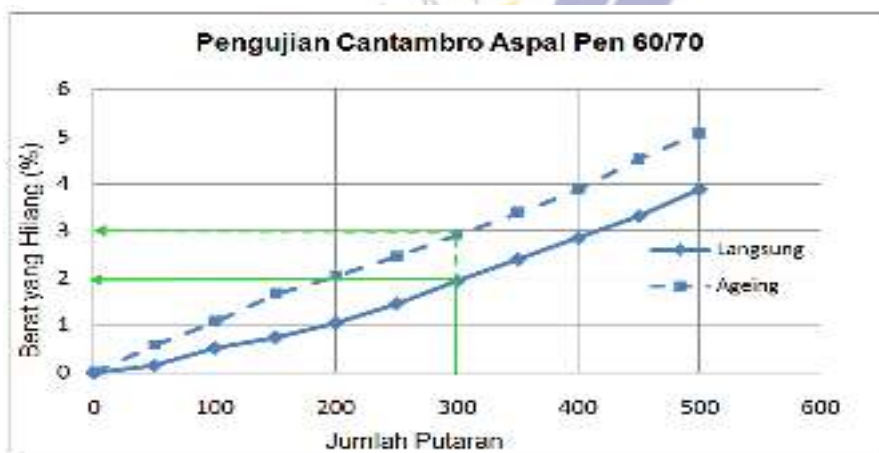
Gambar 3. 21 Grafik penurunan alur terhadap jumlah lintasan untuk campuran beraspal dengan pen 60

Beasar nilai stabilitas dinamis, pada campuran beraspal dengan aspal pen 60, sebetulnya tidak ada dalam persyaratan Spesifikasi umum Jalan dan Jembatan Kementerian Pekerjaan Umum 2010, namun pengujian ini

dilakukan untuk melihat perbandingan dengan campuran yang menggunakan aspal modifikasi (starbit) dan campuran yang menggunakan aspal pen 60 yang ditambah bahan tambah untuk campuran hangat.

3.4.3.d 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 campuran yang menggunakan aspal 60 yang selanjutnya akan dibandingkan dengan ketahanan dari campuran dengan aspal yang menggunakan aspal modifikasi dan aspal pen 60 yang ditambah bahan tambah. Metoda pengujian ini mengikuti metoda ASTM D 7064/D7064 M-08. Pengujian dilakukan dengan cara langsung dan pada contoh yang mengalami pengkondisian didalam oven selama 7x 24 jam dengan temperatur 60°C, sama seperti yang dilakukan pada contoh yang menggunakan aspal starbit. Pelepasan butir dengan metoda ini dinyatakan dengan pelepasan setelah 300 putaran di dalam alat Loss Angeles Abrassion 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 3.22



Gambar 3. 22 Grafik kehilangan butir dari contoh dengan aspal pen 60

Besar butiran yang lepas dari contoh, ialah sebesar 2% dan 3% masing – masing untuk pengujian secara langsung dan pengujian dari benda uji yang terlebih dahulu mengalami proses ageing. Nilai ini masih jauh dibawah ambang batas sebesar 20% dan 30%, untuk batas pengujian secara langsung dan pengujian benda uji yang telah mengalami proses ageing. Keadaan benda uji setelah mengalami pengujian ditunjukkan pada gambar 3.23



Gambar 3. 23 Bentuk Benda Uji Setelah Pengujian Dari Contoh Dengan Aspal Pen 60 yang Diuji Secara Langsung dan yang Mengalami Proses Ageing.

3.4.3.e Workability Campuran Beraspal

Pengujian ini sama seperti yang dilakukan pada pengujian workability campuran beraspal dengan aspal Starbit, sebagaimana diuraikan pada butir 4.4.2.e mengikuti ketentuan dari Cabrerra dan Dixon (1994), dimana workability dinyatakan dengan nilai Workability Index (WI).

$$WI = 100 / A \dots\dots\dots (2)$$

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 menggunakan aspal pen 60, dicampur dan dipadatkan pada temperatur yang sama seperti untuk pembuatan benda uji kuat tarik tidak

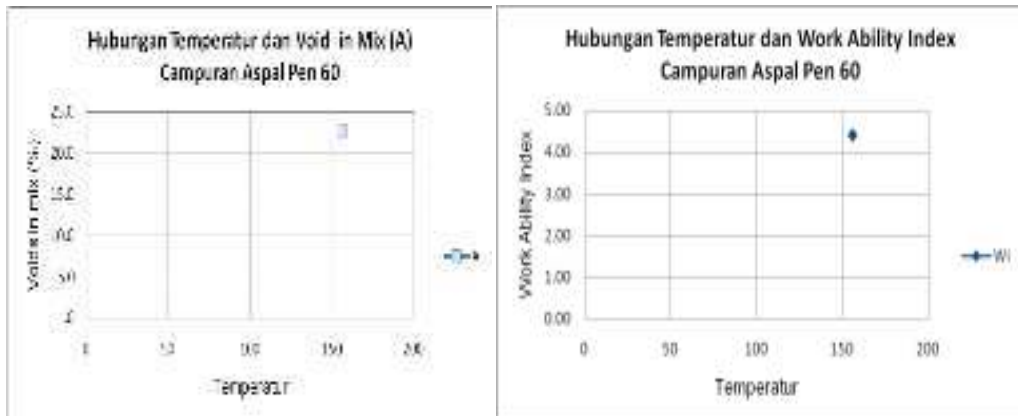
langsung, maupun pengujian wheel tracking, yaitu pencampuran pada 156°C dan pemadatan pada 144°C.

Pada setiap putaran tertentu dilakukan pencatatan ketinggian benda uji. Dari data tersebut untuk setiap pengujian dengan temperatur tertentu, bisa dibuat hubungan antara jumlah putaran (girasi) dan rongga dalam campuran (VIM) seperti diperlihatkan pada gambar 3.27. Perpotongan antara garis tersebut dengan sumbu vertikal dinyatakan sebagai nilai “A”, dan selanjutnya nilai WI dapat dihitung dengan persamaan 2 sebagaimana disampaikan diatas. Contoh penentuan nilai “A” dapat dilihat pada gambar 3.24.



Gambar 3. 24 Hubungan antara jumlah putaran pemadatan (girasi) dengan VIM campuran beraspal pen 60

Hubungan antara temperatur dan “A”, serta Workability Index yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.25, dengan nilai masing masing 22,7 dan workability Index 3,42.



Gambar 3. 25 Nilai “A” Dan Workability Index Campuran Dengan Aspal Pen 60.

3.4.3.f Pengujian Ketahanan Campuran Terhadap Fatigue

Pengujian ketahanan campuran beraspal dengan aspal pen 60 terhadap fatigue, dilakukan dengan menggunakan alat fatigue sesuai dengan metoda AASHTO T 321, pada temperatur pengujian sebesar 20 °C, sama seperti untuk campuran dengan aspal starbit.

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 beraspal dengan aspal pen 60 tanpa bahan tambah pada temperatur 156°C/ 144°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 campuran beraspal dengan aspal pen 60 diperlihatkan pada Gambar 3.26.



Gambar 3. 26 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 5.30 . Grafik hasil pengujian, diperlihatkan pada Gambar 3.31



Gambar 3. 27 Alat Penguji Fatigue.

Pengujian dilakukan pada jumlah pengujian yang lebih banyak dibandingkan dengan campuran yang menggunakan aspal starbit, yaitu dengan regangan awal masing – masing sebesar 350; 400; 450; 500; 550; 600; 650; dan 700 μ strain



Gambar 3. 28 Grafik hasil pengujian fatigue dari campuran beraspal pen 60

3.4.4 Campuran hangat dengan aspal pen 60 yang ditambah bahan tambah SBS dari Korea dan Leadcap.

Berdasarkan kesepakatan kerja sama antara Puslitbang Jalan dengan KICT Korea, disepakati bahwa pihak Korea akan menyiapkan bahan tambah untuk campuran beraspal hangat yang sesuai untuk lalu lintas berat dan iklim di Indonesia.

Adapun jenis campuran yang digunakan, tetap sama ialah campuran beraspal untuk lapisan aus (*wearing course*) sesuai spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2010.

Bahan tambah yang disampaikan oleh pihak KICT terdiri dari dua bahan, yaitu SBS dan Leadcap 64, dimana prosentase bahan tambah dan aspal ialah 4,5% SBS, 15 Leadcap dan 94,5% Aspal pen 60.

3.4.4.a Aspal

Aspal pen 60 yang dipergunakan untuk percobaan ini ialah aspal pen 60 dari dalam negeri, dimana sifat sifat nya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Pencampuran antara aspal dengan bahan tambah dilakukan menggunakan alat pencampur laboratorium tipe L5 M-A dari silverson, dengan kecepatan

putaran antara 5000 – 6000 rpm, di pabrik aspal PT Starbit, Cilacap Jawa Tengah. Proses pencampuran dilakukan dengan terlebih dahulu memanaskan aspal pen 60 sampai temperatur 180 C, kemudian dimasukkan bahan tambah SBS dan Leadcap dan diaduk selama 60 – 90 menit sampai didapat campuran yang merata serta semua bahan tambah hancur dan larut dalam aspal tersebut. Selama proses pencampuran dilakukan pengujian visual dengan cara mengambil contoh campuran aspal dengan batang kaca, kemudian ratakan pada kertas yang licin sampai tercapai lapisan aspal yang tipis. Lapisan aspal tersebut, diamatai apakah masih ada butir butir bahan tambah yang belum larut atau tidak, bila masih ada butiran yang belum larut proses pencampuran dilanjutkan sampai tidak semua bahan tambah larut dalam aspal.

