

PENGARUH PERUBAHAN VISKOSITAS ASPAL AKIBAT PENAMBAHAN VIATOP⁶⁶ TERHADAP NILAI TEGANGAN TARIK (*TENSILE STRENGTH*) CAMPURAN HRS-WC MENGGUNAKAN UJI SEMI CIRCULAR BENDING (SCB)

Yodya Erikasari¹, Mashuri² dan Syamsul Arifin³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako (Untad) Palu

Jl. Soekarno-Hatta Km. 9 Palu, Sulawesi Tengah.

Email : erikayodya@gmail.com

Abstrak

Penggunaan bahan tambah berupa viatop⁶⁶ ke dalam campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) diharapkan dapat meningkatkan nilai tegangan tarik maksimum yang dapat dipikul oleh suatu perkerasan. Viatop⁶⁶ juga diduga dapat mempengaruhi nilai viskositas aspal sehingga dapat meningkatkan kualitas perkerasan jalan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai viskositas aspal akibat penggunaan bahan tambah viatop⁶⁶ terhadap nilai tegangan tarik maksimum campuran HRS-WC. Metode pengujian yang digunakan adalah metode uji semi circular bending (SCB). Aspal yang digunakan untuk campuran HRS-WC ditambahkan dengan variasi kadar viatop⁶⁶ sebesar 0,0% ; 0,1% ; 0,2% ; 0,3% ; 0,4% ; dan 0,5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan nilai viskositas aspal akibat penggunaan bahan tambah viatop⁶⁶ dapat meningkatkan suhu pemadatan dan meningkatkan nilai tegangan tarik maksimum campuran HRS-WC. Suhu pemadatan yang meningkat serta serat-serat yang terkandung dalam viatop⁶⁶ dapat mengisi rongga-rongga antar agregat sehingga campuran semakin padat dan dapat meningkatkan nilai stabilitas dan nilai tegangan tarik campuran HRS-WC. Untuk penambahan viatop⁶⁶ 0% - 0,5% persentase kenaikan viskositas aspal sebesar 0,3% ; 0,5% ; 0,8% ; 0,9% ; dan 1,1% dengan persentase kenaikan nilai tegangan tarik campuran HRS-WC sebesar 0,23% ; 0,28% ; 0,31% ; 0,35% ; dan 0,43%.

Kata kunci: *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC), Suhu Pemadatan, Stabilitas, Viskositas, Viatop⁶⁶, Tegangan Tarik Maksimum*

Abstract

The usage of viatop⁶⁶ as an additive on Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) can hopefully increase the pavement's maximum tensile strength. Viatop⁶⁶ is also expected to affect asphalt viscosity, thus increasing the pavement's quality. The purpose of this research is to find out asphalt viscosity value changes due to viatop⁶⁶ addition affects HRS-WC maximum tensile strength. The testing method used in this research is semi circular bending (SCB) test. The asphalt used in HRS-WC mixture was added with varying levels of viatop⁶⁶, i.e. 0,0% ; 0,1% ; 0,2% ; 0,3% ; 0,4% ; and 0,5%. The result of this research shows that the increment of asphalt viscosity value due to viatop⁶⁶ addition can increase compaction temperature and increase maximum tensile strength of HRS-WC mixture. Increased compaction temperature along with the fibers contained in viatop⁶⁶ can minimize voids in the mineral aggregate, making the mixture denser while also increasing stability and tensile strength of HRS-WC mixture. For the addition of viatop⁶⁶ 0% - 0.5% percentage increase in asphalt viscosity by 0.3% ; 0.5% ; 0.8% ; 0.9% ; and 1.1% with a percentage increase in the value of the tensile stress mixture of HRS-WC by 0.23% ; 0.28% ; 0.31% ; 0.35% ; and 0.43%.

Key words: *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC), Compaction Temperature, Stability, Viscosity, Viatop⁶⁶, Maximum Tensile Strength*

1. Pendahuluan

Secara teknis, terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan dapat disebabkan oleh suhu aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat tidak tepat sehingga dapat mengurangi kualitas suatu perkerasan jalan. Aspal bersifat termoplastis atau peka terhadap temperatur. Temperatur yang rendah akan menyebabkan aspal menjadi keras atau lebih kental dan nilai viskositasnya meningkat. Sedangkan aspal akan menjadi lebih cair jika temperatur meningkat sehingga nilai viskositas aspal akan turun. Aspal yang terlalu kental atau nilai viskositasnya tinggi akan menyebabkan sulitnya aspal memasuki rongga-rongga antar agregat dalam campuran. Apabila aspal terlalu cair/encer, aspal tersebut menjadi kurang berperan sebagai bahan perekat pada campuran sehingga kualitas perkerasan jalan akan menurun.

Untuk meningkatkan nilai perencanaan campuran HRS-WC menggunakan aspal sebagai bahan pengikat seringkali dengan menambahkan bahan tambah/aditif. Bahan tambah / aditif yang digunakan dalam penelitian ini berupa serat selulosa yaitu viatop⁶⁶ yang bertujuan agar didapatkan campuran yang baik dalam artian memenuhi nilai stabilitas, durabilitas dan meningkatkan nilai tegangan tarik maksimum suatu campuran sehingga diharapkan mampu bertahan dari kerusakan yang sering terjadi pada lapisan aus. Salah satu metode untuk mengetahui nilai tegangan tarik maksimum yang dapat diterima oleh perkerasan jalan adalah metode uji SCB (*Semi Circular Bending*).

SCB (Semi-Circular-Bending) merupakan metode yang dirancang khusus untuk menentukan retakan dan / atau perambatan retakan spesimen aspal untuk membandingkan sifat fraktur campuran aspal dengan jenis pengikat yang berbeda

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Hot Rolled Sheet (HRS) / Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton)

Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton), merupakan beton aspal bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). *Hot Rolled Sheet* (HRS) adalah campuran dengan bahan pembentuk berupa agregat kasar (*coarse aggregate*), agregat halus (*fine aggregate*), bahan pengisi (*filler*) dan aspal (bitumen) yang pada umumnya dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas, dengan perbandingan persentase yang berbeda-beda (Silvia Sukirman, 2003). Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas dan fleksibilitas. *Hot Rolled Sheet* bersifat lentur dan mempunyai durabilitas yang tinggi, hal ini disebabkan campuran HRS dengan gradasi senjang mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar, sehingga mampu menyerap jumlah aspal dalam jumlah banyak.

2.2. Viskositas Aspal

Viskositas aspal berhubungan dengan temperatur pemanasan, pada temperatur rendah viskositas tinggi sedangkan pada temperatur tinggi viskositas rendah. Sifat kekentalan material aspal merupakan salah satu faktor penting dalam pelaksanaan perencanaan campuran maupun dalam pelaksanaan di lapangan. Sebelum dilakukan perencanaan campuran, biasanya kekentalan material aspal harus ditentukan dulu karena bila tidak akan mempengaruhi sifat campuran aspal itu selanjutnya.

Temperatur pencampuran adalah temperatur pada saat aspal mempunyai viskositas kinematis sebesar 170 ± 20 centistokes, dan temperatur pemadatan adalah temperatur pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar 280 ± 20 centistokes (SNI-7729-2011). Gambar 2 merupakan alat uji viskositas aspal



Gambar 2. Alat Uji Viskositas Aspal

2.3. Bahan Tambah Viatop⁶⁶

Viatop⁶⁶ adalah serat selulosa yang dilapisi oleh bitumen dalam suatu proses produksi yang khusus. Bitumen ini bertindak membantu proses granulasi. Dengan adanya bitumen ini, memungkinkan untuk mengontrol perilaku proses granulasi yang terjadi pada serat selama proses granulasi. Dalam waktu yang sama bitumen ini mengambil alih fungsi dari pengisi ruang antar serat yang diperlukan untuk kelengkapan proses dispersi pada serat selama proses pencampuran aspal. Viatop⁶⁶ terdiri dari *arbocel* dengan bahan tambah lainnya, yang dikemas dalam bentuk butiran silinder dan berwarna abu-abu kehitaman. *Arbocel* sendiri adalah serat selulosa yang juga digunakan sebagai bahan aditif campuran aspal panas

Tegalaksana, (1994) menyatakan spesifikasi dari *Arbocel* adalah sebagai berikut :

1. Kadar selulosa : 75 – 80%
2. pH : $7,5 \pm 1$ (basah)
3. Panjang serat maksimum : 5000 mikron
4. Panjang serat rata – rata : 1100 mikron
5. Tebal serat rata – rata : 45 mikron
6. Ketahanan terhadap solvent: baik pada kondisi normal

7. Ketahanan terhadap pemanasan : baik sampai 250⁰ C

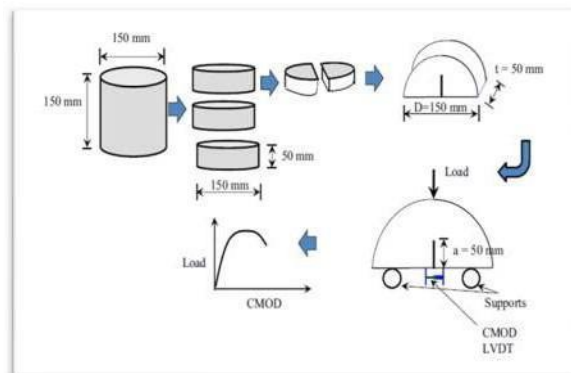
Tabel 1. Spesifikasi Umum Viatop⁶⁶

N0.	Spesifikasi Umum Viskositas	
1	Persentase ARBOCEL®ZZ 8 - 1	65 - 70%
2	Panjang rata - rata	2 - 10 mm
3	Ketebalan rata – rata	5 ± 1 mm
4	<i>Bulk Density</i>	480 - 530 g/l
5	Analisa saringan, > 3,55 mm	Max. 5%

Sumber :J. Rettenmaier & Sohne GMBH + Co Kg

2.4. Pengujian Tegangan Tarik Maksimum Metode Uji *Semi Circular Bending* (SCB)

Semi Circular Bending (SCB) merupakan metode pengujian tegangan tarik yang mencakup penentuan energi keretakan serta puncak penurunan dari campuran beraspal dengan menggunakan sampel berbentuk setengah lingkaran dengan pengujian indeks fleksibilitas (*Flexibility Index Test*, FIT) pada suhu pengujian menengah. Pada dasarnya metode ini adalah uji bending tiga titik dari spesimen berbentuk semi bundar dengan takik ditengahnya (Huang, Shu et al 2013). Metode ini juga mencakup prosedur untuk menghitung parameter relevan lainnya yang diperoleh dari kurva antara beban dan deformasi. Metode ini dapat menentukan tingkat daya tahan campuran beraspal terhadap keretakan yang mengandung berbagai jenis bahan pengikat, bahan pengikat aspal yang telah dimodifikasi, campuran agregat, serat dan material daur ulang. Selain itu, pada metode ini juga dapat menentukan energi tegangan tarik dan ketangguhan campuran terhadap keretakan yang dapat digunakan sebagai parameter untuk mengidentifikasi peningkatan daya tahan campuran terhadap keretakan. Gambar 3 menunjukkan skema persiapan spesimen dari pengujian SCB.



Gambar 3. Skema Persiapan Spesimen dari Pengujian SCB

Sumber: Biligiri, 2016

Adapun parameter yang dihasilkan dari pengujian ini adalah beban maksimum yang dapat diterima campuran beraspal dan deformasi atau penurunan benda uji yang diakibatkan

pembebanan. Sehingga dari parameter tersebut dapat diketahui tegangan tarik maksimum dari campuran tersebut. Tegangan tarik maksimum dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_{\max} = 4,263 P_{\max} \frac{4,263 P_{\max}}{D \times t} \quad (1)$$

Keterangan:

σ_{\max} = Tegangan tarik maksimum (N/mm²)

P_{\max} = Beban maksimum (N)

D = Diameter benda uji (mm)

t = Tebal benda uji (mm)

3. Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian ilmiah dengan melakukan percobaan di Laboratorium, berdasarkan kaidah ilmiah dengan prosedur yang sistematis melalui pembuktian yang ilmiah. Penelitian ini dilakukan melalui tahapan, baik prosedur konsep teori maupun prosedur aplikasi yang terdiri dari pengambilan sampel di lapangan dan pemeriksaan sampel di laboratorium sampai pada pengujian sampel untuk mendapatkan hasil dari tujuan penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Adapun bahan/material yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Material agregat kasar, agregat halus dan *filler* diambil dari *Stone Crusher* PT. Palu Batu Madu Loli
2. Viatop⁶⁶ yang digunakan tersedia di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
3. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal dengan penetrasi 60/70 yang tersedia di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, Fakultas Teknik Universitas Tadulako.

Tahapan prosedur pelaksanaan penelitian yaitu pertama pengambilan material berupa agregat, aspal dan viatop⁶⁶ lalu dilakukan pemeriksaan material. Pemeriksaan agregat berupa pemeriksaan analisa saringan, keausan agregat menggunakan mesin abrasi, kelekatan agregat terhadap aspal dan pemeriksaan berat jenis agregat. Pemeriksaan aspal berupa pemeriksaan berat jenis, daktilitas, titik lembek, titik nyala dan titik bakar, viskositas dan penetrasi. Jika material memenuhi spesifikasi akan dilanjutkan ketahap modifikasi viskositas aspal dengan variasi kadar viatop⁶⁶ : 0% ; 0,1% ; 0,2% ; 0,3% ; 0,4% dan 0,5% terhadap berat aspal. Dari hasil penentuan modifikasi viskositas aspal dengan penambahan masing-masing persen kadar viatop⁶⁶ akan menghasilkan nilai viskositas aspal yang berbeda-beda, yaitu V_{c0} ; V_{c1} ; V_{c2} ; V_{c3} ; V_{c4} ; dan V_{c5} . Setelah mendapatkan enam macam nilai viskositas disetiap masing-masing kadar viatop⁶⁶ kemudian berlanjut ketahap penentuan rentang suhu pencampuran dan suhu pemadatan. Selanjutnya penentuan perkiraan kadar aspal optimum

(PKAO) pada kadar viatop 0% dan membuat sampel benda uji PKAO pada kadar viatop 0%. Setelah membuat benda uji, dilakukanlah pengujian *marshall* dan *volumetric* benda uji PKAO. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan dari suatu campuran. Dari uji *marshall* dan *volumetric* campuran maka akan diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) dengan variasi nilai viskositas aspal. Setelah didapatkan KAO, dilanjutkan dengan pembuatan benda uji SCB untuk setiap kadar viatop yaitu 0% ; 0,1% ; 0,2% ; 0,3% ; 0,4% dan 0,5%. Kemudian dilakukan pengujian benda uji SCB. Sehingga diperoleh data-data yang diperlukan dan kemudian mengolah data tersebut.

Untuk pembuatan benda uji viskositas aspal dilakukan pengujian menggunakan suhu 120°, 135°, 140°, 160° dan 180° dengan variasi kadar viatop⁶⁶ 0% - 0,5%. Banyaknya sampel untuk masing-masing persentase viatop⁶⁶ dan suhu sebanyak 2 sampel sehingga total benda uji untuk pengujian viskositas aspal sebanyak 60 sampel. Benda uji PKAO untuk 0% viatop⁶⁶ dengan kadar aspal 5,0 ; 5,5 ; 6,0 ; 6,5 ; 7,0 dan 7,5 masing-masing sebanyak 3 sampel sehingga total benda uji PKAO sebanyak 18 sampel. Dari hasil uji PKAO didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sehingga dibuatkan benda uji dengan penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ sebanyak 0% ; 0,1% ; 0,2% ; 0,3% ; 0,4% dan 0,5% masing-masing 3 sampel sehingga total sampel kondisi KAO sebanyak 18 sampel. Dan untuk sampel uji *Semi Circular Bending* (SCB) kondisi KAO dengan variasi viatop⁶⁶ 0% - 0,5% masing-masing sampel berjumlah 3 sampel sehingga total sampel KAO untuk pengujian SCB adalah 18 sampel.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pemeriksaan Aspal yang Ditambahkan Viatop⁶⁶

Pengujian aspal dilakukan untuk mengetahui karakteristik aspal yang ditambahkan dengan serat selulosa berbentuk pelet (viatop⁶⁶). Dari pengujian viskositas aspal dan berat jenis aspal pada beberapa variasi kadar viatop⁶⁶ diperoleh karakteristik aspal seperti pada Tabel 2.

Suhu Pengujian (°C)	Viskositas Aspal (cSt)					
	Variasi Kadar Viatop ⁶⁶ (%)					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
120	440,83	581,67	588,17	666,82	735,82	784,00
	411,67	573,00	639,64	677,27	752,00	810,00
Rata-rata	426,25	577,34	613,91	672,05	743,91	797,00
135	299,15	386,67	447,08	540,50	575,17	625,00
	307,46	403,33	482,50	544,83	594,67	639,64
Rata-rata	303,31	395,00	464,79	542,67	584,92	632,32
140	199,18	245,00	292,73	329,67	372,08	399,17
	228,38	283,64	311,62	345,00	376,25	405,42
Rata-rata	213,78	264,32	302,18	337,34	374,17	402,30
160	134,50	138,67	167,45	192,83	214,45	245,00
	130,33	156,09	174,08	188,67	226,54	256,36
Rata-rata	132,42	147,38	170,77	190,75	220,50	250,68
180	65,18	71,00	73,65	78,00	93,00	120,00
	62,56	71,00	75,83	85,50	89,67	116,00
Rata-rata	63,87	71,00	74,74	81,75	91,34	118,00

Tabel 2. Hasil Pengujian Viskositas Aspal yang Ditambahkan Viatop⁶⁶

a. Perancangan Campuran Aspal

Dari hasil perkiraan kadar aspal optimum berdasarkan spesifikasi Campuran HRS-WC maka dibuat benda uji dengan enam variasi kadar aspal yaitu 5,0% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% ; 7% ; 7,5%.

Hasil pengujian Marshall dan volumetrik campuran HRS-WC diuraikan dalam Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Hasil Pengujian Marshall dan Volumetrik Campuran HRS-WC

Pengujian	Satuan	Kadar Aspal (%)						Spek
		5	5,5	6	6,5	7	7,5	
Kepadatan	gr/cm ³	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,28	-
VIM	%	6,73	5,93	5,16	4,45	4,01	3,46	4-6
VMA	%	17,44	17,76	18,11	18,52	19,07	19,68	Min 18
VFB	%	61,41	66,62	71,52	75,94	78,98	82,4	Min 68
Stabilitas	kg	1037,4	1133,5	1201,1	1277,3	1237	1127,8	Min 800
Flow	mm	4,29	4,48	4,75	5,03	4,9	4,55	Min 3
MQ	kg/mm	247,42	253,07	253,13	253,97	252,63	247,85	Min 250

4.3. Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum Campuran HRS-WC

Hasil pengujian menggunakan metode Uji *Semi Circular Bending* (SCB) campuran HRS-WC pada kondisi KAO 6,4% dengan beberapa variasi kadar viatop⁶⁶ dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian KAO Campuran HRS-WC Metode SCB

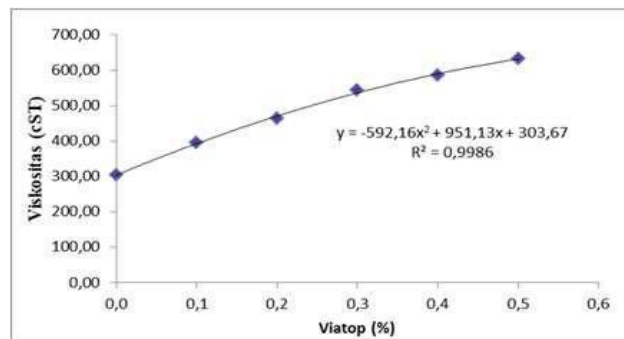
Pengujian	Satuan	Kadar Viatop ⁶⁶ (%)					
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Kepadatan	(gr/cm ³)	2,26	2,269	2,275	2,28	2,282	2,283
VIM	(%)	5,922	5,594	5,38	5,235	5,181	5,135
VMA	(%)	18,323	18,003	17,795	17,599	17,528	17,477
VFB	(%)	67,682	68,932	69,773	70,28	70,457	70,622
Stabilitas	(kg)	265,5	322	340,5	352,17	365,83	384,33
Flow	(mm)	5,848	4,283	3,98	3,76	3,662	3,442
Teg.Tarik	(N/mm ²)	1,495	1,836	1,923	1,959	2,025	2,141

4.4. Variasi Kadar Viatop⁶⁶ dengan Nilai Viskositas Aspal Pen 60/70

Nilai variasi kadar viatop⁶⁶ dengan nilai viskositas aspal disajikan pada Tabel 5. Hubungan variasi kadar viatop⁶⁶ dengan nilai viskositas aspal pada suhu 135°C disajikan pada Gambar 4.

Tabel 5. Hubungan Nilai Variasi Kadar Viatop⁶⁶ dengan Nilai Viskositas Aspal

Nilai Variasi	Nilai Viskositas Aspal					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Kadar Viatop (%)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Viskositas (cSt)	303,31	395	464,79	542,67	584,92	632,32



Gambar 4. Hubungan antara kadar viatop⁶⁶ dengan nilai viskositas Aspal

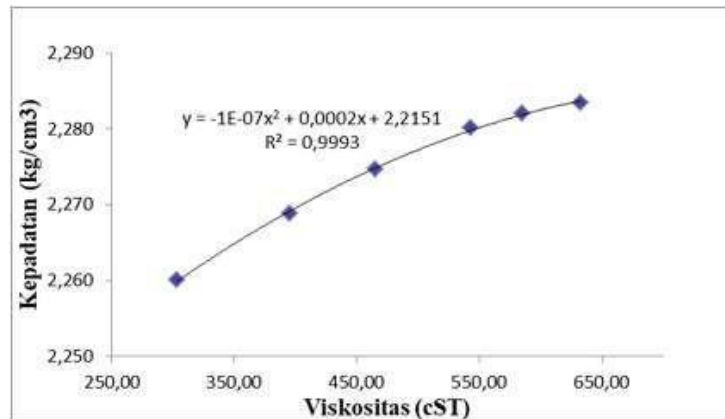
Pada Gambar 6 menunjukkan nilai viskositas aspal mengalami peningkatan seiring dengan semakin banyak viatop⁶⁶ yang dicampurkan ke dalam aspal. Hal ini disebabkan oleh kandungan bitumen pen 45/50 dan serat yang ada didalam Viatop⁶⁶ menyebabkan aspal yang digunakan menjadi lebih kental. Dari nilai viskositas aspal yang semakin meningkat akan menghasilkan suhu pencampuran dan suhu pemadatan yang akan bertambah tinggi.

4.5. Nilai Viskositas – Kepadatan Campuran .

Tabel nilai dan grafik hubungan viskositas aspal akibat penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ dengan kepadatan campuran HRS-WC disajikan pada Tabel 6 dan pada Gambar 5.

Tabel 6. Nilai Viskositas Variasi Kadar Viatop⁶⁶ dengan Nilai Kepadatan Campuran

No.	Nilai Kepadatan (gr/cmt)					
	Nilai Viskositas Variasi Kadar Viatop ⁶⁶ (cST)					
	303,31	395	464,79	542,67	584,92	632,32
1	2,259	2,266	2,275	2,276	2,28	2,283
2	2,261	2,269	2,269	2,273	2,276	2,287
3	2,26	2,28	2,28	2,292	2,29	2,281
Total	6,78	6,807	6,824	6,84	6,846	6,85
Rata-rata	2,26	2,269	2,275	2,28	2,282	2,283



Gambar 5. Hubungan Antara Nilai Viskositas Aspal Dengan Nilai Kepadatan Campuran

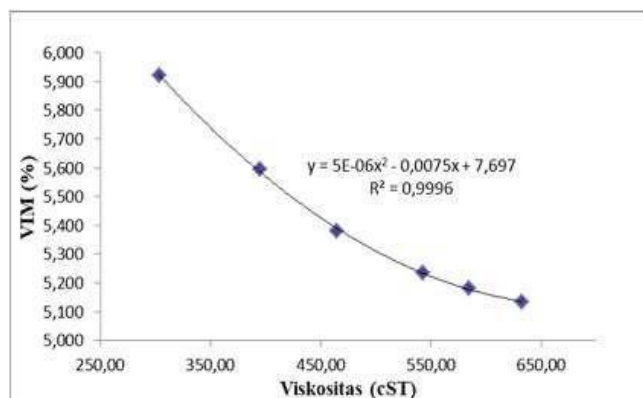
Pada Gambar 5 menunjukkan kepadatan cenderung mengalami peningkatan seiring dengan naiknya viskositas aspal akibat penambahan viatop⁶⁶ kedalam campuran. Hal ini disebabkan naiknya viskositas aspal akan meningkatkan suhu pemadatan campuran. Suhu pemadatan yang tinggi menyebabkan aspal menjadi lebih cair, sehingga partikel yang lebih kecil mudah memasuki rongga antar agregat dalam campuran

4.5. Nilai Viskositas – Void In Mixture (VIM) Campuran

Tabel nilai dan grafik hubungan viskositas aspal akibat penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ dengan nilai Void In Mixture (VIM) campuran HRS-WC disajikan pada Tabel 7 dan Gambar 6.

Tabel 7. Nilai Viskositas Variasi Kadar Viatop⁶⁶ dengan Nilai Void In Mixture (VIM) Campuran

No.	Nilai VIM (%)					
	303,31	395	464,79	542,67	584,92	632,32
1	5,956	5,733	5,375	5,423	5,264	5,167
2	5,877	5,582	5,621	5,539	5,43	4,995
3	5,932	5,467	5,145	4,742	4,848	5,243
Total	17,765	16,781	16,141	15,705	15,542	15,405
Rata-rata	5,922	5,594	5,38	5,235	5,181	5,135



Gambar 6. Hubungan antara nilai viskositas aspal dengan nilai Void In Mixture (VIM) Campuran

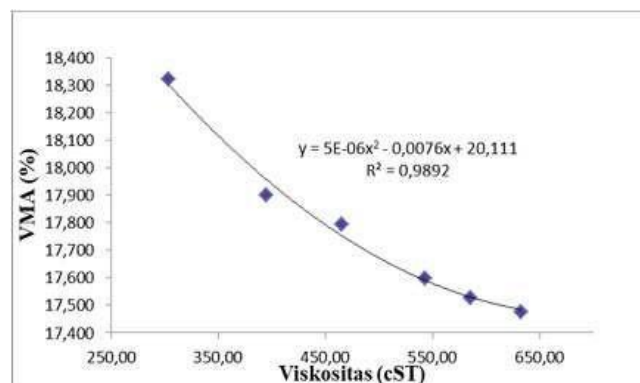
Pada Gambar 6 menunjukkan Nilai *Void In Mixture* (VIM) mengalami penurunan seiring dengan naiknya nilai viskositas. Hal ini disebabkan nilai viskositas dipengaruhi oleh penambahan kadar viatop⁶⁶ ke dalam aspal yang mengakibatkan meningkatnya suhu pencampuran dan pemadatan. Meningkatnya suhu pencampuran dan suhu pemadatan mengakibatkan aspal menjadi lebih cair. Semakin cair aspal maka semakin banyak aspal yang mengisi rongga campuran yang menyebabkan nilai *Void In Mixture* (VIM) campuran menjadi lebih kecil.

4.6. Nilai Viskositas – *Void In Mineral Aggregate* (VMA) Campuran

Tabel nilai dan grafik hubungan viskositas aspal akibat penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ dengan nilai *Void In Mineral Aggregate* (VMA) campuran HRS-WC disajikan pada Tabel 8 dan Gambar 7.

Tabel 8. Nilai Viskositas Variasi Kadar Viatop⁶⁶ dengan Nilai *Void In Mineral Aggregate* (VMA) Campuran

No.	Nilai VMA (%)					
	Nilai Viskositas Variasi Kadar Viatop ⁶⁶ (cST)					
	303,31	395	464,79	542,67	584,92	632,32
1	18,353	18,124	17,79	17,762	17,601	17,505
2	18,284	17,993	18,004	17,863	17,745	17,355
3	18,332	17,893	17,59	17,17	17,239	17,571
Total	54,969	54,01	53,384	52,796	52,585	52,431
Rata-rata	18,323	18,003	17,795	17,599	17,528	17,477



Gambar 7. Hubungan antara nilai viskositas aspal dengan nilai *Void In Mineral Aggregate* (VMA)

Pada Gambar 7 menunjukkan Nilai *Void In Mineral Aggregate* (VMA) mengalami penurunan seiring dengan naiknya nilai viskositas.

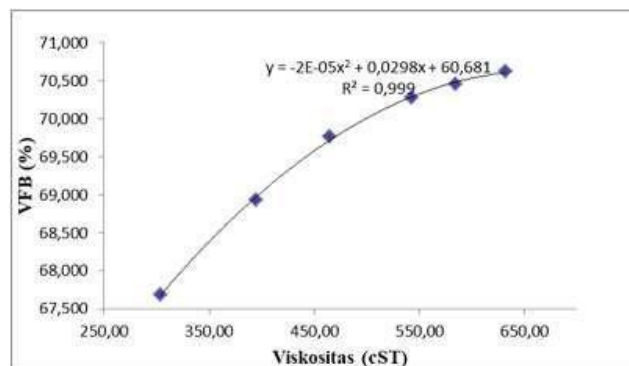
Nilai viskositas dipengaruhi oleh penambahan kadar viatop⁶⁶ ke dalam yang mengakibatkan meningkatnya suhu pencampuran dan pemadatan sehingga aspal menjadi semakin cair. Semakin cair aspal maka semakin banyak aspal yang mengisi rongga diantara agregat sehingga nilai *Void In Mineral Aggregate* (VMA) semakin kecil dan rongga diantara agregat semakin kecil.

4.7. Nilai Viskositas – Void Filled with Bitumen (VFB) Campuran

Tabel nilai dan grafik hubungan viskositas aspal akibat penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ dengan nilai *Void Filled with Bitumen* (VFB) campuran HRS-WC disajikan pada Tabel 9 dan Gambar 8.

Tabel 9. Nilai Viskositas Variasi Kadar Viatop⁶⁶ dengan Nilai *Void Filled with Bitumen* (VFB) Campuran

No.	Nilai VFB (%)					
	303,31	395	464,79	542,67	584,92	632,32
1	67,548	68,369	69,788	69,469	70,094	70,483
2	67,859	68,979	69,779	68,991	69,401	71,221
3	67,641	69,448	70,751	72,382	71,878	70,162
Total	203,047	206,795	209,318	210,841	211,372	211,866
Rata-rata	67,682	68,932	69,773	70,28	70,457	70,622



Gambar 8. Hubungan antara nilai viskositas aspal dengan *Void Filled with Bitumen* (VFB)

Pada Gambar 8 menunjukkan Nilai *Void Filled with Bitumen* (VFB) mengalami peningkatan seiring dengan naiknya nilai viskositas aspal.

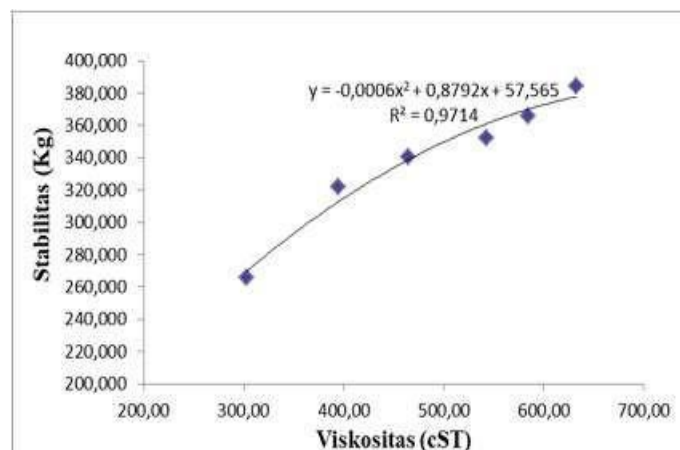
Dimana nilai viskositas aspal dipengaruhi oleh penambahan kadar viatop⁶⁶ ke dalam aspal yang mengakibatkan nilai suhu pencampuran dan suhu pemadatan bertambah tinggi. Suhu pencampuran dan suhu pemadatan yang meningkat membuat aspal menjadi semakin cair. Semakin cair aspal maka semakin banyak rongga yang terisi aspal yang menyebabkan nilai *Void Filled with Bitumen* (VFB) semakin bertambah besar dan memperkecil nilai *Void in Mixture* (VIM).

4.8. Nilai Viskositas – Stabilitas Campuran

Tabel nilai dan grafik hubungan viskositas aspal akibat penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ dengan nilai stabilitas campuran HRS-WC disajikan pada Tabel 10 dan Gambar 9.

Tabel 10. Nilai Viskositas Variasi Kadar Viatop⁶⁶ dengan Nilai Stabilitas Campuran

No.	Nilai Stabilitas (kg)					
	303,31	395	464,79	542,67	584,92	632,32
1	248	332	330	349,5	308	403,5
2	290,5	318	359	356,5	427	387,5
3	258	316	332,5	350,5	362,5	362
Total	796,5	966	1021,5	1056,5	1097,5	1153
Rata-rata	265,5	322	340,5	352,167	365,833	384,333



Gambar 9. Hubungan Antara Nilai Viskositas Aspal Dengan Nilai Stabilitas Campuran

Pada Gambar 9 menunjukan nilai viskositas memberikan pengaruh secara langsung terhadap nilai stabilitas campuran dimana nilai viskositas dipengaruhi oleh penambahan kadar viatop⁶⁶ ke dalam aspal. Hal ini disebabkan bitumen dan serat selulosa yang terkandung dalam viatop⁶⁶ dapat membuat nilai stabilitas campuran menjadi semakin meningkat. Serat yang ada pada viatop⁶⁶ membantu aspal untuk menahan beban yang di terima oleh campuran dan nilai stabilitas dipengaruhi oleh nilai kepadatan yang bertambah besar membuat campuran semakin padat.

4.9. Nilai Viskositas – Kelelahan (*Flow*) Campuran

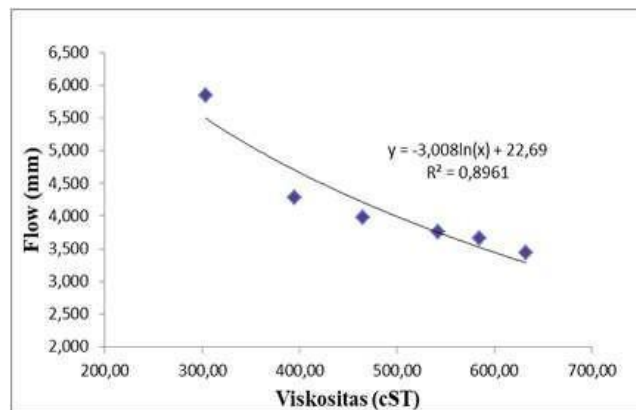
Tabel nilai dan grafik hubungan viskositas aspal akibat penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ dengan nilai kelelahan (*flow*) campuran HRS-WC disajikan pada Tabel 11 dan Gambar 10.

Pada Gambar 10 menunjukkan nilai *flow* yang diperoleh cenderung mengalami penurunan seiring diikuti dengan perubahan nilai viskositas yang semakin besar. Nilai viskositas aspal memberikan pengaruh secara langsung terhadap nilai *flow*. Hal ini disebabkan karena kandungan bitumen yang

ada di dalam viatop⁶⁶ yang di tambahkan ke dalam aspal yang digunakan menjadikan aspal menjadi lebih kental dan menyebabkan nilai *flow* menjadi lebih rendah.

Tabel 11. Nilai Viskositas Variasi Kadar Viatop⁶⁶ dengan Nilai Kelelehan (*Flow*) Campuran

No.	Nilai <i>Flow</i> (mm)					
	Nilai Viskositas Variasi Kadar Viatop ⁶⁶ (cST)					
	303,31	395	464,79	542,67	584,92	632,32
1	5,59	4,48	4,18	4,07	3,35	3,21
2	5,03	4,25	4,38	4,83	4,82	3,49
3	6,93	4,12	3,18	2,38	2,82	3,63
Total	17,545	12,85	11,94	11,28	10,98	10,325
Rata-rata	5,85	4,28	3,98	3,76	3,66	3,44



Gambar 10. Hubungan antara nilai viskositas aspal dengan nilai kelelehan (*flow*)

Nilai *flow* yang tinggi umumnya menunjukkan campuran bersifat plastis sehingga mudah menyebabkan terjadinya deformasi permanen ketika mengalami pembebanan lalu lintas, sebaliknya nilai *flow* yang terlalu rendah dan angka stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas.

Untuk penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ 0% – 0,5% menyebabkan nilai tegangan tarik menjadi lebih besar tetapi jika nilai variasi kadar viatop⁶⁶ terus ditambahkan akan menyebabkan nilai tegangan tarik akan turun kembali karena tegangan tarik telah mencapai batas optimum. Nilai tegangan tarik dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan nilai kepadatan.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian ini menyimpulkan sebagai berikut:

- Penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ ke dalam aspal dapat mempengaruhi nilai viskositas aspal, dimana semakin banyak penambahan kadar viatop⁶⁶ kedalam aspal maka nilai viskositas aspal semakin tinggi. Persentase nilai viskositas akibat penambahan viatop⁶⁶ meningkat sebesar 0,3% ; 0,5% ; 0,8% ; 0,9% dan 1,1%.

- Penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ ke dalam campuran HRS-WC dapat meningkatkan nilai kepadatan campuran. Semakin banyak kadar viatop⁶⁶ dalam campuran nilai viskositas semakin tinggi dan nilai kepadatan campuran semakin meningkat.
- Penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ ke dalam campuran HRS-WC menyebabkan nilai VIM pada campuran mengalami penurunan. Semakin banyak kadar viatop⁶⁶ dalam campuran nilai viskositas semakin tinggi dan nilai VIM campuran semakin menurun.
- Penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ ke dalam campuran HRS-WC menyebabkan nilai VMA pada campuran mengalami penurunan. Semakin banyak kadar viatop⁶⁶ dalam campuran nilai viskositas semakin tinggi dan nilai VMA campuran semakin menurun.
- Penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ ke dalam campuran HRS-WC dapat meningkatkan nilai VFB campuran. Semakin banyak kadar viatop⁶⁶ dalam campuran nilai viskositas semakin tinggi dan nilai VFB campuran semakin meningkat.
- Penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ ke dalam campuran HRS-WC dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran. Semakin banyak kadar viatop⁶⁶ dalam campuran nilai viskositas semakin tinggi dan nilai stabilitas campuran semakin meningkat.
- Penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ ke dalam campuran HRS-WC menyebabkan nilai *flow* pada campuran mengalami penurunan. Semakin banyak kadar viatop⁶⁶ dalam campuran nilai viskositas semakin tinggi dan nilai *flow* campuran semakin menurun.
- Penambahan variasi kadar viatop⁶⁶ ke dalam campuran HRS-WC menggunakan uji metode *semi circular bending* (SCB) dapat meningkatkan nilai tegangan tarik maksimum campuran. Semakin banyak kadar viatop⁶⁶ dalam campuran nilai viskositas semakin tinggi dan nilai tegangan tarik semakin meningkat. Persentase kenaikan nilai tegangan tarik akibat penambahan viatop⁶⁶ yaitu sebesar 0,23% ; 0,28% ; 0,31% ; 0,35% dan 0,43%.

5.4. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka untuk penelitian selanjutnya dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Dalam penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan perbandingan antara campuran HRS- WC yang menggunakan bahan tambah viatop⁶⁶ dengan campuran HRS-WC yang menggunakan bahan tambah berupa serat selulosa lainnya.
2. Dalam penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan perbandingan antara hasil pengujian nilai tegangan tarik maksimum campuran HRS- WC metode SCB dengan metode pengujian lainnya, seperti metode ITS (*Indirect Tensile Strength*) atau sebagainya.

Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 7729-2011 Tentang Cara Uji Viskositas Aspal pada Temperatur Tinggi dengan Alat *Saybolt Furol*.
- Billigiri, G.S. (2016). *Fracture Properties of Asphalt Mixtures Using Semi-Circular Bending Test*. Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Kharagpur, West Bengal 721302, India
- Huang, B. (2013). *Engineering Fracture Mechanics*. Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Tennessee, Knoxville, TN 37996, USA
- J. Rettenmaier & Sohne GMBH + Co Kg (https://www.jrs.eu/jrs_en/fiber-solutions/bu-road-construction/products/). Diakses 30 Oktober 2019
- Sukirman, Silvia, (1992). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, Silvia, (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Grafika Yuana Marga, Bandung.
- Sukirman, Silvia, (2012). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Tegalaksana, S, (1994). *Studi Bahan Additive Arbocel pada Aspal Campuran Panas*. Tugas Akhir. Universitas Kristen Petra, Surabaya.