

STUDI EKSPERIMENTAL CAMPURAN ASPAL BERPORI MENGUNAKAN ASPAL POLIMER MODIFIKASI (POLYMER MODIFIED BINDER) DENGAN STABILISASI SERAT POLYPROPYLENE

Muh. Nashir T

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare
Jl. Jend. A. Yani Kampus II UMPAR Telp 0421-22757
Email: nashirppisulsel@yahoo.co.id

Abstrak

Konstruksi perkerasan aspal porus merupakan salah satu alternatif dari perkerasan lentur (flexible pavement) dengan tujuan memberikan keleluasaan air melakukan penetrasi ke dalam lapisan permukaan atas (surface layer) secara vertikal dan horizontal serta menyalurkannya dalam sistem drainase perkerasan. Permasalahan perkerasan aspal porus dengan gradasi terbuka (open graded) secara umum terletak pada nilai struktural perkerasan seperti nilai stabilitas yang masih rendah dibandingkan dengan perkerasan dengan gradasi rapat (dense graded). Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui kinerja perkerasan campuran aspal berpori dengan menggunakan aspal polimer modifikasi (Polymer Modified Binder) yang distabilisasi dengan serat polypropylene. Gradasi yang digunakan dalam penelitian adalah gradasi terbuka (open graded friction course) New Zealand. Analisis kinerja fungsi kekuatan campuran aspal berpori dilakukan dengan metode Marshall dan pengujian parameter seperti stability dan cantabro loss dan indeks penetrasi. Analisis fungsi resapan dilakukan dengan pemeriksaan porositas, permeabilitas dan binder drain down. Hasil uji kinerja campuran memenuhi standar parameter yang ada, seperti nilai stabilitas 833,78 kg, nilai porositas: 16,18%, nilai flow: 3,49 mm, nilai cantabro loss 11,62%, permeability 0,157 cm/det, binder drain down 0,091% dengan nilai kadar aspal 5,75%. Penelitian ini menyimpulkan bahwa campuran aspal berpori gradasi terbuka dengan menggunakan aspal polimer modifikasi dan distabilisasi dengan serat polypropylene memenuhi standar parameter yang ada.

Kata kunci: *aspal porus, polimer, serat, polypropylen*

Pendahuluan

Perkerasan dengan aspal konvensional (*dense graded*) berkinerja cukup baik, terutama dengan nilai struktural dalam hal stabilitas. Di sisi lain, perkerasan tersebut juga mengalami banyak persoalan, seperti terjadinya *aquaplaning* sehingga jalan cukup licin serta tingkat kekasaran permukaan jalan yang relatif kurang. Konstruksi perkerasan aspal porus merupakan salah satu alternatif dari perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan tujuan memberikan keleluasaan air melakukan penetrasi ke dalam lapisan permukaan atas (*surface layer*) secara vertikal dan horizontal serta menyalurkannya dalam sistem drainase perkerasan. Perkerasan aspal porus memiliki banyak keuntungan bagi pengguna jalan dan lingkungan, seperti fungsi drainase dan menjaga keselamatan serta mengurangi tingkat kebisingan (Sugeng B, 2003). Menurut Ary Setiawan (2005), lapisan perkerasan aspal porus menggunakan gradasi terbuka (*open graded*) yang dihamparkan di atas lapisan aspal yang kedap air. Penelitian juga dilakukan oleh Kuijpers A dan Bolkland V pada tahun 2000 yang memodelkan secara optimasi perkerasan aspal porus dengan kesimpulan dapat mereduksi kebisingan (*noise reduction*) antara 1-2 dB(A). Pada perkerasan aspal porus di jalan Ezeiza-Canuelas Argentina tahun 2001 dengan menggunakan gradasi terbuka dengan ukuran maksimum agregat 19 mm menghasilkan rongga udara antara 22%-25%, sementara konduktivitas hidrolik jauh lebih baik, mengurangi tingkat kebisingan permukaan serta sifat gesekan yang tinggi (Pablo. E B, 2001). Hal yang sama juga dilakukan pada penelitian perkerasan aspal porus yang hasilnya dapat memperpanjang umur pekerasan jalan (Raaberg J. et al, 2002). Penerapan perkerasan aspal porus dengan tujuan untuk memberikanskid resistance, terutama pada musim hujan yang secara nyata lebih baik dari perkerasan aspal bergradasi rapat. Potensi *aquaplaning* jauh berkurang pada kecepatan mengemudi normal dan terjadi peningkatan *visibilitas*. Sebagian besar jalan yang menggunakan aspal konvensional menjadi cepat rusak serta memerlukan pemeliharaan yang cukup intensif. Sebagai alternatif lain terdapat berbagai macam aspal modifikasi yang salah satunya dibuat dengan campuran polimer (dikenal sebagai aspal polimer; *PMA Polymer Modified Asphalt*; *PMB Polymer Modified Bitumen*). Dengan menggunakan aspal polimer diharapkan kinerja pelayanan perkerasan beraspal yang makin baik.

Upaya peningkatan perkuatan perkerasan aspal porus sangat perlu dilakukan, salah satu diantaranya adalah dengan stabilisasi serat pada campuran aspal berpori. Jenis dan ukuran serat harus dapat dimodifikasi untuk meningkatkan kinerja stabilitas campuran serta dapat menghambat laju retak perkerasan (*cracking pavement*). Bahan serat pada perkerasan jalan diyakini oleh beberapa peneliti dapat meningkatkan kinerja perkerasan. Jiangetal melakukan studi pada tahun 1993 menyatakan bahwa serat *polypropylene* dapat mengurangi retak refleksi pada perkerasan aspal. Penelitian tersebut secara umum menggunakan serat pada perkerasan jalan dengan gradasi rapat, sehingga sangat memungkinkan untuk menerapkan bahan serat pada campuran aspal berpori. Dengan perencanaan dan pelaksanaan yang baik serta pemeliharaan sesuai waktu yang ditentukan, jalan beraspal tidak hanya tahan untuk semua kebutuhan, tetapi juga memberikan standar yang lebih baik/tinggi untuk keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Salah satu peran utama polimer/elastomer dalam aspal polimer adalah untuk meningkatkan ketahanan aspal terhadap deformasi permanen pada temperatur tinggi tanpa merugikan sifat aspal atau bitumen pada temperatur lainnya. Hal ini dapat dicapai melalui pengurangan regangan permanen. Mekanisme pengurangan regangan diperoleh melalui dua cara; yakni *pertama* dengan membuat aspal lebih kaku sehingga respon total *visco-elastis* berkurang, dan *kedua* dengan meningkatkan komponen elastis bitumen sehingga mengurangi komponen *viscous*-nya.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dapat dikemukakan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kinerja fungsi kekuatan campuran aspal berpori dengan menggunakan jenis aspal polimer modifikasi yang distabilisasi dengan serat.
2. Untuk mengetahui kinerja fungsi resapan campuran aspal berpori dengan menggunakan jenis aspal polimer modifikasi yang distabilisasi dengan serat.

Kajian Pustaka

Gradasi terbuka campuran aspal porus (open graded porous asphalt)

Gradasi terbuka pada perkerasan aspal porus telah dikembangkan di beberapa negara, terutama di negara Amerika Serikat. Untuk gradasi agregat *Porous Friction Courses (PFc)* berdasarkan Tipe OGPA New Zealand (Fletcher E, 2011) dapat dilihat pada Tabel 1.

Parameter kinerja perkerasan aspal porus

Parameter kinerja perkerasan aspal porus adalah ukuran yang membatasi atau tolok ukur kinerja (*performance*) dari perkerasan aspal porus. Parameter kinerja juga dapat diartikan sebagai besaran terukur dari karakteristik yang menjadi penilaian *performance* yang dibandingkan dengan parameter standar yang menjadi tolok ukur campuran aspal porus (Nur Ali, 2012). Pada tahun 2002 *Australian Road Standard* melaporkan standar perkerasan campuran aspal porus dengan berbagai parameter pada Tabel 2.

Tabel 1. Tipe OGPA New Zealand (Fletcher E, 2011)

Sieve PFC Gradation	Gradasi "A"	Gradasi "B"
	19 mm(3/4-inch) max	12,5 mm(1/2-inch) max
¾ - 19,0 mm	100	
½ - 12,7 mm	70-100	100
3/8 - 9,5 mm	35-75	100
No.4 / 4,75 mm	25-40	80-100
No.8 / 2,36 mm	10-20	10-20
No.30/0,060 mm	3-10	3-10
No.200/0,075 mm	0-5	0-5

Karakteristik Marshall

Kinerja aspal porus diperoleh melalui hasil pengujian *Marshall Test* yang meliputi kinerja *stability*, *flow*, *VIM*, *VMA*, *Marshall Quotient* dan *Marshall Immertion*. Spesifikasi *open graded porous asphalt* dibatasi pada nilai-nilai pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi aspal porus

<i>Performance</i>	<i>Standar</i>
<i>Stability</i>	> 500
<i>Flow</i>	2-6 mm
<i>Void in Mix</i>	10% - 25%
<i>Marshall Quotient</i>	>200 kg/mm

Sedangkan untuk standar yang disyaratkan terkait standar kinerja fungsi aspal porus dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Standar spesifikasi Australia (2002)

Kriteria	Standar
Permeabilitas	> 0,01 cm/dt
Porositas	10-30%
<i>Cantabro Loss</i>	<15%
<i>Binder Drain Down</i>	<0,3%

Kinerja Porositas

Porositas adalah kandungan rongga dalam campuran yang sangat dipengaruhi oleh jumlah agregat kasar yang digunakan dalam perkerasan aspal porus. Gradasi dan ukuran butir, akan berpengaruh pada rongga dan jenis rongga yang terbentuk pada campuran, (D. Sarwono dan A.K. Wardhani, 2007). Nilai porositas dihitung menggunakan rumus densitas yang menunjukkan kepadatan campuran aspal porus, seperti ditunjukkan dalam persamaan 1.

$$D = 4M_a / \pi d^2 L \quad (1)$$

dengan,

- D = Densitas spesimen (gr/cm²),
- d = Diameter spesimen (cm)
- M_a = Berat spesimen di udara (gr)
- L = Rata-rata tebal spesimen (cm)

Spesific Grafity Campuran, menunjukkan berat jenis campuran, yaitu:

$$SG_{mix} = \frac{100}{\frac{\%W_a}{SG_a} + \frac{\%W_f}{SG_f} + \frac{\%W_b}{SG_b} \dots} \quad (2)$$

dengan,

- SG_{mix} = *Spesific Grafity* campuran (gr/cm³)
- %W = % Berat tiap komponen
- SG = *Spesific Grafity* komponen (gr/cm³)

Porositas (P)/ *Void in mix* (VIM), benda uji dihitung berdasarkan densitas dan *spesific grafity* dari benda uji yang dipadatkan, dinyatakan dalam %:

$$P = \{ 1 - (D / SG_{mix}) \times 100 \} \quad (3)$$

Kinerja Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampun media yang porus untuk mengalirkan fluida (D. Sarwono dan A.K. Wardhani, 2007). Material dengan ruang kosong yang lebih besar biasanya mempunyai angka pori yang lebih besar pula (Bowles, JE 1986). Semakin besar proporsi agregat kasar maka nilai koefisien permeabilitasnya juga semakin besar. Semakin banyak agregat kasar maka penguncian antar partikel akan berkurang, yang mengakibatkan banyaknya rongga udara yang terjadi. Sehingga koefisien permeabilitasnya akan besar dan dapat mengalirkan air dengan baik dari rongga yang ada. Koefisien permeabilitas aspal dihitung berdasarkan Hukum Darcy (Kandall dan Mallick, 2001). Metode lain untuk mengukur permeabilitas yaitu *constant head permeability (CHP)*, (Takahashi & Part, 1999). Permeabilitas vertikal dan horizontal dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$K = 2,3 a.l / A.t \times (\log h_1 / h_2) \quad (4)$$

Dengan :

- K = Koefisien permeabilitas air
- a = Luas potongan melintang tabung (cm²)
- l = Tebal specimen (cm)
- A = Luas potongan specimen
- t = Waktu yang dibutuhkan untuk mengalir dari h₁ ke h₂ (detik)

Kinerja cantabro loss

Cantabro loss adalah proses berkurangnya berat sampel akibat pengaruh tumbukan yang terjadi dalam mesin *Los Angeles Abrasion Test*. Nilai *Cantabro Loss* meningkat sesuai dengan peningkatan proporsi agregat kasar. Hal ini terjadi karena bertambahnya proporsi agregat kasar akan mengakibatkan kurang kuatnya ikatan antar butiran.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dapat digambarkan sebagai berikut :

1. Kinerja fungsi resapan campuran aspal berpori dilakukan dengan metode *falling head permeability (FHP)* dimana air di dalam tabung (*stand pipe*) jatuh bebas dengan ketinggian tertentu sampai melewati rongga pada campuran aspal berpori.
2. Kinerja fungsi kekuatan campuran aspal berpori dilakukan dengan metode Marshall seperti stabilitas dan *cantabro loss* dan indeks penetrasi.

Hasil Penelitian

Pengujian karakteristik agregat

Hasil pengujian terhadap karakteristik agregat kasar dan agregat halus memenuhi standar yang telah ditetapkan, sehingga agregat tersebut dapat digunakan untuk campuran aspal berpori. Hasil rekapitulasi pengujian karakteristik agregat dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan untuk gradasi gabungan dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil karakteristik agregat

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Persyaratan	Hasil	Keterangan
A. Agregat Kasar					
1	Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	maks. 3%	1,76%	Memenuhi
2	Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	min. 2.5 gr/cc	2,612	Memenuhi
3	Abrasi dgn mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	maks. 40%	21,63%	Memenuhi
4	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	min. 95%	98%	Memenuhi
5	Partikel pipih	ASTM D-4791	maks. 25%	18,93%	Memenuhi
B. Agregat Halus					
1	Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	maks. 3%	2,43%	Memenuhi
2	Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	min. 2.5	2,548	Memenuhi
3	Nilai setara pasir	AASHTO T-176	min. 50%	74,51%	Memenuhi
Abu Batu					
1	Berat jenis	SNI 03-970-1990	-	2,528	Memenuhi

Dari hasil gabungan agregat diperoleh grafik yang memenuhi batas-batas toleransi yang ada. Hasil design gradasi tersebut kemudian dilakukan mix design dan membuat bricket uji dengan variasi kadar aspal mulai dari 4,5% sampai dengan variasi 6,5%.

Hasil pengujian bahan pengikat (aspal)

Bahan aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal polimer dengan jenis grade E-55. Kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur dapat diketahui dengan jelas bila sifat aspal dinyatakan dalam Indeks Penetrasinya (IP). Nilai IP aspal berkisar antara -3 sampai +7. Aspal dengan IP yang tinggi akan menghasilkan campuran beraspal yang memiliki modulus kekakuan dan ketahanan terhadap deformasi yang tinggi pula. Hasil pengujian aspal secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian aspal polimer grade E-55

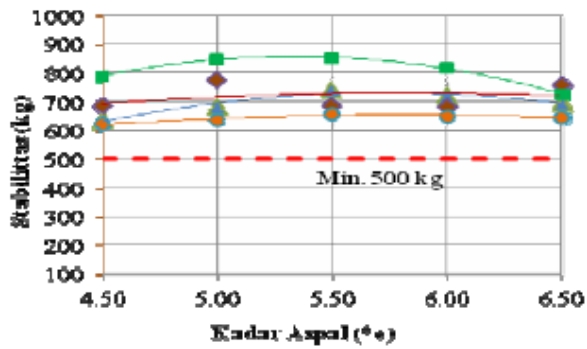
No	Pengujian	Metode	Variasi serat Polypropylene (%)			Syarat
			0%	0,50%	1%	
1.	Penetrasi sebelum kehilangan berat (mm)	SNI 06-2456-1991	60,7	62,1	65,7	50-80
2.	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	53	52	51	Min. 50
..... Lanjutan Tabel 2						
3.	Daktalitas (25° C, 5 cm/menit)	SNI 06-2432-1991	150	150	134	Min. 50
4.	Kelarutan dalam Triclor Ethylene (C ₂ HCL ₃)	SNI 06-2438-1991	99,55	99,12	99,76	Min. 99
5.	Titik Nayala (COC)	SNI 06-2433-1991	320,88	312,55	287,55	Min. 225
6.	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	1,038	1,04	1,042	Min. 1,0
7.	Kehilangan berat 163°C. 5jam (thin film oven test)	SNI 06-2440-1991	0,02	0,212	0,428	Maks. 0,8
8.	Penetrasi setelah kehilangan berat	SNI 06-2434-1991	82,7	82,61	82,34	≥54%
9.	Daktalitas setelah kehilangan berat	2432-1991 SNI 06-	96%	94,66%	85,05%	Min. 54

Hasil pengujian parameter campuran aspal berpori

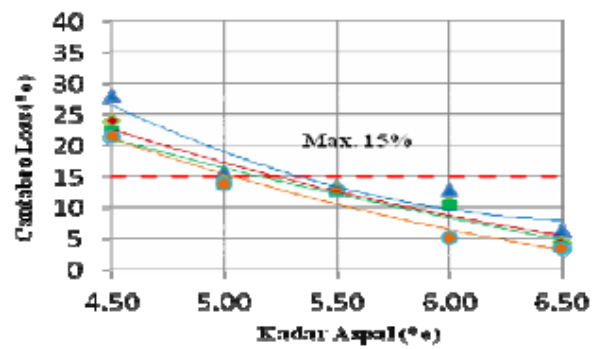
Pada jenis aspal polimer juga dibuat sebanyak 60 benda uji untuk 5 variasi dan kadar aspal optimum sebanyak 9 benda uji. Untuk parameter campuran aspal berpori dibuat 60 benda uji untuk 5 variasi serta 9 benda uji untuk kadar aspal optimum, sehingga total benda uji untuk aspal polimer sebanyak 138 benda uji. Hasil pengujian campuran aspal berpori dengan menggunakan aspal polimer terhadap stabilitas, porositas, *cantabro loss*, permeabilitas dan *binder drain down* dapat dilihat pada Tabel 2 sampai Tabel 7.

Hubungan parameter campuran aspal berpori terhadap kadar aspal

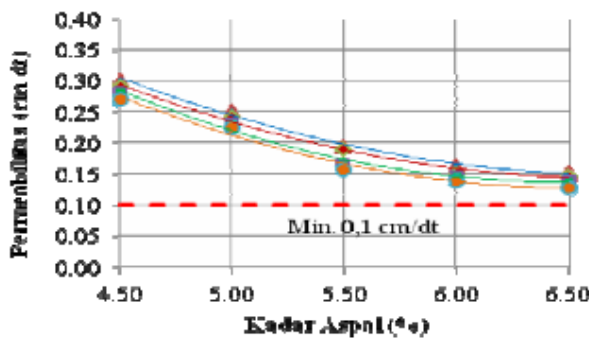
Hubungan untuk seluruh parameter campuran aspal berpori seperti stabilitas, *cantabro loss*, permeabilitas, porositas dan *binder drain down* terhadap variasi kadar aspal dapat dilihat pada Gambar 2 sampai pada Gambar 6.



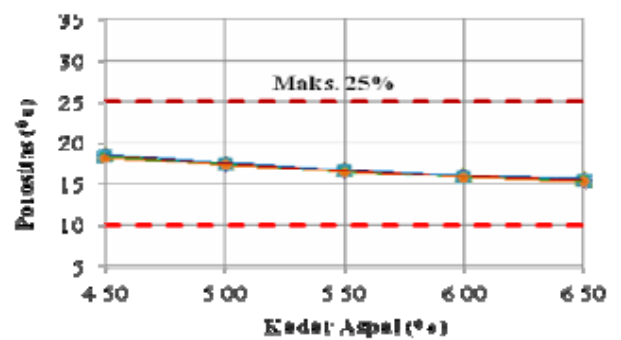
Gambar 2. Stabilitas vs kadar aspal



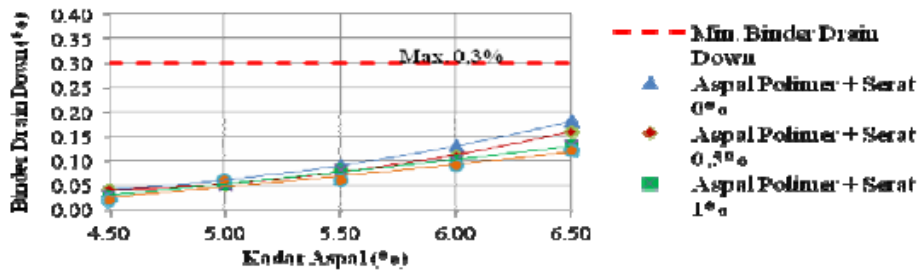
Gambar 3. Cantabro loss vs kadar aspal



Gambar 4. Permeabilitas vs kadar aspal



Gambar 5. Porositas vs kadar aspal

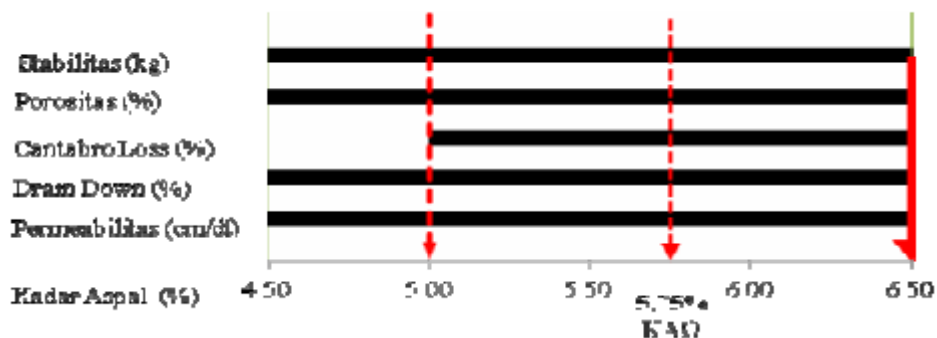


Gambar 6. Binder drain down vs kadar aspal

Pada Gambar 2 memperlihatkan hasil uji stabilitas pada aspal polimer menunjukkan nilai stabilitas meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal hingga mencapai kadar aspal optimum, kemudian nilai stabilitas menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hasil uji *cantabro loss* pada aspal polimer terhadap kadar aspal optimum menunjukkan nilai *cantabro loss* semakin kecil yang mengindikasikan bahwa campuran tahan terhadap pengaruh desintegrasi. Nilai *cantabro loss* pada kadar aspal 4,5% - 5% tidak memenuhi batas standar yang ada, sehingga untuk kadar aspal tersebut tidak dapat digunakan. Nilai *Cantabro* pada kadar aspal 5,5% sampai dengan 6,5 % terpenuhi terhadap batas standar yang ada. Hubungan antara kadar aspal dengan *cantabro loss* dapat dilihat pada Gambar 3. Pengujian permeabilitas dilakukan dengan menggunakan benda uji yang sama dengan benda uji marshal sebanyak 3 benda uji. Hasil pengujian terhadap nilai permeabilitas sebesar 0,02 cm/det. Hal ini menunjukkan bahwa nilai hasil pengujian memenuhi standar yang ada sebesar > 0,01 cm/det. Hubungan antara permeabilitas dan kadar aspal dapat dilihat pada Gambar 4.

Pengujian terhadap porositas dilakukan untuk mengetahui rongga yang terdapat dalam campuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai porositas menurun dengan meningkatnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena aspal bersifat thermoplastic dimana pada suhu tinggi memiliki sifat seperti cair yang menempati rongga-rongga yang ada dalam campuran, sehingga memperkecil rongga di dalam campuran. Nilai porositas pada kadar aspal umumnya memenuhi standar dan ditentukan pada kadar aspal optimum. Grafik hubungan porositas dan kadar

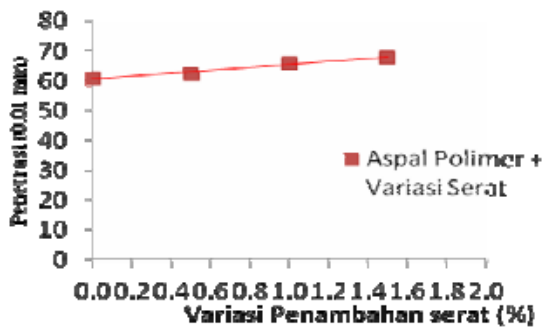
aspal dapat dilihat pada Gambar 5. Pengujian terhadap binder drain down memberikan hasil mengenai jumlah *drain down* yang terjadi pada campuran beraspal sebelum dipadatkan yaitu selama proses produksi, pengangkutan dan pemadatan campuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal, maka *binder drain down* juga ikut bertambah, hal ini disebabkan kemampuan agregat menyerap aspal, sehingga aspal yang mengalir semakin berkurang. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa nilai *binder drain down* memenuhi persyaratan sebesar $< 0,3\%$. Hubungan *binder drain down* dan kadar aspal dapat dilihat pada Gambar 7. Hubungan antara kadar aspal dan variasi serat *Polypropylene* terhadap parameter campuran aspal berpori untuk aspal polimer yang optimum ditinjau dari nilai stabilitas tertinggi dari variasi serat diperoleh nilai variasi serat sebesar 1%. Penentuan kadar aspal optimum setelah seluruh parameter campuran aspal berpori memenuhi standar yang dipersyaratkan. Hasil kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 7.



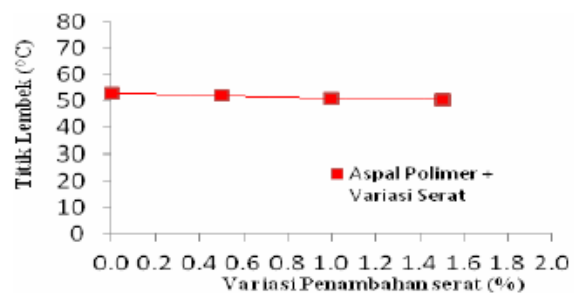
Gambar 7. Kadar aspal optimum aspal polimer

Hubungan bahan pengikat aspal Polimer E-55 yang ditambahkan serat terhadap kepekaan temperatur

Untuk melihat perilaku nilai penetrasi terhadap penambahan serat, pada aspal polimer E-55 ditambahkan serat dapat dilihat pada Gambar 8, sedangkan perilaku nilai titik lembek terhadap penambahan serat pada aspal polimer E-55 dapat dilihat pada Gambar 9.

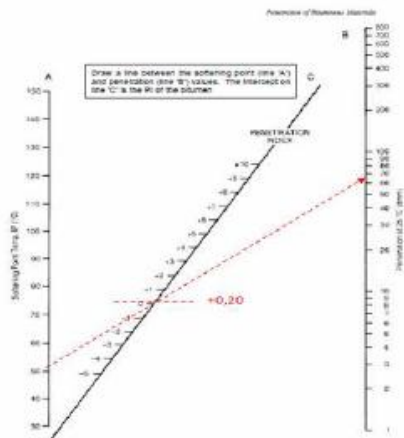


Gambar 8. Penetrasi vs variasi serat



Gambar 9. Titik lembek vs variasi serat

Pada Gambar 8 terlihat adanya peningkatan nilai penetrasi seiring dengan penambahan serat *polypropylene* pada aspal polimer. Pada nilai variasi serat 0,5% terjadi peningkatan nilai penetrasi, yang memenuhi standar spesifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa nilai penetrasi aspal yang ditambah dengan serat *Polypropylene* akan meningkat seiring dengan bertambahnya serat. Pada gambar 9 menunjukkan perilaku penambahan variasi serat terhadap penurunan titik lembek. Nilai titik lembek mengalami penurunan kurang dari 1% dengan penambahan serat tetapi nilai titik lembek sudah melewati nilai 50°C. Kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur dapat diketahui dengan jelas bilasifat aspal dinyatakan dalam Indeks Penetrasinya (IP). Dari gambar 10, aspal polimer yang ditambahkan serat 1% diperoleh nilai IP sebesar +0,20. Dari nilai tersebut menunjukkan nilai IP yang positif dan dapat dikatakan bahwa kinerja aspal memiliki modulus kekakuan dan ketahanan terhadap deformasi yang baik.

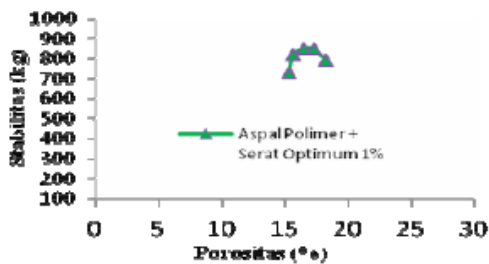


Gambar 10. Nomograph untuk memperkirakan nilai IP aspal – Pen Vs TL (optimum serat 1%) (Shell, 1995)

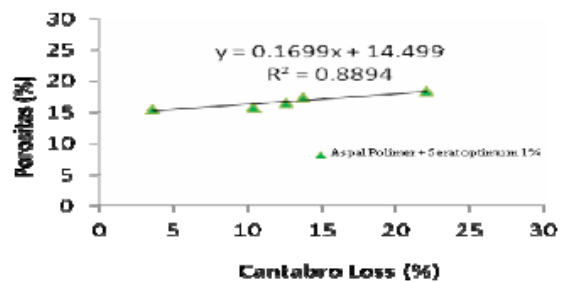
Hubungan Parametar Campuran Aspal Berpori Terhadap Fungsi Kekuatan dan Fungsi Resapan

Parameter fungsi kekuatan campuran aspal berpori

Parameter fungsi kekuatan campuran aspal berpori adalah karakteristik fungsi stabilitas dan cantabro loss. Pada campuran aspal berpori sangat penting melihat hubungan stabilitas dan porositas yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Stabilitas vs porositas

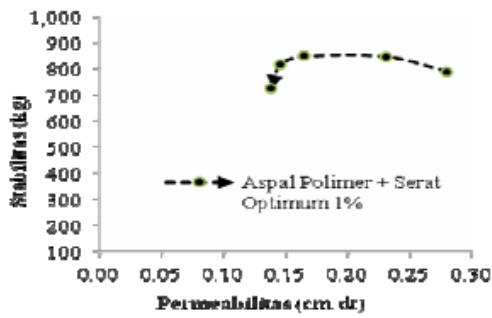


Gambar 12. Porositas vs cantabro loss

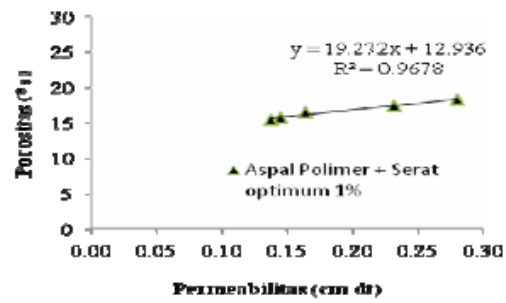
Pada Gambar 11 memperlihatkan nilai stabilitas meningkat sampai batas nilai optimum porositas dan nilai stabilitas akan menurun seiring dengan besarnya pori pada campuran aspal berpori. Hal ini dapat diartikan bahwa untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi pada campuran aspal berpori, diperlukan porositas yang tidak terlalu tinggi atau pada kondisi pori yang optimum. Pada Gambar 12 nilai porositas yang tinggi akan menyebabkan semakin tinggi nilai cantabro loss (partikel dalam campuran mudah lepas). Hal ini dikarenakan pori yang besar memberikan ruang kosong antar partikel yang besar pula, sehingga *interlocking* antar agregat semakin kecil walaupun kadar aspal yang diberikan maksimal.

Parameter fungsi resapan campuran aspal berpori

Campuran aspal berpori memiliki fungsi resapan yang cukup tinggi dengan mengakomodasi pori yang optimum pada campuran. Pori yang terlalu besar akan menyebabkan nilai struktural fungsi kekuatan akan menurun. Beberapa parameter untuk mengetahui fungsi resapan campuran aspal berpori adalah porositas dan permeabilitas. Hubungan kedua parameter tersebut dapat dilihat pada Gambar 13 sampai dengan Gambar 14.



Gambar 13. Stabilitas vs permeabilitas



Gambar 14. Porositas vs permeabilitas

Pada Gambar 13 menunjukkan bahwa nilai stabilitas akan meningkat sampai nilai optimum dan akan menurun seiring dengan dengan menurunnya nilai permeabilitas (koefisien permeabilitas diperoleh dari perhitungan lama waktu alir air terhadap benda uji pada campuran aspal berpori dengan variasi kadar aspal). Gambar 14 menunjukkan bahwa nilai koefisien permeabilitas meningkat seiring dengan meningkatnya porositas campuran dan sebaliknya nilai koefisien permeabilitas akan turun apabila porositas juga turun. Hal ini menggambarkan bahwa dengan pori atau ruang antar agregat lebih besar akan menyebabkan waktu alir air lebih cepat menembus campuran aspal berpori. Porositas yang besar pada campuran berpori akan memberikan resapan yang cepat menembus perkerasan, namun disisi lain lain partikel antar agregat akan mudah lepas karena daya *interlocking* agregat menjadi rendah, sehingga sangat diharapkan perkerasan campuran aspal berpori juga mengutamakan kestabilan campuran dengan porositas yang optimum untuk mendapatkan nilai struktural yang tinggi. Dari hubungan antara porositas dan permeabilitas dapat diartikan bahwa nilai porositas berbanding lurus dengan nilai koefisien permeabilitas, sedangkan stabilitas akan berbanding berbalik dengan nilai permeabilitas.

Rekapitulasi hasil pengujian campuran aspal berpori

Untuk pengujian kinerja campuran aspal berpori dengan kadar aspal optimum 5,75% secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian aspal minyak penetrasi. 60/70 yang ditambahkan serat 1% Polypropylene (optimum)

Deskripsi	Satuan	Hasil Pengujian	Spesifikasi
Kadar Aspal Optimum	%	5,75	4,5-6,5
Stabilitas	Kg	833,78	Min 500
Porositas	%	16,18	10-25
Flow	Mm	3,49	2-6
Marshall Quoetient	kg/mm	239,02	min 200
Binder drain down	%	0,091	<0,3
Cantabro Loss	%	11,62	< 15%
Permeabilitas	cm/dt	0,157	> 0,01

Kesimpulan

Dari hasil pengujian parameter perkerasan campuran aspal berpori dengan menggunakan aspal polimer modifikasi yang distabilisasi dengan serat polypropylene menunjukkan nilai yang memenuhi standar spesifikasi yang ada.

Daftar Pustaka

- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). 1998. *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing Part I: Specifications*, 19th edition, Washington.
- ASTM D6937-06, *Standard Test Method for Marshal Stability and Flow of Bituminous Mixtures*.

- ASTM D5-06e1, *Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials*.
- ASTM D113-07, *Standard Test Method for Ductility of Bituminous Materials*.
- Australian Asphalt Pavement Association. 1997. *Open Graded Asphalt Design Guide*, Australia.
- Austroroad. 2005. *Rural Road Design. Guide to The Design of Rural Roads*. Melbourne.
- Bendtsen H. 1999. *Development of noise reducing pavements for urban roads*. VD Notat 66. Copenhagen: Road Directorate. Denmark
- Cabrera, J.G, and Hamzah, M.O. 1994. Aggregate Grading Design For Porous Asphalt". In Cabrera, J.G. & Dixon, J.R. (eds), Performance and Durability of Bituminous Materials. *Proceeding of Symposium, University of Leeds*. London.
- Fletcher E, and A.J, Theron. 2011. *Performance of open graded porous asphalt in New Zealand*. MWH.Ltd, Hamilton, New Zealand.
- Kandhal S, Prativi., & B, Mallick., Rajib. 1998. *Open Graded Asphalt Friction Course State Practice*", Auburn University. Alabama.
- Kuijpers A., and Bolkland V.G. 2000. *Modeling and Optimization of Two-Layer Porous Asphalt Roads*. Hertogenbosch. Netherlands.
- Nur Ali, 2012. *Kajian Eksperimental Aspal Porus Menggunakan Liquid Asbuton Sebagai Bahan Pengikat Substitusi Pada Lapis Permukaan Jalan*. Penelitian Disertasi tidak diterbitkan. Makassar: Program Pascasarjana Unhas.
- Sarwono D., dan A.K. Wardhani. 2007. Pengukuran Sifat Permeabilitas Campuran Porous Asphalt. *Jurnal Media Teknik Sipil*. Juli 2007/131. UNS. Surakarta.
- Setyawan A., Zoorob, S.E., Hassan, K.E. 2001. Design and Investigation of The Properties of High Deformation Resistance Slurry Filled Porous Asphalt Mixes (SFPA). *Jurnal Penelitian Media Teknik Sipil*. Edisi Juli 2001. Tahun ke 1, No 2, pp.30.
- Setyawan Ary., Sanusi. 2008. Observasi Properties Aspal Porus Berbagai Gradasi Dengan Material Lokal. *Jurnal Media Teknik Sipil*. Surakarta.
- Shell, 1995, *"The Shell Bitumen Industrial Handbook"*, Shell Bitumen, UK.
- Sugeng B., et al. 2003. Laboratory Performance Of Porous Asphalt Mixture Using Tafpack Super. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*. Vol.5., October.
- Takahashi, Shigekhi & Partl, Manfred, 1999. *"Improvement of Mix Design For Porous Asphalt"*. EMPA Uberlandstrasse 129 CH-8600 Dubendorf.