

KARAKTERISTIK *FIBER PLASTIC BENESER* UNTUK MENGURANGI RETAKAN PADA ASPAL BETON

Dian Eka Saputra, Ibnu Sholichin
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jatim.

ABSTRAK

Fiber plastic beneser tergolong dalam serat *polypropylene*. Serat *polypropylene* merupakan bahan utama untuk pembuatan barang-barang yang terbuat dari plastik. Sejumlah penelitian membuktikan bahwa serat *polypropylene* dapat meningkatkan *durability* beton dan mampu mengurangi keretakan pada konstruksi beton. Sedangkan pemakaian serat *polypropylene* pada campuran aspal panas belum diketahui dengan pasti. Sehingga penelitian kali ini, di coba pada struktur jalan. Untuk penelitian ini dilakukan pemeriksaan agregat serta aspal terlebih dahulu. Kemudian dilakukan pengujian Marshall tahap I untuk mencari kadar aspal optimum, dimana didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,4%. Kemudian dilakukan pengujian *marshall* tahap II untuk mencari kadar serat optimum, dimana didapatkan nilai kadar serat optimum sebesar 4,6%. Sedangkan pada karakteristik campuran aspal beton dengan bahan tambahan serat *polypropylene* didapat nilai VMA sebesar 19,51%, VFA didapat nilai sebesar 63,85%, nilai VIM didapat sebesar 7,06%, stabilitas sebesar 1288,88 kg, flow sebesar 3,9 mm dan MQ sebesar 368,71 kg/mm.

Kata kunci: Aspal Beton, Serat *Polypropylene*, *Fiber Plastic Beneser*, Stabilitas

PENDAHULUAN

Di Indonesia, konstruksi jalan sudah banyak menggunakan campuran aspal beton, karena dalam campuran ini akan menghasilkan lapisan perkerasan yang kedap air, tahan lama, dan harga relatif lebih murah dibandingkan dengan konstruksi jalan beton, biasanya campuran ini digunakan pada jalan dengan beban lalu lintas yang tinggi. Tetapi campuran ini memiliki kelemahan yaitu pada cuaca tropis seperti di Indonesia, sangat rentan terjadinya kerusakan karena terkena panas dan kelembaban, apalagi ditambah dengan beban-beban yang terlalu tinggi melewati konstruksi jalan tersebut. Hal ini yang mendorong diadakannya penelitian tentang pemakaian serat *polypropylene* yang berbentuk *fiber plastic beneser* sebagai bahan campuran aspal beton. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini memakai serat *polypropylene* berbentuk *fiber plastic beneser*, yang diharapkan dapat mengurangi masalah pada jalan yang ditinjau pada kekuatan dan keawetan pada campuran aspal beton.

Maksud dan tujuan penelitian yang akan dicapai adalah:

1. Mengetahui perbedaan kekuatan pada campuran aspal beton dengan atau tanpa menggunakan bahan *additive* serat *polypropylene* (*fiber plastic beneser*) yang ditinjau dari variasi campuran serat 0% - 5%.
2. Mengetahui nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk pada campuran aspal beton dengan atau tanpa *fiber plastic beneser*.
3. Mengetahui nilai keawetan pada campuran aspal beton yang menggunakan bahan *additive* serat *polypropylene* (*fiber plastic beneser*) berdasarkan waktu perendaman 30 menit, 24 jam dan 48 jam.

ASPAL BETON

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Untuk jenis konstruksi ini mempunyai nilai struktural yang pertama kali dikembangkan di Amerika oleh *The Asphalt Institute*

dengan nama *Asphalt Concrete*. Lapis aspal beton merupakan jenis tertinggi dari perkerasan yang merupakan campuran dari bitumen dengan agregat bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat.

Menurut spesifikasi campuran aspal oleh Departemen Pekerjaan Umum 2007, Laston (AC) terdiri dari tiga macam, Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, dan 37,5 mm.

Sifat-sifat Campuran Aspal Beton

Sifat-sifat campuran aspal beton akan terlihat saat aspal tercampur dengan agregat. Ada beberapa kondisi umum yang terjadi, yaitu permukaan agregat akan diselimiti aspal diikuti dengan pori-pori agregat. Demikian juga pada rongga diantara agregat akan terisi oleh aspal. Namun, di suatu kejadian baik pori-pori agregat maupun rongga diantara agregat, tidak selalu terisi penuh oleh aspal, ada bagian tersisa yang pasti terisi oleh udara. Hal tersebut sangat logis, dimana makin banyak kadar aspal makin banyak pula ruang dan pori yang terisi oleh aspal. Dalam campuran aspal beton yang baik harus memenuhi empat syarat utama, yaitu: stabilitas yang tinggi, durabilitas lama, fleksibilitas cukup, dan tahan terhadap *skid resistance*.

Serat Polypropylene

Serat *polypropylene* merupakan bahan dasar yang digunakan untuk memproduksi bahan-bahan yang terbuat dari plastik. Bahan yang memiliki rumus kimia C_3H_6 yang berupa filamen tunggal ataupun jaringan serabut tipis yang berbentuk jala dengan ukuran panjang antara 6 mm sampai 50 mm dan memiliki diameter 90 mikron. Dalam kehidupan sehari-hari serat *polypropylene* dipakai dalam pengepakan barang dan juga digunakan untuk tempat penyimpanan makanan dan air mineral. Serat *polypropylene* adalah limbah yang akan lama terurai. Berdasar pada Zonsveld bahwa bahan ini dibuat dengan polimerisasi, merupakan molekul yang berat dan proses produksi sampai menjadi serat gabungan

untuk memberikan sifat-sifat yang berguna pada serat *polypropylene* ini:

- Susunan atom biasa dalam molekul *polymer* dan kristalisasi tinggi, bernama *Isotactic Polypropylene*
- Titik leleh yang tinggi 165°C dan mampu digunakan pada temperatur 100°C dalam waktu yang lebih singkat
- Kekakuan kimia menyebabkan bahan kuat terhadap hampir semua bahan kimia dan tidak akan berpengaruh pada serat.
- Permukaan yang *Hydrophobic*, tidak akan basah terkena air, membantu mencegah pukulan pada serat dan mengembang pada saat pencampuran, atau terletak pada tempat yang berbeda tidak perlu air.
- Pedoman menunjukkan kelemahan pada daerah lateral, dimana terdapat serabut. Matriks semen dapat menembus struktur rapat antara serabut sendiri dan membuat ikatan mekanik antara serat dan matriks.

Sifat-sifat yang dapat diperbaiki oleh *polypropylene*:

- Daktilitas: berhubungan dengan kemampuan dalam menyerap energi
- Ketahanan terhadap beban kejut (*Impact Resistance*)
- Kemampuan menahan tarik dan momen lentur
- Ketahanan terhadap kelelahan
- Ketahanan pengaruh susutan (*Shrinkage*)
- Ketahanan Aus
- Ketahanan *Spalling*

Metode Pengujian Campuran

Pada penelitian ini metode rancangan campuran yang digunakan adalah *Marshall Test*. Dimana metode ini paling banyak dipergunakan di Indonesia karena metode rancangan campuran ini berdasarkan pengujian empiris, dengan menggunakan alat *Marshall Test*.

Marshall test ini ditemukan oleh Bruce Marshall dan dikembangkan oleh U.S. *Corps of Engineer*, yang telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-

76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori-pori dari campuran padat yang terbentuk.

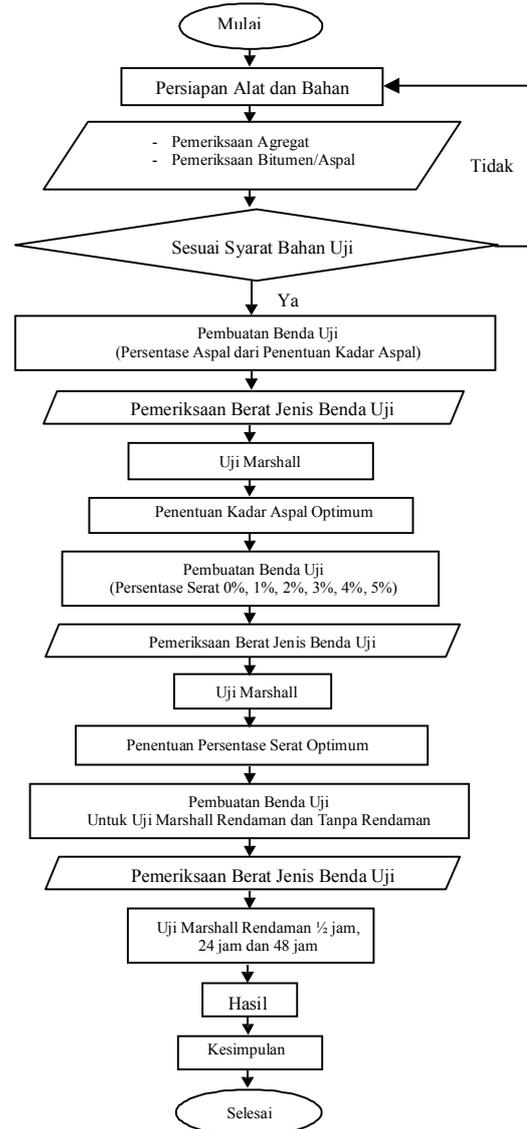
Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin pengujian berkapasitas 23,2 KN atau setara dengan 5000 lbs dan *flow* meter. Cincin pengujian digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flow* meter untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inch (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inch (6,35 cm). Prosedur pengujian mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76.

Secara garis besar pengujian *Marshall* meliputi : persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, dan perhitungan sifat *volumetric* benda uji.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan di laboratorium atau dikategorikan pekerjaan laboratorium, dimana penelitian ini membuat benda uji dengan diameter 10 cm atau 4 inch dan tinggi 7,5 cm atau 3 inch, yang memerlukan material sebanyak ± 1200 gram. Benda uji tersebut menggunakan batu pecah dengan ukuran 0 – 5 mm, 5 – 10 mm, 10 – 15 mm, pasir, aspal dan serat *polypropylene* menurut presentase berat aspal optimum.

Pengujian – pengujian material menggunakan metode uji SNI. Metode uji yang lain yang digunakan adalah AASHTO, *British Standart* dan ASTM bila di SNI metodenya tidak dijumpai.



Gambar 1. Bagan Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material

Pada penelitian ini pengujian material dilakukan dengan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1737-1989 tentang “Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas”. Pengujian material meliputi : sifat agregat kasar, halus dan *filler*, serta pemeriksaan sifat fisik aspal penetrasi 60/70.

Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

Dari hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Hasil Analisa Agregat

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
Agregat Kasar					
1	Penyerapan Air	SNI 03-1969-1990	maks. 3%	2,34%	Memenuhi
2	Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	min. 2,5 ³ gr/cm ³	2,58 ³ gr/cm ³	Memenuhi
3	Abration Test	SNI 03-2417-1990	maks. 40%	20,08%	Memenuhi
Agregat Halus					
1	Penyerapan Air	SNI 03-1969-1990	maks. 3%	2,66%	Memenuhi
2	Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	min. 2,5 ³ gr/cm ³	2,68 ³ gr/cm ³	Memenuhi

Dari keseluruhan pengujian agregat menunjukkan bahwa agregat tersebut dapat digunakan untuk campuran aspal beton karena semua pengujian telah memenuhi persyaratan.

Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal

Pada pemeriksaan aspal ini terdapat enam jenis pengujian.

Tabel 2. Hasil Uji Aspal

No.	Pengujian	Standar Pengujian	Syarat		Satuan	Hasil Uji	Keterangan
			min.	maks.			
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	60	79	0,1 mm	64,4	Memenuhi
2	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	48	58	°C	51,5	Memenuhi
3	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	200	0	°C	214	Memenuhi
4	Daktilitas (25°C, 5cm/menit)	SNI 06-2432-1991	100	-	cm	110	Memenuhi
5	Berat Jenis	SNI 06-2488-1991	1	-	gr/cm ³	1,09	Memenuhi

Dari keseluruhan pengujian agregat menunjukkan bahwa agregat tersebut dapat digunakan untuk campuran aspal beton karena semua pengujian telah memenuhi persyaratan.

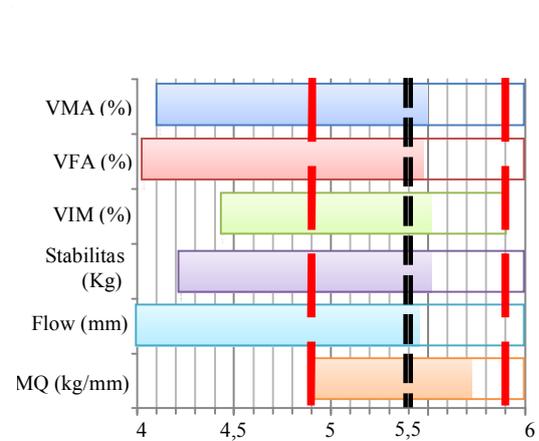
Hasil Pengujian Marshall Terhadap Kadar Aspal Optimum

Pengujian Marshall terhadap kadar aspal optimum ini dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (flow), serta analisa kepadatan dan pori dari

campuran padat yang terbentuk dan digunakan untuk mencari kadar aspal optimum. Kadar aspal yang digunakan adalah hasil penentuan perkiraan kadar aspal yaitu 4%, 4,5%, 5%, 5,5% dan 6% tanpa menggunakan bahan tambahan serat *polypropylene*. Adapun hasil yang diperoleh dibandingkan dengan parameter standar pengujian Marshall.

Tabel 3. Hasil Marshall Test Terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) tanpa serat *Polypropylene*

No	Karakteristik	Syarat	(% Kadar Aspal Terhadap Total				
			4	4,5	5	5,5	6
1	VMA (%)	min. 15	14,71	15,50	16,22	16,79	17,57
2	VFA (%)	min. 65	64,73	71,04	74,35	78,12	80,51
3	VIM (%)	3,5 – 5,5	5,19	4,55	4,19	3,68	3,43
4	Stabilitas (Kg)	min. 800	821,60	901,68	1014	1120,43	1217,49
5	Flow (mm)	min. 2,0	4,00	4,33	4,00	4,00	3,33
6	MQ (Kg/mm)	min. 250	205,40	226,40	264,66	291,84	371,97



Gambar 2. Grafik Hasil Analisa Kadar Aspal Optimum

Dari Gambar 2 tentang grafik hasil analisa kadar aspal optimum dapat dikatakan bahwa kadar aspal optimum sebesar 5,4%. Untuk VMA (*Voids in Mineral Aggregate*) optimum didapat nilai sebesar 16,73%. Untuk VFA (*Voids Fill Asphalt*) optimum didapat nilai sebesar 77,56%. Untuk VIM (*Void In Mix*) optimum didapat nilai sebesar 3,79%. Untuk stabilitas optimum didapat nilai sebesar 1093,17 kg. Untuk flow

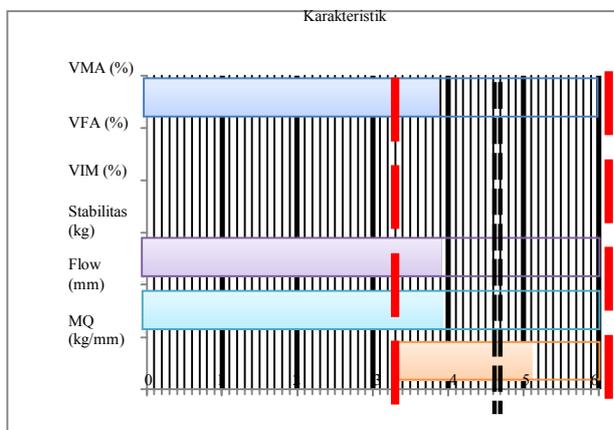
optimum didapat nilai sebesar 3,96 mm, dan untuk *Marshall Quotient* (MQ) optimum didapat nilai sebesar 293,53 kg/mm.

Hasil Pengujian Marshall Terhadap Kadar Serat Polypropylene Optimum

Pengujian *Marshall* terhadap kadar serat *polypropylene* optimum ini dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk dan digunakan untuk mencari kadar serat *polypropylene* optimum sebagai bahan tambahan. Variasi persentase kadar serat *polypropylene* yang digunakan adalah 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% dengan panjang serat ± 3cm. Adapun hasil yang diperoleh dibuat dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 4. Hasil *Marshall Test* Terhadap Kadar Serat *Polypropylene* Optimum

No	Karakteristik	Syarat	% Kadar Serat Terhadap Total Aspal				
			1	2	3	4	5
1	VMA (%)	min. 15	20,15	20,10	19,94	19,50	19,47
2	VFA (%)	min. 65	61,33	61,57	62,20	63,89	64,98
3	VIM (%)	3,5 - 5,5	7,79	7,74	7,56	7,05	7,01
4	Stabilitas (Kg)	min. 1000	1036,33	1149,48	1228,61	1275,60	1291,20
5	Flow (mm)	min. 3,0	5,00	4,67	4,33	4,00	3,33
6	MQ (Kg/mm)	min. 300	213,63	249,15	286,31	333,93	393,41



Gambar 3. Grafik Hasil Analisa Kadar Serat *Polypropylene* Optimum

Dari hasil Gambar 3 tentang grafik hasil analisa kadar serat *polypropylene* optimum di atas dapat dikatakan bahwa kadar serat *polypropylene* optimum sebesar 4,65%. Untuk VMA (*Voids in Mineral Aggregate*) optimum didapat nilai sebesar 19,51%. Untuk VFA (*Voids Fill Asphalt*) optimum didapat nilai sebesar 63,89%. Untuk VIM (*Void In Mix*) optimum didapat nilai sebesar 7,04%, untuk stabilitas optimum didapat pada kadar serat 5% sebesar 1289,42 kg, untuk *flow* optimum didapat nilai sebesar 3,57 mm, dan untuk *Marshall Quotient* (MQ) optimum didapat nilai sebesar 371,61kg/mm.

Hasil Pengujian Marshall Terhadap Waktu Rendaman

Pengujian *Marshall* terhadap waktu rendaman ini dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk serta untuk mengetahui keawetan dari benda uji setelah direndam selama ½ jam, 24 jam dan 48 jam. Kadar aspal yang digunakan adalah kadar aspal optimum dan di tambah dengan kadar serat optimum. Adapun hasil yang diperoleh dibuat dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 5. Hasil *Marshall Test* Terhadap Hasil Rendaman.

No.	Karakteristik	Waktu Rendaman		
		30 menit	24 Jam	48 Jam
1	VMA (%)	19,76	19,54	19,19
2	VFA (%)	62,84	63,72	65,15
3	VIM (%)	7,35	7,09	6,69
4	Stabilitas (Kg)	1114,65	1103,07	1099,20
5	Flow (mm)	3,00	3,33	3,67
6	MQ (Kg/mm)	371,55	367,92	373,44

Perbandingan Benda Uji Dengan dan Tanpa Serat Polypropylene

Hasil perbandingan ini berdasarkan persyaratan sifat-sifat campuran AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) dan AC-WC modifikasi yang terdapat pada SNI 03-1737-1989. Untuk benda uji tanpa serat *polypropylene* menggunakan persyaratan

sifat-sifat campuran AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*), sedangkan untuk benda uji yang menggunakan serat *polypropylene* persyaratan yang dipakai adalah persyaratan sifat-sifat campuran AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) modifikasi dan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6. Perbandingan Hasil Benda Uji Dengan dan Tanpa Serat *Polypropylene*

No.	Karakteristik	Syarat		Dengan	Tanpa
		AC-WC	AC-WC Modifikasi	Serat <i>Polypropylene</i>	
1	VMA (%)	min. 15	min. 15	19,51	16,73
2	VFA (%)	min. 65	min. 65	63,89	77,56
3	VIM (%)	3,5 - 5,5	3,5 - 5,5	7,04	3,79
4	Stabilitas (Kg)	min. 800	min. 1000	1289,42	1093,17
5	Flow (mm)	min. 2,0	min. 3,0	3,57	3,96
6	MQ (Kg/mm)	min. 250	min. 300	371,61	293,53

Dari Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa untuk campuran aspal beton dengan menggunakan serat *polypropylene* rata-rata mempunyai nilai lebih tinggi dari campuran aspal beton tanpa menggunakan serat *polypropylene*. Akan tetapi, pada campuran aspal beton dengan menggunakan serat *polypropylene* nilai VFA (*Void Fill Asphalt*) didapat sebesar 63,89% berada di bawah nilai persyaratan dari SNI 03-1737-1989, dimana nilai yang dianjurkan adalah minimum 65%. Sedangkan untuk nilai VIM juga berada di luar nilai persyaratan dari SNI 03-1737-1989, dimana nilai yang dianjurkan adalah 3,5%-5,5%. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa serat *polypropylene* tidak dapat digunakan sebagai bahan tambahan campuran aspal beton, karena nilai VFA dan VIM tidak memenuhi persyaratan dari SNI 03-1737-1989. Serat *polypropylene* ini dapat digunakan jika ada bahan tambahan lain untuk menaikkan nilai VFA dan menurunkan nilai VIM sehingga nilai VFA dan VIM berada pada nilai persyaratan yang dianjurkan oleh SNI 03-1737-1989.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian bahan tambahan serat *polypropylene* (*fiber plastic beneser*) pada campuran aspal beton, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari *Marshall Test* didapat kadar aspal optimum sebesar 5,4% dengan nilai stabilitas optimum sebesar 1093,17 kg dan kadar serat *polypropylene* optimum sebesar 4,6% dengan nilai stabilitas optimum sebesar 1288,88 kg. Ditinjau dari pemakaian kadar serat *polypropylene* optimum 0%-5% adalah sebagai berikut:

- Kadar serat 0% didapat stabilitas 1093,17 kg
- Kadar serat 1% didapat stabilitas 1036,33 kg
- Kadar serat 2% didapat stabilitas 1149,48 kg
- Kadar serat 3% didapat stabilitas 1228,61 kg
- Kadar serat 4% didapat stabilitas 1275,60 kg
- Kadar serat 5% didapat stabilitas 1291,20 kg

Dari hasil diatas dapat dinyatakan bahwa semakin banyak kadar serat, nilai stabilitas semakin tinggi. Hasil tersebut masih memenuhi persyaratan yang ada pada SNI 03-1737-1989 dengan nilai persyaratan sebesar minimum 1000 kg.

2. Dari hasil *Marshall Test* didapat nilai-nilai sebagai berikut:
 - a. Untuk campuran aspal beton tanpa bahan tambahan serat *polypropylene*.
 - VMA = 16,73%
 - VFA = 77,56%
 - VIM = 3,79%
 - Stabilitas = 1093,17 kg
 - Flow = 3,96 mm
 - *Marshall Quotient* (MQ) = 293,53 kg/mm
 - b. Untuk campuran aspal beton dengan bahan tambahan serat *polypropylene*.
 - VMA = 19,51%
 - VFA = 63,85%
 - VIM = 7,06%

- Stabilitas = 1288,88 kg
 - *Flow* = 3,6 mm
 - *Marshall Quotient* (MQ) = 368,71 kg/mm
3. Hasil dari pengujian rendaman 30 menit, 24 jam dan 48 jam dapat diketahui bahwa campuran aspal beton dengan tambahan serat *polypropylene* semakin lama waktu perendaman nilai stabilitas semakin turun. Dimana pada campuran benda uji rendaman 30 menit didapat nilai stabilitas sebesar 1114,65 kg, untuk rendaman 24 jam didapat nilai stabilitas 1103,07 kg, dan untuk rendaman 48 jam didapat nilai stabilitas sebesar 1099,20 kg. Hal ini menandakan bahwa campuran aspal beton yang menggunakan bahan tambahan serat *polypropylene* memiliki keawetan yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Antarikso Utomo, R. 2008. *Studi Komparasi Pengaruh Gradasi Gabungan di Laboratorium dan Gradasi Hot Bin Asphalt Mixing Plant Campuran Laston (AC- Wearing Course) Terhadap Karakteristik Uji Marshall*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang. Tidak dipublikasikan.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. *Cara Uji Campuran Beraspal Panas Untuk Ukuran Agregat Maksimum dari 25,4 mm (1 Inchi) Sampai Dengan 38 mm (1,5 Inchi) Dengan Alat Marshall*.
- Bella, Rosmiyati Ariyans, Heni Lukitaningsing. 2000. *Pemakaian Bahan Tambahan Serat Polypropylene Pada Campuran Aspal Beton*. Fakultas Teknik Universitas Petra, Surabaya. Tidak dipublikasikan.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*.
- Eroviantara, Anak Agung G. 2011. *Penggunaan Fibre Plastic Beneser Komposit Sebagai Subtitusi Untuk Mereduksi Baja Tulangan Pada Balok Beton Bertulang*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya. Tidak dipublikasikan.
- Fannisa, Henny, Moh. Wahyudi. 2010. *Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Kapur Padam*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang. Tidak dipublikasikan.
- Hamirhan Saodang Msce, Ir. 2005. *Konstruksi Jalan Raya*. Buku II. Penerbit Nova. Bandung.
[Http://www.ferryndalle.com](http://www.ferryndalle.com)
- Laboratorium Bahan Jalan & Lalu Lintas Jurusan Teknik Sipil. 2008. *Panduan Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Surabaya.
- Mochtar, Indrasurya B. *Tantangan Dalam Pengembangan Perkerasan Jalan di Indonesia Untuk Investasi yang Efektif dan Efisien Kasus Jalan-Jalan yang Cepat Sekali Rusak*.
- Puhari, Amin. 2011. *Pengaruh Penggunaan Serbuk Zeolit Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran AC-WC (Asphalt Concrete- Wearing Course)*. Universitas Janabadra. Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
- Putrowijoyo, Ryan. 2006. *Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete- Wearing Course (AC-WC) dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland dan Abu Batu Sebagai Filler*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Semarang. Tidak dipublikasikan.
- Rianung, Sih. 2007. *Kajian Laboratorium Pengaruh Bahan Tambah Gondorukem pada Asphalt Concrete- Binder Course (AC-BC) Terhadap Nilai Properties Marshall dan Durabilitas*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Semarang. Tidak dipublikasikan.
- Revisi SNI 03-1737-1989. 2005. *Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas*.
- Soehartono. 2010. *Teknologi Aspal Dan Penggunaannya Dalam Konstruksi*

- Perkerasan Jalan*. Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum. PT. Mediatama Saptakarya. Jakarta.
- Sukirman, Silvia. 1993. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova. Bandung.
- Sukirman, Silvia. 2007. *Beton Aspal Campuran Panas*. Yayasan Obor Indonesia.
- Kartini, Wahyu. 2007. *Penggunaan Serat Polypropylene Untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya.