

UJI KINERJA MARSHALL AGREGAT BANTAK MERAPI DENGAN MENGGUNAKAN SERAT POLYPROPYLENE

Oleh:

Faqih Ma'arif¹, Pramudiyanto²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, FT-UNY
faqih_maarif07@uny.ac.id

ABSTRACT

This research aim to describe of polypropylene and characteristic Optimum Marshall using Bantak Merapi as agregate in the proportion mix. The method used experimental laboratory. The research consist of four varians, that are A (0% PF); B (0,1% PF); C (0,3% PF); and D (0,5% PF), with PF is Polypropylene fibers. The kind of testing are Stability test; penetration test; softening point; flash point and dencity test. Data analysis used descriptive quantitative. Test result showed that the optimum polypropylene fibers is 0,3%; the amount of density; void in mix (VIM); stability; and flow were the result 2,16gr/cm³; 10,85%; 819,03kg; and 2,23mm.

Key words: Polypropyelen fibers, Bantak

PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan merupakan hal salah satu hal yang tidak dapat dipisahkan dalam proses pembangunan nasional. Sebagai salah satu upaya dalam rangka meningkatkan infrastruktur jalan, beberapa hal penting yang harus diperhatikan adalah pemantapan kondisi prasarana jalan. Beberapa hal terkait dengan pemantapan kondisi prasarana jalan adalah adanya kerusakan jalan yang lebih cepat dari umur rencana, khususnya di beberapa ruas jalan arteri primer. Beberapa indikasi kerusakan diakibatkan karena adanya beban kendaraan yang berlebih. Akan tetapi, apabila ditinjau dari sisi yang lain, dapat diakibatkan oleh adanya perubahan dimensi dan berat kendaraan yang melintas, lebih besar dibandingkan dengan dimensi dan berat kendaraan yang digunakan dalam perencanaan.

Perubahan dimensi dan berat kendaraan dapat diakibatkan oleh adanya laju perkembangan teknologi yang menuntut kinerja daya angkut yang lebih besar, atau adanya pelanggaran yang dilakukan oleh sumberdaya manusia, dalam hal ini beberapa pihak yang memiliki kewenangan dalam pembinaan jalan. Setiap jenis kendaraan tertentu yang melintasi struktur jalan, akan berkontribusi terhadap kerusakan jalan.

Salah satu jenis kerusakan yang terjadi pada jalan adalah *fatigue* (Alligátor) *cracking*. *Fatigue* (Alligátor) *cracking* adalah serangkaian retak yang saling bersambung, yang disebabkan oleh rusak kelelahan pada permukaan hot mix akibat beban lalu lintas berulang. Pada perkerasan tipis, retak dimulai dari dasar, dimana *tensile stress* cukup besar, lalu menjalar ke permukaan dalam bentuk satu atau lebih retak memanjang. Hal ini merupakan retak yang umum atau klasik, atau disebut dengan "bottom up". Pada perkerasan yang cukup tebal, retak biasanya dimulai dari atas pada lokasi *tensile stress* yang tinggi, yang dihasilkan dari interaksi antara ban asphalt binder aging (*to-down cracking*). Setelah beban berulang, retak memanjang akan saling tersambung, membentuk bersudut banyak, dan terbentuk seperti kulit buaya.

Permasalahan yang timbul adalah indikasi adanya kerusakan struktural, retak dapat dimasuki air, *roughness* (kasar), kemudian berlanjut menjadi lubang. Salah satu upaya untuk menimalisir jenis kerusakan di atas adalah dengan modifikasi campuran beraspal panas *hotmix*. Modifikasi yang dimaksud adalah dengan adanya penambahan bahan tambah, yang dapat meningkatkan kinerja dari campuran. Jenis bahan tambah yang dapat digunakan dalam hal ini adalah serat *polypropylene fibers* jenis monofilament. Hasil penelitian tentang penggunaan material jenis ini cukup membanggakan, karena selain mempunyai kuat tarik yang tinggi, juga mempunyai daya tahan terhadap suhu sampai dengan 100°C.

Hal menarik yang akan dikaji selanjutnya adalah tentang penggunaan serat *polypropylene* sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton, yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja (tingkat kepadatan, stabilitas, rongga dalam agregat, dan kekakuan) campuran, agar dapat menahan repetisi beban berulang tanpa mengalami retak, dan mempunyai ketahanan yang cukup baik terhadap cuaca, sehingga dapat meminimalisir kerusakan yang berdampak pada biaya ekonomi pemerintah dalam pembangunan nasional. Identifikasi permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) kerusakan akibat beban yang berlebih, jenis kendaraan yang dimodifikasi sedemikian rupa, sehingga antara besarnya beban yang terjadi pada lapangan lebih besar dari yang direncanakan; (2) kerusakan fatigue dapat menjalar dan berkerembang menjadi lubang, yang akan merusak infrastruktur jalan; (3) Penggunaan serat polypropylene sebagai material alternatif untuk mencegah terjadinya retak karena adanya tegangan tarik berlebih. (4) Besar kadar serat *Polypropylene* Optimum untuk memperoleh proporsi campuran aspal beton yang baik jika agregat yang digunakan adalah agregat Bantak; (5) Besar nilai *density*, nilai persentase volume pori dalam beton aspal padat (VIM), Stabilitas dan *flow* dalam campuran aspal beton. Permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut: (1) Berapakah kadar serat *polypropylene* optimum berdasarkan hasil pengujian laboratorium?; (2) Berapakah besarnya nilai *density*, VIM, Stabilitas dan *flow*, pada kadar serat *polypropylene* optimum.

KAJIAN PUSTAKA

Beton Aspal

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan maupun tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu percampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu percampurannya umumnya antara 145°C-155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal pula dengan nama *hotmix*. (Sukirman, 2003)

Bahan Bitumen

Bahan Bitumen didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. *Tar* adalah material berwarna coklat atau hitam, berbentuk cair atau semipadat, dengan unsur utama bitumen sebagai hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batubara, minyak bumi, atau material organik lainnya. *Pitch* didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) padat, berwarna coklat atau hitam, yang berbentuk cair jika dipanaskan. *Pitch* diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional *tar*. *Tar* dan *Pitch* tidak diperoleh di alam, tetapi merupakan produk kimiawi. Dari ketiga material pengikat di atas, aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal.

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2003).

Durabilitas (keawetan atau daya tahan)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan. Faktor yang mempengaruhi *durabilitas* lapis aspal beton adalah (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010):

1. *Film* aspal atau selimut aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang *berdurabilitas* yang tinggi, tetapi kemungkinan *bleeding* menjadi tinggi.
2. VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya *oksidasi* dan aspal menjadi getas / rapuh.
3. VMA besar, sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta aspal tinggi kemungkinan terjadinya *bleeding* besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi sedang.

Sifat Agregat Sebagai Material Perkerasan Jalan

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan, dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya lekat terhadap aspal. Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. Ukuran butir agregat menurut AASHTO T27-88 atau SNI 03-1968-2002 disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Ukuran butir agregat (Sukirman, 2003)

Ukuran saringan	Bukaan (mm)	Ukuran saringan	Bukaan (mm)
4 inchi	100	3/8 inchi	9,5
3 1/2 inchi	90	No.4	4,75
3 inchi	75	No.8	2,36
2 1/2 inchi	63	No.16	1,18
2 inchi	50	No.30	0,6
1 1/2 inchi	37,5	No.50	0,3
1 inchi	25	No.100	0,15
3/4 inchi	19	No.200	0,075
1/2 inchi	12,5	-	-

Analisis saringan dapat dilakukan secara basah maupun kering, analisis basah digunakan untuk menentukan Jumlah bahan agregat yang lolos saringan No.200 mengikuti manual SNI-M-02-1994-2003 atau AASHTO T11-90. Persentase lolos saringan ditentukan melalui pengujian analisis agregat halus dan kasar.

1. Daya Lekat Aspal Terhadap Agregat

Daya lekat aspal terhadap agregat dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan agregat yang mengandung silica merupakan agregat yang bersifat *hydrophilic*, yaitu agregat yang mudah diresapi air, hal ini mengakibatkan agregat tersebut tidak mudah dilekati aspal, ikatan aspal dengan agregat mudah lepas. Sebaliknya agregat seperti diorit, andesit, merupakan agregat *hydrophobic*, yaitu agregat yang tidak mudah terikat dengan air, tetapi mudah terikat dengan aspal.

2. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan volume air. Agregat dengan berat jenis kecil mempunyai volume yang besar atau berat jenis ringan.

3. Agregat Bantak

Bantak merupakan limbah penambangan pasir yang melimpah dikantong pasir SABO DAM Merapi. Dalam penelitian, didapatkan bahwa bantak dapat dimanfaatkan sebagai bahan material beton non-pasir. (Yusuf, 2011) Perkembangan selanjutnya selanjutnya, material ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan bangunan nonstruktural atau bangunan 1 lantai, beton cor ditempat, kolom, balok, dan bata gama.

Pada beberapa naskah penelitian sebelumnya tentang pemanfaatan bantak sebagai bahan perkerasan jalan, mengindikasikan bahwa batu bantak dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan, kebanyakan penelitian tersebut memodifikasikan agregat kasar bantak dengan agregat kasar lainnya karena bantak memiliki nilai abrasi yang tinggi. Bantak juga mudah hancur, pasar permintaan bantak rendah akibatnya bantak hanya berfungsi sebagai limbah penambangan pasir. Kekuatan bantak yang rendah adalah alasan yang utama kurangnya permintaan bantak, hal ini sesuai hasil penelitian-penelitian laboratorium yang mengatakan kerikil merapi ini memiliki kadar keausan dibawah standar dan termasuk jenis batu ringan. Secara struktural, batuan ini memiliki kekuatan yang tidak tinggi. Meskipun begitu, karena ketersediaannya yang sangat melimpah. maka bantak perlu diteliti sebagai material perkerasan jalan.

Serat *Polypropylene*

Serat *Polypropylene* berasal dari monomer C_3H_6 yang merupakan hidrokarbon murni. Berdasarkan Zonsveld, serat *Polypropylene* dibuat dengan *polimersasi*, yakni proses yang mengubah molekul berat menjadi serat gabungan. Serat *Polypropylene* pada akhirnya mengandung sifat-sifat yang berguna dari proses polimersasi tersebut.(Tayyib dan Zahrani, 2005). Keunggulan serat *polypropylene* adalah sebagai berikut:

1. *Daktalitas* yaitu sifat pemuluran aspal yang diukur pada saat putus (SNI 2432-2011- Cara uji daktalitas aspal)
2. Ketahanan terhadap beban kejut
3. Kemampuan menahan beban tarik dan momen lentur
4. Ketahanan terhadap kelelahan
5. Ketahanan terhadap susutan
6. ketahanan aus
7. Ketahanan *spalling*.

Muatan sumbu terberat (MST)

Muatan sumbu adalah jumlah tekanan roda dari satu sumbu kendaraan terhadap jalan. Jika dilihat pada PP nomor 43 tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan dapat disimpulkan bahwa muatan sumbu terberat adalah beban sumbu salah satu terbesar dari beberapa beban sumbu kendaraan yang harus dipikul oleh jalan. Pada Undang-undang No. 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, pengelompokan jalan menurut kelas jalan terdiri sebagai berikut (Leo dan Asri, 2012):

1. Jalan kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm, dan muatan sumbu terberat 10 ton
2. Jalan kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm, dan muatan sumbu terberat 8 ton.
3. Jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 mm, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 mm, ukuran paling tinggi 3.500 mm, dan muatan sumbu terberat 8 ton.
4. Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 mm, ukuran panjang melebihi 18.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

METODE

Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2006), variabel penelitian adalah segala sesuatu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga didapatkan sebuah informasi untuk diambil sebuah kesimpulan. Variabel penelitian dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas yang mempengaruhi timbulnya variabel terikat. Variabel bebas yang terdapat pada penelitian ini adalah variasi kadar serat *Polypropylene* 0%; 0.1%; 0.3% dan 0.5%.

2. Variabel Terikat

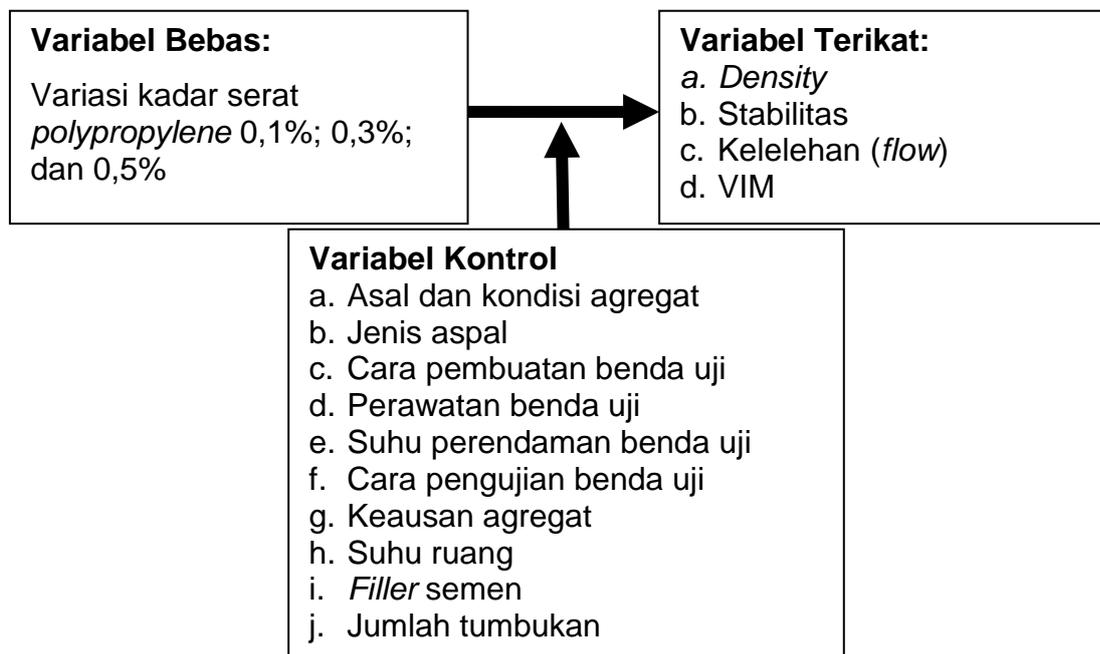
Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat yang ada pada penelitian ini adalah nilai berat jenis campuran aspal beton, nilai stabilitas, nilai kelelahan (*flow*), nilai *VIM*, nilai dan nilai kepadatan (*density*).

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel konstan yang digunakan untuk membandingkan variabel lain. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi , nilai stabilitas, nilai kelelahan (*flow*), nilai *VIM*, dan nilai kepadatan (*density*) antara lain:

- a. Aspal dan kondisi agregat
- b. Jenis aspal
- c. Cara pembuatan benda uji
- d. Perawatan benda uji
- e. Suhu perendaman benda uji
- f. Cara pengujian benda uji
- g. Keausan agregat
- h. Suhu ruang
- i. Jumlah tumbukkan
- j. Kadar Aspal 6.5% (Aqif, 2012).

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1 tentang hubungan variabel yang terdapat di bawah ini:



Gambar 1. *Flowchart* Hubungan Variabel

Prosedur pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1. Persiapan alat dan bahan
- 2. Pengujian awal material
- 3. Pengujian bahan bitumen (Penetrasi, titik lembek, titik nyala dan bakar, berat jenis)
- 4. Pengujian agregat kasar dan halus (gradasi, keausan, berat jenis, SSD)

5. Pembuatan benda uji Marshall jumlah 12 buah @3buah untuk masing-masing kadar variasi serat rencana 0%; 0.1%; 0.30%; 0.5% (Ghaly, 2008) .
6. Perawatan benda uji
7. Analisis data, pembahasan dan kesimpulan

HASIL

1. Pemeriksaan Aspal Laboratorium

Bahan yang digunakan untuk campuran beton aspal pada penelitian ini terdiri dari aspal AC 60/70, agregat kasar bantak, agregat halus bantak dan *filler* dari semen, serta bahan tambah serat *polypropylene*. Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap aspal AC 60/70, hasil pengujian yang diperoleh termasuk ke dalam spesifikasi Revisi SNI 03-1737-1989. Data selengkapnya tentang hasil pengujian disajikan pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60/70

No.	Jenis pemeriksaan	Spesifikasi	Aspal AC 60/70	Satuan
1.	Penetrasi 25°	60-79	69,07	mm
2.	Titik lembek	48-58	49,33	°C
3.	Titik nyala	≥ 200	281	°C
4.	Titik bakar	-	288	°C
5.	Berat jenis Aspal	≥ 1	1,0353	gr/cc

2. Pemeriksaan Agregat Bantak

Hasil pengujian terhadap agregat kasar dan halus Bantak serta *filler* semen, tergolong kedalam spesifikasi Revisi SNI 03-1737-1989, data selengkapnya disajikan pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5 dibawah ini:

Tabel 3. Hasil pemeriksaan agregat kasar bantak

No	Jenis pemeriksaan	Sat.	Persyaratan		Hasil
			Min.	Mak.	
Agregat Kasar Bantak					
1	Abrasi	%	-	40	37,99
2	Berat jenis curah (<i>bulk</i>)	gr/cc	2,5	-	2,28
3	Berat jenis semu	gr/cc	2,5	-	2,51
4	Penyerapan air/ <i>absorpsi</i>	%	-	3	3,92

Tabel 4. Agregat halus bantak

No	Jenis pemeriksaan	Sat.	Persyaratan		Hasil
			Min.	Mak.	
Agregat Halus Bantak					
1	Berat jenis curah (<i>bulk</i>)	gr/cc	2,5	-	2,43
2	Berat jenis semu	gr/cc	2,5	-	2,48
3	Penyerapan air/ <i>absorpsi</i>	%	-	3	0,88

Tabel 5. Berat jenis hasil agregat halus Bantak

No	Jenis pemeriksaan	Sat.	Persyaratan		Hasil
			Min.	Mak.	
Agregat Halus Bantak					
1	Berat Jenis	gr/cc	3,10	3,30	3,12

3. Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian *Marshall* terhadap campuran beton aspal panas yaitu nilai kepadatan (*density*), VFB (*voids filled bitumen*), stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*). Untuk mendapatkan nilai karakteristik aspal yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi sesuai Revisi SNI 03-1737-1989, maka perlu dicari kadar serat optimum ditentukan dengan cara percobaan pengujian marshall dengan varian kadar serat 0,1%; 0,3%; 0,5%. Hasil pengujian *Marshall* untuk menentukan kadar serat optimum disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian Marshall

No	Jenis pemeriksaan	Spesifikasi	Kadar serat (%)		
			0,1	0,3	0,5
1.	<i>Density</i> (gr/cm ³)	-	2,17	2,16	2,180
2.	VFB (%)	>60	51,67	51,25	53,101
3.	<i>Stabilitas</i> (kg)	>800	885,08	819,03	931,88
4.	<i>Flow</i> (mm)	>3	2,27	2,23	2,617