Mesin pencampur (mixer) yang dipergunakan di perlihatkan pada gambar 3.29



Gambar 3. 29 Alat pencampur aspal (mixer) yang dipergunakan mencampur aspal dan bahan tambah

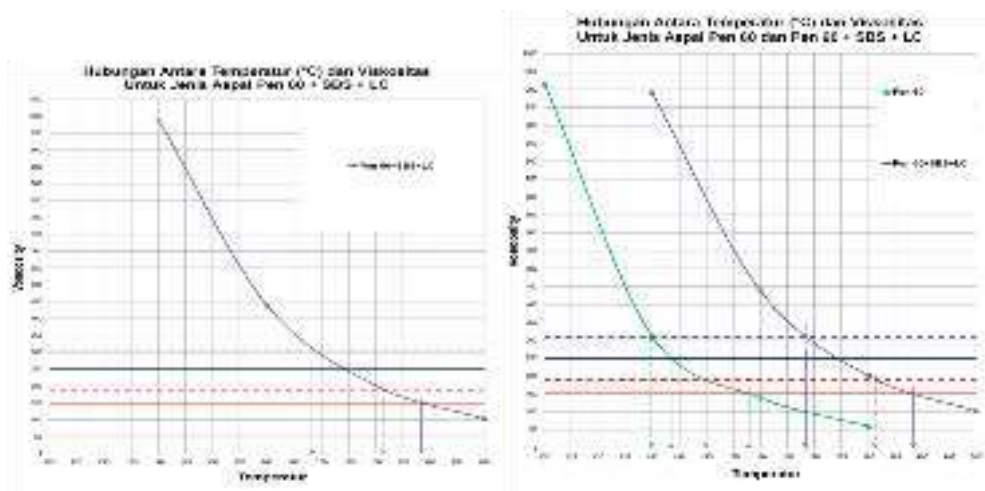
Selain pengujian propertis aspal tersebut dengan melihat sifat rheologi nya, dilakukan juga pengujian dengan alat Dynamic Shear Rheometer (DSR) untuk melihat kelas kinerja dari aspal tersebut.

Dari hasil pengujian tersebut terlihat, bahwa aspal pen 60 termasuk pada kelas aspal PG 64, sedangkan aspal modifikasi termasuk kelas aspal PG 70 dan campuran aspal pen 60 yang ditambah SBS Korea 4,5% dan Leadcap

1% masih termasuk pada kelas aspal PG 70, walaupun sedikit lebih tinggi dari aspal modifikasi.

3.4.4.b Pengujian viskositas aspal

Pengujian viskositas aspal juga dilakukan, dengan melakukan pengujian viskositas pada berbagai temperatur. Hasil pengujian viskositas dari aspal pen 60, aspal modifikasi, aspal modifikasi ditambah Leadcap 1%, aspal pen 60 ditambah SBS 4,5% dan Leadcap 1%, terlihat viskositas aspal modifikasi, aspal modifikasi ditambah Leadcap 1% dan aspal pen 60 yang ditambah SBS Korea 4,5% dan Leadcap 1% terletak disebelah kanan, yang berarti aspal modifikasi dan aspal pen 60 yang ditambah SBS dan Leadcap mempunyai nilai viskositas yang lebih tinggi pada temperatur pengujian yang sama.



Gambar 3. 30 Hubungan Antara Temperatur dengan Viskositas

Berdasarkan Gambar 3.30 tersebut, serta batasan viskositas yang umum digunakan untuk temperatur pencampuran antara 170 ± 20 cSt dan temperatur pemadatan antara 280 ± 30 cSt, didapat temperatur pencampuran dan pemadatan masing masing antara $181,3^{\circ}\text{C}$ sampai $188,2^{\circ}\text{C}$ dan $168,5^{\circ}\text{C} - 174,2^{\circ}\text{C}$.

3.4.4.c Campuran Beraspal Dengan Aspal Konvensional Pen 60

tambah SBS 4,5% dan leadcap 1%

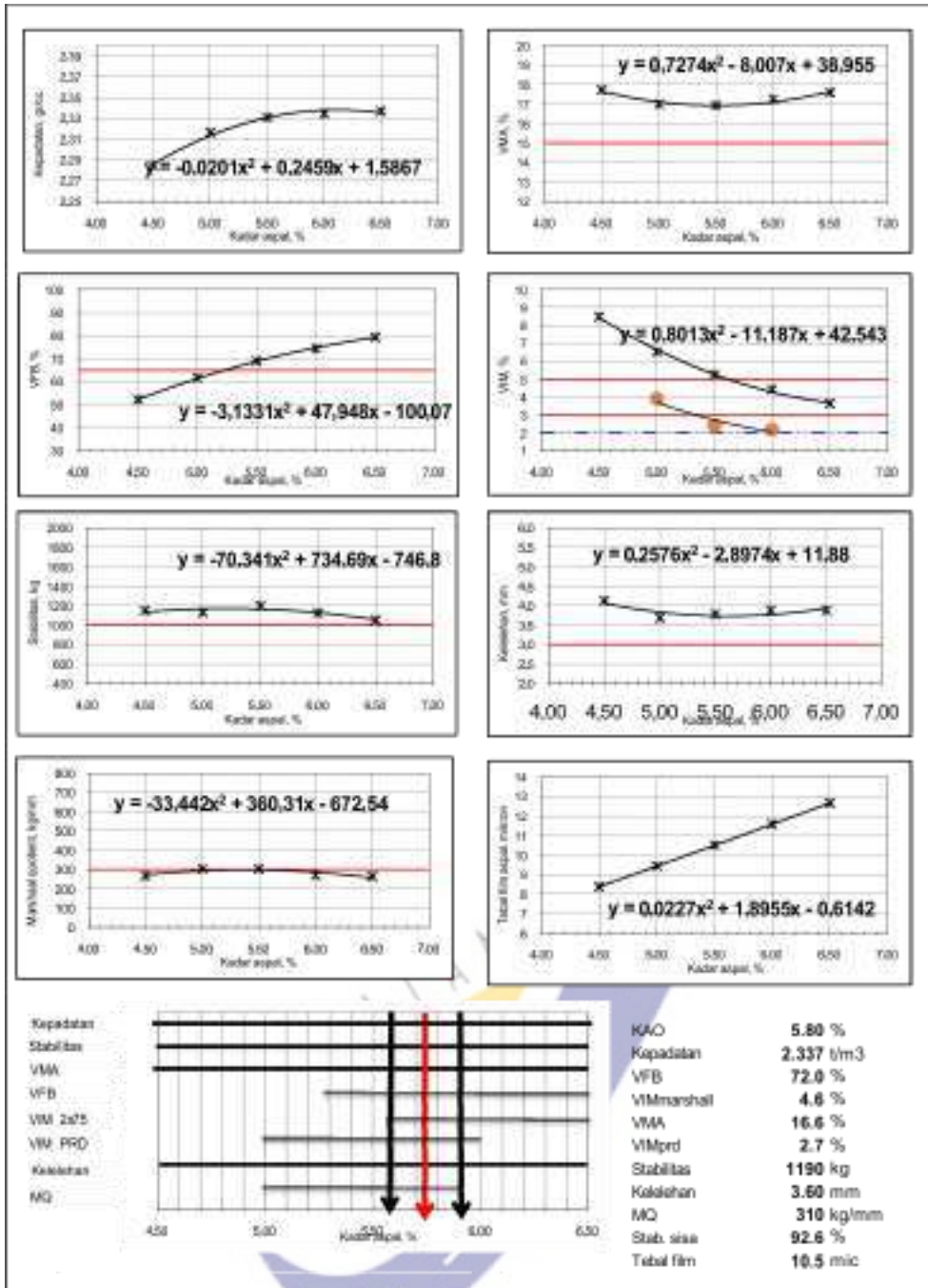
Untuk mendapatkan perilaku campuran beraspal hangat yang akan dicoba, terlebih dahulu dibuat campuran beraspal sesuai spesifikasi yang diacu, dengan menggunakan jenis aspal konvensional pen 60 ditambah SBS 4,5 %, dan Leadcap 1%, dengan menggunakan metoda Marshall.

Gradasi yang dipergunakan sama dengan gradasi untuk campuran yang menggunakan aspal starbit maupun aspal pen 60. Percobaan Marshall dilakukan pada kadar aspal antara 4,5% sampai 6,5% dengan kenaikan setiap 0,5%, yang dilakukan pada temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan sesuai dengan hasil pengujian aspal konvensional pen 60 yang ditambah SBS 4,5% dan Leadcap 1%. Berdasarkan hasil pengujian viskositas terhadap temperatur aspal konvensional pen 60 ditambah SBS 4,5% dan Leadcap 1%, temperatur pencampuran didapat antara, 168,5 – 174,2°C sedangkan temperatur pemadatan antara 181,3 – 188,2°C dimana ditetapkan untuk percobaan ini suhu pencampuran 184°C dan temperatur pemadatan 176°C.

Berdasarkan hasil percobaan Marshall tersebut diperoleh kadar aspal optimum 5.7%, dengan sifat campuran seperti ditunjukkan *pada* Tabel 3.13

Tabel 3. 12 Sifat Campuran Beraspal Dengan Aspal Konvensional Pen 60+SBS 4,5% +Leadcap 1%

Marshall Suhu Normal Pengujian Pada KAO	Temperatur pencampuran/pemadatan 184/171 °C	Persyaratan
Kadar Aspal (%)	5.80	-
Kepadatan (t/m ³)	2,352	-
VMA (%)	16,2	min 15
VIM (%)	4.6	3.0 - 5.0
VFB (%)	72,0	min 65
Stabilitas (kg)	1290	min 1000
Persen Stabilitas Sisa (%)	90,8	min 90
Kelelahan (mm)	4,3	min 3
MQ (kg/mm)	310	min 250



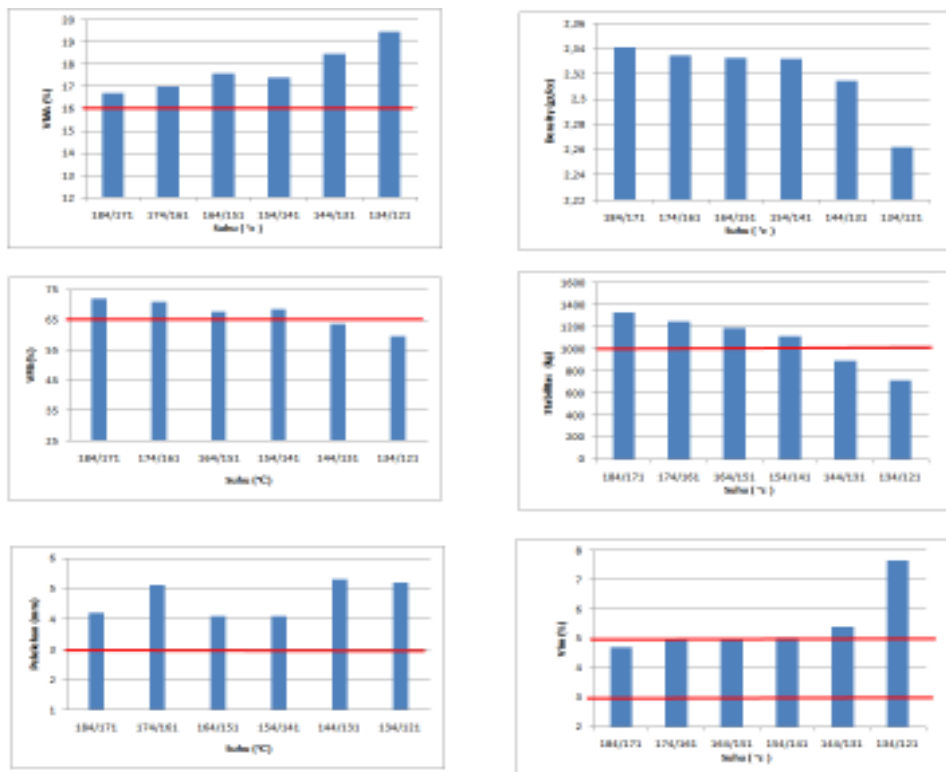
Gambar 3. 31 Grafik Pengujian Marshall Untuk Campuran Dengan Aspal Pen 60 tambah SBS 4,5% dan leadcap 1%

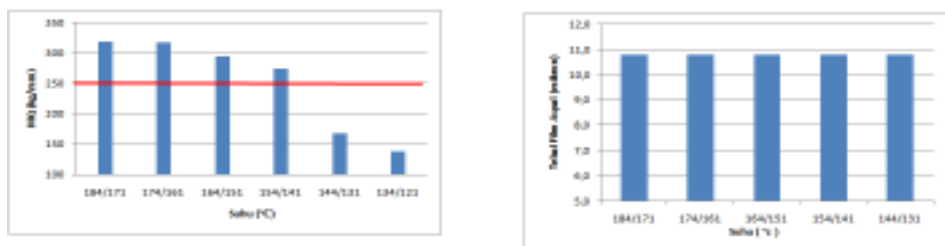
Langkah selanjutnya ialah melakukan pengujian Marshall melalui pembuatan benda uji yang dicampur dan dipadatkan pada berbagai temperatur yang lebih rendah dari temperatur pencampuran dan pemadatan berdasarkan viskositas, sebagaimana disampaikan diatas.

Temperatur pencampuran serta pemadatan yang dilakukan ialah pada temperatur pencampuran/[emadatan 184/171°C, 174/161°C , 164/151°C, 154/ 141°C dan 144/ 131°C dan 134/121°C.

Selanjutnya campuran beraspal dengan aspal pen 60 ditambah SBS 4,5% dan Leadcap 1% tersebut, diuji sifat sifat campurannya seperti ketahanan terhadap pelepasan butir, ketahanan terhadap pengaruh air (kuat tarik tidak langsung), kemudahan kerja (*workability*), ketahanan terhadap alur (*wheel tracking test*) dan modulus campuran beraspal nya.

Hasil pengujian campuran beraspal pada berbagai temperatur pencampuran dan pemadatan, disajikan pada Gambar 3.32.





Gambar 3. 32 Parameter campuran dengan aspal pen 60 tambah SBS 4,5 % tambah leadcap 1% pada berbagai temperatur pencampuran dan pemadatan

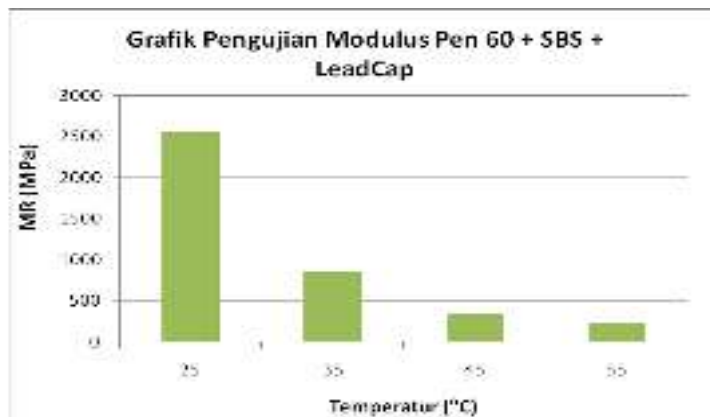
Dari gambar tersebut, terlihat bahwa semua parameter campuran beraspal sesuai batas yang berlaku pada spesifikasi masih bisa dipenuhi pada temperatur pencampuran/pemadatan 154/141°C. Pada temperatur pencampuran/pemadatan 134/126°C parameter campuran beraspal yaitu void in mix (rongga dalam campuran) sudah tidak memenuhi batasan spesifikasi yang ditentukan, sedangkan parameter lainnya seperti VMA, VFB, Stabilitas, stabilitas rendaman, kelelahan dan Marshall Quotient, masih memenuhi batasan spesifikasi yang dipergunakan. Dari percobaan tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa batasan temperatur pencampuran/pemadatan untuk campuran beraspal yang ditambah bahan SBS 4,5% dan leadcap 1% ialah 144/136°C.

Selanjutnya untuk mengetahui sifat-sifat dari campuran beraspal tersebut seperti resilient modulus, kekuatan campuran beraspal terhadap pengaruh air melalui pengujian Indirect tensile strength, ketahanan terhadap alur, ketahanan terhadap pelepasan butir dilakukan pada campuran beraspal yang dicampur dan dipadatkan pada temperatur 144/136°C.

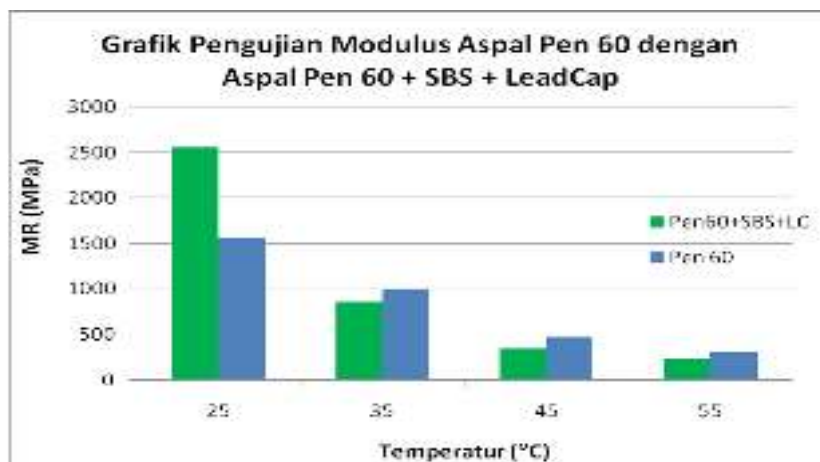
3.4.4.d Pengujian Resilient Modulus Campuran Beraspal Dengan Aspal Pen 60

Pengujian resilient Modulus, dilakukan pada contoh yang menggunakan aspal aspal pen 60 tambah SBS dan ledcap, dengan gradasi yang sesuai serta dicampur dan dipadatkan pada temperatur 144/136°C, yaitu

temperatur 144°C untuk pencampuran dan temperatur 136°C untuk pemadatan, dengan menggunakan alat UMMATA. Pengujian dilakukan pada temperatur 25°C, 35°C; 45°C dan 55°C dimana hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.33.



Gambar 3. 33 Hubungan antara Modulus Resilient dengan Temperatur campuran dengan aspal pen 60 tambah SBS 4,5% dan leadcap 1%.



Gambar 3. 34 Hubungan antara Modulus Resilient dengan Temperatur campuran dengan aspal pen 60 dengan Aspal pen 60 tambah SBS 4,5% dan leadcap 1%.

SUHU	Pen 60	Starbit	Pen60+SBS+LC
25	1560	2023	2557
35	997	1105	1125
45	463	474	542
55	302	371	360

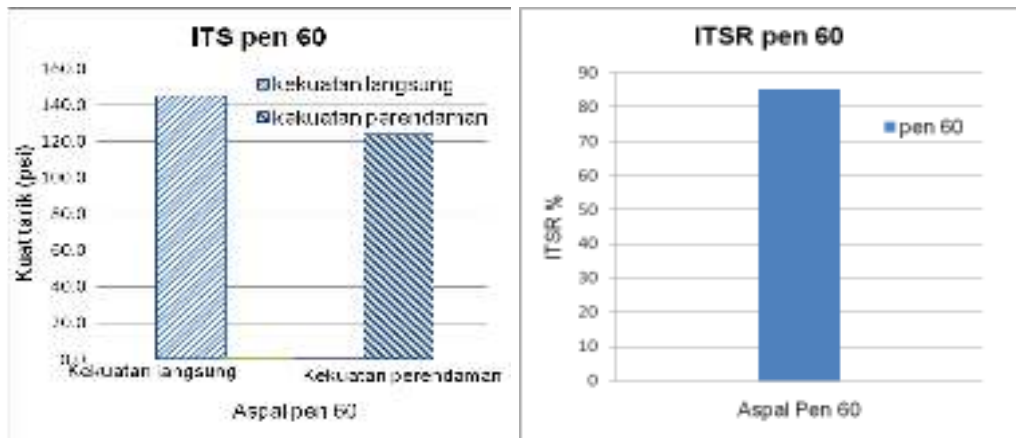
Modulus campuran beraspal dengan aspal pen 60 tambah SBS 4,5% dan leadcap 1%, berkisar antara 2557 sampai 230 MPa, untuk temperatur pengujian antara 25°C sampai 55°C. Kecepatan penurunan modulus akibat peningkatan temperatur pengujian, terlihat cukup besar yang ditunjukkan dengan penurunan nilai yang cukup besar.

Besar modulus pada temperatur pengujian 25°C dari campuran beraspal dengan aspal pen 60 sebesar 1560 Mpa sedangkan pada temperatur 35°C, 45°C, dan 55°C, masing masing sebesar 997; 463 dan 302 Mpa. Secara umum kenaikan temperatur pengujian setiap satu derajat Celsius, akan menurunkan modulus resilientnya sekitar 77 MPa dan 41,9 untuk aspal dengan SBS dan aspal pen 60.

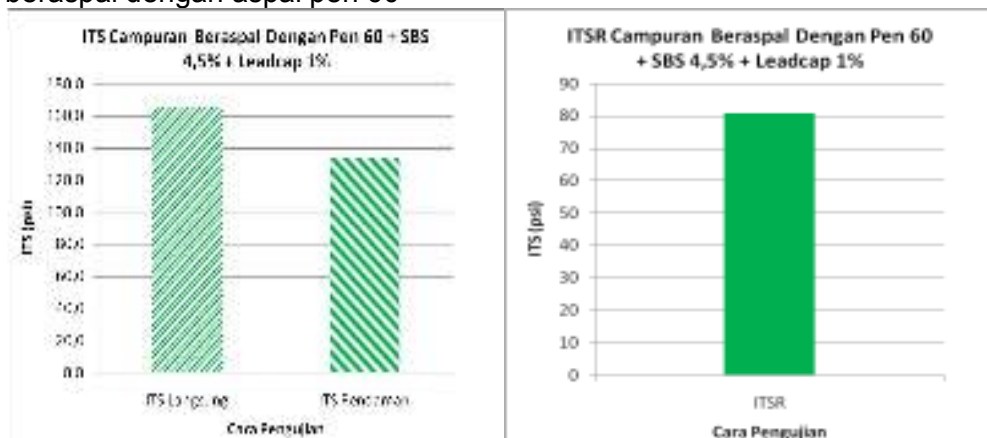
3.4.4.e Kuat tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength)

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, sama seperti yang dilakukan untuk campuran beraspal dengan menggunakan aspal Starbit. 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.

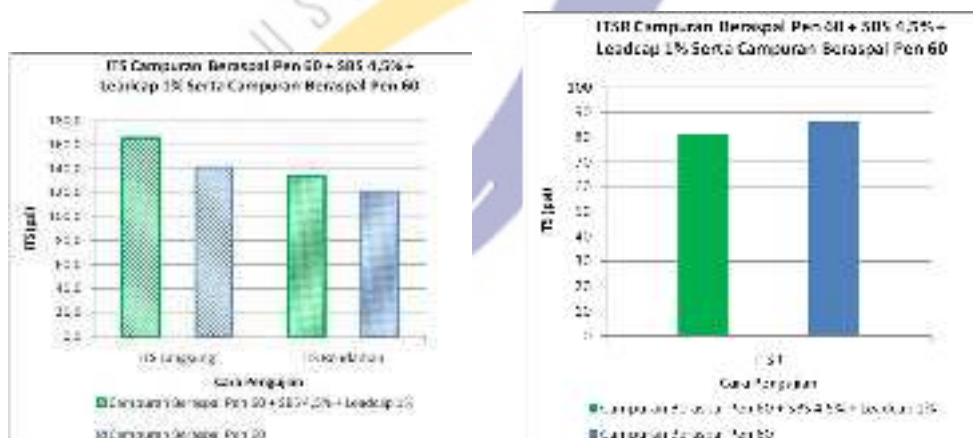
Hasil pengujian Kuat tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength –ITS) yang langsung dan rendaman diperlihatkan pada Gambar 3.35.



Gambar 3 35 Grafik kuat tarik tidak langsung (ITS) dan ITSR dari campuran beraspal dengan aspal pen 60



Gambar 3. 36 Grafik kuat tarik tidak langsung (ITS) dan ITSR dari campuran beraspal dengan aspal pen 60 tambah SBS 4,5% dan leadcap 1%.



Besar kuat tarik tidak langsung yang diuji tanpa pengondisian (rendaman) dan dengan rendaman mempunyai nilai masing masing sebesar 144,9 psi dan 123,5 psi, sedangkan ITSr nya sebesar 85,2 %.

3.4.4.f 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, sama seperti campuran dengan menggunakan aspal Starbit. Benda uji dengan aspal pen 60 ini dicampur dan dipadatkan pada temperatur 144°C serta 136°C sesuai temperatur pencampuran dan pemadatan berdasarkan viskositas. Temperatur pengujian dilakukan pada 60°C dengan jumlah 42 lintasan per menit. Hasil dari pengujian tersebut diperlihatkan pada Tabel 3.11 dan Gambar 3.21.

Tabel 3. 13 Hasil pengujian wheel Traking pada contoh dengan aspal pen 60

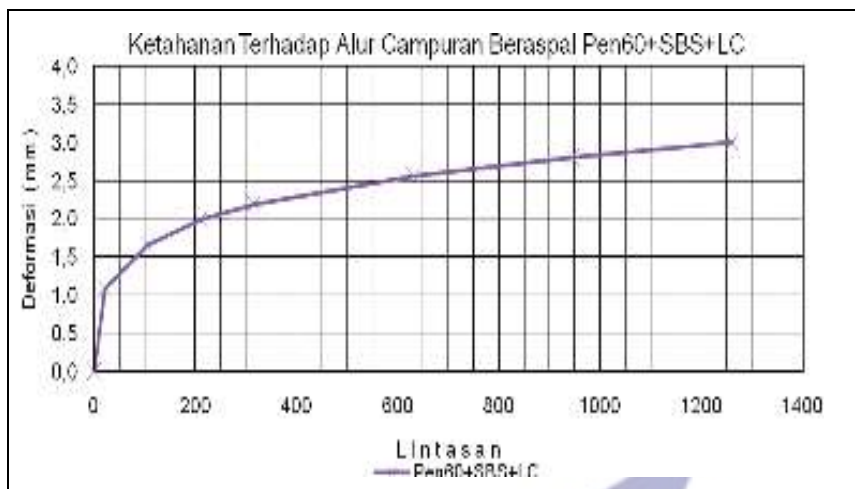
Waktu (menit)	0	1	5	10	15	30	45	60
Passing	0	21	105	210	315	630	945	1260
Alur (mm)	0	1,41	2,27	2,83	3,25	4,11	4,68	5,15
D ₀ (mm)	3,27							
RD (mm/ lintasan)	0,0313							
DS (lintasan/mm)	1340,4							



Gambar 3. 37 Grafik penurunan alur terhadap jumlah lintasan untuk campuran beraspal dengan pen 60

Tabel 3. 14 Hasil pengujian wheel Traking pada contoh dengan aspal pen 60 +SBS + Leadcap

Waktu (menit)	0	1	5	10	15	30	45	60
Passing	0	21	105	210	315	630	945	1260
Alur (mm)	0	1,09	1,66	1,99	2,18	2,56	2,80	3,00
D ₀ (mm)	2,2							
RD (mm/ lintasan)	0,0133							
DS (lintasan/mm)	3150,8							



Gambar 3. 38 Grafik penurunan alur terhadap jumlah lintasan untuk campuran beraspal dengan pen 60 tambah SBS 4,5% dan leadcap 1%.

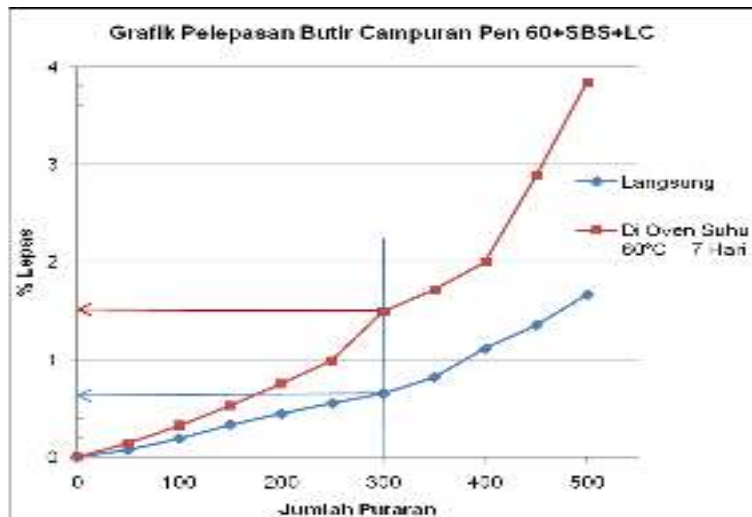
Berdasar nilai stabilitas dinamis, pada campuran beraspal dengan aspal pen 60 tambah SBS dan leadcap ini, termasuk kedalam aspal modifikasi sesuai Spesifikasi umum Jalan dan Jembatan Kementerian Pekerjaan Umum 2010, dimana pengujian ini dilakukan untuk melihat perbandingan dengan campuran yang menggunakan aspal modifikasi (starbit) dan campuran yang menggunakan aspal pen 60.



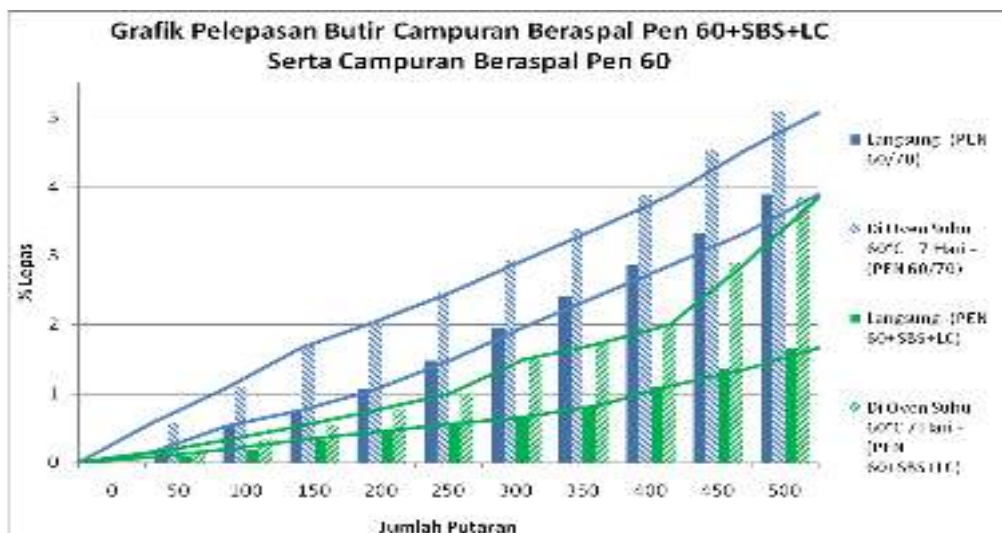
Gambar 3. 39 Grafik penurunan alur terhadap jumlah lintasan untuk campuran beraspal dengan pen 60 tambah SBS 4,5% dan leadcap 1% serta campuran aspal pen 60.

3.4.4.g 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 campuran yang menggunakan aspal 60 tambah SBS 4,5% dan Leadcap 1% yang selanjutnya akan dibandingkan dengan ketahanan dari campuran dengan aspal yang menggunakan aspal modifikasi dan aspal pen 60. Metoda pengujian ini mengikuti metoda ASTM D 7064/D7064 M-08. Pengujian dilakukan dengan cara langsung dan pada contoh yang mengalami pengkondisian didalam oven selama 7x24 jam dengan temperatur 60°C, sama seperti yang dilakukan pada contoh yang menggunakan aspal starbit. Pelepasan butir dengan metoda ini dinyatakan dengan pelepasan setelah 300 putaran di dalam alat Loss 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 3.40.



Gambar 3. 40 Grafik kehilangan butir dari contoh dengan aspal pen 60 tambah SBS 4,5% dan leadcap 1%.



Gambar 3. 41 Grafik Pelepasan Butir dari Campuran Beraspal Pen 60 dan Campuran Beraspal Pen 60+SBS+LC

Besar butiran yang lepas dari contoh, ialah sebesar 2% dan 3% masing – masing untuk pengujian secara langsung dan pengujian dari benda uji yang terlebih dahulu mengalami proses ageing. Nilai ini masih jauh dibawah ambang batas sebesar 20% dan 30%, untuk batas pengujian secara langsung dan pengujian benda uji yang telah mengalami proses ageing.

Keadaan benda uji setelah mengalami pengujian ditunjukkan pada gambar 3.42



Gambar 3. 42 Bentuk Benda Uji Setelah Pengujian Dari Contoh Dengan Aspal Pen 60 tambah SBS 4,5% dan leadcap 1% yang diuji Secara Langsung dan yang Mengalami Proses Ageing. (ganti gambar nya)

3.4.3.e Workability Campuran Beraspal

Pengujian ini sama seperti yang dilakukan pada pengujian workability campuran beraspal dengan aspal pen 60 atau aspal starbit, sebagaimana diuraikan pada butir 4.4.2.e mengikuti ketentuan dari Cabrerra dan Dixon (1994), dimana workability dinyatakan dengan nilai Workability Index (WI).

$$WI = 100 / A \dots\dots\dots (2)$$

Dengan

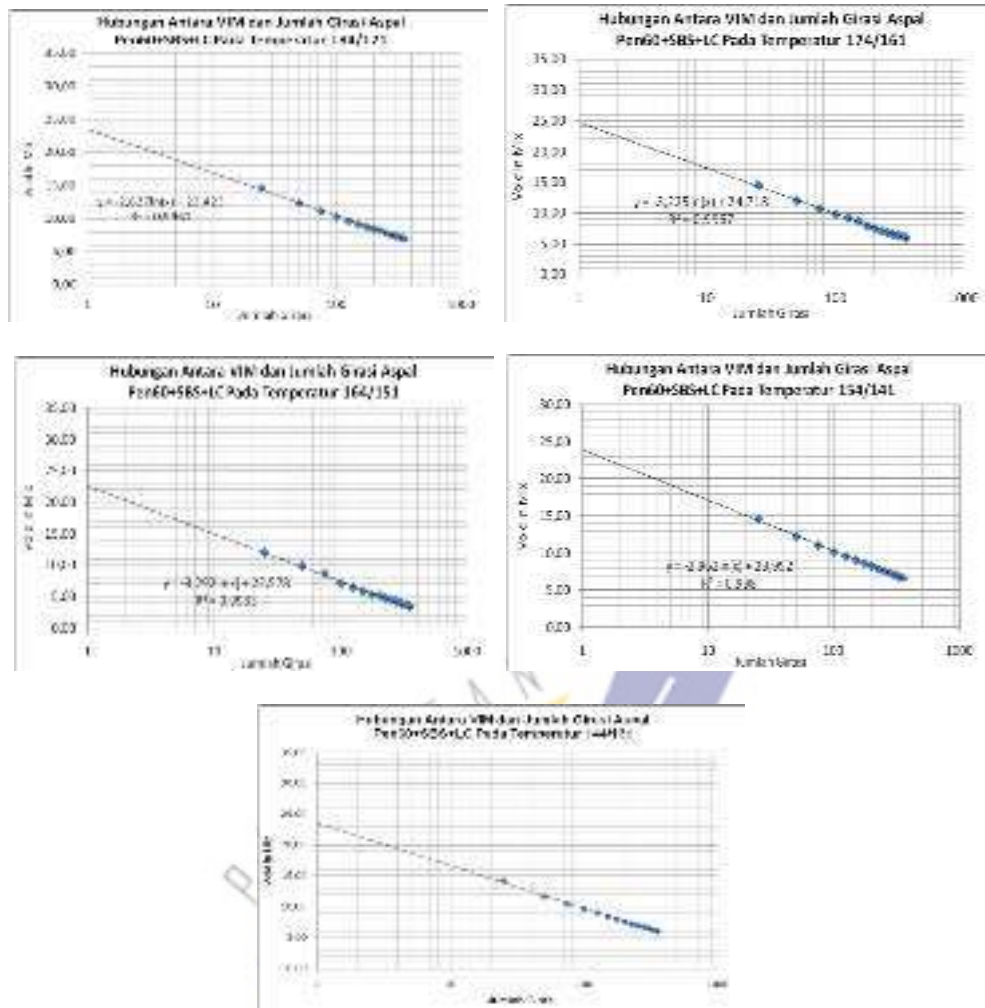
WI = Workability Index

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

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat gyratory compactor, dimana contoh menggunakan aspal pen 60, dicampur dan dipadatkan pada temperatur yang sama seperti untuk pembuatan benda uji kuat tarik tidak langsung, maupun pengujian wheel tracking, yaitu pencampuran pada 144°C dan pemadatan pada 136°C.

Pada setiap putaran tertentu dilakukan pencatatan ketinggian benda uji. Dari data tersebut untuk setiap pengujian dengan temperatur tertentu, bisa

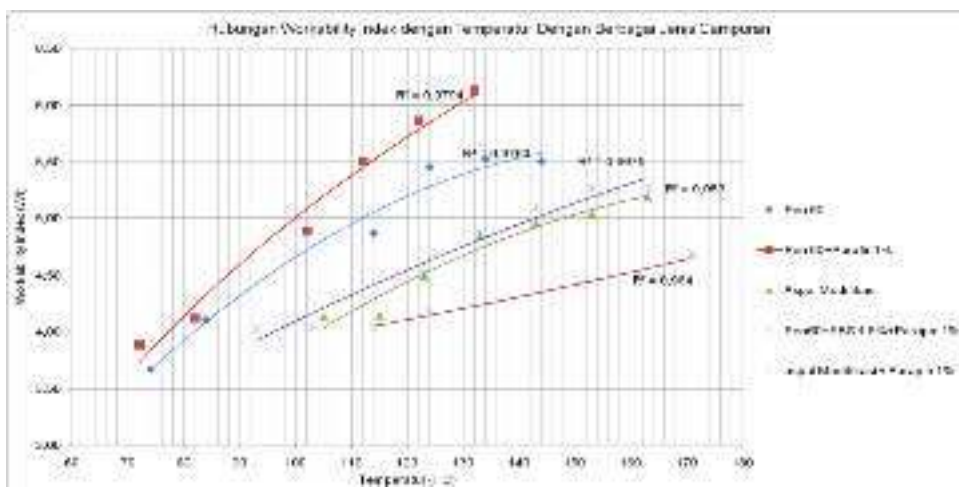
dibuat hubungan antara jumlah putaran (girasi) dan rongga dalam campuran (VIM) seperti diperlihatkan pada gambar 5.27. Perpotongan antara garis tersebut dengan sumbu vertikal dinyatakan sebagai nilai “A”, dan selanjutnya nilai WI dapat dihitung dengan persamaan 2 sebagaimana disampaikan diatas. Contoh penentuan nilai “A” dapat dilihat pada Gambar 4.43.



