

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE* (PP) PADA CAMPURAN *HRS-WC* TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL, *INDIRECT TENSILE STRENGTH* (ITS) DAN KETAHANAN AUS

Nur Auliani¹, Berlian Kushari²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: niniauliani@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: bkushari@uii.ac.id

Abstract: *One type of pavement that is suitable for tropical regions such as Indonesia is HRS because it has good resistance to cracks due to fatigue and resistance to weather changes. HRS Pavement is flexible so it can produce a road with good flexibility and durability and cracking resistant. But it can cause damage in the form of changes in the appearance of plastic grooves that cannot be avoided. Therefore, it is necessary to add additive material which are expected to cover the lack of the HRS mixture. The purpose of this study was to determine the influence of PP fibers on the characteristics of HRS-WC mixtures using Marshall, ITS and Cantabro methods. This research starts from examining the physical properties of the material, then determining KAO value and continued by testing Marshall, ITS and Cantabro. The standard used in the study refers to Bina Marga 2010 Revision 3 specification. The results showed that there was an increase in the value of stability in PP fiber content of 0.4%, then decreased to 0.8% PP fiber content of 18.538%. The value of flow has increased with increasing PP fiber. MQ values tend to be like stability, increase in PP fiber content by 0.4% and decrease in PP fiber content by 0.8%. The value of ITS has increased along with the increase in PP fiber content. Cantabro Loss value decreases with increasing PP fiber content. Mixtures with PP fiber content of 0%, 0.4%, 0.8%, 1.2% and 1.6% obtained percentages of weight loss values of 20,441%, 9,992%, 7,669%, 8,861% and 6,171% respectively. where Bina Marga 2010 specification about the weight loss requirement is $\leq 20\%$ so that all variations of the mixture comply the requirements.*

Keywords: *polypropylene fibers, additive material, hot rolled sheet-wearing course*

1. PENDAHULUAN

Pesatnya pertumbuhan penduduk Indonesia memicu tingginya kebutuhan akan pelayanan transportasi dari segi kendaraan, prasarana transportasi dan pertumbuhan lalu lintas. Pada dasarnya jalan akan mengalami penurunan fungsi strukturalnya sesuai dengan bertambahnya umur. Kerusakan tersebut bisa terjadi pada muka jalan yang menggunakan beton aspal sebagai lapis permukaannya. Kerusakan jalan seperti ini biasanya disebabkan oleh berbagai faktor, misalnya akibat beban roda kendaraan berat yang lalulalang (berulang-ulang), kondisi muka air tanah

yang tinggi, akibat dari salah pada waktu pelaksanaan dan juga bisa akibat dari kesalahan perencanaan. Salah satu jenis perkerasan yang cocok dengan daerah tropis seperti di Indonesia yaitu *Hot Rolled Sheet (HRS)* karena mempunyai daya tahan yang baik terhadap keretakan akibat kelelahan (*fatigue cracking*) dan tahan terhadap perubahan cuaca (Darunifah, 2007). Jenis perkerasan *HRS* mempunyai karakteristik utama yaitu gradasi senjang. Dengan menggunakan gradasi senjang, maka kebutuhan

akan aspal menjadi lebih banyak. Perkerasan *HRS* menjadi fleksibel sehingga menghasilkan jalan dengan kelenturan dan keawetan yang cukup baik serta tahan terhadap retak. Tetapi bisa mengakibatkan kerusakan berupa perubahan bentuk timbulnya alur plastis yang tidak dapat dihindari.

Kerusakan jalan yang tidak ditindak lanjuti dapat mengakibatkan penurunan fungsional jalan dan kemacetan. Salah satu solusinya adalah membuat campuran aspal beton dengan penambahan bahan *additive*. Salah satu bahan *additive* yang dapat digunakan adalah serat *Polypropylene (PP)*. Tayyib dan Zahrani (2006) dalam Setiawan (2013) menyebutkan bahwa serat *Polypropylene* sendiri berasal dari monomer C_3H_6 yang merupakan hidrokarbon murni, susunan atom biasa dalam molekul polimer dan kristalisasi tinggi bernama *Isotactic Polypropylene*. Serat *Polypropylene* merupakan bahan utama untuk pembuatan barang-barang yang terbuat dari plastik. Menurut Dina (1999) beberapa keuntungan penggunaan serat *Polypropylene* dalam campuran aspal beton yaitu untuk memperbaiki daya ikat aspal beton sehingga dapat mengurangi keretakan akibat penyusutan, memperbaiki ketahanan terhadap kikisan, tumbukan, peresapan air dan bahan kimia, dan juga memperbaiki keawetan aspal beton.

Pada penelitian ini serat *Polypropylene (PP)* akan dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada campuran *HRS-WC*. Pemeriksaan yang dilakukan yaitu karakteristik *Marshall, Indirect Tensile Strength (ITS)* dan ketahanan aus. Serat *Polypropylene* digunakan karena bersifat keras tapi fleksibel, kuat dan tahan terhadap bahan kimia sehingga diharapkan dapat meningkatkan kinerja campuran dalam hal tingkat kepadatan, stabilitas, rongga dalam agregat dan kekakuan (karakteristik *Marshall*), nilai kuat tariknya maupun ketahanan aus. Pada penelitian ini diharapkan campuran dapat menahan repetisi beban berulang tanpa mengalami retak dan mempunyai ketahanan yang

cukup baik terhadap cuaca sehingga dapat meminimalisir kerusakan yang terjadi.

2. HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE (HRS-WC)

Lataston (lapis tipis aspal beton) dikenal dengan nama *hot rolled sheet (HRS)* merupakan lapis permukaan yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras. Lataston yang dicampur kemudian dipadatkan dalam keadaan panas dengan suhu tertentu (Sukirman, 1992).

3. PENYUSUN CAMPURAN PERKERASAN HRS-WC

Adapun beberapa penyusun campuran perkerasan *HRS-WC* dalam penelitian ini yaitu agregat, aspal, *filler* dan serat *Polypropylene*.

a. Agregat

Agregat merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam atau buatan. Agregat yang dipakai dalam campuran lataston lapis aus harus memenuhi persyaratan yang tercantum pada Bina Marga 2010 Revisi 3.

b. Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang berbentuk padat, apabila dipanaskan pada suhu tertentu aspal menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat, namun jika suhu diturunkan aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis).

c. Filler

Bahan pengisi (*filler*) berfungsi sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga memperkaku lapisan aspal. Agregat ini merupakan material yang lolos ayakan no.200 (0,074 mm). Bahan yang sering digunakan sebagai *filler* adalah semen, *fly ash*, abu sekam, debu batu kapur dan semen *Portland* atau bahan lainnya yang mampu mengisi bagian-bagian kosong dari susunan aspal beton tersebut.

- d. Serat *Polypropylene*
Serat *Polypropylene* berasal dari monomer C_3H_6 merupakan hidrokarbon murni yang merupakan bahan dasar yang umum digunakan dalam memproduksi bahan – bahan yang terbuat dari plastik. Material ini berbentuk filamen-filamen yang ketika dicampurkan dalam adukan beton untaiannya akan terurai (Arde, 2005).

4. PARAMETER MARSHALL

Adapun dasar perhitungan yang menjadi acuan dalam penganalisisan data yaitu mengacu pada SNI 06-2489-1991 dan *The Asphalt Institute* sebagai berikut.

- a. Berat Jenis Aspal

$$BJ = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \quad (1)$$

- b. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

- 1) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{A}{(B-C)} \quad (2)$$

- 2) Berat jenis semu

$$S_a = \frac{A}{(A-C)} \quad (3)$$

- 3) Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{B-A}{A} \times 100\% \right] \quad (4)$$

- 4) Berat jenis efektif

$$BJ \text{ efektif} = \frac{S_a + S_d}{2} \quad (5)$$

- c. Rongga dalam Agregat (*VMA*)
Rongga antar mineral agregat (*VMA*) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak terhadap volume aspal yang diserap agregat).
- d. Rongga dalam Campuran (*VITM*)
Rongga udara dalam campuran (*VITM*) dalam campuran perkerasan beraspal

terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

- e. Rongga Terisi Aspal (*VFWA*)
Rongga terisi aspal adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (*VMA*) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.
- f. Stabilitas
Stabilitas adalah kemampuan suatu perkerasan untuk menahan deformasi atau perubahan yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Nilai stabilitas didapat dari pembacaan arloji stabilitas yang kemudian dikalibrasi dengan *proving ring* dan dikoreksi tebal benda uji.
- g. Kelelahan (*flow*)
Nilai *flow* ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan *flow* pada alat *Marshall*.
- h. *Marshall Quotient*
Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dengan kelelahan plastis (*flow*) yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkatan kekakuan campuran. (3.2)

5. INDIRECT TENSILE STRENGTH TEST

Kuat tarik tidak langsung adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal beton. Gaya tarik terkadang digunakan untuk mengevaluasi potensi retakan (*fatigue*) pada campuran aspal beton. Sifat uji ini adalah kegagalan gaya tarik yang berguna untuk memperkirakan potensial retakan. Retak yang disebabkan oleh pengulangan beban menyebabkan adanya gaya tarik yang dialami campuran beton aspal. Berbeda dengan beban tekan yang secara empiris dapat diperoleh dengan pengujian *Marshall* secara langsung. Besarnya beban tarik tidak dapat dilakukan pengujian secara langsung dengan *Marshall*, namun metode yang paling sesuai untuk mengetahui gaya tarik dari campuran aspal adalah dengan menggunakan metode *Indirect Tensile Strength Test* di laboratorium (Sunarjono, 2012).

$$St = \frac{2 \times P \max}{\pi \times d \times h} \quad (6)$$

6. PENGUJIAN CANTABRO

Pengujian *Cantabro* merupakan pengujian yang dimaksudkan untuk menentukan ketahanan lapis perkerasan terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya batas kekuatan hancur akibat pengaruh *impact* (tumbukan/pembebanan) beban roda lalu lintas pada lapis perkerasan. Repetisi beban lalu lintas pada lapis permukaan perkerasan dapat menyebabkan lapis perkerasan menjadi aus yang berdampak pada penurunan sifat daya tahan.

$$\text{Nilai keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (7)$$

7. ANALISIS STATISTIK

Dalam penelitian ini, data hasil pengujian akan dianalisis menggunakan statistik. Analisis data lebih difokuskan untuk menjawab rumusan masalah dan menguji hipotesis penelitian yang diajukan (Sugiyono, 2010). Analisis statistik yang digunakan yaitu *T-test* dan ANOVA satu arah.

8. METODE PENELITIAN

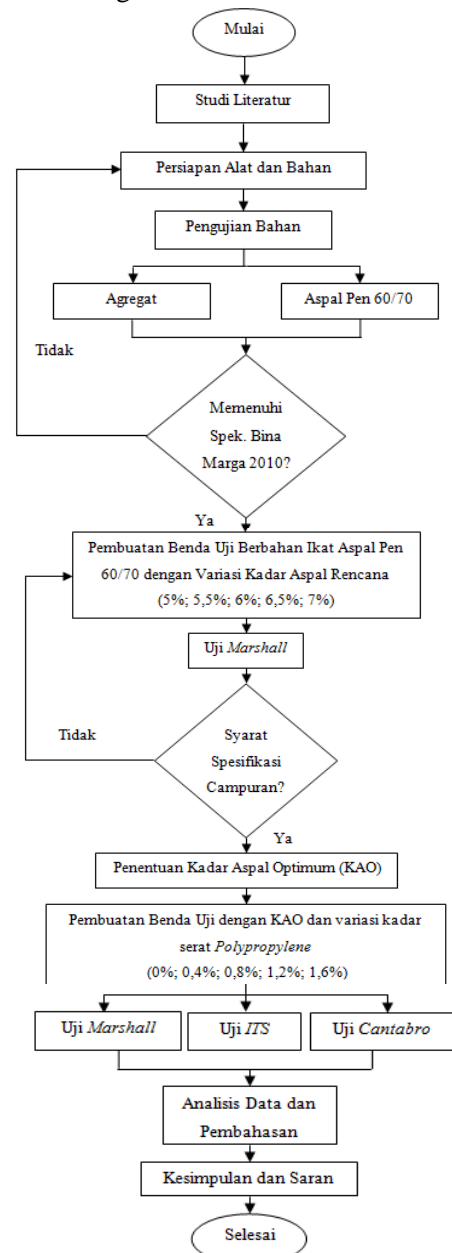
Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut.

- Persiapan dan Pemeriksaan Material
Material yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu aspal, agregat dan serat *Polypropylene (PP)* perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu sebelum digunakan.
- Perencanaan Pencampuran
Setelah dilakukan pengujian sifat fisik agregat dan aspal, selanjutnya adalah penyaringan agregat menggunakan saringan standar. Gradasi agregat penyusun campuran *HRS-WC* adalah gradasi senjang (*gap graded*) yang didominasi oleh agregat kasar.
- Perencanaan Jumlah Benda Uji

Dalam penelitian ini akan dibuat benda uji yang nantinya akan dilakukan pengujian *Marshall*, *ITS* dan *Cantabro*. Total benda uji dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebanyak 105 buah benda uji.

- Pengujian *Marshall*, *ITS* dan *Cantabro*
- Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan

Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

9. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Seluruh pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia yang mengacu pada SNI dan Bina Marga 2010.

a. Sifat Fisik Material

Pengujian Sifat fisik material terdiri dari pengujian agregat kasar dan agregat halus, pengujian aspal dan pengujian titik leleh serat *PP* dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4 berikut.

Tabel 1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	a. Berat Jenis Bulk	a. 2,62	Min. 2,5	Memenuhi
	b. Berat Jenis SSD	b. 2,66		
	c. Berat Jenis Apparent	c. 2,75		
2.	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	1,83	Maks. 3	Memenuhi
3.	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	98	Min. 95	Memenuhi
4.	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	13,91	Maks. 40	Memenuhi

Tabel 2 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	a. Berat Jenis Bulk	a. 2,52	Min. 2,5	Memenuhi
	b. Berat Jenis SSD	b. 2,61		
	c. Berat Jenis Apparent	c. 2,76		
2.	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	2,38	Maks. 3	Memenuhi
3.	<i>Sand Equivalent</i> (%)	63,45	Min. 60	Memenuhi

Tabel 3 Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1.	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,067	Memenuhi
2.	Penetrasi (0,1 mm)	60 – 70	61,7	Memenuhi
3.	Daktilitas (cm)	≥ 100	164	Memenuhi
4.	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	290	Memenuhi
5.	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,15	Memenuhi
6.	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	48,75	Memenuhi

Tabel 4 Hasil Pengujian Serat *Polypropylene*

No.	Jenis Pengujian	Hasil
1.	Titik Leleh ($^{\circ}\text{C}$)	70

b. Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO)

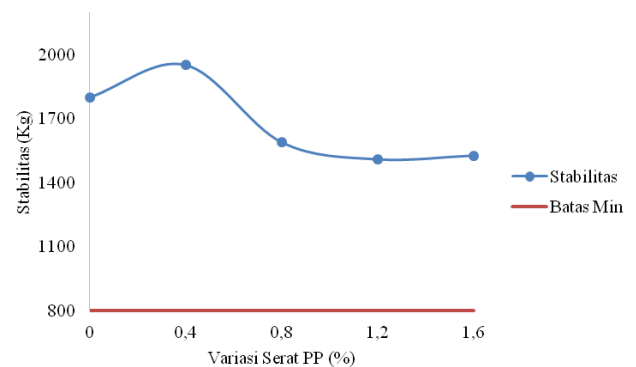
Parameter untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) pada campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS-WC)* adalah berdasarkan nilai stabilitas, *flow*, *VMA*, *VITM*, *VFWA* dan *MQ*. Pada penelitian ini dicari KAO dengan kadar serat *PP* 0% dan 1,6% (kadar serat maksimum). Pada pengujian *Marshall* dengan kadar serat *PP* 0% didapatkan KAO sebesar 6,675%, sedangkan pada pengujian dengan kadar serat *PP* 1,6% didapatkan KAO sebesar 6,55%. Nilai dua KAO tersebut hanya memiliki selisih sedikit yaitu sebesar 0,125%, oleh karena itu dapat digunakan satu KAO saja untuk mewakili variasi kadar serat lainnya. Nilai kadar aspal optimum yang digunakan yaitu sebesar 6,675%.

c. Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall*

Pembahasan dari hasil pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut.

1) Nilai Stabilitas

Analisis pengaruh penambahan serat *Polypropylene* terhadap nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



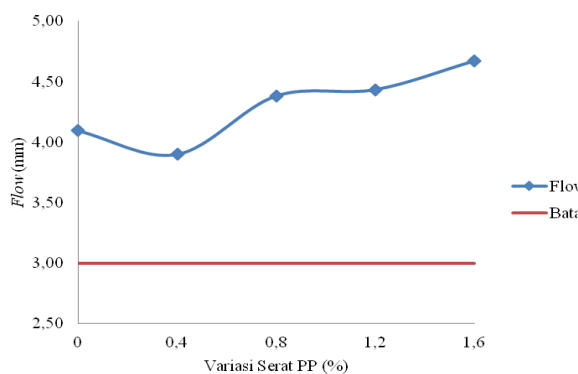
Gambar 2 Pengaruh Serat *Polypropylene* terhadap Nilai Stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan benda uji dalam menahan beban yang diterima tanpa terjadi deformasi. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai stabilitas pada kadar serat *PP* 0,4% dan

selanjutnya mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar serat *PP*. Menurunnya nilai stabilitas disebabkan oleh bertambahnya kadar serat *PP* yang meleleh pada saat pencampuran. Serat *PP* meleleh yang semula bisa berperan sebagai bahan pengikat agregat berubah menjadi pelicin antar agregat. Berdasarkan persyaratan Bina Marga 2010 Revisi 3 nilai stabilitas untuk campuran *HRS-WC* adalah minimal 800 kg, oleh karena itu semua kadar serat *PP* memenuhi persyaratan.

2) Nilai *Flow*

Analisis pengaruh penambahan serat *Polypropylene* terhadap nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



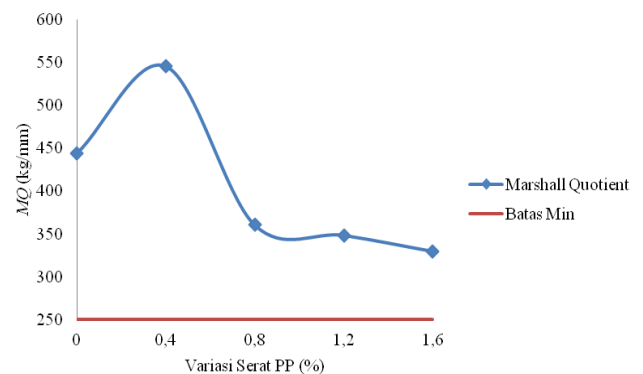
Gambar 3 Pengaruh Serat *Polypropylene* terhadap Nilai *Flow*

Nilai *flow* menunjukkan besarnya nilai deformasi yang terjadi akibat menahan beban yang diterima, terjadi pada saat mulai pembebanan sampai kondisi menurunnya stabilitas. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada penambahan kadar serat *PP* 0,4%, nilai *flow* menurun kemudian cenderung naik pada penambahan kadar serat *PP* selanjutnya. Hal ini disebabkan karena serat *PP* yang meleleh pada saat pencampuran dapat berperan sebagai bahan pengikat agregat sehingga semakin bertambahnya kadar serat *PP* maka nilai *flow* semakin naik dan campuran akan semakin bersifat plastis. Nilai *flow* yang rendah menunjukkan bahwa campuran sangat

kaku dan mudah retak. Sebaliknya jika nilai *flow* semakin tinggi maka campuran akan semakin bersifat plastis dan mudah mengalami deformasi saat menerima beban. Berdasarkan persyaratan Bina Marga 2010 Revisi 3 nilai *flow* untuk campuran *HRS-WC* adalah minimal 3 mm, oleh karena itu semua kadar serat *PP* memenuhi persyaratan.

3) Nilai *Marshall Quotient*

Analisis pengaruh penambahan serat *Polypropylene* terhadap nilai *MQ* dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

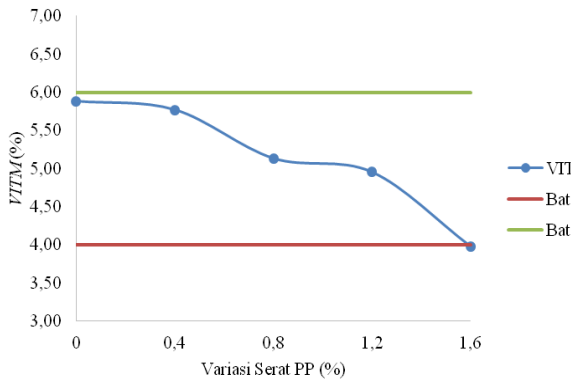


Gambar 4 Pengaruh Serat *Polypropylene* terhadap Nilai *MQ*

Nilai *MQ* merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas, yang artinya semakin tinggi nilai *MQ* suatu campuran, maka semakin kaku campuran tersebut. Sebaliknya jika semakin kecil nilai *MQ*, maka semakin lentur campurannya. Pada Gambar 4 dapat dilihat nilai *MQ* terendah terjadi pada kadar serat 1,6%, hal ini disebabkan oleh nilai stabilitas yang rendah dan nilai *flow* yang tinggi sehingga campurannya bersifat terlalu lentur dan menjadi kurang stabil. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi kadar serat *PP* memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu minimal 250 kg/mm.

4) Nilai *VITM*

Analisis pengaruh penambahan serat *Polypropylene* terhadap nilai *VITM* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.

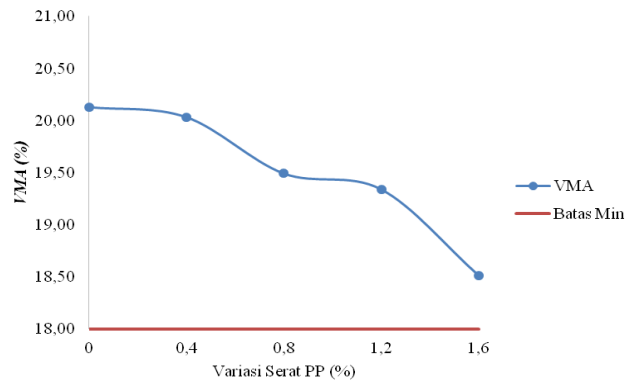


Gambar 5 Pengaruh Serat *Polypropylene* terhadap Nilai *VITM*

Nilai *VITM* menunjukkan persentase rongga yang tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. Rongga tersebut berfungsi sebagai tempat bergesernya agregat akibat beban lalu lintas berulang atau tempat apabila aspal melunak akibat perubahan temperatur. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai *VITM* pada campuran *HRS-WC* mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar serat *PP*. Hal ini disebabkan karena rongga pada campuran semakin terisi oleh serat *PP* sehingga rongga semakin kecil dan campuran semakin padat. Pada penelitian ini nilai *VITM* untuk kadar serat 0-1,2% telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 dengan nilai yaitu 4-6%, kecuali pada kadar serat *PP* 1,6% karena memiliki nilai sebesar 3,98%.

5) Nilai *VMA*

Analisis pengaruh penambahan serat *Polypropylene* terhadap nilai *VMA* dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.

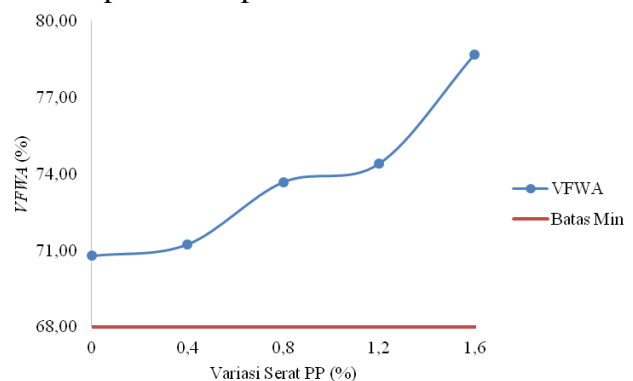


Gambar 6 Pengaruh Serat *Polypropylene* terhadap Nilai *VMA*

Nilai *VMA* menunjukkan persentase rongga antar butiran agregat dalam suatu campuran. Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai *VMA* pada campuran *HRS-WC* mengalami penurunan seiring meningkatnya kadar serat *PP*. Hal ini disebabkan karena kadar serat *PP* yang semakin mengisi rongga campuran antar agregat, sehingga pori semakin kecil dan rongga antar butiran agregat menjadi berkurang. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi kadar serat *PP* memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu minimal 18%.

6) Nilai *VFWA*

Analisis pengaruh penambahan serat *Polypropylene* terhadap nilai *VFWA* dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.

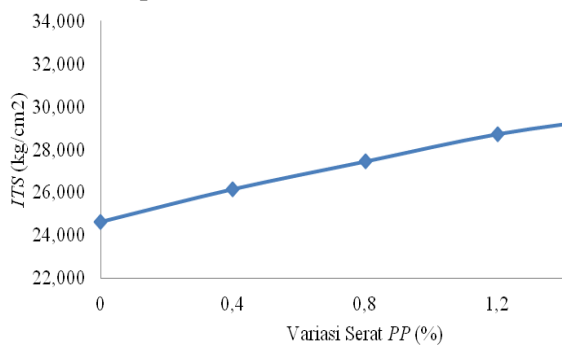


Gambar 7 Pengaruh Serat *Polypropylene* terhadap Nilai *VFWA*

Nilai *VFWA* menunjukkan persentase rongga yang terisi aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai *VFWA* pada campuran *HRS-WC* mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar serat *PP*. Hal ini disebabkan karena semakin besarnya kadar aspal dan serat *PP* yang mengisi rongga campuran sehingga membuat kedapatan campuran semakin meningkat. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi kadar serat *PP* memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu minimal 68%.

d. Hasil Pengujian *ITS*

Analisis pengaruh penambahan serat *Polypropylene* terhadap nilai *ITS* dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.

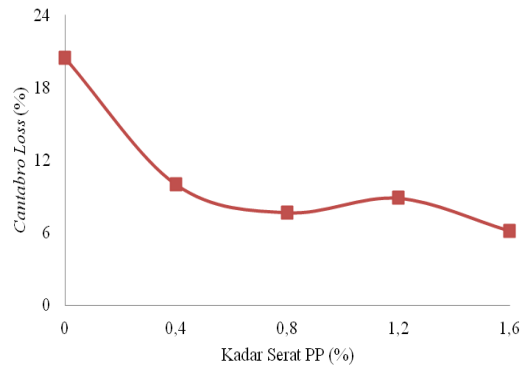


Gambar 8 Pengaruh Serat *Polypropylene* terhadap Nilai *ITS*

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai *ITS* pada campuran *HRS-WC* meningkat seiring dengan penambahan kadar serat *PP*. Hal ini disebabkan karena pengaruh serat *PP* yang meleleh pada saat pencampuran dan pemadatan yang mengakibatkan serat tersebut dapat lebih mengikat agregat sehingga deformasi yang terjadi pada campuran *HRS-WC* lebih kecil seiring bertambahnya kadar serat *PP*.

e. Hasil Pengujian *Cantabro*

Analisis pengaruh penambahan serat *Polypropylene* terhadap nilai *Cantabro* dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9 Pengaruh Serat *Polypropylene* terhadap Nilai *Cantabro*

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai *Cantabro loss* mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar serat *PP*. Hal ini disebabkan karena pengaruh serat *PP* yang meleleh pada saat pencampuran dan pemadatan yang mengakibatkan serat tersebut dapat lebih mengikat agregat sehingga dapat mengurangi kehilangan berat pada saat pengujian. Nilai *Cantabro loss* pada kadar serat *PP* 0%, 0,4%, 0,8%, 1,2% dan 1,6% berturut-turut adalah 20,441%, 9,992%, 7,669%, 8,861% dan 6,171% sehingga semua campuran yang menggunakan serat *PP* memenuhi syarat Bina Marga 2010 yaitu $\leq 20\%$.

f. Signifikansi dengan *ANOVA* Satu Arah dan *T-test*

Hasil rekapitulasi analisis menggunakan *ANOVA* satu arah dan *T-test* dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Hasil Analisis Statistik

Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
Stabilitas	Tidak Signifikan	H ₀ diterima & H ₁ ditolak
Flow	Tidak Signifikan	H ₀ diterima & H ₁ ditolak
MQ	Tidak Signifikan	H ₀ diterima & H ₁ ditolak
VITM	Signifikan	H ₀ ditolak & H ₁ diterima
ITS	Signifikan	H ₀ ditolak & H ₁ diterima
Cantabro	Signifikan	H ₀ ditolak & H ₁ diterima

10. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dari kinerja campuran *HRS-WC* dengan menggunakan serat *Polypropylene* sebagai bahan tambah dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- a. Pada penambahan kadar serat *PP*, terjadi peningkatan nilai stabilitas, *flow* dan *MQ* pada campuran *HRS-WC*. Peningkatan nilai stabilitas terjadi pada kadar serat *PP* 0,4% dan kemudian mengalami penurunan untuk kadar serat *PP* 0,8%. Nilai *flow* cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar serat *PP*. Nilai *MQ* mengalami peningkatan pada kadar serat *PP* 0,4% dan terjadi penurunan pada kadar serat *PP* 0,8. Nilai *VITM* dan *VMA* cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar serat *PP*. Nilai *VFWA* cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar serat *PP*. Penambahan serat *PP* dapat meningkatkan kemampuan campuran hingga kadar serat *PP* 0,4%, kemudian menurun ketika kadar serat *PP* berlebih. Semakin bertambahnya kadar serat *PP*, rongga campuran semakin kecil dan campuran menjadi semakin padat. Penambahan kadar serat *PP* memiliki kekuatan yang semakin baik pada kadar 0,4% namun memiliki deformasi yang kurang baik ketika kadar serat *PP* berlebih.
- b. Nilai kuat tarik tidak langsung atau *ITS* dengan menggunakan variasi kadar serat *PP* sebagai bahan tambah pada campuran *HRS-WC* cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar serat *PP*. Hal ini disebabkan karena pengaruh serat *PP* yang meleleh pada saat pencampuran dan pemadatan yang mengakibatkan serat tersebut dapat lebih mengikat agregat sehingga deformasi yang terjadi lebih kecil seiring bertambahnya kadar serat *PP*.
- c. Nilai *Cantabro Loss* pada campuran *HRS-WC* dengan menggunakan variasi kadar serat *PP* sebagai bahan tambah

mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar serat *PP*. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kadar serat *PP* mengakibatkan campuran dapat berikatan dengan baik, sehingga menambah batas kekuatan hancur akibat pengaruh *impact* (tumbukan/pembebanan) beban roda lalu lintas pada lapis perkerasan.

- d. Pada analisis statistik dengan *ANOVA* satu arah dan *T-test*, didapatkan data signifikan untuk nilai *VITM*, *ITS* dan *cantabro loss* sehingga serat *PP* sebagai bahan tambah berpengaruh terhadap karakteristik campuran *HRS-WC*. Sedangkan pada nilai stabilitas, *flow* dan *MQ* mendapatkan hasil yang tidak signifikan yang artinya serat *PP* sebagai bahan tambah tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap campuran *HRS-WC*.

Berdasarkan hasil yang didapat dalam penelitian ini, dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut.

- a. Mengingat dalam penelitian ini mengabaikan sifat kimiawi yang terkandung dalam serat *Polypropylene*, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan meninjau sifat kimiawinya terlebih dahulu untuk mengetahui pengaruh terhadap campuran *HRS-WC*.
- b. Mengingat dalam penelitian ini menggunakan kadar serat *Polypropylene* terhadap berat total campuran, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan kadar serat *Polypropylene* terhadap berat aspal sehingga diharapkan bisa memperbaiki sifat-sifat aspal.
- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai serat *Polypropylene* sebagai bahan tambah untuk jenis campuran yang lain seperti *HRS-Base* dan *SMA*.

11. DAFTAR PUSTAKA

- Arde. 2005. Penggunaan *Polypropylene* Fiber Ditinjau Terhadap Mekanisme Tekan Dan Lentur Pada Campuran Beton Normal. *Tugas Akhir*. Universitas UPN Veteran. Jawa Timur.

- Badan Standarisasi Nasional. 1991. *SNI 06-2489-1991: Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*. BSN. Jakarta.
- Darunifah, N. 2007. Pengaruh Bahan Tambahan Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC). *Tesis*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Dina. 1999. Pengaruh Penggunaan Polypropylene Fiber Terhadap Penyusutan Pada Saat Pre-Hardening Stage. *Tugas Akhir*. Universitas UPN Veteran. Jawa Timur.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum*. Edisi 2010 (Rev. 3).
- Setiyawan, W.R. 2013. Kinerja Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Karakteristik Marshall Menggunakan Bahan Penguat Shell 60/70 Dengan Kadar Aspal 6,75%. *Proyek Akhir*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Sugiyono. 2010. *Statistika Untuk Penelitian*. Alfabeta. Bandung.
- Sukirman, S. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Sunarjono, S. dan Samantha, R. 2012. Analisis Kekuatan Tarik Material Campuran SMA (Split Mastic Asphalt) Grading 0/11 Menggunakan Sistem Pengujian Indirect Tensile Strength. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*. Surakarta.