PEMBAHASAN

1. Pemeriksaan Aspal

a. Pemeriksaan Penetrasi Aspal AC 60/70

Dari hasil pemeriksaan penetrasi aspal AC 60/70 diperoleh nilai rata-rata penetrasi 69,07 mm dengan hasil tersebut maka nilai penetrasi aspal AC 60/70 memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Revisi SNI 03-1737-1989 dan AASTHO M 20 – 70 (2002) yaitu sebesar 60 sampai dengan 79.

b. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal AC 60/70

Pemeriksaan titik lembek dilakukan untuk mengukur batas kelembekan aspal dengan cara membebani dengan bola baja dan memanaskan di dalam media air. Dari hasil pengujian diperoleh nilai rata-rata suhu dari kondisi titik lembek adalah sebesar 49,33°C dan masih dalam rentang batas suhu kondisi titik lembek yang disyaratkan Revisi SNI 03-1737-1989 yaitu antara 48-58°C.

c. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar aspal AC 60/70

Tujuan pemeriksaan titik nyala dan titik bakar adalah untuk menentukan suhu dimana aspal mulai mengalami perubahan sifat sebagai akibat pemanasan yang terlalu tinggi serta untuk mengetahui suhu maksimum dalam memanaskan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Besarnya titik nyala yang disyaratkan SNI-06-2433-1991; Revisi SNI-03-1737-1989 untuk aspal penetrasi 60/70 minimal sebesar 200°C dan dari hasil pemeriksaan menunjukkan titik nyala dan titik bakar rerata berturut-turut sebesar 281°C dan 288°C. Sehingga aspal AC 60/70 dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada pengujian eksperimen dengan menggunakan serat *polypropylene fibers*.

d. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal AC 60/70

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama. Persyaratan yang ditentukan untuk berat jenis aspal adalah >1 . Dari hasil pemeriksaan menunjukkan hasil 1,0353 dengan suhu ruang 30°C, pada hasil koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil 1,036 gr/cc dengan hasil tersebut maka aspal AC 60/70 memenuhi spesifikasi yang disyaratkan SNI 03-1969-1990, sehingga aspal AC 60/70 dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran aspal beton.

2. Pemeriksaan Agregat

a. Agregat Kasar

Hasil dari pengujian agregat kasar Bantak menunjukkan bahwa agregat tersebut memiliki berat jenis curah (*bulk*) pada suhu ruang 31°C sebesar 2,285, pada koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil sebesar 2,289, berat jenis semu pada suhu ruang 31°C sebesar 2,51, pada koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil sebesar 2,514 dan penyerapan air sebesar 3,91%. Sedangkan pengujian keausan agregat kasar menggunakan *Los Angeles* menghasilkan nilai keausan rata-rata sebesar 37,99% dibawah standar yang disyaratkan oleh SNI-03-2417-1991 atau AASHTO T96-87 yaitu sebesar 40%. Kinerja agregat kasar Bantak ini, selanjutnya akan ditingkatkan dengan memberikan bahan tambah serat *polypropylene fibers*, dengan harapan akan dapat memberikan hasil baru yang dapat berdaya guna maksimal.

b. Agregat Halus

Hasil dari pengujian agregat halus bantak menunjukkan bahwa agregat tersebut memiliki berat jenis curah (*bulk*) pada suhu ruang 30°C sebesar 2,433, pada koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil sebesar 2,436, berat jenis semu pada suhu ruang 30°C sebesar 2,485, pada koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil sebesar 2,487 sehingga memenuhi spesifikasi SNI 03-1969-1990; SK SNI M-09-1989-F dan AASHTO T84-88 yaitu >2,5, dan penyerapan air sebesar 0,251%.

c. Filler

Hasil yang diperoleh dari pengujian berat jenis *filler* semen pada suhu ruang 28°C yaitu sebesar 3,12%, pada koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil sebesar 3,125 sehingga memenuhi spesifikasi RSNi 03-1737-1989 yaitu >2,5.

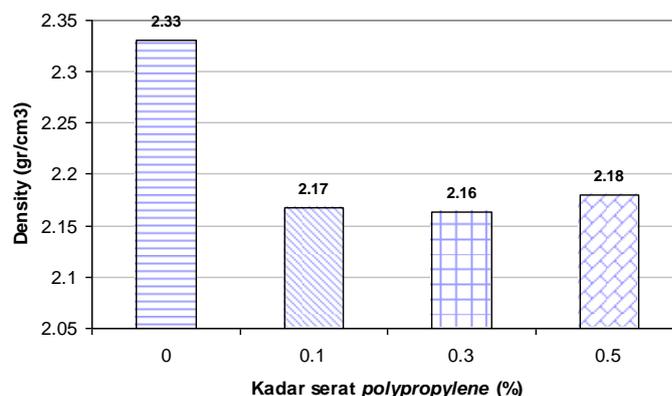
3. Pengujian Marshall

a. Kepadatan (*density*)

Kepadatan merupakan merupakan tingkat kerapatan campuran setelah dipadatkan. Kepadatan (*density*) adalah berat campuran pada setiap satuan volume. Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas penyusunnya dan proses pemadatan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukannya. Berikut ini hasil perhitungan density pada Tabel 7 di bawah.

Tabel 7. Hasil pengujian Kepadatan (*density*) Marshall

Notasi	Jumlah Benda Uji	Kadar serat (%)	Nilai <i>Density</i> (g/cc)
A	3 (buah)	0.00	2.33
B	3 (buah)	0.10	2,17
C	3 (buah)	0.30	2,16
D	3 (buah)	0.50	2.18



Gambar 2. Grafik hubungan kepadatan (*density*) dan kadar serat.

Berdasarkan Gambar 35 di atas, besarnya nilai *density* akibat adanya panan tambah serat 0.1%; 0,3% dan 0,5% nilainya berturut-turut sebesar 2.17kg/cm³; 2.16gr/cm³ dan 2.18gr/cm³. Bersarnya selisih kadar serat 0.1%; 0.3% dan 0.5% terhadap kadar serat 0% berturut turut sebesar 7.52%; 7.72% dan 6.88%. Dengan adanya penambahan serat sebesar 0.3% hasilnya lebih rendah dibandingkan dengan penambahan serat yang lainnya.

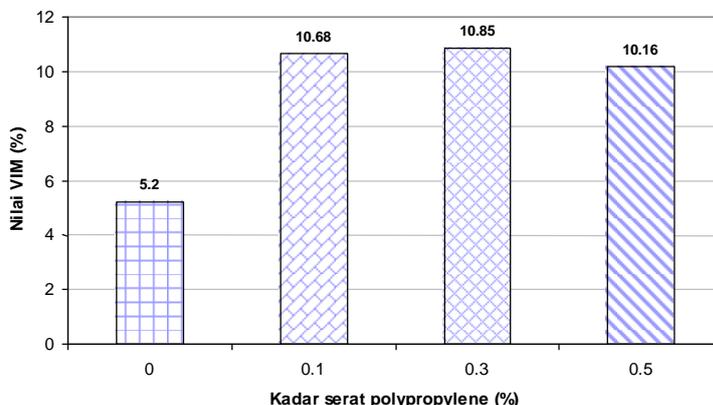
Penambahan serat sebesar 0.1% dan 0.5% hasilnya cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan serat sebesar 0.3%. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah. Akan tetapi, campuran yang mempunyai kepadatan tinggi akan lebih getas, hal lainnya adalah nilai *density* yang tinggi akan cenderung kurang tahan terhadap "*fatigue cracking*" dan mempunyai durabilitas yang rendah, sehingga berdasarkan penambahan serat yang sudah dilakukan, kandungan sebesar 0.3% adalah kadar serat optimum berdasarkan nilai *density* di atas.

b. VIM (Voids In Mix)

VIM (*Void In Mix*) adalah banyaknya rongga dalam campuran yang dinyatakan dalam prosentase. Rongga udara yang terdapat dalam campuran diperlukan untuk tersedianya ruang gerak untuk unsur-unsur campuran sesuai dengan sifat elastisnya. Karena itu nilai VIM sangat menentukan karakteristik campuran. Nilai VIM (*Void In Mix*) dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal dan *density*. Berikut disajikan analisis Tabel 8 hasil pengujian VIM pada variasi kadar serat.

Tabel 8. Hasil pengujian VIM (*Void In Mix*)

Notasi	Jumlah Benda Uji	Kadar Serat (%)	Nilai VIM (%)
A	3 (buah)	0.00	5,20
B	3 (buah)	0.10	10,68
C	3 (buah)	0.30	10,85
D	3 (buah)	0.50	10,16



Gambar 3. Grafik hubungan VIM (*Void In Mix*) dan kadar serat *polypropylene*

Berdasarkan Gambar 3, nilai VIM pada kadar serat 0%; 0.1%; 0.3% dan 0.5% berturut-turut sebesar 5.2%; 10.68%; 10.85% dan 10.16%. Besarnya selisih nilai VIM pada kadar serat 0.3% terhadap 0% adalah sebesar 52.09%. sedangkan terhadap 0.1% dan 0.5% sebesar 1.58% dan 6.39%. VIM tertinggi pada kadar serat *polypropylene* sebesar 0.3% dengan nilai 10.85%. Nilai tersebut memenuhi persyaratan Revisi SNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai VIM (*Void In Mix*) yang memenuhi persyaratan minima sebesar 3.5%.

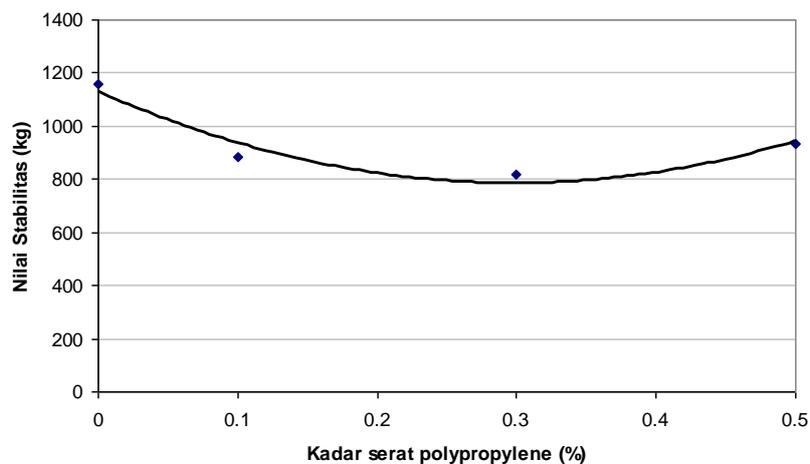
Berdasarkan hasil di atas, nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan mudah terjadinya *bleeding* pada lapis keras. Selain *bleeding*, dengan VIM yang rendah kekakuan lapis keras akan mengalami retak (*cracking*) apabila menerima beban lalu lintas karena tidak cukup lentur untuk menerima *deformasi* yang terjadi. Nilai VIM optimum akan didapatkan pada kadar serat *polypropylene* sebesar 0.3%.

c. Stabilitas

Stabilitas campuran dalam pengujian Marshall ditunjukkan dengan pembacaan nilai stabilitas yang dikoreksi dengan angka tebal benda uji. Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya, tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh gesekan antar butiran agregat (*internal friction*), penguncian antar butir agregat (*interlocking*) dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal (kohesi), disamping itu proses pemadatan, mutu agregat, dan kadar aspal juga berpengaruh. Berikut disajikan hasil analisis stabilitas marshall pada berbagai kadar serat.

Tabel 9. Hasil pengujian Stabilitas Marshall

Notasi	Jumlah Benda Uji	Kadar Serat (%)	Nilai Stabilitas (kg)
A	3 (buah)	0.00	1156.44
B	3 (buah)	0.10	885,08
C	3 (buah)	0.30	819,03
D	3 (buah)	0.50	931,88



Gambar 4. Grafik hubungan stabilitas dan kadar serat

Berdasarkan Gambar 4 besarnya nilai Stabilitas pada kadar serat *polypropylene* sebesar 0%; 0.1%; 0.3% dan 0.5% berturut-turut sebesar 1156.44kg; 885.08kg; 819.03kg; dan 931.88kg. Pada kadar serat sebesar 0% (tanpa adanya serat *polypropylene*) mempunyai nilai stabilitas tertinggi apabila ditambahkan dengan kadar serat sampai dengan 0,5%, sedangkan pada penambahan serat sebesar 0.1%; 0.3% dan 0.5% hasilnya justru lebih rendah dibandingkan dengan kadar serat 0%. Hal ini dikarenakan penguncian (*interlocking*) butiran agregat dipengaruhi oleh serat, sehingga hasilnya lebih rendah dibandingkan kadar serat 0%. Besarnya penurunan nilai stabilitas 0.3% terhadap kadar serat 0% adalah sebesar 29.17%.

Berdasarkan Revisi SNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran aspal beton nilai stabilitas minimum untuk lalu lintas berat yaitu 800 kg. Nilai stabilitas yang terlalu besar, akan menyebabkan campuran menjadi kaku sehingga campuran

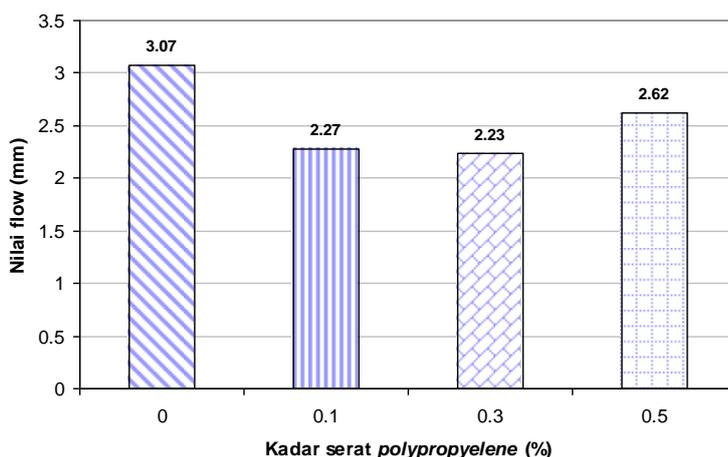
bersifat getas, sehingga akan mudah rusak apabila terkena repetisi beban akibat lalu lintas. Adanya serat polypropylene berfungsi agar campuran mempunyai ketahanan tarik yang baik, sehingga tidak mudah retak ataupun rusak. Penambahan serat *polypropylene* akan optimum pada nilai sebesar 0.3%.

d. Flow

Flow atau kelelahan menunjukkan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat menahan beban yang diterimanya. Penurunan atau deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan nilai karakteristik *Marshall* lainnya, seperti VIM (*Void In Mix*) dan stabilitasnya. Nilai *flow* dipengaruhi antara lain oleh gradasi agregat, kadar aspal, kadar serat dan proses pemadatan. Berikut ini disajikan analisis hasil nilai *flow* pada Tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10. Hasil pengujian *Flow*

Notasi	Jumlah Benda Uji	Kadar Serat (%)	Nilai <i>Flow</i> (mm)
A	3 (buah)	0.00	3,070
B	3 (buah)	0.10	2,272
C	3 (buah)	0.30	2,233
D	3 (buah)	0.50	2,617



Gambar 5. Grafik hubungan antara nilai *flow* dan kadar serat *polypropylene*

Berdasarkan Gambar 5 besarnya nilai *flow* pada variasi serat polypropylene sebesar 0%; 0.1%; 0.3% dan 0.5% berturut-turut sebesar 3.07mm; 2.27mm; 2.23mm dan 2.62mm. Nilai *flow* tertinggi pada kadar serat 0%, sedangkan yang terendah pada 0.3%. Besarnya penurunan nilai *flow* 0.3% terhadap kadar serat sebesar 0% adalah 27.26%. Campuran yang memiliki nilai kelelahan (*flow*) yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi kaku dan getas (*brittle*), sedangkan campuran yang memiliki nilai kelelahan (*flow*) yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapatkan beban lalu lintas. Berdasarkan hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa nilai kelelahan (*flow*) rendah dan stabilitas juga rendah, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa bahan tambah serat *polypropylene* mempunyai kekakuan yang rendah dan plastis (tidak getas), mempunyai daya tahan yang baik terhadap beban yang bekerja padanya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: (1) Besarnya kadar serat optimum adalah pada nilai sebesar 0.3%; (2) Besarnya nilai *density*, VIM, Stabilitas

dan *flow* berturut-turut sebesar 2.16gr/cm³; 10.85%; 819.03kg; 2.23mm, pada kadar serat sebesar 0.3%.

DAFTAR RUJUKAN

- [1]. AASTHO M 20 – 70 (2002) dan Revisi SNI 03-1737-1989. *Spesifikasi AASHTO dan SNI untuk berbagai nilai penetrasi aspal.*
- [2]. Aqif, M. (2012). *Optimasi Kadar Aspal Beton AC 60/70 Terhadap Karakteristik Marshall Pada Lalulintas Berat Menggunakan Material Lokal Bantak.* Yogyakarta: Program Studi Teknik Sipil Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negri Yogyakarta.
- [3]. Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. *faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton.*
- [4]. Ghaly, N.F. 2008. *Combined Effect of Polypropylene And Styrene-butadiene Styrene on Asphalt, and Asphalt Mixture Performance,* Journal of Applied Sciences Research, 4(11): 1297-1304, 2008, © 2008, INSInet Publication. Petroleum Research Institute. Cairo. Egypt.
- [5]. Leo Sentosa dan Asri Awal Roza. 2012. *Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan pada Struktur Rigid Pavement Terhadap Umur Rencana Perkerasan (Studi Kasus Ruas Jalan Simp Lago – Sorek Km 77 S/D 78).* JURNAL TEKNIK SIPIL (Jurnal teoritis dan terapan bidang rekayasa sipil) Vol. 19, Agustus 2012.
- [6]. Revisi SNI 03-1737-1989. Pengujian titik lembek aspal, titik nyala dan bakar.
- [7]. SNI-06-2433-1991; Revisi SNI-03-1737-1989; dan AASHTO T49-02. *Pengujian Titik Nyala dan Bakar dengan cawan cleveland.*
- [8]. SNI 03-1969-1990. *Pengujian Berat Jenis Beton Aspal Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Aspal.*
- [9]. Sukirman, Silvia, 2003. *Beton aspal campuran panas.* Alfabeta: Bandung.
- [10]. SNI 03-1969-1990; SK SNI M-09-1989-F dan AASHTO T84-88. *Berat jenis agregat halus.*
- [11]. SNI-03-2417-1991 atau AASHTO T96-87. Pengujian abrasi menggunakan alat abrasi Los Angeles.
- [12]. SNI-M-02-1994-2003 atau AASHTO T11-90. *Analisis saringan dapat dilakukan secara basah atau kering, analisis basah digunakan untuk menentukan Jumlah bahan agregat yang lolos saringan No.200.*
- [13]. Sugiyono (2006). *Statistika Untuk Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D.* Bandung: Alfabeta.
- [14]. Tayyib dan Zahrani, 2005. *Serat Polypropylene.*
- [15]. Yusuf, Dahlan. 2011. *Pengaruh Perbaikan Agregat Kasar Bantak Dengan Menggunakan Buton Glanular Aspal Pada Lapisan Campuran AC- Base.* Yogyakarta: Magister Sistem dan Teknik Transportasi Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada.