

SIFAT CAMPURAN PANAS ASPHALT TREATED PERMEABLE BASE (ATPB)



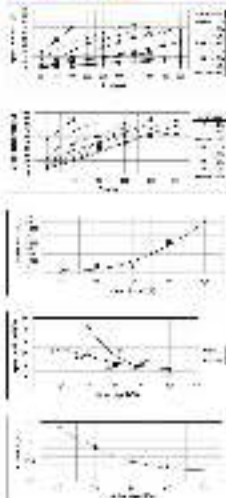
Book ini membahas cara pembuatan dan pengujian campuran panas terdapat lapisan aspal dan agregat berpori yang disebut sebagai campuran Asphalt Treated Permeable Base yang akan digunakan sebagai perantara perantara antara yang terdapat di bawah lapisan aspal.

Kapal ini juga akan membahas tentang ATPB sebagai alternatif dari aspal. Selain itu juga akan membahas tentang cara pembuatan dan pengujian campuran ATPB yang akan digunakan sebagai perantara perantara antara yang terdapat di bawah lapisan aspal.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai campuran ATPB yang akan digunakan sebagai perantara perantara antara yang terdapat di bawah lapisan aspal.

Penelitian yang telah dilakukan mengenai campuran ATPB yang akan digunakan sebagai perantara perantara antara yang terdapat di bawah lapisan aspal.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai campuran ATPB yang akan digunakan sebagai perantara perantara antara yang terdapat di bawah lapisan aspal.



SIFAT CAMPURAN PANAS ASPHALT TREATED PERMEABLE BASE (ATPB)





SIFAT CAM PURAN PANAS ASPHALT TREATED PERM EABLE BASE (ATPB)

DR. Djoko Widajat, M.Sc.



INFORMATIKA
Bandung

SIFAT CAM PURAN PANAS ASPHALT TREATED PERMEABLE BASE (ATPB)

Desember, 2012

Cetakan Ke-1, 2012 (x + 52 Halaman)

© Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan
Jalan dan Jembatan

No. ISBN : 978-602-1514-18-4
Kode Kegiatan : 02-PPK3-001107-K12
Kode Publikasi : IRE-TR-83/2012

Kata Kunci : Campuran Panas, Edge Drain, Filter Material, Giratory Compactor, Gradasi Terbuka, Longlife Pavement, Porous Asphalt,

Penulis:

DR. Djoko Widajat, M.Sc.

Editor:

Prof.(R) Dr. Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc.

Diterbitkan oleh:

Penerbit Informatika - Bandung
Anggota IKAPI Jabar Nomor : 033/JBA/99

Pemesanan melalui:

Perpustakaan Puslitbang Jalan dan Jembatan
info@pusjatan.pu.go.id

Kata Pengantar

Kajian ini merupakan hasil penelitian dan pengembangan yang meninjau tentang jenis campuran beraspal panas bergradasi terbuka tipe *Asphalt Treated Permeable Base* yang ditempatkan sebagai lapis pondasi perkerasan jalan yang berfungsi pula sebagai lapis drainase.

Kajian menguraikan tentang kinerja *ATPB* di laboratorium dan di lapangan. Dalam rangka mengkaji gradasi untuk percobaan lapangan dilakukan pengujian laboratorium pada 5 (lima) tipe gradasi terbuka (*open graded*) yang telah digunakan di beberapa negara yang telah melaksanakan campuran *ATPB*. Berdasarkan pilihan gradasi yang telah dilakukan kemudian didapat hasil rancangan campuran percobaan yang digunakan sebagai model jenis uji dan rancangan penentuan kadar aspal pada percobaan lapangan.

Percobaan lapangan dilaksanakan di ruas jalan Subang – Pamanukan Propinsi Jawa Barat di sekitar KM 164+900 (KM 0) Jakarta. Perkerasan percobaan lapangan merupakan lapis tambahan dengan suatu lapisan *ATPB* ditempatkan di atas perkerasan yang ada, dibawah lapis *AC WC*, *AC BC* dan *AC Base*. Di kiri dan kanan perkerasan di pasang sub drain dengan pipa berlubang.

Tulisan ini merupakan bagian dari hasil penelitian dan pengembangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (PUSJATAN) tahun anggaran 2012 dengan judul kajian *Open graded friction course* dan *asphalt treated permeable base*.

Isi dari kajian ini diharapkan dapat digunakan sebagai masukan bagi para praktisi bidang material dan perkerasan jalan, peneliti dan para ahli lainnya khususnya yang tertarik dalam konstruksi dan kinerja campuran beraspal panas jenis *Asphalt Treated Permeable Base*.

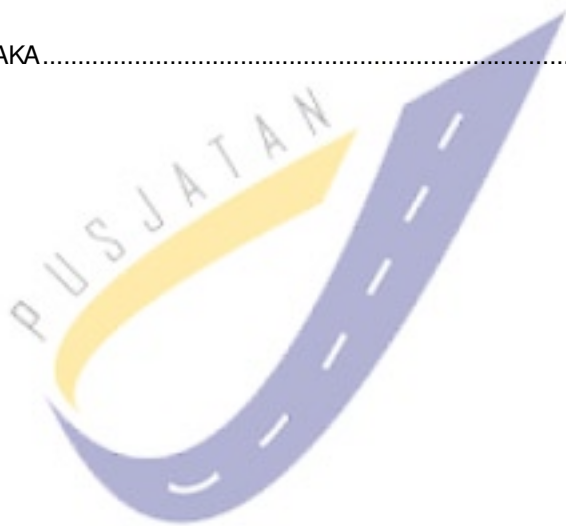
Bandung,
Desember 2012



Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	ix
1. Pendahuluan	1
2. Spesifikasi Campuran Bergradasi Terbuka Dari Beberapa Negara	7
2.1. Bahan	7
2.1.1. Agregat	7
2.1.2. Aspal	8
2.2. Gradasi	8
2.3. Spesifikasi konstruksi bergradasi terbuka	8
3. Pengembangan Spesifikasi ATPB	10
3.1. Bahan	10
3.1.1. Agregat	10
3.1.2. Aspal	11
3.2. Prosedur uji laboratorium	13
3.2.1. Bulk relative density (Gmb) dan maximum theoretical relative density (Gmm) dan Vim	13
3.2.2. Ketahanan terhadap pelepasan butir (Cantabro) dan aging	14
3.2.3. Pengaliran aspal (Draindown)	19
3.2.4. Pemadatan benda uji	20
3.2.5. VCA (Voids in coarse aggregate)	22
3.2.6. Penentuan kekuatan akibat pengaruh rendaman	24
3.2.7. Permeabilitas	25
3.2.8. Stabilitas dan pelelehan Marshall	26
3.2.9. Alur (Putting)	27

3.2.10. Resilient modulus Ummata	28
3.2.11. Pembahasan hasil uji laboratorium	29
4. Uji Gelar	31
4.1. Tebal perkerasan lama	32
4.2. Rancangan tebal perk.....	32
4.3. Pelaksanaan uji gelar	34
4.3.1. Jenis pekerjaan	34
4.3.2. Pelaksanaan pekerjaan	35
4.3.3. Kinerja perkerasan setelah pelaksanaan	47
5. Penutup	48
DAFTAR PUSTAKA.....	50



Daftar Tabel

	Hal
Tabel 1. Nilai permeabilitas campuran (Lovering and Cedergren in, 1962)	4
Tabel 2. Hubungan rongga udara campuran dengan koefisien permeabilitas (disarikan dari SHRP Report No.A-396)	5
Tabel 3. Penggunaan campuran beraspal panas sebagai lapis perkerasan secara umum (NAPA,2001)	6
Tabel 4. Sifat agregat dan campuran (Caltrans) berdasarkan kutipan J Harvey et all (1999)	7
Tabel 5. Gradasi campuran ATPB dan kadar aspal (The Asphalt Institute MS-4, 2007)	8
Tabel 6. Sifat campuran tipe porous aspal	9
Tabel 7. Hasil pengujian agregat untuk campuran beraspal panas	11
Tabel 8. Mutu Aspal Keras hasil uji (pen 60)	12
Tabel 9. Mutu Aspal modifikasi	12
Tabel 10. Beberapa metode untuk menentukan density	13
Tabel 11. Beberapa hasil perhitungan VIM dengan beberapa metode uji density	14
Tabel 12. Hubungan variasi tumbukan dan nilai VIM	21
Tabel 13. Gradasi Indiana hasil ekstraksi benda uji Marshall 2x75 tbk dan 2x112 tbk	22
Tabel 14. Hasil uji VCADRC dan VCmix berdasarkan density metode tebal, parafin dan vakum pada agregat gradasi dari Indiana	23
Tabel 15. Nilai ITSr dan MSR ATPB gradasi Indiana.(kadar aspal 4,0%)	25
Tabel 16. Sifat campuran ATPB berdasarkan kadar aspal optimum	27
Tabel 17. Hasil pengujian alur dengan menggunakan WTM	27
Tabel 18. Hasil pengujian resilient modulus	28
Tabel 19. Perencanaan tebal perkerasan berdasarkan program CIRCLY Version 5.0	34
Tabel 20. Jenis kegiatan dan volume pekerjaan	34
Tabel 21. Gradasi agregat gabungan ATPB (hot bin AMP)	37
Tabel 22. Sifat fisik campuran ATPB	38
Tabel 23. Gradasi agregat gabungan ACbase (hot bin AMP)	39
Tabel 24. Sifat fisik campuran ACbase	40
Tabel 25. Gradasi agregat gabungan ACBC (hot bin AMP)	41
Tabel 26. Hasil pengujian Marshall AC-BC hot bin	42

Tabel 27.	Gradasi agregat gabungan ACWC (hot bin AMP)	43
Tabel 28.	Hasil pengujian Marshall AC-WC hot bin	44
Tabel 29.	Temperatur pemanasan bahan dan campuran di AMP	44



Daftar Gambar

		Hal
Gambar 1.	Tipikal potongan melintang tebal perkerasan long life pavement (Tony Lumantung, 2012)	3
Gambar 2.	Hubungan pelepasan butir Vs jumlah putaran dan variasi kadar aspal, diameter benda uji 4 inci, gradasi California dan jenis aspal pen 60	15
Gambar 3.	Hubungan pelepasan butir Vs jumlah putaran dan variasi kadar aspal, diameter benda uji 4 inci, gradasi California dan jenis aspal modifikasi	15
Gambar 4.	Hubungan pelepasan butir Vs jumlah putaran dan variasi kadar aspal, diameter benda uji 4 inci, gradasi Ontario dan jenis aspal modifikasi	16
Gambar 5.	Hubungan pelepasan butir Vs jumlah putaran dan variasi kadar aspal, diameter benda uji 4 inci (2x 50 tumbukan), gradasi Indiana dan jenis aspal modifikasi	17
Gambar 6.	Hubungan pelepasan butir Vs jumlah putaran dan variasi kadar aspal, diameter benda uji 6 inci (2x 75 tumbukan), gradasi Indiana dan jenis aspal modifikasi	17
Gambar 7.	Hubungan pelepasan butir Vs jumlah putaran dan variasi kadar aspal, diameter benda uji 6 inci (2x 112 tumbukan), gradasi Indiana dan jenis aspal modifikasi	18
Gambar 8.	Hubungan pelepasan butir Vs variasi kadar aspal, gradasi Indiana	19
Gambar 9.	Hubungan nilai draindown Vs kadar aspal, gradasi Indiana dan aspal modifikasi	20
Gambar 10.	Hubungan variasi tumbukan Vs nilai VIM gradasi ATPB Indiana	21
Gambar 11.	Perubahan gradasi Indiana hasil ekstraksi benda uji Marshall 2x75 tumbukan dan 2x112 tumbukan	22
Gambar 12.	Hubungan variasi kadar aspal dengan VCmix	23
Gambar 13.	Hubungan antara permeabilitas dengan variasi kadar aspal	25
Gambar 14.	Permeabilitas Vs jumlah tumbukan ATPB, diameter benda uji 4 inci	26
Gambar 15.	Hubungan jumlah lintasan Vs deformasi pada uji WTM	28
Gambar 16.	Hubungan resilient modulus dengan variasi temperatur	29

Gambar 17.	Kondisi perkerasan, bahu dan saluran tepi kiri	31
Gambar 18.	Kondisi perkerasan, bahu dan saluran tepi kanan	31
Gambar 19.	Tebal perkerasan yang ada, batu belah 15-20 cm, PMA 6 cm, AC 9 cm. Tanah dasar tanah merah.	32
Gambar 20.	Potongan melintang tebal perkerasan uji gelar ATPB (tidak diskala)	33
Gambar 21.	Pemasangan pipa sub drain, ditempatkan di ujung perkerasan jalan, di bawah lapis ATPB	35
Gambar 22.	Drainase subdrain memanjang	35
Gambar 23.	Gradasi agregat gabungan ATPB	37
Gambar 24.	Gradasi agregat gabungan AC base	39
Gambar 25.	Gradasi agregat gabungan AC BC	41
Gambar 26.	Gradasi agregat gabungan AC WC	43
Gambar 27.	Percobaan ATPB, kadar aspal modifikasi (starbit) 4%. Agregat terselimuti merata. Campuran homogen, tidak segregasi	45
Gambar 28.	Temperatur campuran ATPB trial	45
Gambar 29.	Pemadatan awal campuran ATPB trial. Campuran tidak bergeser dan perilaku campuran stabil waktu dipadatkan	46
Gambar 30.	Penyiraman air diatas permukaan ATPB, air langsung keluar melalui rongga campuran	46

1

PENDAHULUAN

Konstruksi lapis perkerasan asphalt treated permeable base (ATPB) telah diaplikasikan di beberapa negara sejak tahun 1950 an, merupakan suatu konstruksi lapis pondasi yang dapat ditempatkan di bawah lapis permukaan beraspal maupun lapis beton semen. Lapis ini merupakan bagian dari perkerasan yang berfungsi untuk mendukung beban lalu-lintas dan sebagai bagian yang menyebarkan tegangan yang diterima ke lapis tanah dasar. Lapis ini tahan terhadap deformasi dan dapat meningkatkan mengalirkan air permukaan yang berinfiltrasi dari permukaan ke lapis di bawahnya. Pada penempatan di bawah beton semen, atau lapis beraspal, ATPB ditempatkan di atas lapis campuran beraspal (Lumantung Tony, 2012 IRE seminar). (David Webb David et al, 2007).

Berdasarkan kajian Harvey J et al (1999), ATPB telah dilaksanakan sejak tahun 1980 an di beberapa ruas jalan dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Caltrans (The California Department Transportation). Berdasarkan petunjuk praktis yang dipublikasikan, ATPB ditempatkan dibawah lapis beton semen (slab beton) yang berfungsi sebagai lapis drainase untuk mengalirkan air yang merembes dari sambungan atau retak2 pada lapis slab beton kemudian masuk ke lapis ATPB yang kemudian secara horizontal dialirkan ketepi untuk selanjutnya dibuang melalui drainase tepi dibawah bahu jalan keluar lapis perkerasan. Di bawah lapis ATPB dapat berupa lapis campuran aspal panas dengan gradasi tertutup (dense grade) yang berfungsi melindungi masuknya air ke lapisan tanah dasar. Dalam hal ini lapis ATPB mempunyai fungsi utama sebagai lapis drainase sehingga perkerasan mempunyai daya

tahan terhadap pengaruh air yang didukung dengan adanya drainase ujung yang bekerja dengan baik.

Air permukaan yang masuk ke lapisan bawah melalui bagian retak pada perkerasan beraspal atau pada sambungan pada beton semen dapat menyebabkan lemahnya daya dukung lapis perkerasan yang dapat mengganggu kestabilan dan selanjutnya dapat menyebabkan terjadinya kerusakan. Demikian pula bila terjadi rembesan air dari bawah ke atas, air tersebut harus segera dikeluarkan.

Ketebalan lapisan ATPB berkisar antara 10 cm atau 12,50 cm atau sekitar 3 kali diameter agregat maksimum campuran ATPB (Lumantung Tony, 2012 IRE seminar) yang dibangun dari gradasi agregat mendekati seragam dengan tipikal kadar aspal rendah sekitar 2% - 3% (Webb David et al, 2007). Hal ini untuk menjamin bahwa pada jangka panjang permeabilitas campuran tetap berfungsi. Namun demikian kadar aspal rendah akan mempunyai efek terhadap daya tahan campuran terhadap pengaruh air karena minimnya kadar aspal yang membantu bersatunya agregat dalam campuran. Direkomendasikan agar kadar aspal ATPB digunakan minimum 3,0% (untuk agregat yang absorpsinya kecil seperti agregat granit) dan 3,5% untuk agregat absorpsinya besar seperti batu kapur. Hal ini untuk menjamin ikatan agregat cukup kuat. (Webb David et al, 2007). (Harvey J. et all, 1999). Pada daerah kering untuk perencanaan nilai stiffness ATPB 1×10^6 kPa (150,000 psi) dan 5×10^5 kPa (75,000 psi) (rendaman dan material sensitive terhadap air) sedangkan untuk konvensional aspal beton pada temperatur kering yang sama pada interval 5.5 to 7×10^6 kPa (800,000 to 1,000,000 psi).

Penempatan lapis ATPB

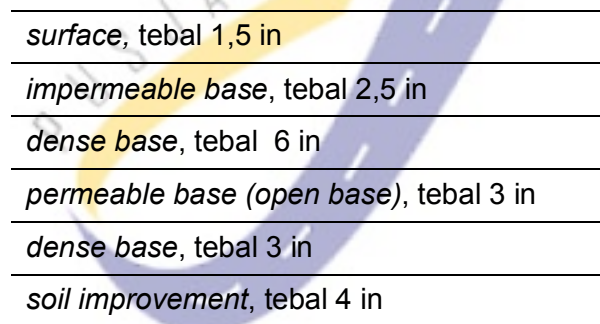
Filosofi dari campuran ini adalah bahwa skeleton agregat kasar kontak antar agregat yang memberi kekuatan campuran untuk menahan beban dari timbulnya alur, kekuatan campuran ini dibantu oleh partikel agregat non aktif (agregat yang berukuran lebih kecil dari agregat kasar) serta aspal. Gradasi campuran ATPB merupakan gradasi terbuka mendekati seragam, kekuatan campuran mengandalkan daya kontak antara butir agregat dengan agregat.

Kadar aspal mengisi VMA campuran. Hasilnya kadar VMA besar dan rongga udara besar. Jenis aspal umumnya aspal modifikasi untuk mencegah pengaliran aspal (draindown).

Campuran ATPB mempunyai rongga udara dan permeabilitas yang cukup besar yang dimaksudkan agar air yang merembes dari lapis permukaan perkerasan misal melalui celah retak dapat dialirkan pada lapis ATPB keluar badan jalan.

Kegagalan penggunaan lapis ATPB yang dihamparkan di bawah beton semen, dialami oleh Departemen Transport California yang menjumpai bahwa pada beberapa lokasi pengambilan contoh dengan alat *core drill*, terjadi kerusakan retak pada lapis ATPB. Selanjutnya untuk mengevaluasi hal ini David Webb et al (2007) menyarankan bahwa ATPB agar dihamparkan di atas lapis aspal yang kedap air sehingga dapat memberikan dukungan yang cukup terhadap ATPB dan mencegah air penetrasi kelapis tanah dasar. Dinyatakan pula bahwa sistim drainase pada tepi (ujung) perkerasan harus berfungsi dengan baik dan dipelihara guna mencegah lapis ATPB dari kejenuhan air.

Berdasarkan Tony Lumantung, 2012 (seminar internasional di Pusjatan), tipikal susunan lapis perkerasan *long life pavement* yang menggunakan lapis ATPB dapat dilihat pada Gambar 1.



<i>surface</i> , tebal 1,5 in
<i>impermeable base</i> , tebal 2,5 in
<i>dense base</i> , tebal 6 in
<i>permeable base (open base)</i> , tebal 3 in
<i>dense base</i> , tebal 3 in
<i>soil improvement</i> , tebal 4 in

Gambar 1. Tipikal potongan melintang tebal perkerasan *long life pavement*

(Lumantung Tony, 2012)

Konstruksi ini merupakan *full depth asphalt* yang menggunakan lapis *permeable base* pada bagian lapis perkerasannya. Tebal perkerasan beraspal cukup tebal, lapis ATPB juga berfungsi sebagai bagian yang turut menyebarkan beban sehingga mengurangi tegangan yang diterima tanah dasar.

ATPB sebagai lapis drainase

Pembuatan lapis drainase adalah agar air cepat keluar dari perkerasan. Hujan lebat pada durasi yang pendek, air cepat keluar dari badan jalan dan tidak berpenetrasi ke perkerasan, sebaliknya hujan yang berlangsung lama walaupun tidak besar akan memungkinkan air banyak berpenetrasi ke perkerasan (Harvey J. et al, 1999).

Kriteria ATPB sebagai lapis drainase yang di kembangkan oleh Caltrans berdasarkan teori Lovering and Cedergren, 1962. Tipikal nilai permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai permeabilitas campuran (Lovering and Cedergren, 1962 dikutip Harvey J. et al, 1999)

Ukuran butiran (mm)	Permeabilitas (m/hari)	Proporsi butiran pecah (%)
25 - 38	36.600	10
9,5 - 19	10.700	50
2,36 – 4,75	1.800	100

Infiltrasi air permukaan umumnya dapat masuk melalui celah retak lapis permukaan. Meskipun permukaan perkerasan tidak terjadi retak potensi infiltrasi air dimungkinkan masih dapat terjadi jika kualitas dari lapis permukaan tersebut rendah. Hal ini dapat terjadi khususnya pada campuran yang kurang padat dan nilai rongga udara campuran masih cukup besar. Dengan menurunnya nilai rongga udara campuran dari 10% ke 5 %, koefisien permeabilitas campuran lapis permukaan dapat menurun dari sekitar 1×10^{-5} cm/det menjadi 1×10^{-3} cm/det (Lovering and Cedergren, 1962 dikutip Harvey J. et al, 1999).

Distribusi nilai permeabilitas campuran terhadap rongga udara (VIM) sangat menyebar. Tabel 2 merupakan hubungan antara rongga udara dengan penyebaran koefisien permeabilitas yang diperoleh dari menyarikan data SHRP Report No.A-396.

Tabel 2. Hubungan rongga udara campuran dengan koefisien permeabilitas (disarikan dari SHRP Report No.A-396)

Rongga udara campuran (VIM), %	Penyebaran koefisien permeabilitas (cm/det)
5 – 10	$6 \times 10^{-6} - 1,5 \times 10^{-3}$
10 – 15	$3 \times 10^{-4} - 1,5 \times 10^{-3}$
15 – 20	$1 \times 10^{-4} - 7 \times 10^{-3}$

Air dapat infiltrasi kedalam campuran aspal beton melewati retak permukaan atau karena campuran kurang padat. Pencegahan dapat dilakukan antara lain dengan meningkatkan tingkat kepadatan campuran dan menambah tebal lapisan sehingga perkerasan dapat menahan beban dan terjadinya retak permukaan dapat dihindari (Harvey J. et all, 1999).

Keuntungan dan kerugian lapis ATPB

Berdasarkan uraian diatas, keuntungan dan kerugian lapis ATPB dapat dinyatakan sebagai berikut :

- Porous karena gradasi terbuka, sehingga dapat berfungsi sebagai lapis drainase.
- Mempunyai stabilitas yang cukup, sehingga dapat membantu sebagai lapis penyebar beban.
- Menggunakan aspal modifikasi.
- Kadar aspal yang rendah.
- Persyaratan yang perlu dipertimbangkan adalah adanya sub drain di tepi perkerasan yang merupakan kebutuhan utama dari jalan yang perlu diperhatikan. ATPB dapat diletakkan di atas lapis beraspal yang ada yang mempunyai keuntungan bahwa tanah dasar terlindungi dari infiltasi air dari atas dan air yang merembes dari lapis di atasnya dapat mengalir ke arah horizontal kesamping dan dibuang melalui drainase tepi kemudian keluar dari lapis perkerasan.

- Lapis ATPB dapat digunakan pada lalu-lintas sedang dan pada lalu-lintas berat. Penggunaan beberapa jenis campuran beraspal panas bergradasi tertutup dan bergradasi terbuka dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penggunaan campuran beraspal panas sebagai lapis perkerasan secara umum (NAPA, 2001)

Lapis perkerasan	Lalu lintas rendah				Lalu lintas sedang				Lalu lintas tinggi			
	<300.000 ESALs				300.000 – 10.000.000				>10.000.000 ESALs			
	Dense	SMA	OGF	ATPB	Dense	SMA	OGFC	ATPB	Dense	SMA	OGFC	ATPB
Permukaan	VV				VV	V	V		VV	VV	VV	
Antara	VV				VV				VV	V		
Pondasi	VV				VV			V	VV			VV

Keterangan : VV = cocok, V = agak cocok, kosong = tidak cocok
 SMA = *Stiff Mastic Asphalt*, OGFC = *Open Grade Friction Course*



2

SPESIFIKASI CAMPURAN BERGRADASI TERBUKA DARI BEBERAPA NEGARA

ATPB telah dilaksanakan di beberapa negara dengan menggunakan pedoman yang tertuang dalam spesifikasi teknik dan pelaksanaan dari negara yang bersangkutan. Spesifikasi memberikan persyaratan bahan dan campuran yang diuraikan seperti berikut ini.

2.1 Bahan

2.1.1 Agregat

Tabel 4. Sifat agregat dan campuran (Caltrans) berdasarkan kutipan J Harvey et all (1999)

Propertis	Jenis tes	Nilai
Persentase butiran pecah (min)	205	90 %
Abrasi pada 500 putaran (max)	211	45 %
Nilai kebersihan (min)	227	57 %
Pengelupasan selaput agregat (<i>Film stripping</i>)	302	25 %
TSR (dg <i>freeze/thaw</i> tes) min.	ASTM D 4867 atau AASHTO T283	0,80

2.1.2 Aspal

Aspal sebagai pengikat dapat digunakan jenis aspal keras penetrasi grade, PG 64 – 22 atau aspal modifikasi. Ketebalan padat hamparan ATPB antara 3 – 5 inci dengan kadar aspal ber variasi antara 2% – 5%. Kadar aspal rendah dimaksudkan agar rongga udara campuran cukup besar sehingga fungsi drainase dapat tercapai, namun demikian kadar aspal yang rendah dapat mengakibatkan daya tahan campuran rendah.

2.2 Gradasi

Perencanaan campuran ATPB serupa dengan OGFC (MS-4, 2007) dengan tipikal gradasi dan kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Gradasi campuran ATPB dan kadar aspal
(*The Asphalt Institute MS-4, 2007*)

Gradasi		Indiana	Ontario	Caltrans	Florida
Kadar aspal thd berat agregat (%)		3,1 – 4,7	4,2 – 5,4	2,0 – 3,0	2,0 – 3,0
Ukuran ayakan					
inci	mm				
1 1/2	37,5	100	100	100	100
1	25,4	70 – 98	80 – 99	100	95 – 100
3/4	19,1	50 – 85	68 – 90	90 – 100	-
1/2	12,7	28 – 62	54 – 76	35 – 65	25 – 60
3/8	9,5	15 – 50	45 – 67	20 – 45	-
No.4	4,75	10 – 20	35 – 45	0 – 10	0 – 10
No.8	2,36	3 – 20	20 – 45	0 – 5	0 – 5
No.16	1,18	1 – 15	12 – 36	-	-
No. 30	0,6	1 – 10	7 – 28	-	-
No. 50	0,3	0 – 7	3 – 18	-	-
No.100	0,15	0 – 6	1 – 12	-	-
No.200	0,075	0 – 4	0 – 5	0 – 2	-

2.3. Tipikal spesifikasi konstruksi bergradasi terbuka

Perencanaan campuran ATPB serupa dengan OGFC (*The Asphalt Institute MS-4, 2007*), yang bersumber dari NCAT (*The National Center*

fo Asphalt Technology) untuk OGFC dan FWMA (Federal Highway Material Agency) untuk ATPB. Sifat campuran yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Sifat campuran tipe porous aspal

Propertis	SMA	OGFC (NCAT)	ATPB (FHWA-Asphalt Institute)
VIM	4 % pada N design	18 %	10 %
Draindown pada temperatur campuran (max)	0,3 %	0,3 % campuran	0,3 % berat agregat
Jumlah pemadatan		50 girasi (pemadat giratori)	50 girasi (pemadat giratori)
VCA (AASHTO T 19/ASTM C 29)	VCA mx < VCA drc *)	VCA mx < VCA drc *)	
Cantabro on unaged specimens (max)		20 %	
Cantabro on aged specimens (max)		30 %	
Rasio kekuatan akibat pengaruh rendaman	TSR min 0,70	TSR min 0,80 (AASHTO T 283 / ASTM D 4867)	Uji seperti immerse Marshall test min 0,50 (AASHTO T 165 & T167) /(ASTM D1075 & D1074)

*) $VCA\ drc = (Gca\ \gamma_w - \gamma_s) / Gca\ \gamma_w * 100$
VCA drc = voids in coarse aggregate in dry-rodded condition (%)

3

PENGEMBANGAN SPESIFIKASI ATPB

Dalam rangka pengembangan spesifikasi ATPB yang berlaku di Indonesia telah dilakukan pengujian dan perancangan penentuan kadar aspal. Uji laboratorium meliputi mutu bahan dan sifat bahan yang dapat digunakan untuk perancangan penentuan kadar aspal ATPB.

3.1 Bahan

3.1.1 Agregat

a) Mutu agregat

Agregat uji merupakan agregat pecah yang berasal dari quarry di Jawa Barat. Gradasi dari masing-masing benda uji dibuat sedemikian dari ukuran butir agregat yang sesuai dari hasil pengayakan sehingga didapatkan gradasi yang sesuai dengan rencana. Setiap ukuran agregat dipisahkan dengan pengayakan sehingga didapat ukuran butir agregat dari ukuran halus hingga kasar. Tabel 7 menunjukkan bahwa kualitas agregat yang digunakan untuk pengujian memenuhi persyaratan sebagai campuran beraspal panas.

Tabel 7. Hasil pengujian agregat untuk campuran beraspal panas

No	Jenis Pengujian	Jenis Pengujian			Satuan
		Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus	
1	Abrasi	16.91	-	-	%
2	Setara Pasir	-	-	74.2	%
3	Berat Jenis <i>bulk</i>	2.675	2.664	2.697	-
	SSD	2.710	2.704	2.723	
	<i>apparent</i>	2.774	2.776	2.770	
4	Penyerapan	1.336	1.524	0.969	%
5	Angularity Halus	-	-	45.16	%
6	Angularity Kasar	100/100	100/100	-	%
7	Kelekatan	-	95 +	-	%
8	Partikel Pipih dan lonjong	100.0	-	-	%
9	Soundness	1.04	1.54	1.73	%
10	Bahan lolos # 200	0.7	4.0	10.2	%

b) Gradasi

Dalam rangka membatasi jumlah benda uji, dari 4 (empat) gradasi yang tertera pada Tabel 5, dipilih 3 (tiga) gradasi yang meliputi gradasi California, Ontario dan Indiana, sedangkan gradasi Florida diasumsikan sama dengan gradasi California. Gradasi ATPB Caltrans merupakan gradasi terbuka yang lebih kasar dibandingkan dengan gradasi Ontario dan Indiana. Seleksi gradasi untuk uji gelar dilakukan berdasarkan karakteristik hasil pengujian dari variasi gradasi.

3.1.2. Aspal

Penggunaan bahan pengikat aspal pen 60 dan aspal modifikasi pada kajian ini untuk mengetahui perbedaan kinerja laboratorium campuran ATPB dari kedua jenis aspal. Aspal pen 60 merupakan produksi Pertamina yang memenuhi persyaratan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7. Bahan pengikat tersebut digunakan untuk campuran beraspal panas jenis AC WC dan AC BC. Sedangkan mutu aspal modifikasi produksi perusahaan dalam negeri yang digunakan untuk ATPB dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Mutu Aspal Keras hasil uji (pen 60)

No	Jenis Pengujian	Metode	Hasil Pengujian	Spesifikasi (BM, 2010)	Satuan
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	62,1	60 – 70	dmm
2	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	48,4	≥ 48	cSt
3	Titik Nyala; °C	SNI 06-2433-1991	329	≥ 232	°C
4	Daktilitas, 25 °C; cm	SNI 06-2432-1991	>140	≥ 100	cm
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1,0372	≥ 1	-
6	Kelarutan dalam Trichlor Etylen; % berat	SNI 06-2438-1991	99,6069	-	%
7	Penurunan Berat (dengan TFOT); % berat	SNI 06-2440-1991	0,023	≥ 0,8	%
8	Penetrasi setelah penurunan berat; % asli	SNI 06-2456-1991	86,9	≥ 54	%
9	Daktilitas setelah penurunan berat; % asli	SNI 06-2432-1991	>140	≥ 100	cm
10	Titik Lembek setelah TFOT, °C	SNI 06-2434-1991	50,6	-	°C
11	Temperatur campuran (viscositas 170cst), °C	AASHTO-27-1990	151-162	-	°C
12	Temperatur pemadatan (viscos 280cst), °C	AASHTO-27-1990	144-149	-	°C

Catatan: Berdasarkan Tabel 7 aspal keras termasuk katagori aspal pen 60.

Tabel 9. Mutu Aspal modifikasi

No	Jenis Pengujian	Metode	Hasil pengujian	Spesifikasi (BM, 2010)	Satuan
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60	Min 40	dmm
2	Viskositas pada 135 °C	SNI 06-6441-2000	1111	<3000	cSt
3	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	57	≥54	°C
4	Daktilitas pada 25 °C, 5cm/menit	SNI-2432-1991	>140	>100	cm
5	Titik Nyala; °C	SNI 06-2433-1991	338	≥232	°C
6	Kelarutan dalam C ₂ HCL ₃	SNI 06-2438-1991	99,9	≥99	%
7	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1,0354	≥1,0	-
8	Perbedaan titik lembek setelah stabilitas penyimpanan	ASTM D 5976 part 6.1	-	≤2,2	°C
9	Kehilangan berat (RTFOT)	SNI 03-6835-2002	0,0168	≤0,8	%
10	Penetrasi setelah penurunan berat (RTFOT); % asli	SNI 06-2456-1991	76,66	≥54	%
11	Titik lembek setelah RTFOT	SNI 06-2434-1991	63,4	-	°C
12	Daktilitas setelah penurunan berat (RTFOT); % asli	SNI 06-2432-1991	>140	-	cm
13	Keelastisan setelah pengembalian	AASHTO T 301-98	71,3	≥60	%

3.2 Prosedur uji laboratorium

3.2.1 Bulk relative density (Gmb) dan maximum theoretical relative density (Gmm) dan VIM

Bulk relative density (Gmb) untuk campuran beton aspal padat dan maximum theoretical relative density (Gmm) untuk campuran beton aspal lepas (loose) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan rongga udara dalam campuran (VIM). Prosedur penentuan density dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti dalam Tabel 10.

Tabel 10. Beberapa metode untuk menentukan density

No.	Metode	Judul
1	ASTM D1188-07	Standard test method for bulk specific gravity and density of compacted bituminous mixtures using coated samples
2	ASTM D2726-09	Standard test method for bulk specific gravity and density of non-absorptive compacted bituminous mixtures
3	ASTM D3203-05	Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures
4	ASTM D6752-09	Standard test method for bulk specific gravity and density of compacted bituminous mixtures using automatic vacuum sealing method

Penentuan VIM didasarkan pada hasil uji benda uji dengan cara SSD (ASTM D2726-09), ketebalan (ASTM D3203-05), dibungkus plastik (modifikasi ASTM D6752-09) dan dibungkus parafin (ASTM D1188-07).

Pada beberapa prosedur density ATPB ditentukan berdasarkan metode Core Lock, tetapi pada kajian ini didekati dengan membungkus benda uji dengan plastik kuat tipis dan dimasukkan ke dalam alat vakum yang diisi air. Gambaran hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 11. Hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan bahwa nilai VIM sangat dipengaruhi oleh metode pengujian yang dilakukan.

Pada Tabel tersebut benda uji dibuat dengan menggunakan aspal pen 60, gradasi tipe Caltrans dan ditumbuk menggunakan metode Marshall dengan jumlah 2x50 tumbukan.

Tabel 11. Beberapa hasil perhitungan VIM dengan beberapa metode uji density

Kadar aspal (%)	SSD	Ketebalan	Plastik BJ=0,91 (modifikasi ASTM) D6752-09)	Parafin BJ=0,86 (ASTM D1188-07)
2	6,3	33,1	31,1	19,2
2,5	6,1	32,2	30,5	18,2
3	5,2	31,6	29,8	16,1
3,5	5,2	30,2	28,5	15,9
4	4,8	29,1	28,2	14,8

Untuk uraian selanjutnya metode yang dipergunakan pada perhitungan VIM menggunakan metode benda uji yang dibungkus parafin.

3.2.2 Ketahanan terhadap pelepasan butir (Cantabro) dan *aging*

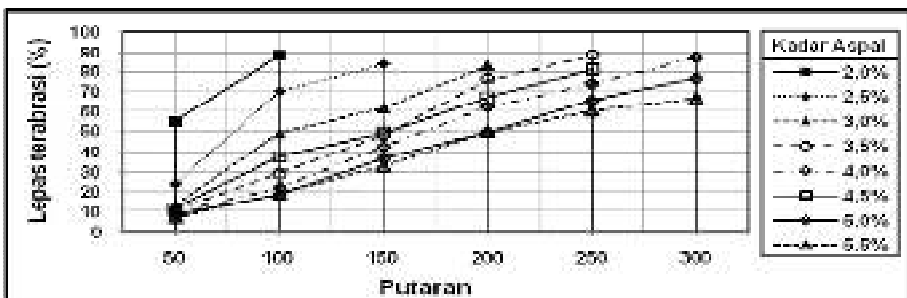
Pengujian ketahanan terhadap pelepasan butir dilakukan dengan metode Cantabro menggunakan alat penguji Abrasi Los Angeles. Benda uji Marshall dimasukkan dalam alat uji dan diputar sebanyak 500 putaran. Pelepasan butir ditentukan dengan membandingkan berat awal sebelum dan sesudah pengujian (CEN TC 227/WG1,1995). Pada campuran bergradasi terbuka (*open graded*) nilai Cantabro langsung (*un aged*) pada 300 putaran maksimum yang diijinkan untuk OGFC pada umumnya adalah 20% , namun beberapa negara Eropa menspesifikasikan 25% (Mallick et al,2000).

Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan hasil uji Cantabro campuran panas ATPB pada variasi kadar aspal dari tipe gradasi California, Gambar 4 dari gradasi Ontario menggunakan aspal modifikasi, Gambar 5 – Gambar 7 dari gradasi Indiana. Hasil uji masing-masing gradasi disampaikan sebagai berikut:

i) Gradasi agregat ATPB California

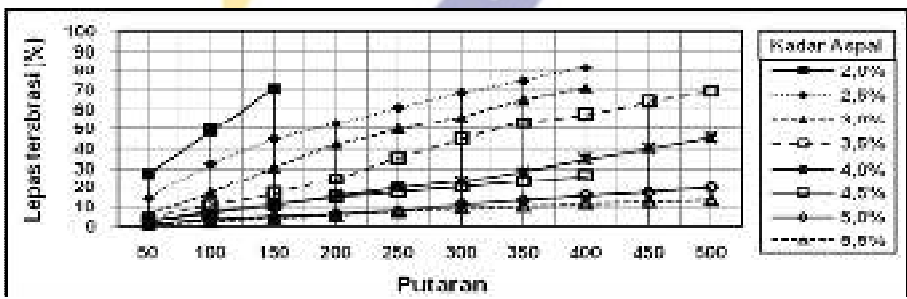
Aspal yang digunakan jenis aspal pen 60 dan aspal modifikasi. Diameter benda uji 4.0 inci, ukuran maksimum agregat 1 inci, kadar aspal 2% sampai dengan 5,5% dan jumlah putaran sampai dengan 300 – 500

putaran. Gambar 2 menunjukkan nilai pelepasan butir benda uji dengan aspal pen 60. Gambar menunjukkan bahwa makin besar kadar aspal, banyaknya pelepasan butir makin kecil. Pada putaran ke 300 kadar aspal 4,0% nilai pelepasan butir cukup besar yaitu sekitar 90% dan kadar aspal 5,5% sekitar 65%.



Gambar 2. Hubungan pelepasan butir Vs jumlah putaran dan variasi kadar aspal, diameter benda uji 4 inci, gradasi California dan jenis aspal pen 60.

Gambar 3 menunjukkan nilai pelepasan butir benda uji dengan aspal modifikasi. Seperti halnya pada penggunaan aspal pen 60 makin besar putaran nilai Cantabro makin besar. Pada 300 putaran dan kadar aspal 4,0%, pelepasan butir sekitar 21% dan kadar aspal 5,5% pelepasan butir sekitar 9%.



Gambar 3. Hubungan pelepasan butir Vs jumlah putaran dan variasi kadar aspal, diameter benda uji 4 inci, gradasi California dan jenis aspal modifikasi.

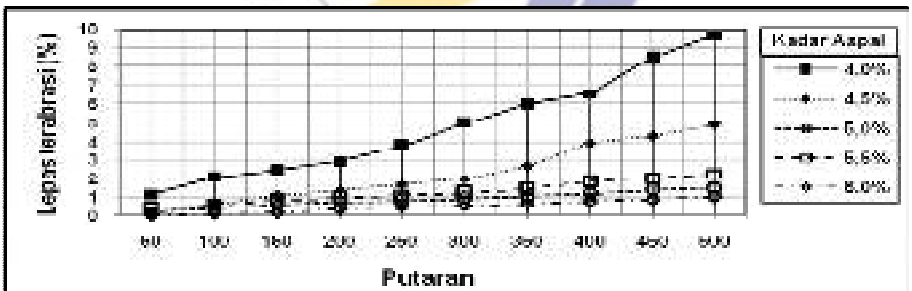
Dari perbandingan Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukan bahwa pada umumnya penggunaan jenis aspal mempengaruhi nilai pelepasan butir dan penggunaan jenis aspal modifikasi membantu mengurangi nilai

pelepasan butir menjadi lebih kecil dibanding aspal pen 60. Berdasarkan gambaran tersebut penggunaan aspal modifikasi selanjutnya digunakan sebagai bahan pengikat pada pengujian benda uji ATPB dengan gradasi lainnya.

ii) Gradasi ATPB Ontario

Diameter benda uji 4.0 inci, ukuran maksimum agregat 1½ inci, kadar aspal 4% sampai dengan 6% dan jumlah putaran sampai dengan 500 putaran.

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara jumlah putaran dan persen pelepasan butir benda uji pada pengujian Cantabro. Pengujian benda uji dengan gradasi Ontario hanya dilakukan untuk campuran menggunakan aspal modifikasi. Pada 300 putaran dan kadar aspal 4%, besarnya pelepasan butir adalah 6%, lebih rendah dibandingkan dengan pelepasan butir menggunakan gradasi California. Hal ini diperkirakan karena gradasi dari Ontario lebih rapat dibanding gradasi dari California.

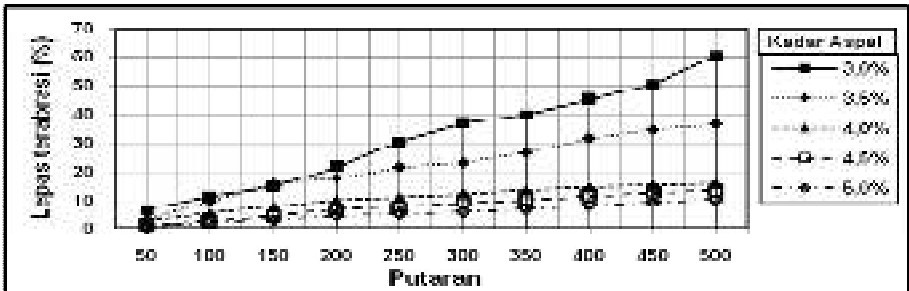


Gambar 4. Hubungan pelepasan butir Vs jumlah putaran dan variasi kadar aspal, diameter benda uji 4 inci, gradasi Ontario dan jenis aspal modifikasi.

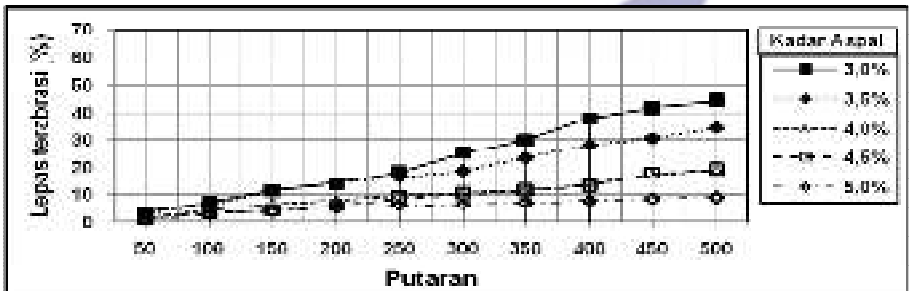
iii) Gradasi ATPB Indiana

Pada penggunaan gradasi ini dilakukan variasi diameter benda uji yaitu 4.0 inci (jumlah tumbukan 2x50 tumbukan) dan 6,0 inci (jumlah tumbukan 2x75 tumbukan dan 2x112 tumbukan). Ukuran maksimum agregat 1½ inci, kadar aspal 3% sampai dengan 5% dan jumlah putaran sampai dengan 500 putaran. Aspal modifikasi digunakan pada pengujian ini.

Gambar 5 – Gambar 7 menunjukkan hubungan pelepasan butir dan variasi kadar aspal pada benda uji menggunakan gradasi dari Indiana.

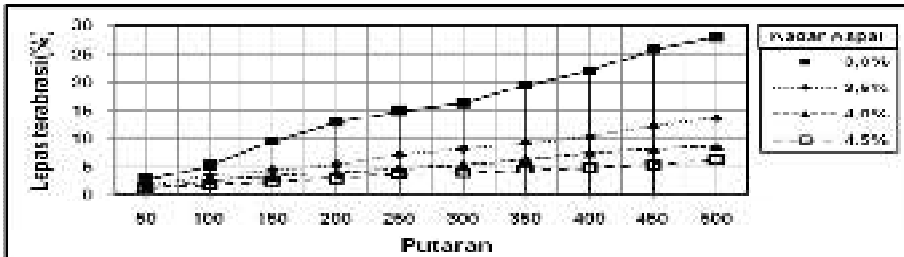


Gambar 5. Hubungan pelepasan butir Vs jumlah putaran dan variasi kadar aspal, diameter benda uji 4 inci (2x 50 tumbukan), gradasi Indiana dan jenis aspal modifikasi.



Gambar 6. Hubungan pelepasan butir Vs jumlah putaran dan variasi kadar aspal, diameter benda uji 6 inci (2x 75 tumbukan), gradasi Indiana dan jenis aspal modifikasi.

Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukan bahwa pada kadar aspal 4,0%, pemadatan benda uji 2x50 tumbukan dan diameter benda uji 4 inci, besarnya pelepasan butir adalah sebesar 10% hampir sama dengan pelepasan butir benda uji yang menggunakan diameter 6 inci dan pemadatan 2x75 tumbukan karena diperkirakan density dari kedua type benda uji tersebut hampir sama sehingga mempengaruhi besarnya pelepasan butir

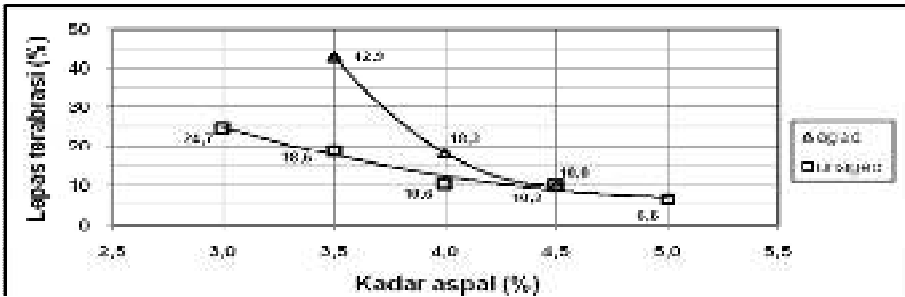


Gambar 7. Hubungan pelepasan butir Vs jumlah putaran dan variasi kadar aspal, diameter benda uji 6 inci (2x112 tumbukan), gradasi Indiana dan jenis aspal modifikasi

Jumlah pemadatan yang lebih besar (2x112 tumbukan) memberi efek terhadap besarnya pelepasan butir pada uji Cantabro yang umumnya nilainya menjadi lebih kecil seperti misalnya pada kadar aspal 4,0% pelepasan butir sebesar 5%. Namun demikian diperkirakan jumlah pemadatan yang lebih besar akan berdampak pula terhadap pecahnya agregat sehingga gradasi berubah menjadi lebih halus.

Pengaruh *aging*

Pada penentuan nilai Cantabro pengaruh *aging* campuran ATPB, prosedur pengujian dilakukan terhadap 5 buah benda uji yang dipadatkan pada setiap muka 50 tumbukan Marshall untuk benda uji diameter 4 inci (atau 75 tumbukan untuk diameter 6 inci), kemudian dimasukan ke dalam oven yang bertemperatur 60°C selama 168 jam (7 hari) (Mallick et al, 2000). Benda uji kemudian didinginkan pada temperatur 25°C dan disimpan selama 4 jam sebelum diuji Cantabro. Nilai rata-rata Cantabro yang direkomendasikan lebih kecil dari 30% dan tidak ada nilai individual yang lebih besar dari 50%. Pengujian ini perlu dilakukan mengingat nilai VIM dari campuran ATPB relatif besar sehingga dimungkinkan terjadinya kekakuan (*hardening*) campuran lebih cepat dibandingkan campuran beraspal panas yang bergradasi kontinyu. Gambar 8 menunjukkan hubungan antara pelepasan butir *aged* dan *unaged* terhadap variasi kadar aspal.



Gambar 8. Hubungan pelepasan butir Vs variasi kadar aspal, gradasi Indiana.

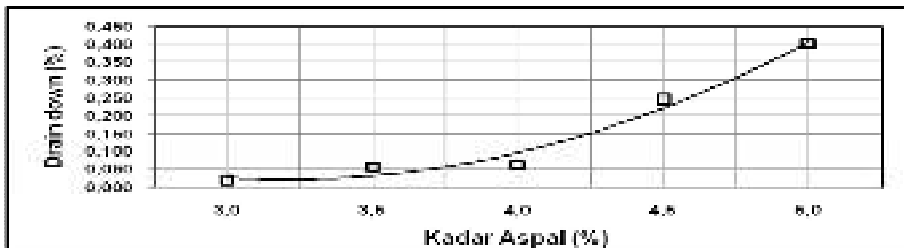
Umumnya pelepasan butir pada kondisi *aged* lebih besar dibandingkan kondisi *unaged* dan *aging* lebih berpengaruh pada kondisi kadar aspal rendah.

3.2.3 Draindown (pengaliran aspal)

Hal utama yang perlu diperhatikan dalam pemilihan aspal adalah bahwa penyalutan aspal terhadap agregat dalam campuran dalam jumlah yang cukup namun aliran aspal akibat temperatur (*draindown*) dalam jumlah minimal. Untuk campuran SMA dan OGFC besarnya maksimum draindown adalah 0,3% berat (Rajib et al, 2000 NCAT). Pada campuran ATPB nilai draindown juga diambil 0,3% berat. Uji ini terutama digunakan pada campuran yang mempunyai kadar fraksi agregat kasar tinggi sebagai evaluasi terjadinya aliran aspal selama perencanaan campuran dan/atau selama pelaksanaan.

Jika dalam penggunaan dengan aspal pen 60 nilai *draindown* lebih besar dari 0,3% terhadap berat agregat, perlu dilakukan kajian seperti misalnya penggunaan aspal modifikasi ber *fiber*.

Prosedur pengujian tertuang dalam ASTM D6390 yang secara garis besar diuraikan berikut ini. Sejumlah benda uji campuran aspal dimasukkan ke dalam keranjang kawat yang telah ditimbang terlebih dahulu, ditempatkan pada suatu plat dan diposisikan tegak. Kemudian keranjang, benda uji dan plat dimasukkan kedalam oven pada temperatur pencampuran selama 1 jam. Setelah selesai, timbang keranjang berisi benda uji, kemudian hitung besarnya *draindown*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 9 yang menunjukkan hubungan besarnya *draindown* dengan variasi kadar aspal jenis modifikasi dan gradasi dari Indiana.



Gambar 9. Hubungan nilai draindown Vs kadar aspal, gradasi Indiana dan aspal modifikasi.

Gambar 9 menunjukkan bahwa besarnya *draindown* yang lebih kecil dari 0,3% didapat pada kadar aspal < 4,50 %.

3.2.4 Pemadatan benda uji

Jumlah tumbukan pada pembuatan benda uji akan mempengaruhi besarnya butiran agregat yang pecah akibat tumbukan yang selanjutnya akan mempengaruhi gradasi dan sifat campuran yang dihasilkan.

Berdasarkan studi oleh Mallick et al (2000) menunjukkan bahwa terdapat persamaan nilai rongga udara campuran OGFC pada 50 x tumbukan Marshall dengan 50 girasi SGC yang dipadatkan hingga 100 girasi sebesar 18% yang diasumsikan terjadi di lapangan pada saat pelaksanaan. Memperhatikan hal ini maka pemadatan benda uji pada perancangan campuran OGFC dapat dilakukan dengan 50 girasi SGC atau 50 x tumbukan Marshall.

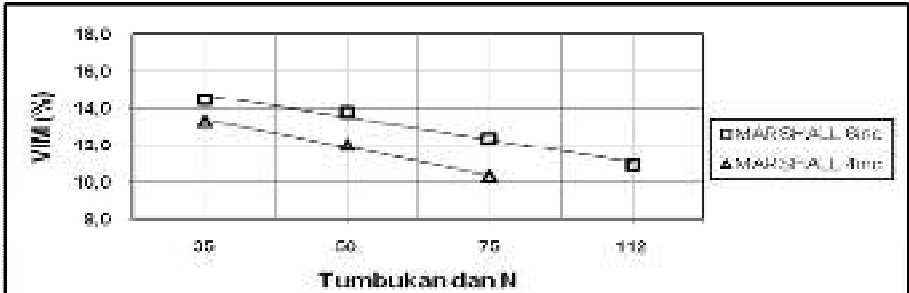
Pada rancangan SNI (RSNI3 2489-2012), untuk campuran agregat yang mengandung butiran 11/2 inci, benda uji Marshall diharuskan menggunakan diameter benda uji 6 inci. Memperhatikan hasil studi Mallick et al, maka dalam rancangan pembuatan benda uji ATPB dengan gradasi Indiana ini, nilai VIM yang dihasilkan dari jumlah tumbukan 2x50 tumbukan dan diameter benda uji 4 inci, perlu disesuaikan dengan nilai VIM yang dihasilkan apabila menggunakan diameter benda uji 6 inci.

Dalam rangka mengembangkan jumlah tumbukan dan variasi diameter benda uji tersebut, telah dilakukan pengujian pemadatan dengan variasi tumbukan 35, 50 dan 75 pada diameter benda uji 4 inci, dan 35, 50, 75 dan 112 tumbukan pada diameter benda uji 6 inci dengan kadar aspal modifikasi 4,0%. Hubungan antara variasi tumbukan dan diameter

benda uji dengan nilai VIM yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 10.

Tabel 12. Hubungan variasi tumbukan dan nilai VIM

Parameter	Diameter benda uji Marshall 6 inci				Diameter benda uji Marshall 4 inci		
	35	50	75	112	35	50	75
Tumbukan	35	50	75	112	35	50	75
VIM	14,5	13,8	12,3	10,9	13,3	12,0	10,3



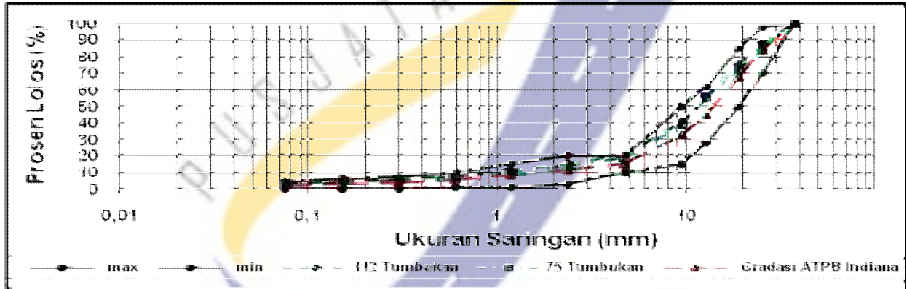
Gambar 10. Hubungan variasi tumbukan Vs nilai VIM gradasi ATPB Indiana

Gambar 10 menunjukkan bahwa pemadatan pada benda uji diameter 4 inci dengan 2x50 tumbukan menghasilkan nilai VIM sebesar 12% yang kira-kira setara dengan yang dihasilkan oleh pemadatan pada benda uji diameter 6 inci dengan 2x75 tumbukan. Memperhatikan hasil ini, jumlah pemadatan benda uji Marshall untuk gradasi yang mengandung butiran 11/2 inci ditentukan 2x75 tumbukan dan diameter benda uji 6 inci. Untuk benda uji Marshall dengan gradasi yang mengandung butiran maksimum 1 inci, dapat menggunakan benda uji diameter 4 inci dan yang dipadatkan dengan jumlah 2x50 tumbukan.

Gradasi campuran sebelum dan sesudah pemadatan untuk variasi tumbukan 75 dan 112 dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 11. Terlihat bahwa gradasi akibat pemadatan 2x112 tumbukan menjadi lebih halus dibandingkan dengan pemadatan 2x75 tumbukan diameter benda uji 6 inci.

Tabel 13. Gradasi Indiana hasil ekstraksi benda uji Marshall 2x75 tbk dan 2x112 tbk

UKURAN SARINGAN												
inc mm	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
	37,5	25,4	19	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Gradasi ATPB Indiana	100,0	84,0	67,5	45,0	32,5	15,0	11,5	8,0	5,5	3,5	3,0	2,0
Hasil Ekstraksi												
112 Tumbukan	100,0	87,9	75,3	54,9	40,3	20,4	15,3	11,10	7,9	5,5	4,1	2,8
75 Tumbukan	100,0	83,5	71,9	55,5	38,8	18,7	13,9	10,1	7,2	4,8	3,4	2,2
Spesifikasi gradasi												
maks.	100,0	98,0	85,0	62,0	50,0	20,0	20,0	15,0	10,0	7,0	6,0	4,0
min.	100,0	70,0	50,0	28,0	15,0	10,0	3,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0



Gambar 11. Perubahan gradasi Indiana hasil ekstraksi benda uji Marshall 2x75 tumbukan dan 2x112 tumbukan

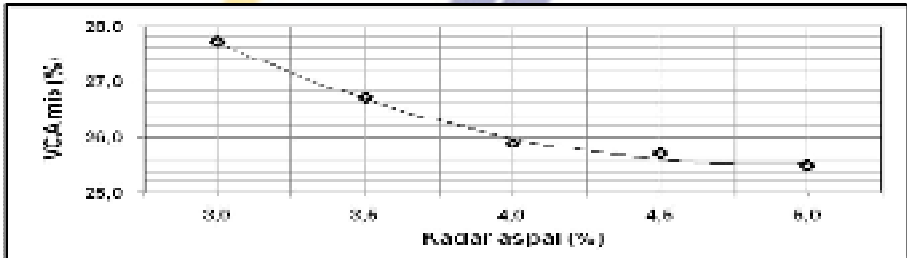
3.2.5 VCA (Voids in coarse aggregate) (AASHTO T 19/ASTM C 29)

Seperti halnya campuran SMA (Stone Matric Asphalt) dan OGFC (Open Graded Friction Course) atau Porous asphalt, kekuatan ATPB untuk menahan deformasi berdasarkan kontak antar agregat fraksi kasar (tertahan pada ayakan No. 4,75 mm atau No. 4) (Malick et al, 2000). Berdasarkan AASHTO T19 kriteria yang menggambarkan bahwa kontak antar agregat dapat berfungsi dengan baik dinyatakan dengan besarnya nilai VCA (voids coarse aggregate) campuran ATPB harus lebih kecil VCA agregat fraksi kasar ($VCA_{mix} < VCA_{DRC}$).

Hasil uji VCA gradasi Indiana, yang dilaksanakan dengan variasi pengujian berat isi campuran berdasarkan 'ketebalan, penyalutan parafin dan vakum' dapat dilihat pada Tabel 14. Gambar 12 menunjukkan hubungan antara VCA_{mix} dengan variasi kadar aspal.

Tabel 14. Hasil uji VCA_{DRC} dan VCA_{mix} berdasarkan density metode tebal, parafin dan vakum pada agregat gradasi dari Indiana.

Kadar aspal (%)	VCAmix (%)		
	Berdasarkan density metode tebal	Berdasarkan density metode parafin	Berdasarkan density metode vakum
2,0	36,2	24,3	35,0
2,5	35,2	21,9	34,8
3,0	35,6	21,3	34,6
3,5	35,8	20,1	34,2
4,0	34,9	20,4	33,1
4,5	35,2	20,0	32,8
5,0	35,6	19,8	32,6
5,5	35,6	20,0	32,3
VCA_{DRC}	44,1		



Gambar 12. Hubungan variasi kadar aspal dengan VCA_{mix}

Berdasarkan Tabel 14. $VCA_{MIX} < VCA_{DRC}$, sesuai yang disyaratkan. Pada perhitungan density ini berdasarkan metode menggunakan parafin.

3.2.6 Penentuan penurunan kekuatan akibat pengaruh rendaman

Penentuan penurunan kekuatan akibat pengaruh rendaman ditentukan dengan 2 metode yang dinyatakan sebagai rasio nilai stabilitas sisa Marshall dan Indirect Tensile Strength Rasio – ITS (rasio kekuatan tarik tak langsung).

3.2.6.1 Stabilitas sisa Marshall

Prosedur pengujian sesuai SNI 06-2489-1991.

Nilai stabilitas sisa ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Stabilitas sisa} = \frac{\text{Stabilitas kering}}{\text{Stabilitas rendaman}} \times 100\%$$

Keterangan:

- Stabilitas sisa (%)
- Stabilitas kering (kg)
- Stabilitas rendaman (kg)

3.2.6.2 Metode rasio kekuatan tarik tak langsung (*Indirect Tensile Strength Retained*)

Prosedur pengujian sesuai AASHTO T283-07. ITS (*Indirect Tensile Strength Retained*) sering disebut pula dengan TSR (*Tensile Strength Ratio*).

Nilai ITS dan TSR ditentukan sebagai berikut:

$$\text{ITS} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot h \cdot d}$$

$$\text{ITSR atau TSR} = \frac{\text{ITS kering}}{\text{ITS rendaman}} \times 100\%$$

Keterangan:

- ITSR adalah *Indirect Tensile Strength Retained* (%)
- TSR adalah *Tensile Strength Ratio* (%)
- ITS adalah *Indirect Tensile Strength* (Psi)
- h adalah tinggi benda uji (in)
- d adalah diameter benda uji (in)
- P adalah beban maksimum (lb)

Kriteria nilai stabilitas sisa minimum 50%. Sebagai perbandingan dan pengembangan metode pengujian, pengujian nilai penurunan kekuatan dilakukan dengan variasi sebagai berikut :

- Pengujian Stabilitas sisa pada voids yang didapat sesuai kadar aspal optimum rencana.
- Pengujian ITSR tanpa pengkondisian – 18°C
- Pengujian ITSR dengan pengkondisian – 18°C

ITSR dan MSR diuji dengan menggunakan benda uji diameter 6 inci dan 2x75 tumbukan Marshall.

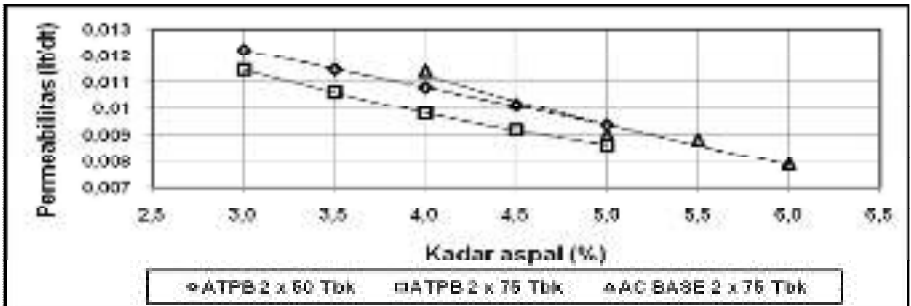
Tabel 15. Nilai ITSR dan MSR ATPB gradasi Indiana.(kadar aspal 4,0%)

No.	Pengujian	No. uji		
		1	2	3
1	MSR (%)	85,9	87,7	86,4
2	ITSR tanpa pengkondisian - 18°C (%)	75,9	73,0	77,7
3	ITSR dengan pengkondisian - 18°C (%)	71,8	67,9	75,4

Memperhatikan Tabel 15 pada umumnya nilai MSR lebih besar dari pengujian ITSR. ITSR tanpa pengkondisian – 18°C (yang diperkirakan sesuai untuk kondisi tropis, SHRP, 1994) lebih besar dari ITSR dengan pengkondisian – 18°C.

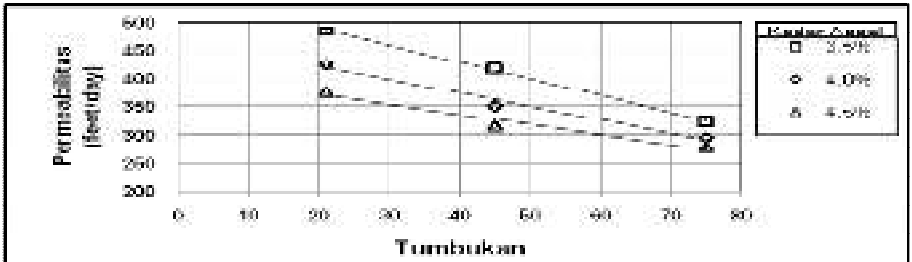
3.2.7 Permeabilitas

Permeabilitas benda uji laboratorium diuji dengan metode *falling-head*. Hasil uji dapat dilihat pada Gambar 13, makin besar kadar aspal nilai permeabilitas menurun.



Gambar 13. Hubungan antara permeabilitas dengan variasi kadar aspal

Gambar 13 menunjukkan hubungan variasi kadar aspal dengan permeabilitas pada variasi tumbukan. Permeabilitas campuran ATPB dengan 2x50 tumbukan untuk variasi kadar aspal umumnya lebih besar dibandingkan dengan 2x75 tumbukan. Sedangkan perilaku campuran AC base 2x75 tumbukan hampir sama dengan campuran ATPB 2x50 tumbukan. Hal ini dapat terjadi karena fraksi halus yang terkandung dalam campuran dapat mempengaruhi besarnya permeabilitas.



Gambar 14. Permeabilitas Vs jumlah tumbukan ATPB, diameter benda uji 4 inci.

Pengujian lain terhadap nilai permeabilitas dengan variasi jumlah tumbukan 20, 45 dan 75 serta 3 variasi kadar aspal dapat dilihat pada Gambar 14. Pada pengujian ini untuk pengujian dengan 50 tumbukan dan kadar aspal 4,0% dihasilkan permeabilitas sekitar 350 feet/day (105 m/day).

3.2.8 Karakteristik Marshall

Penentuan kadar aspal optimum dapat ditentukan dengan menambah parameter Marshall dengan diameter benda uji 6 inci dan jumlah 2x75 tumbukan. Batasan karakteristik campuran ditentukan berdasarkan sifat yaitu rongga udara campuran, density, Cantabro aged dan unaged, VCA, pengaruh rendaman dan drain down yang dikombinasikan dengan parameter hasil uji Marshall.

Sifat fisik campuran Marshall dan hasil pengujian lainnya ditunjukkan pada Tabel 16 berdasarkan penentuan kadar aspal optimum dan menggunakan jenis aspal modifikasi

Tabel 16. Sifat campuran ATPB berdasarkan kadar aspal optimum

No	Parameter	Hasil	Syarat/saran	Referensi
1	Kadar aspal optimum (%)	4,0	-	Aspal modifikasi
2	Kepadatan (t/m ³)	2,230	-	
3	Draindown (%)	0,10	Max 0,30	AI-MS-4 (ASTM D6390)
4	Cantabro unaged (%)	12	<20	AI-MS-4 untuk OGFC(ASTM D7064-04)
5	Cantabro aged (%)	18,3	<30	AI-MS4 untuk OGFC
6	VIM (%)	12	>10	AI-MS4 (ASTM D6752/ AASHTO T275)
7	Permeabilitas (l/det)	0,011	-	
8	VCA _{mix} (%)	26,0	VCA _{mix} <VCA _{DRC}	AI-MS4 (AASHTO T 19/ ASTM C 29)
9	VCA _{DRC}	44,1		AI-MS4
10	ITSR (%)	76	>50	AASHTO T 283 modifikasi
12	MSR (%)	87	-	
13	Stabilitas Marshall (kg)	1700	-	2x75 tdk diameter 6 inci
14	MQ (kg/mm)	325	-	
15	VMA (%)	19,7	-	
16	VFB (%)	40,7	-	
17	Kelelehan (mm)	5	-	

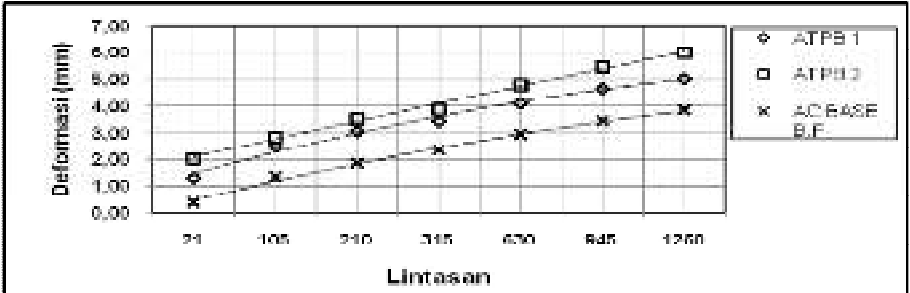
3.2.9 Alur (rutting)

Penilaian terhadap Indikasi terjadinya alur diuji dengan Wheel Tracking Machine dan untuk agregat lebih besar 1 inci, ketebalan benda uji dibuat 10 cm (biasanya 5 cm untuk agregat < 1 inci). Cetakan yang ada pada alat WTM saat ini dimodifikasi dengan cetakan tebal 10 cm dengan dimensi panjang dan lebar sama dengan yang ukuran 5 cm. Hasil pengujian alur ditunjukkan pada Tabel 17.

Tabel 17 Hasil pengujian alur dengan menggunakan WTM

Lintasan	21	105	210	315	630	945	1260
Deformasi (mm)	1.31	2.48	3.07	3.44	4.1	4.65	5.02

Dengan memperhatikan hasil pengujian pada Tabel 17 didapat nilai stabilitas dinamis ATPB sebesar 1730 lintasan/mm.



Gambar 15. Hubungan jumlah lintasan Vs deformasi pada uji WTM

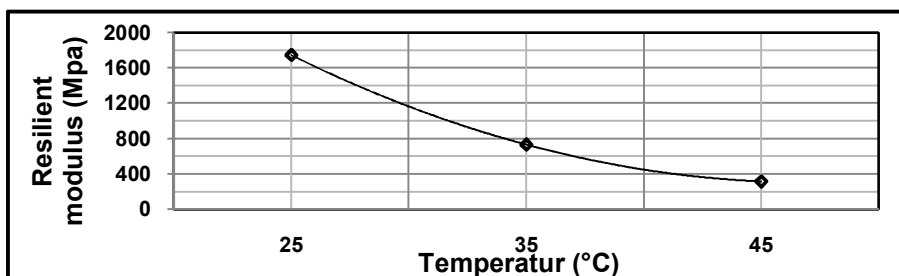
Gambar 15 memperlihatkan hubungan antara jumlah lintasan dengan deformasi alat WTR. Deformasi campuran ATPB umumnya lebih besar dibandingkan AC base. Diperkirakan karena ketebalan benda uji yang digunakan cukup tebal yaitu 10 cm maka deformasi awal akan cepat terjadi sebelum campuran mencapai tingkat kepadatan yang tetap.

3.2.10 Kekakuan campuran beraspal (Resilient modulus)

Pengujian kekakuan campuran beraspal dilakukan dengan menggunakan alat UMMATA terhadap benda uji diameter 6 inci dan 2x75 tumbukan pada variasi temperatur, ditunjukkan pada Tabel 18. Hubungan resilient modulus dengan variasi temperatur ditunjukkan pada Gambar 16.

Tabel 18. Hasil pengujian resilient modulus

Temperatur (°C)		25	35	45
Resilient modulus (M pa)	1	1751	722	309
	2	1738	741	321
	Rata-rata	1744.5	731.5	315



Gambar 16. Hubungan resilient modulus dengan variasi temperatur

Gambar 16 menunjukkan hubungan antara besarnya Resilient modulus dengan temperatur pengujian. Nilai resilient modulus pada temperatur 25°C sekitar 1745 MPa, nilai ini menurun dengan makin naiknya temperatur.

3.2.11 Pengembangan spesifikasi

Dalam litbang ini, beberapa tipe gradasi ATPB telah dikaji yang umumnya bergradasi terbuka. Gradasi dari California merupakan gradasi yang kasar dan mempunyai voids yang besar. Menguntungkan dari segi permeabilitas namun dari segi workabilitas agak sulit. Disamping hal tersebut gradasi yang sangat terbuka dimungkinkan akan terjadi *aging* yang lebih cepat mengingat temperatur perkerasan di Indonesia yang cukup tinggi. Dengan menggunakan gradasi Indiana dan menggunakan aspal modifikasi, nilai draindown dan Cantabro lebih menguntungkan dibandingkan gradasi dari California.

Sedangkan gradasi Ontario mendekati dense sehingga diperkirakan kadar aspal yang tinggi dan mempunyai sifat campuran yang mendekati gradasi AC base konvensional. Memperhatikan hal tersebut, selanjutnya dalam perencanaan campuran digunakan gradasi dari Indiana. Benda uji diameter 6 inci, 2x75 tumbukan marshall.

Selanjutnya penentuan kadar aspal optimum ditentukan sesuai dengan tahapan sebagai berikut :

- Tentukan gradasi ATPB terpilih
- Siapkan 5 set benda uji dengan kenaikan kadar aspal 0,5%
- Lakukan uji draindown pada campuran pada temperatur 10°C diatas temperatur pemanasan campuran.

- Padatkan benda uji dengan 2x75 tumbukan Marshall untuk benda uji diameter 6 inci atau 2x50 tumbukan Marshall untuk benda uji diameter 4 inci. Kemudian tentukan berat isi dan nilai volumetrik campuran (VIM, VMA, VFB).
- Lakukan uji abrasi Cantabro pada kondisi langsung (*unaged*) dan pemeraman pada temperatur 60°C selama 7 hari (*aged*).
- Kadar aspal terpilih ditentukan berdasarkan kriteria sebagai berikut :
 - Rongga udara, minimum 10%
 - Pelepasan butir Cantabro langsung (*unaged*), maksimum 20%
 - Pelepasan butir cantabro pemeraman (*aged*), maksimum 30 %.
 - Draindown maksimum 0,3% berat total campuran
 - $VCA_{mix} < VCA_{DRC}$
- Apabila dengan kadar aspal dalam pengujian tidak ada yang memenuhi dalam kelima kriteria tersebut, perlu dilakukan perancangan ulang seperti mengubah jenis agregat, bentuk gradasi, jenis aspal atau penambahan *fiber* dalam aspal.
- Uji lain yang bersifat opsional dapat dilakukan seperti :
 - Uji permeabilitas, namun jika dilakukan minimum nilai permeabilitas adalah 100 m/hari (diasumsikan sama dengan permeabilitas konstruksi OGFC).
 - Uji pelelehan dan stabilitas Marshall
- Evaluasi hasil rancangan campuran terhadap pengaruh air dengan menentukan besarnya TSR (*Tensile Strength Rasio*) atau MSR (*Marshall Stability Rasio*).

4

UJI GELAR

Uji gelar dilaksanakan di ruas Subang – Pagaden disekitar KM 164+900 (0 JKT) dengan pertimbangan antara lain volume lalu-lintas cukup padat, lendutan perkerasan relatif rendah, drainase cukup baik. Lokasi yang dipilih relatif merupakan daerah datar (alignement vertical sekitar $g = +1\%$). Kondisi jalan sebelum diberi lapis tambahan dapat dilihat pada Gambar 17 dan Gambar 18.



Gambar 17. Kondisi perkerasan, bahu dan saluran tepi kiri.



Gambar 18. Kondisi perkerasan, bahu dan saluran tepi kanan

4.1 Tebal perkerasan lama

Tebal perkerasan lama sekitar 40 cm – 45 cm dengan ketebalan lapis beraspal sekitar 15 cm dan sisanya adalah batu belah atau batuan berbutir. Lapis permukaan kombinasi antara lapis penetrasi Mac Adam dan beton aspal. Potongan melintang tebal perkerasan lama dapat dilihat pada Gambar 19. CBR tanah dasar (DCP) antara 8% - 13% atau rata-rata 11%.

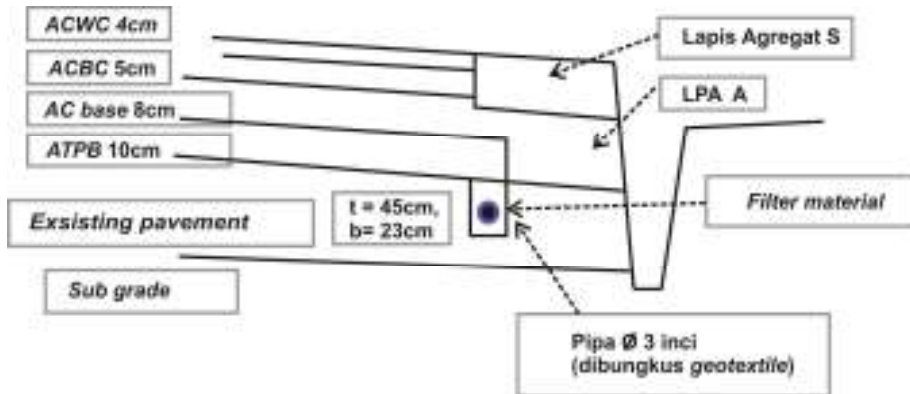


Gambar 19. Tebal perkerasan yang ada, batu belah 15-20 cm, PMA 6 cm, AC 9 cm. Tanah dasar tanah merah.

4.2 Rancangan tebal perkerasan

Tebal lapis perkerasan di atas perkerasan yang ada direncanakan terdiri dari beberapa lapis yaitu dari bawah 10 cm ATPB, 8 cm AC base, ACBC 5 cm dan ACWC 4 cm, dengan pemasangan sub drain pada kedua ujung tepi perkerasan. Potongan melintang tebal perkerasan uji gelar dapat dilihat pada Gambar 20.

Susunan tebal perkerasan percobaan ATPB



Gambar 20. Potongan melintang tebal perkerasan uji gelar ATPB (tidak diskala)

Tebal perkerasan di evaluasi dengan program CIRCLY Version 5.0 (versi 1 Juli 2010) untuk *Full Depth Asphalt Pavement*, *Poisson ratio* 0,40 menghasilkan seperti pada Tabel 19.

Cumulative Damage Factor (CDF) merupakan akumulasi dari damage factor dari keseluruhan beban pada spectrum lalu lintas sesuai dengan hipotesa Miner's.

$$CDF = \sum n_i / N_i$$

Keterangan :

n_i = jumlah repetisi untuk beban ke – i

N_i = Repetisi beban ijin

CDF menunjukkan proporsi umur/beban yang telah ditanggung perkerasan. Jika $CDF = 1$ maka diasumsikan bahwa perkerasan telah mencapai umur rencana. Jika $CDF < 1$ maka struktur perkerasan masih mampu menampung beban lalu lintas. Nilai $CDF > 1$ mengindikasikan bahwa struktur perkerasan tidak mampu menanggung beban lalu lintas rencana.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa nilai CDF lapis ATPB dan lapis2 material lainnya lebih kecil 1 dan sesuai dengan kriteria di atas maka

perkerasan yang berarti bahwa lapis perkerasan mampu menahan beban lalu lintas yang ada.

Tabel 19. Perencanaan tebal perkerasan berdasarkan program CIRCLY Version 5.0

Layer	Thickness	Material ID	Load ID	Critical	CDF
1	40	AC WC	ESA75-Full	-3.43E-05	1.11E-03
2	50	AC BC	ESA75-Full	-3.58E-05	1.36E-03
3	80	AC Base	ESA75-Full	-2.27E-05	1.39E-04
4	100	ATPB	ESA75-Full	-3.57E-05	1.34E-03
5	100	AC eksisting	ESA75-Full	-5.21E-05	8.91E-03
6	3000	granular		n/a	n/a
7	0	CBR	ESA75-Full	-2.86E-05	6.93E-08

4.3 Pelaksanaan uji gelar

4.3.1 Jenis kegiatan

Panjang uji gelar sekitar 70 m meliputi 40 m tebal perkerasan utama dan 2x15 m tebal oprit. Kegiatan uji gelar ATPB meliputi seperti Tabel 20.

Tabel 20. Jenis kegiatan dan volume pekerjaan

No.	Jenis kegiatan	Satuan	Volume	Keterangan
1	Sub drain : galian, pipa berlubang diameter 3 in, bungkus geotextile, filter material, pemadatan	M'	80	
2	Tack coat aspal emulsi	M2	1680	
3	Campuran ATPB	ton	66,40	Aspal modifikasi
4	Campuran AC base	ton	61,30	Aspal pen 60
5	Campuran AC BC	ton	43,10	Aspal pen 60
6	Campuran AC WC	ton	37,30	Aspal pen 60
7	Agregat kelas A	M3	106,0	
8	Agregat S	M3	10,00	
	Pasangan batu belah peninggian saluran tepi	M'	2x70	

4.3.2 Pelaksanaan Pekerjaan

1) Sub drain dan saluran tepi

Sub drain diletakkan di tepi perkerasan dengan ukuran galian sedalam sekitar 45 cm dan lebar 30 cm, sepanjang 40 m pada tepi kiri dan kanan perkerasan. Pipa berlubang diameter 3 inci yang telah dibungkus geotextile diletakkan sekitar 3 inci diatas dasar galian dengan dudukan filter material. Kemiringan memanjang pipa antara 1%-2% dan setiap jarak 20 m dibuat pipa (tanpa lubang) melintang perkerasan keluar badan jalan ke saluran tepi. Filter material yang berupa pasir kasar (istilah setempat pasir beton) dimasukkan di atas dan celah lubang galian dan dipadatkan dengan timbris. Bagian paling atas lubang ditutup dengan agregat A setebal 5 cm – 10 cm sebelum dipadatkan dengan alat pemadat. Lapisan ini berfungsi sebagai dudukan ATPB. Pemasangan pipa berlubang dan posisinya dapat dilihat pada Gambar 21 dan Gambar 22.



Gambar 21. Pemasangan pipa sub drain, ditempatkan di ujung perkerasan jalan, di bawah lapis ATPB



Gambar 22. Drainase subdrain memanjang

Di atas saluran tepi yang ada dipasang pasangan batu belah setebal 20 – 30 cm dan tebal sekitar 25 cm yang dimaksudkan untuk mencegah longsornya bahan bahu jalan akibat peninggian lapis perkerasan.

2) Bahu jalan

Lebar bahu jalan antara 2,00 m – 3,50 m, tebal penambahan agregat A 17 cm dan S 10 cm serta dipadatkan dengan tandem roller berat sekitar 6 – 8 ton. Gradasi bahan sesuai Spesifikasi umum pelaksanaan jalan 2010.

3) Bahan campuran beton aspal

a) Aspal

i) Aspal keras

Aspal untuk campuran AC base, AC BC dan AC WC, digunakan aspal keras pen 60/70 sesuai mutu aspal Tabel 8.

ii) Aspal modifikasi

Aspal untuk campuran ATPB digunakan jenis aspal modifikasi sesuai mutu aspal Tabel 9.

b) Agregat campuran beton aspal

Hasil uji agregat dapat dilihat pada Tabel 7.

4) Produksi campuran beraspal panas

Asphalt Mixing Plant (AMP) menggunakan tipe batch-mix plat yang dikelola oleh Kementerian Pekerjaan Umum yang berlokasi di Sewo, Pamanukan, Kabupaten Subang. Kapasitas pugmill AMP adalah 1 ton campuran per *batch*, dalam rangka mengatur temperatur campuran pada pelaksanaannya digunakan 650 – 700 kg per batch.

4.1) Komposisi campuran

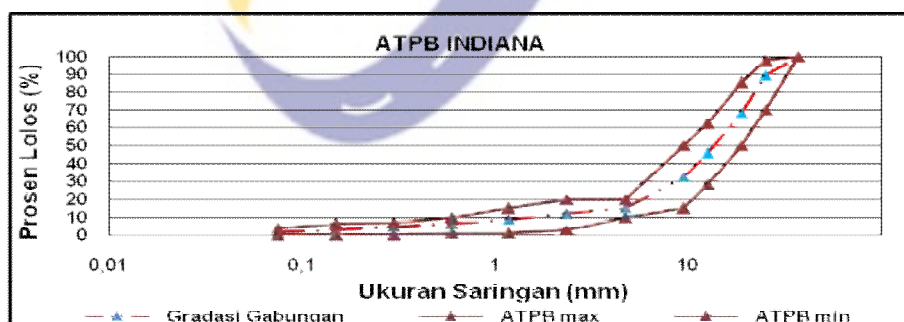
Campuran beraspal panas meliputi 4 jenis campuran yang dilaksanakan secara berurutan yaitu jenis ATPB, AC base, AC BC dan lapis permukaan AC WC. Komposisi dan sifat campuran yang dihasilkan setiap campuran diuraikan sebagai berikut :

a) Campuran ATPB

Perbandingan agregat untuk campuran aspal ATPB (hot bin) dapat dilihat pada Tabel 21 dan gradasi campuran ditunjukkan pada Gambar 23.

Tabel 21. Gradasi agregat gabungan ATPB (hot bin AMP)

UKURAN SARINGAN												
inc mm	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
	37,5	25,4	19	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
DATA GRADASI												
HOT BIN 4	100.00	68.98	9.56	0.19	0.09							
HOT BIN 3	100.00	100.00	99.13	23.07	8.21	0.23	0.06					
HOT BIN 2	100.00	100.00	100.00	99.05	61.28	0.78	0.11	0.07				
HOT BIN 1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.72	80.01	57.42	40.50	29.68	19.10	8.54
KOM BINASI AGGREGAT												
HOT BIN 4	35.00	68.98	9.56	0.19	0.09							
HOT BIN 3	25.00	25.00	99.13	23.07	8.21	0.23	0.06					
HOT BIN 2	25.00	25.00	25.00	99.05	61.28	0.78	0.11	0.07				
HOT BIN 1	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	99.72	80.01	57.42	40.50	29.68	19.10	8.54
GRADASI GABUNGAN												
	100.00	89.10	68.10	45.60	32.40	15.20	12.00	8.60	6.10	4.50	2.90	1.30
Spesifikasi gradasi												
maks.	100,0	98,0	85,0	62,0	50,0	20,0	20,0	15,0	10,0	7,0	6,0	4,0
min.	100,0	70,0	50,0	28,0	15,0	10,0	3,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0



Gambar 23. Gradasi agregat gabungan ATPB

Sifat fisik campuran Marshall dan hasil pengujian lainnya ditunjukkan pada Tabel 22 berdasarkan penentuan kadar aspal optimum dan menggunakan jenis aspal modifikasi.

Tabel 22. Sifat fisik campuran ATPB

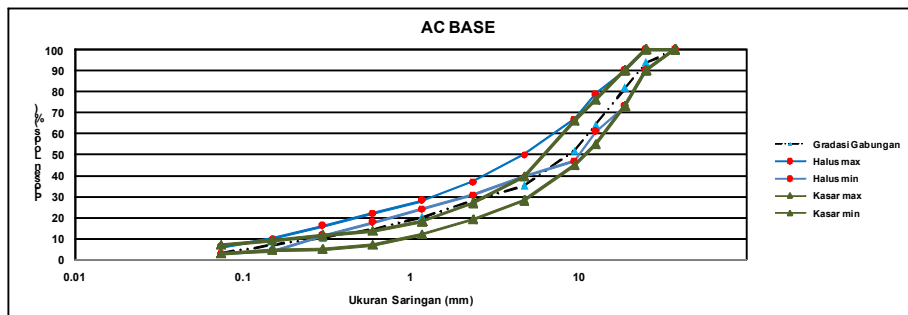
No.	Karakteristik campuran	Jenis campuran ATPB	Syarat	Satuan
1	Kadar aspal optimum	4,0		%
2	Kepadatan	2,217		Gr/ cm ³
3	VMA	20,5		%
4	VIM - Marshall	12,3	>10	%
5	VIM-PRD	-		%
6	VFB	40,0		%
7	Stabilitas	1200		kg
8	Kelelehan	5,0		mm
9	Marshall Quitient	250,0		Kg/ mm
10	ITSR (tanpa rendaman -18 ⁰ C)	73,8		%
	ITSR (dengan rendaman -18 ⁰ C)	67,1	>70	%
11	TFA	26,0		mikron
12	Dust ratio			
13	Cantabro unaged (300 ptr)	15	20	%
14	Cantabro aged (300 ptr)	22	30	%
15	Draindown	0,03	<0,3	%
16	Permeabilitas	300		ft/ day

b) Campuran AC – base

Perbandingan agregat untuk campuran aspal AC base (hot bin) dapat dilihat pada Tabel 23 dan gradasi campuran ditunjukkan pada Gambar 24.

Tabel 23. Gradasi agregat gabungan AC-base (hot bin AMP)

UKURAN SARINGAN												
inc mm	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
	37,5	25,4	19	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
DATA GRADASI												
HOT BIN 4	100.00	68.98	9.56	0.19	0.09							
HOT BIN 3	100.00	100.00	99.13	23.07	8.21	0.23	0.06					
HOT BIN 2	100.00	100.00	100.00	99.05	61.28	0.78	0.11	0.07				
HOT BIN 1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.72	80.01	57.42	40.50	29.68	19.10	8.54
KOM BINASI AGGREGAT												
HOT BIN 4	20.00	13.80	1.91	0.04	0.02							
HOT BIN 3	20.00	20.00	19.83	4.61	1.64	0.05	0.01					
HOT BIN 2	25.00	25.00	25.00	24.76	15.32	0.19	0.03	0.02				
HOT BIN 1	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	34.9	28	20.10	14.18	10.39	6.68	2.99
Gradasi Gabungan 100%	100.00	93.80	81.70	64.40	52.00	35.10	28.00	20.10	14.20	10.40	6.70	3.00
Spek. grad. umum 2010 halus												
maks.	100.00	100.00	90.00	79.00	67.00	50.00	37.00	28.00	22.00	16.00	10.00	6.00
min.	100.00	90.00	73.00	61.00	47.00	39.50	30.80	24.10	17.60	11.40	4.00	3.00
Spek. grad. umum 2010 kasar												
maks.	100.00	100.00	90.00	76.00	66.00	39.50	26.80	18.10	13.60	11.40	9.00	7.00
min.	100.00	90.00	73.00	55.00	45.00	28.00	19.00	12.00	7.00	5.00	4.50	3.00



Gambar 24. Gradasi agregat gabungan AC base

Sifat fisik campuran hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 23 berdasarkan penentuan kadar aspal optimum menggunakan jenis aspal pen 60.

Tabel 24. Sifat fisik campuran AC base

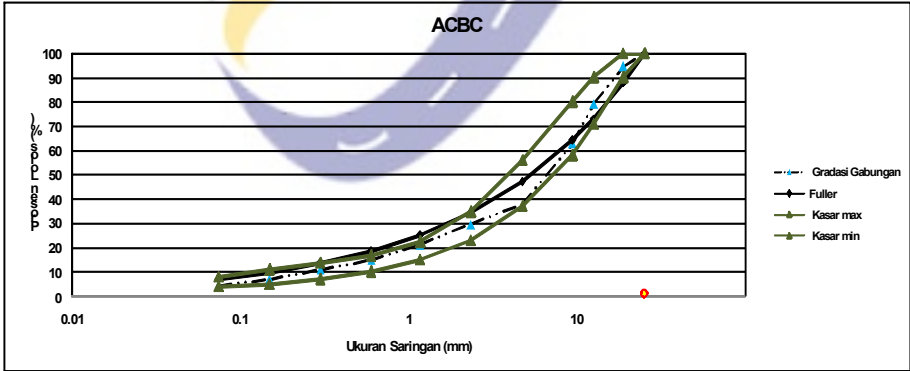
No	Karakteristik campuran	Jenis campuran AC base	Satuan
1	Kadar aspal optimum	5,0	%
2	Kepadatan	2,380	Gr/cm ³
3	VMA	15,50	%
4	VIM – Marshall	4,60	%
5	VIM – PRD	3,00	%
6	VFB	70,00	%
7	Stabilitas	2000,0	kg
8	Kelelehan	6,80	mm
9	Marshall Quitient	300,0	Kg/mm
10	Stab sisa	85,4	%
11	TFA	14,0	mikron

c) Campuran AC – BC

Perbandingan agregat untuk campuran aspal AC BC (hot bin) dapat dilihat pada Tabel 25 sedang gradasi campuran ditunjukkan pada Gambar 25.

Tabel 25. Gradasi agregat gabungan AC-BC (hot bin AMP)

UKURAN SARINGAN											
inc mm	1" 25,4	3/4" 19	1/2" 12,7	3/8" 9,5	# 4 4,75	# 8 2,36	# 16 1,18	# 30 0,6	# 50 0,3	# 100 0,15	# 200 0,075
DATA GRADASI											
HOT BIN 4	100.00	45.31	2.07	1.10	0.05						
HOT BIN 3	100.00	99.40	24.44	6.88	0.15	0.06					
HOT BIN 2	100.00	100.00	99.37	63.73	1.71	0.07	0.04				
HOT BIN 1	100.00	100.00	100.00	100.00	99.72	80.01	57.42	40.50	29.68	19.10	11.80
KOM BINASI AGGREGAT											
HOT BIN 4	10.00	4.53	0.21	0.11							
HOT BIN 3	14.00	13.92	3.42	0.96	0.02	0.01					
HOT BIN 2	39.00	39.00	38.76	24.85	0.67	0.03	0.01				
HOT BIN 1	37.00	37.00	37.00	37.00	36.90	29.60	21.25	14.99	10.98	7.07	4.37
Gradasi Gabungan	100.00	94.40	79.40	62.90	37.80	29.60	21.30	16.00	11.00	7.10	4.40
Spek. grad. umum 2010 kasar											
maks.	100.00	100.00	90.00	80.00	56.00	34.60	22.30	16.70	13.70	11.00	8.00
min.	100.00	90.00	71.00	58.00	37.00	23.00	15.00	10.00	7.00	5.00	4.00
Fuller	100.00	87.80	73.20	64.20	47.00	34.30	26.10	18.60	13.80	9.90	7.30



Gambar 25. Gradasi agregat gabungan AC BC

Sifat fisik campuran hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 26 berdasarkan penentuan kadar aspal optimum menggunakan aspal pen 60.

Tabel 26. Hasil pengujian Marshall AC-BC hot bin

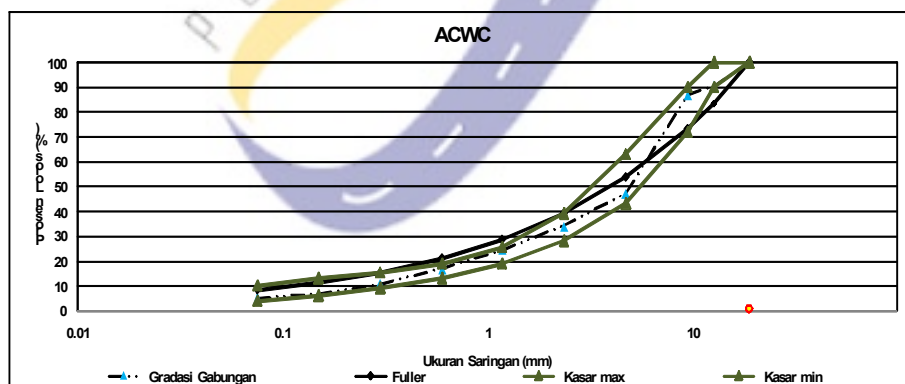
No	Karakteristik campuran	Jenis campuran AC-BC	Satuan
1	Kadar aspal optimum	5,60	
2	Kepadatan	2,340	
3	VMA	17,0	%
4	VIM – Marshall	4,80	%
5	VIM-PRD	2,70	%
6	VFB	71,0	%
7	Stabilitas	950,0	kg
8	Kelelahan	3,7	mm
9	Marshall Quitient	225,0	Kg/mm
10	Stab sisa	84,5	%
11	TFA	14	mikron

d) Campuran AC – WC

Spesifikasi campuran yang digunakan dalam merencanakan campuran beraspal panas jenis AC WC sesuai spesifikasi buku volume 3 tahun 2010 menggunakan jenis aspal pen 60. Grafik gradasi gabungan dapat dilihat pada Tabel 27 dan Gambar 26. Perbandingan agregat untuk campuran aspal AC BC (hot bin) dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 27. Gradasi agregat gabungan ACWC (hot bin AMP)

UKURAN SARINGAN										
inc mm	3/4" 19	1/2" 12,7	3/8" 9,5	# 4 4,75	# 8 2,36	# 16 1,18	# 30 0,6	# 50 0,3	# 100 0,15	# 200 0,075
DATA GRADASI										
HOT BIN 3	100.00	53.68	47.55	6.77	0.93	0.60	0.46	0.35	0.24	0.13
HOT BIN 2	100.00	100.00	94.28	10.56	1.56	0.88	0.61	0.48	0.38	0.18
HOT BIN 1	100.00	100.00	100.00	100.00	79.24	57.28	39.45	25.36	15.19	11.80
KOMBINASI AGGREGAT										
HOT BIN 3	21.00	11.30	10.00	1.40	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	
HOT BIN 2	37.00	37.00	34.90	3.90	0.60	0.30	0.20	0.20	0.10	0.10
HOT BIN 1	42.00	42.00	42.00	42.00	33.30	24.10	16.60	10.70	6.40	5.00
Gradasi Gabungan										
	100.00	90.30	86.90	47.30	34.10	24.50	16.90	10.90	6.60	5.10
Spek. grad. Umum 2010 kasar										
maks.	100.00	100.00	90.00	63.00	39.10	25.60	19.10	15.50	13.00	10.00
min.	100.00	90.00	72.00	43.00	28.00	19.00	13.00	9.00	6.00	4.00
Fuller	100.00	83.40	73.20	53.60	39.10	28.60	21.10	15.50	11.30	8.30



Gambar 26. Gradasi agregat gabungan AC WC

Sifat fisik campuran hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 28 berdasarkan penentuan kadar aspal optimum menggunakan aspal pen 60.

Tabel 28. Hasil pengujian Marshall AC-WC hot bin

No	Karakteristik campuran	Jenis campuran AC-WC	Satuan
1	Kadar aspal optimum	5,80	
2	Kepadatan	2,360	
3	VMA	16,8	%
4	VIM – Marshall	4,50	%
5	VFB	76,0	%
6	Stabilitas	1150,0	kg
7	Kelelehan	4,1	mm
8	Marshall Quitient	280,0	Kg/mm
9	Stab sisa	82,50	%
10	TFA	11,5	mikron

4.2) Cycle time dan temperatur campuran

Cycle time pencampuran agregat dari cold bin, *dryer* agregat hingga selesai pencampuran aspal antara 1,2 menit – 2,0 menit tergantung kadar air agregat. Cycle time pencampuran agregat dan aspal pada pugmil antara 20 detik – 30 detik setiap batch, hampir sama untuk semua campuran yang diuji walau untuk campuran yang lebih kasar (ATPB) agak lama. Temperatur pemanasan agregat, aspal dan campuran yang dilaksanakan dapat dilihat pada Tabel 29.

Tabel 29. Temperatur pemanasan bahan dan campuran di AMP

No	Jenis aspal	Pemanasan (°C)		
		Agregat	Aspal	Campuran
1	Modifikasi	180 - 190	170 - 180	170 - 180
2	Pen 60	160 - 170	150 - 160	145 - 155

5) Pengangkutan

Jarak AMP dengan lokasi hamparan sekitar 45 km yang dapat ditempuh dengan kendaraan truk berisi campuran beraspal panas sekitar 1 jam - 1,5 jam dan penurunan temperatur campuran relatif kecil.

6) Penghamparan dan pemadatan campuran beraspal panas.

Sesuai dengan posisi letak lapisan, urutan penghamparan campuran beraspal panas di atas perkerasan lama berturut-turut jenis campuran adalah ATPB, AC base, AC BC dan terakhir lapis permukaan AC WC. Total tebal padat dari 4 jenis campuran tersebut adalah 27 cm sehingga perlu dilakukan penyesuaian terhadap tebal hamparan pada bagian yang diberi lapis tambahan dan permukaan yang tidak dilapisi. Hamparan setiap lapis dibuat sedemikian sehingga didapatkan tebal hamparan penyesuaian untuk mencapai suatu kelandaian yang tidak tajam antara bagian yang tidak dilapisi campuran beraspal dan bagian hamparan baru.

a) Lapis ATPB

Gradasi campuran ATPB merupakan gradasi terbuka dengan ukuran agregat maksimum 37 mm (1 1/2 inci), tetapi kekhawatiran akan terjadinya segregasi campuran aspal dan agregat tidak terjadi. Penurunan temperatur campuran ATPB dengan aspal modifikasi tiba di lapangan dan pada paver sekitar 5°C .



Gambar 27. Percobaan ATPB, kadar aspal modifikasi 4,0%. Agregat terselubungi aspal merata. Campuran homogen, tidak segregasi.



Gambar 28. Pengukuran temperatur campuran ATPB pada saat percobaan.

Sebelum penghamparan permukaan lama diberi lapis aspal perekat (tack coat) jenis aspal emulsi beberapa lama sampai kadar air yang terdapat pada aspal emulsi menguap dan yang tertinggal di permukaan jalan hanya aspal residunya.

Mesin penghampar (paver) diposisikan sedemikian dan diarahkan sesuai dengan bagian yang akan dikerjakan. Campuran ATPB ditumpahkan pada mesin penghampar dan dihamparkan sekitar 13 cm lepas untuk mendapatkan ketebalan padat 10 cm. Secara visual campuran terlihat homogen, hanya terasa perataan dengan alat bantu (raker) agak berat, diperkirakan hal ini karena penggunaan aspal modifikasi, namun hal ini tidak menimbulkan masalah yang berarti.

Pemadatan menggunakan 2 (dua) buah alat pemadat yang digunakan sebagai pemadatan awal, antara dan akhir. Berat pemadat roda besi (tandem roller) sekitar 8-10 ton digunakan sebagai pemadat awal sebanyak 1 lintasan (bolak-balik) dan PTR sebagai pemadatan selanjutnya sebanyak 12 – 14 lintasan dan pemadat akhir digunakan TR sebanyak 1 lintasan. Untuk mendapatkan tingkat kepadatan yang lebih besar, pemadatan dengan PTR tersebut ditambah dari biasanya. Pembasahan roda pemadat dengan minyak goreng dapat membantu material campuran tidak melekat pada roda pemadat. Tingkat kepadatan yang diperoleh lapisan ini 98%. Gambar permukaan lapis ATPB yang sudah dipadatkan dan terlihat merata (*uniform*) dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 29. Pemadatan awal campuran ATPB trial. Campuran tidak bergeser dan perilaku campuran stabil waktu dipadatkan



Gambar 30. Penyiraman air di atas permukaan ATPB, air langsung keluar melalui rongga campuran

Lalu-lintas dibiarkan lewat pada permukaan ATPB yang sudah selesai pemadatan dan dengan metode yang sama pekerjaan dialihkannya pada lajur sebelahnya hingga selesai. Tidak terlihat adanya gejala deformasi di atas ATPB pada saat campuran ini dibuka untuk lalu lintas.

b) Penghamparan AC – base, AC – BC dan AC – WC

Penghamparan AC base dilaksanakan segera di atas ATPB pada hari yang sama, sehingga kuantitas aspal perekat di atas ATPB dapat dikurangi.

Penghamparan AC BC dan AC WC dilaksanakan pada hari berikutnya dengan ketebalan sesuai yang direncanakan dan sesuai dengan metode penghamparan dan pemadatan campuran beraspal panas. Ketiga lapisan ini menggunakan aspal pen 60.

c) Bahu jalan

Material dihamparkan dan dipadatkan di atas *edge drain* dan bahu jalan dengan kemiringan sekitar 4% - 5%. Penambahan tebal bahu jalan cukup besar sehingga diperlukan peninggian pasangan batu saluran samping setinggi 20 - 40 cm guna mencegah kelongsoran material.

4.3.3 Kinerja perkerasan setelah pelaksanaan

Observasi awal (umur perkerasan sekitar 3 bulan) terhadap lapis permukaan meliputi pengamatan kondisi visual dan ketidak rataan (roughness) dengan alat Nasraa meter. Pengamatan visual menunjukkan bahwa permukaan relatif baik dan kedalaman alur relatif kecil umumnya < 3 mm dengan nilai IRI < 2 m/km yang menyatakan bahwa kerataan baik.

5

PENUTUP

Dalam rangka mengembangkan campuran khusus porous aspal untuk fondasi ATPB (Asphalt Treated Permeable Base), dapat diuraikan hal-hal sebagai berikut :

- Gradasi agregat dari Indiana dapat memberikan kinerja laboratorium yang memenuhi kriteria campuran beraspal panas ATPB dan mempunyai permeabilitas yang cukup.
- Pengujian kelelahan dan stabilitas Marshall dapat digunakan sebagai tambahan dalam menentukan karakteristik campuran ATPB.
- Perancangan ATPB dengan mengandung ukuran agregat 37,5 mm disarankan untuk menggunakan diameter benda uji Marshall diameter 15 cm, hal ini dengan pertimbangan sebagai berikut :
 - o Jumlah 2 x 50 tumbukan Marshall untuk diameter benda uji diameter 10 cm yang diidentikan dengan 50 girasi dari giratory compactor untuk pemadatan benda uji menghasilkan nilai rongga udara campuran (VIM) yang identik dengan tumbukan Marshall sebanyak 2x 75 tumbukan dengan diameter benda uji 15 cm.
 - o Memperhatikan RSNi3 2489-2012 bahwa untuk uji Marshall pada campuran dengan agregat > 25,4 mm agregat harus menggunakan diameter 15 cm.
- *Edge drain* merupakan salah satu keperluan utama dalam membangun konstruksi perkerasan ATPB.

Kendala pelaksanaan :

- Problem dalam pemasangan sub drain tepi perkerasan :
 - o Penggalian bahu untuk pemasangan pipa drainase memerlukan waktu dan apabila tidak segera ditutup akan membahayakan lalu-lintas.
 - o Saluran tepi yang lebih tinggi dari perkerasan, sehingga pipa pembuang merupakan masalah.
 - o Beberapa bagian di depan rumah penduduk bahu diperkeras, sehingga menyulitkan penggalian.
 - o Pemasangan filter material jika tidak segera ditutup akan mudah tergerus air hujan.
 - o Problem pemadatan filter material, yang dilakukan dengan timbris dan pemadat kecil.



DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). ***Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder***. AASHTO Designation : M 320-05.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). ***Standard Practice for Superpave Volumetric Design for Hot Mix Asphalt (HMA)***. AASHTO Designation : R 35-04.
- Badan Penelitian dan pengembangan Jalan, 2012. **Metode uji stabilitas dan pelelehan campuran beraspal panas dengan menggunakan alat Marshall**. RSNi3 2489 2012. Pusat penelitian dan Pengembangan jalan dan Jembatan. Bandung.
- Baus RL, Li T (2006), ***Investigation of graded aggregate base (gab) courses***, submitted to The South Carolina Department of Transportation and The Federal Highway Administration.
- FHWA-SA-92-008. ***Drainable Pavement Systems March 1992***. Office of Technology Applications and Office of Engineering. 400 Seventh Street, S.W Publication No. FHWA-SA-92-008 Washington DC.
- Harvey J, Tsai B, Long F, and Hung D (1999), ***Laboratory Testing, Performance, Predictions, and Evaluation of the Experience of Caltrans and Other Agencies***, CAL/APT PROGRAM — ASPHALT TREATED PERMEABLE BASE (ATPB). Report No. FHWA/CA/OR-99/09.
- Mallick RB and El-Korchi Tahar (2009). ***Pavement Engineering, principles and practice***, CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton.
- Mallick RB, Kandhal PS, Cooley Jr. LA, Watson DE (2000). ***Design, construction, and performance of new generation open-graded friction courses***. NCAT Report No.2000-01. The Association of asphalt Paving Technologist, Reno, Nevada (March 13-15,2000)

- Strategic Highway Research Program (SHRP), 1994. **Level one, mix design : Materials selection, compaction, and conditioning**. Cominsky Ronald, Leahy Rita B, Harrigan Edward T. National Research Council. Washington, DC, 1994.
- The asphalt Institute (1966). **Drainage of asphalt pavement structures**. Asphalt Institute Building, College Park, Maryland.USA.
- The asphalt Institute (2007). **The asphalt handbook, MS-4**. Lexington. Kentucky 40512-4052. USA.
- University of Hampshire Storm water Center (UNHSC) (2009). **Design specifications for porous asphalt pavement and infiltration beds**. Gregg Hall. Durham, New Hampshire 03824-3534.
- Webb David et al (2007). **An evaluation of Asphalt Treated Permeable Base**. Research Report FL/DOT/SMO/07-511. December 2007. State materials office. State of Florida. USA.
- Yoder, EJ and MW Witczak. **Principles of pavement design**, 2nd ed. New York: John Wiley, 1974.