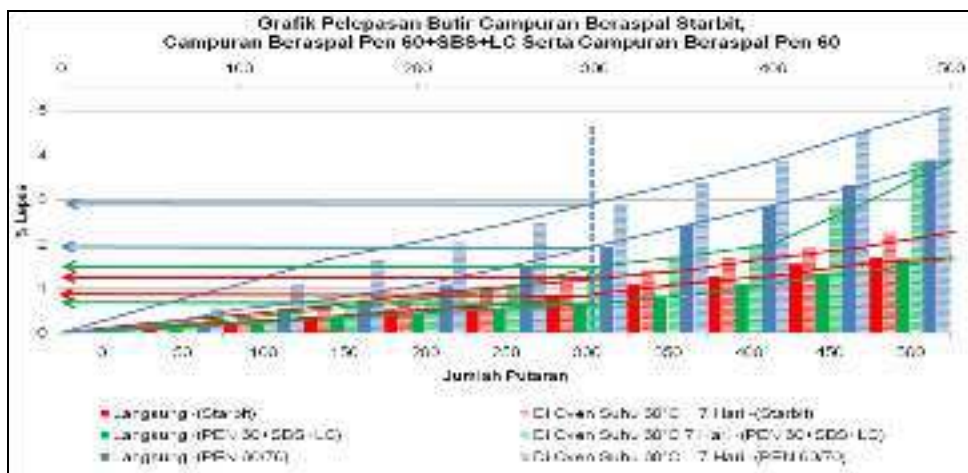
Gambar 3. 43 Hubungan antara jumlah putaran pemadatan (girasi) dengan VIM campuran beraspal pen 60 tambah SBS 4,5% dan leadcaap 1%



Gambar 3. 44 Hubungan antara workability index dan temperatur untuk campuran beraspal pen 60 + SBS 4,5 % + Leadcap 1%



Gambar 3. 45 Hubungan antara workability index dan temperatur untuk berbagai campuran beraspal



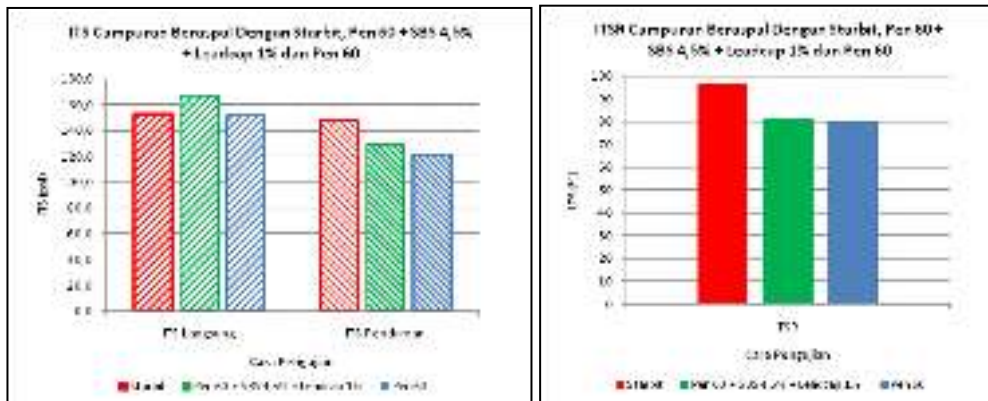
Gambar 3. 46 Grafik Gabungan Nilai Pelepasan Butir Campuran Beraspal Pen 60, Campuran Beraspal Starbit dan Campuran Beraspal Pen 60+SBS+LC

Tabel 3. 15 Nilai

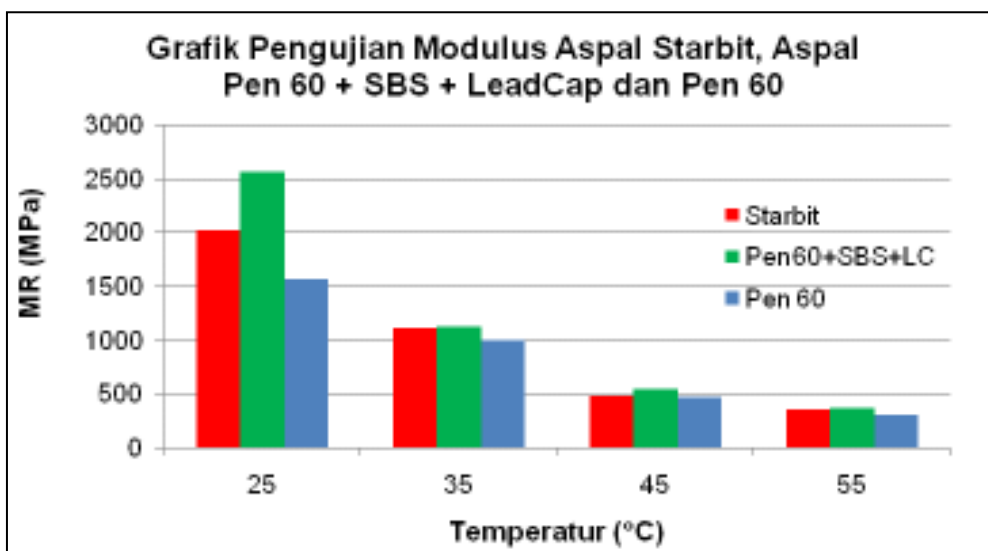
	Pen 60	Starbit	PEN 60+SBS+LC	Satuan
Langsung	1.945	0.876	0.651	%
Kondisi	2.921	1.211	1.492	%



Gambar 3. 47 Grafik Nilai Ketahanan Terhadap Alur



Gambar 3. 48 Grafik Nilai ITS dan ITSR dari Campuran Beraspal Pen 60 dan Campuran Beraspal Pen 60+SBS+LC



Gambar 3. 49 Grafik gabungan sifat-sifat campuran starbit, Pen60 + SBS + LC Korea dan Pen 60

4 LOKASI UNTUK PERCOBAAN LAPANGAN

Dalam rangka persiapan untuk percobaan lapangan yang akan dilakukan, telah dilakukan survey pendahuluan dan survey kondisi perkerasan di dua daerah, yaitu di jalur pantura daerah Pamanukan – Jatibarang dan daerah jalur Tasikmalaya – Banjar.

Klasifikasi pemilihan daerah untuk jalur percobaan tersebut, ialah:

1. Lalu lintas yang lewat termasuk klasifikasi berat (dalam jumlah dan beban sumbu)
2. Perkerasan di jalur tersebut cukup stabil.
3. Jumlah lajur bila memungkinkan, ada yang 4 lajur dua arah, untuk memudahkan pelaksanaan.
4. Bahu jalan cukup lebar dan stabil.
5. Kondisi drainase baik.
6. Tersedia AMP yang dekat dengan rencana lokasi, kondisinya baik, serta mempunyai peralatan pengangkut, penghampar, pemadat dan tenaga yang baik.

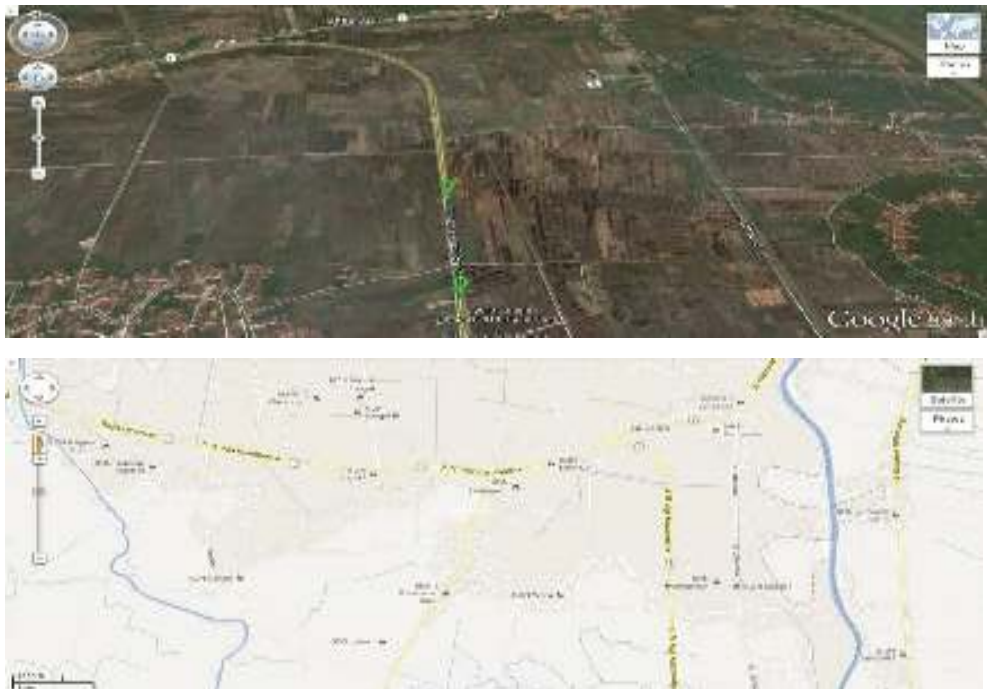
Dari pengamatan berdasarkan survey pendahuluan, diperkirakan dari kedua daerah tersebut ada segmen yang memenuhi kriteria tersebut.

4.1 Hasil Survey Dari Lajur Pantura Daerah Pamanukan – Jatibarang.

Survey pendahuluan dilakukan mulai dari daerah Pamanukan sampai Jatibarang, dengan cara visual, baik arah ke Jatibarang maupun arah ke Pamanukan. Berdasarkan hasil survey pendahuluan tersebut, kondisi perkerasan jalan yang diperkirakan memadai ialah jalur by pass Jatibarang.

Selanjutnya dilakukan survey pendahuluan lagi di ruas jalan by pas Jatibarang, secara lebih rinci dengan melihat kondisi perkerasan dan kerusakan yang ada. Dari hasil survey ini, didapat ruas jalan yang diperkirakan baik ialah antara km 57+000 sampai km 47+000 arah ke

Jatibarang (Cirebon). Kondisi jalan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Jalan Bypass Jatibarang



Gambar 4. 2 Ruas Jalan By Pass Jatibarang

Pada ruas jalan tersebut antara km 57+000 sampai km 55+000, dilakukan penilaian kondisi perkerasan, penilaian lendutan dengan alat Falling weight Deflectometer dan pengujian ketidak rataan antara km 57+000 sampai

49+500 dengan alat Roughometer. Hasil masing masing pengujian diperlihatkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Hasil Pengujian Ketidakrataan

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Kondisi Perkerasan Jalan pada Lajur 1

JALAN		SURVAI KONDISI PERKERASAN LENTUR																PETUGAS														
RUMAH		KM. : 57+000 - KM. : 55+000																TANGGAL														
ARAH		LAJUR : Lambot																LBR. PERKERASAN														
JALUR																																
STASI KM	SEGMENT	Km	App	Tex	ALUR				RETAK				TAMBAHAN				LUBANG	AMBILAN	PEL BURIR	DEFORMASI RETAK				KURUP	Po	Jns	La	Lgk Per	KERUSAKAN		CATATAN	
					Jns	Dim (mm)	Jns	Dim (mm)	Jns	Int	L.Gh (mm)	Pjng (m)	Luas (m2)	Jns	Luas (m2)	Jml				Luas (m2)	Jns	Luas (m2)	Jns						Luas (m2)	Jns		Luas (m2)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29				
57+000	0 10	N	N	D	4	D	6																BL	KR	2.5	-						
	10 20	N	N	D	4	D	6																BL	KR	2.5	-						
	20 30	N	N	D	4	D	6																BL	KR	2.5	-						
	30 40	N	N	D	2	D	4																BL	KR	2.5	-						
	40 50	N	N	D	4	D	6																BL	KR	2.5	-						
	50 60	N	N	D	5	D	9																	BL	KR	2.5	-					
	60 70	N	N	D	5	D	8																	BL	KR	2.5	-					
	70 80	N	N	D	4	D	4																	BL	KR	2.5	-					
	80 90	N	N	D	4	D	4																	BL	KR	2.5	-					
	90 100	N	N	D	4	D	4																	BL	KR	2.5	-					
56+000	100 110	N	N	D	4	D	4																	BL	KR	2.5	-					
	110 120	N	N	D	4	D	4																	BL	KR	2.5	-					
	120 130	N	N	D	4	D	4																	BL	KR	2.5	-					
	130 140	N	N	D	14	D	10																	BL	KR	2.5	-					
	140 150	N	N	D	12	D	8																	BL	KR	2.5	-					
	150 160	N	N	D	12	D	8																	BL	KR	2.5	-					
	160 170	N	N	D	12	D	8	T	1	1	2	0.4												BL	KR	2.5	-					
	170 180	N	N	D	12	D	8																	BL	KR	2.5	-					
	180 190	N	N	D	7	D	4																		BL	KR	2.5	-				
	190 200	N	N	D	7	D	4																		BL	KR	2.5	-				
56+700	200 210	N	N	D	7	D	4																		BL	KR	2.5	-				
	210 220	N	N	D	7	D	4																		BL	KR	2.5	-				
	220 230	N	N	D	7	D	4																		BL	KR	2.5	-				
	230 240	N	N	D	7	D	4																		BL	KR	2.5	-				
	240 250	N	N	D	7	D	4																		BL	KR	2.5	-				
	250 260	N	N	D	7	D	4																		BL	KR	2.5	-				
	260 270	N	N	D	3	D	4																		BL	KR	2.5	-				
	270 280	N	N	D	2	D	4																		BL	KR	2.5	-				
	280 290	N	N	D	2	D	4																		BL	KR	2.5	-				
	290 300	N	N	D	2	D	4																		BL	KR	2.5	-				
56+000	300 310	N	N	D	2	D	4																		BL	KR	2.5	-				
	310 320	N	N	D	8	D	4										3	0.4							BL	KR	2.5	-				
	320 330	N	N	D	8	D	4																		BL	KR	2.5	-				
	330 340	N	N	D	8	D	4																			BL	KR	2.5	-			
	340 350	N	N	D	8	D	4																			BL	KR	2.5	-			
	350 360	N	N	D	8	D	4																			BL	KR	2.5	-		JEMBATAN	
	360 370	N	N	D	8	D	4																			BL	KR	2.5	-		JEMBATAN	
	370 380	N	N	D	4	D	4																			BL	KR	2.5	-		JEMBATAN	
	380 390	N	N	D	4	D	4																				BL	KR	2.5	-		JEMBATAN
	390 400	N	N	D	4	D	4																				BL	KR	2.5	-		JEMBATAN
56+000	400 410	N	N	D	4	D	4																				BL	KR	2.5	-		
	410 420	N	N	D	4	D	4																				BL	KR	2.5	-		
	420 430	N	N	D	4	D	4																				BL	KR	2.5	-		
	430 440	N	N	D	3	D	4																				BL	KR	2.5	-		
	440 450	N	N	D	3	D	4																				BL	KR	2.5	-		
	450 460	N	N	D	3	D	4																				BL	KR	2.5	-		
	460 470	N	N	D	3	D	4																				BL	KR	2.5	-		
	470 480	N	N	D	3	D	4																				BL	KR	2.5	-		
	480 490	N	N	D	3	D	4																				BL	KR	2.5	-		
	490 500	N	N	D	3	D	4																				BL	KR	2.5	-		

[illegible]

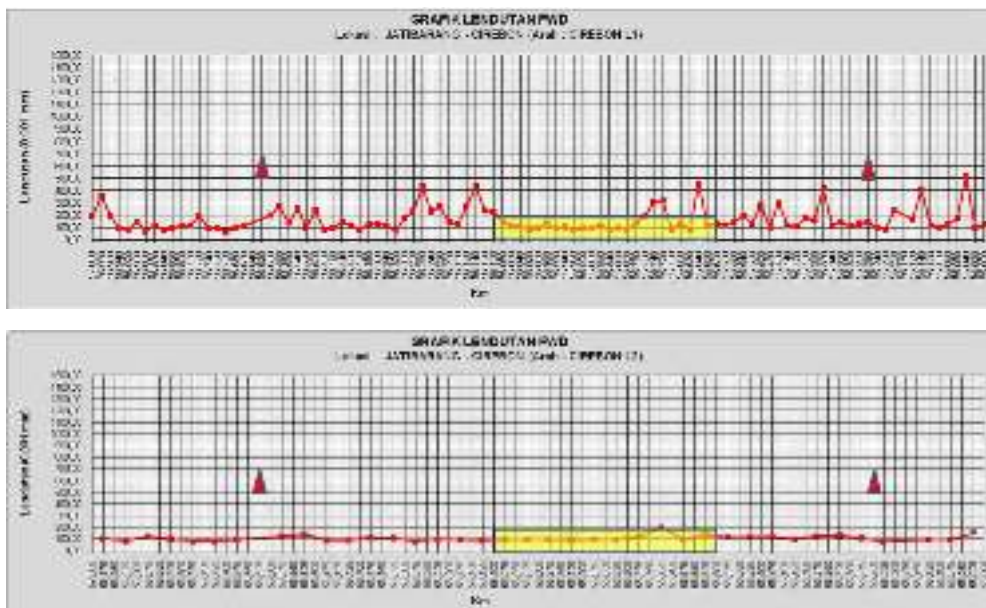
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kondisi Perkerasan Jalan pada Lajur 2

SURVEI KONDISI PERKERASAN LENTUR																																															
JALAN : RUAS : ARAH : JALUR :										KM. : 57+000 - KM. : 56+000										PEYUGAS TANGGAL : LEBAR PERKERASAN : LEBAR KE :																											
Jemberang - Jakarta Cirebon										LAJUR : Cepat																																					
STA/ KM	SEGMENT	PERMU KAN	App	Tex	ALUR				RETAK				TAMBAHAN		LUBANG		AMBLAS		PEL BUTIR		PLASTIS		REFLEK		LUMPUR		Po ksi	Jns	BAHU				CATATAN														
					Jns	Dim (mm)	Jns	Dim (mm)	Jns	Dim (mm)	Jns	Dim (mm)	Jns	Dim (mm)	Jns	Dim (mm)	Jns	Dim (mm)	Jns	Dim (mm)	Jns	Dim (mm)	Jns	Dim (mm)	Jns	Dim (mm)			Jns	Dim (mm)	Jns	Dim (mm)		Jns	Dim (mm)												
57+000	2	4	3		7		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29
	0	10	N	N	D	2	D	2																																							
	10	20	N	N	D	2	D	2																																							
	20	30	N	N	D	2	D	2																																							
	30	40	N	N	D	3	D	2																																							
	40	50	N	N	D	3	D	2																																							
	50	60	N	N	D	2	D	4																																							
	60	70	N	N	D	2	D	4																																							
	70	80	N	N	D	2	D	3																																							
	80	90	N	N	D	4	D	3																																							
56+900	90	100	N	N	D	6	D	4																																							
	100	110	N	N	D	6	D	4																																							
	110	120	N	N	D	6	D	3																																							
	120	130	N	N	D	4	D	3																																							
	130	140	N	N	D	4	D	3																																							
	140	150	N	N	D	4	D	3																																							
	150	160	N	N	D	3	D	2																																							
	160	170	N	N	D	3	D	2																																							
	170	180	N	N	D	3	D	4																																							
	180	190	N	N	D	3	D	4																																							
56+800	190	200	N	N	D	3	D	3																																							
	200	210	N	N	D	3	D	3																																							
	210	220	N	N	D	3	D	4																																							
	220	230	N	N	D	3	D	4																																							
	230	240	N	N	D	3	D	4																																							
	240	250	N	N	D	3	D	4																																							
	250	260	N	N	D	4	D	3																																							
	260	270	N	N	D	4	D	3																																							
	270	280	N	N	D	4	D	3																																							
	280	290	N	N	D	4	D	3																																							
56+700	290	300	N	N	D	4	D	4																										</													

[illegible]



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengujian Alur Pada Lajur 2



Gambar 4. 6 Hasil Pengujian Lendutan Dengan Alat Deflectometer.

Dari hasil pengujian lendutan sesuai dengan gambar 5.6, terlihat lendutan perkerasan di ruas jalan tersebut relatif kecil, antara 71 mm sampai dengan 482 mm. Daerah yang mempunyai lendutan yang kecil ialah antara km 56+100 sampai km 55+600 dengan nilai lendutan sekitar sebesar 142 mm dan rata.

Selanjutnya kalau dilihat dari hasil pemeriksaan alur, pada ruas antara km 56+100 sampai km 55+600 mempunyai alur antara 2 sampai 4 mm, dan ini merupakan alur yang kecil di segment jalan tersebut.

Hasil pengujian kondisi perkerasan lainnya seperti lubang, retak juga relatif sedikit dan khususnya antara km 56+100 sampai km 55+600 tidak ada kerusakan retak, lubang, tambalan.

Berdasarkan hasil - hasil pengujian tersebut, didapat ruas jalan untuk percobaan yang memadai ialah antara km 56+100 sampai km 55+600, dan ini sudah cukup untuk percobaan jalan yang memerlukan sekitar 300 sampai 400 m.

Hasil survey lainnya ialah mengenai AMP yang tersedia dan kondisinya. AMP yang lokasinya tidak begitu jauh dan kondisinya cukup bagus serta dilengkapi peralatan laboratorium ialah AMP Sewo.



Gambar 4.7 a AMP di Sewo, untuk rencana percobaan



Gambar 4.7 b Agregat yang ada di Sewo



Gambar 5.7 c Fasilitas Pemasukan agregat ke cold bin



Gambar 5.7 d Pengisian truk dari pugmil.



Gambar 4.7 e Fasilitas Peralatan Loader



Gambar 4.7 f Lubang Untuk Pemasukan Bahan Tambah Ke Pugmil



Gambar 4.7 g Fasilitas Penimbangan Truk Campuran Beraspal



Gambar 4.7 h Peralatan Marshall



Gambar 4.7 i Alat Laboratorium Lapangan di Sewo



Gambar 4.7 j Alat Pengeluaran Contoh Dari Mold

4.2 Hasil Survey Dari Lajur Antara Ciamis – Banjar.

Ruas jalan Ciamis – Banjar merupakan jalan nasional dengan lebar perkerasan dua lajur. Berdasarkan hasil survey pendahuluan, kondisi perkerasan jalan secara umum baik dan stabil, yang ditandai dengan tingkat kerusakan yang sangat sedikit dan permukaan yang baik. Ada beberapa lokasi di ruas jalan antara Ciamis – Banjar , khususnya antara Ciamis – sampai dengan Taman Wisata Ciungwanara yang diperkirakan layak untuk percobaan lapangan, dengan kriteria seperti yang disampaikan diatas.

Peta lokasi dari daerah yang diperkirakan untuk percobaan tersebut, ditunjukkan pada gambar 4.8, sedangkan kondisi jalan dan perkerasan secara umum ditunjukkan pada gambar 4.9.5.7



Gambar 4. 8 Peta Lokasi Ruas Jalan Banjar – Ciamis, Jawa Barat



Gambar 4. 9 Kondisi jalan antara Ciamis Banjar (Taman Wisata Ciungwanara)

Pengujian lebih lanjut seperti penilaian kondisi perkerasan jalan secara detil, ketidakrataan, pengujian lendutan dengan alat FWD belum dilaksanakan, karena masih belum menemukan AMP yang cocok untuk percobaan tersebut.

Hasil survey lokasi dan kondisi AMP dilakukan di daerah Tasikmalaya sampai Banjar, dimana didapat dua AMP, yaitu satu AMP PT Tri Mukti di kota Tasikmalaya dan AMP kepunyaan Balai Besar Penanganan Jalan Nasional V di antara Ciamis Banjar .

Kondisi AMP yang di Tasikmalaya cukup bagus, tetapi kapasitas tangki aspalnya sangat besar sekitar 30 ton, sehingga menyulitkan kalau dipakai untuk percobaan dengan jumlah penggunaan aspal yang sedikit. Selain itu sistim “pengaliran” agregat panas sesudah dari hot bin ke tempat pencampur antara agregat panas dengan aspal tidak langsung, tetapi turun dulu ke bawah menggunakan tempat agregat yang terbuka, baru diangkat lagi ke atas ke tempat pencampuran dengan aspal panas. Keadaan ini, dirasa kurang sesuai dengan keperluan percobaan lapangan dari campuran beraspal hangat.

AMP milik BBPJN V diantara Ciamis – Banjar, sama degan AMP milik BBPJN V di Sewo Pantura, tetapi AMP disini baru dipasang sehingga masih banyak peralatan AMP yang pemasannganya perlu di sempurnakan. Kelengkapan lainnya ialah alat alat untuk pelaksanaan seperti finisher, dan alat pemadat seperti pemadat roda karet belum tersedia, sehingga akan menyulitkan dalam pelaksanaan. Hal lain yang menjadi pertimbangan, ialah belum terpasangnya Stone Crusher, yang dikhawatirkan akan mendapat kesulitan dalam mencari dan mendapatkan agregat untuk keperluan percobaan campuran hangat.

Kondisi AMP di Tasikmalaya dan AMP milik BBPJN V antara Ciamis – Banjar ditunjukkan pada Gambar 4.10 dan gambar 4.11.



Gambar 4. 10 AMP di Tasikmalaya milik PT Tri Mukti

Mempertimbangkan keadaan tersebut, kegiatan penilaian kondisi jalan di ruas jalan antara Ciamis – Banjar belum dilaksanakan secara lengkap.



Gambar 4. 11 AMP milik BBPJN V di Ciamis

4.3 Hasil survey lokasi Cikampek – Karawang jalur pantura.

Lokasi lain yang disurvei untuk rencana percobaan lapangan percobaan campuran hangat ini, ialah jalur pantura antara Cikampek- Karawang. Lokasi ruas jalan yang didapat ialah antara simpang Joming dan jalan masuk tol ke Karawang Timur yaitu sekitar km 97. Dengan perkerasan empat lajur dua arah terbagi dengan median. Lalu lintas di lajur ini cukup berat, tetapi bahu kurang lebar dan saluran kurang memadai. Pada ruas yang sama didapat bagian jalan antara km 85 dan km 87 Jakarta (JKT) arah ke jembatan Joming dengan lebar perkerasan empat lajur dan kondisi perkerasanya cukup bagus, bahu jalan cukup lebar dan saluran drainase ada walaupun tidak sempurna. Kekurangan segmen jalan tersebut untuk percobaan ini ialah lalu lintas nya yang terlalu ringan, kurang sesuai dengan tujuan penelitian ini.

Survey AMP juga dilakukan di daerah tersebut, yaitu ke AMP PT KADI yang jaraknya sekitar 14 km dari jembatan Joming ke arah Karawang. Dari tinjauan awal AMP ini cukup lengkap, dengan alat alat berat untuk penghamparan seperti finisher, pemadat roda besi maupun pemadat roda karet. Material agregat juga tersedia karena ada mesin pemecah batu di lokasi AMP tersebut. Hal ini akan memudahkan untuk pelaksanaan percobaan lapangan di daerah tersebut. Kelengkapan alat laboratorium

lapangan untuk aspal dan campuran beraspal cukup memadai sehingga akan menunjang pelaksanaan pengendalian mutu campuran beraspal.

Berdasarkan hasil survey tersebut, akan dilakukan survey kembali untuk mendapatkan lokasi yang sesuai dengan kriteria untuk percobaan campuran hangat , masih didaerah tersebut, karena AMP dan perlengkapannya cukup memadai serta lalu lintas beban dan volume masih memungkinkan untuk tujuan percobaan ini.

Peta lokasi ruas jalan Joming Karawang dan kondisi jalnnya serta AMP PT KADI ditunjukkan pada gambar 4.12 sampai gambar 5.17.



Gambar 4. 12 Lokasi Ruas Jalan Joming – Karawang



Gambar 4. 13 Kondisi Segmen Jalan Km 97 JKT



Gambar 4. 14 Kondisi Segment Jalan Km 86 JKT



Gambar 4. 15 AMP PT KADI



Gambar 4. 16 Agregat yang tersedia di AMP PT KADI



Gambar 4. 17 Fasilitas laboratorium di PT KADI

4.4 Hambatan (Permasalahan)

- a. Lokasi untuk percobaan lapangan di Jatibarang yang sudah disurvei dan diuji tidak bisa digunakan karena ada keberatan dari pihak pengelola jalan.
 - b. Lokasi di jalur pantura lainnya, yaitu di ruas Jomin – Cikampek, kondisinya baik untuk percobaan, namun beban lalu lintas kurang memadai untuk percobaan ini, dirasa terlalu ringan padahal pada uji lapangan ini dimaksudkan untuk lalu lintas berat.
 - c. Lokasi di jalur Ciamis - Banjar kondisinya cukup baik untuk percobaan, namun AMP pendukungnya belum siap, karena masih dalam taraf pemasangan dan belum lengkap sekali.
 - d. Terdapat perbedaan hasil pengujian aspal antara hasil dari KICT dan Puslitbang Jalan, sehingga hal ini masih dibicarakan dan dicari permasalahannya.
2. Bahan tambah yang akan digunakan untuk percobaan campuran hangat lapangan dari Korea belum terkirim karena masih ada perbedaan hasil pengujian.

5 KESIMPULAN

1. Bahan agregat yang akan digunakan dari Sewo memenuhi persyaratan.
2. Bahan agregat yang akan digunakan dari Tasikmalaya memenuhi persyaratan.
3. Campuran beraspal dengan agregat dari Sewo baik untuk campuran dengan aspal Pen 60 maupun aspal modifikasi memenuhi persyaratan spesifikasi 2010.
4. Pekerjaan pengujian sifat campuran beraspal seperti cantambro, ITSR, wheel tracking, modulus, fatigue, telah selesai dilakukan.
5. Kondisi AMP di Sewo memungkinkan untuk digunakan pada percobaan lapangan, sedangkan AMP yang di Ciamis (Tasik) tidak memungkinkan karena kondisinya masih dalam percobaan dan stone crusher-nya masih dalam perakitan.
6. Lokasi untuk percobaan lapangan yang cukup baik ialah di segmen bypass Jatibarang; Ciamis – Banjar. Namun karena AMP di Ciamis tidak memadai kemungkinan percobaan tidak bisa dilakukan di Ciamis.
7. Kondisi bypass Jatibarang berdasarkan hasil survei (penilaian kondisi, lendutan, dan ketidakrataan) cukup bagus untuk dijadikan jalur percobaan.
8. Survei pendahuluan kondisi perkerasan untuk alternatif ruas percobaan di daerah Jomin – Karawang sudah dan sedang dilakukan.
9. Survei AMP dan material di daerah Karawang (PT. KADI) sudah dilakukan dan berdasarkan pengamatan kondisinya cukup bagus untuk digunakan pada pelaksanaan percobaan lapangan.

10. Lokasi percobaan kemungkinan besar dilakukan di daerah Jomin – Karawang
11. Pelaksanaan lapangan kemungkinan ada keterlambatan dari jadwal yang ditentukan (direncanakan akhir Agustus 2013).



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 Pembena 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

