

## PENGARUH KEKUATAN CAMPURAN ASPAL PANAS *LASTON TIPE IV* SNI 03-1737-1989 AKIBAT PENAMBAHAN SERAT ECENG GONDOK

Widyastuti Dwi Pratiwi<sup>1</sup>; Sugeng Dwi Hartantyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan,

<sup>2</sup>Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan

*email: widya22pratiwi@gmail.com; sugeng.dwih@gmail.com*

### **Abstrack**

*Road is the land transportation that has an important role to facilitate all human activities, while tropical climate condition such as in Indonesia causes damage to the road. To engineer the hot asphalt mixture in order to have high durability, especially in Type IV Asphalt Concrete, it needs additional material to it, such as roadcel-50 cellulose fiber. However, it is considered not economical because the cellulose fiber made by the factory is quite expensive. Therefore, the researcher wants to replace it with water hyacinth fiber obtained from the river in the area of Dinoyo, Deket District, Lamongan Regency that not yet widely utilized. The mixing process of Type IV Asphalt Concrete with water hyacinth additional material starts from preparing the tools and materials, making the simple water hyacinth fiber, examining the stacking materials (including examining the coarse aggregate, fine aggregate, and asphalt), making Job Mix Formula of Tipe IV Asphalt Concerete and making the test objects of Type IV Asphalt Concerete. From the results of Marshall Test, the researcher analyzed the results with regression analysis. The results obtain 6 characteristics that meet the standard with water hyacinth mixing, those are marshall stability of voids mineral aggregate, voids in mix, density, flow, and marshall quotient with the addition of an ideal water hyacinth fiber variation of 0,02% - 0,06%. While on the voids filled with asphalt test on Marshall Test obtained the result that does not meet the requirements, but it does not matter to the whole result.*

**Keywords:** *water hyacinth fiber, Type IV asphalt concrete, Marshall Test*

### **1. PENDAHULUAN**

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang mempunyai peranan penting untuk memperlancar perekonomian dan pemerataan pembangunan. Kondisi iklim tropis seperti di Indonesia dimana panas matahari yang tinggi dan curah hujan yang besar menjadi faktor penyebabnya kerusakan (Sulaksono, 2001).

Untuk menyikapi masalah-masalah kerusakan pada jalan, khususnya pada campuran aspal panas *Laston Tipe IV* maka diperlukan upaya untuk merekayasa campuran lapis perkerasan tersebut dengan bahan *additive*, seperti dengan menggunakan serat selulosa Roadcell-50. Seperti yang kita ketahui, harga serat selulosa pada umumnya yang digunakan untuk campuran aspal panas yang

dijual di pasaran di nilai masih cukup mahal, terlebih serat selulosa produk import.

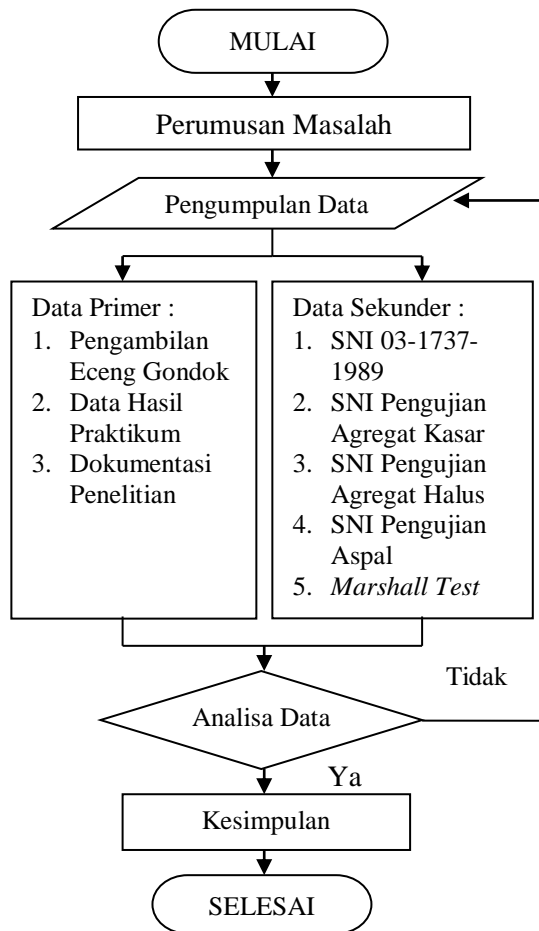
Di wilayah daerah Lamongan, khususnya di daerah Dinoyo Kecamatan Deket banyak sekali tumbuhan eceng gondok yang menutup perairan dan belum banyak dimanfaatkan sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui secara umum proses pencampuran dan hasil pengujian *Marshall Test* pada *Laston Tipe IV* dengan menggunakan bahan tambah berupa serat eceng gondok yang dibuat secara sederhana.

### **2. METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode eksperimen untuk mendapatkan penambahan kadar serat eceng gondok terbaik,

dengan pembuatan benda uji *Laston Tipe IV* SNI 03-1737-1989 yang dilakukan di Laboratorium Universitas Islam Lamongan.



**Gambar 1** Diagram Alir Metode Penelitian  
*Sumber: Rencana Penelitian, 2018*

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Pembuatan Serat Eceng Gondok**

Tahap pembuatan serat eceng gondok secara sederhana yang dimulai dengan pengambilan tumbuhan eceng gondok di sungai, kemudian pemotongan tumbuhan eceng gondok (yang dipakai batangnya saja), lalu cuci batang tersebut hingga bersih dari kotoran yang menempel, eceng gondok kemudian di giling dengan mesin penggilingan, setelah itu eceng gondok diperas untuk menghilangkan kadar airnya, kemudian hasil perasan tersebut dijemur dan di angin-anginkan hingga benar-benar kering sehingga wujudnya menyerupai seperti serat.

**Bahan Susun**

Bahan susun pembentuk campuran aspal panas yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan aspal. Dari ketiga unsur penyusun campuran aspal panas diperlukan suatu pemeriksaan bahan susun dengan mengacu pada standart spesifikasi yang telah ditentukan. Pengujian bahan susun campuran aspal panas ini dilakukan di Laboratorium Universitas Islam Lamongan.

**Pemeriksaan Agregat Kasar dan Halus**

Dalam penelitian ini agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah asal Mojokerto dan agregat halus pasir dari sungai Brantas.

Pada pengujian agregat kasar dan halus dilakukan dua pemeriksaan, diantaranya yaitu pemeriksaan berat jenis dan penyerapan seperti pada tabel 1 dan 2 berikut :

**Tabel 1** Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Persyaratan SNI 1969-2008
Berat Jenis Bulk	2,51 gr/cc	≥ 2,5 gr/cc
Berat Jenis SSD	2,55 gr/cc	≥ 2,5 gr/cc
Berat Jenis semu	2,62 gr/cc	≥ 2,5 gr/cc
Penyerapan	1,65 %	≤ 3%

*Sumber: Hasil Penelitian, 2018*

**Tabel 2** Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Persyaratan SNI 1969-2008
Berat Jenis Bulk	2,56 gr/cc	≥ 2,5 gr/cc
Berat Jenis SSD	2,61 gr/cc	≥ 2,5 gr/cc
Berat Jenis semu	2,68 gr/cc	≥ 2,5 gr/cc
Penyerapan	1,79 %	≤ 3%

*Sumber: Hasil Penelitian, 2018*

**Pemeriksaan Aspal**

Pada pemeriksaan, aspal yang digunakan yaitu aspal Pertamina dengan pen 60/70 yang didapatkan dari PT. Cahaya Indah Madya Pratama. Terdapat beberapa jenis pemeriksaan yang dilakukan, diantaranya pengujian penetrasi, pengujian titik nyala dan bakar, pengujian titik lembek, serta pengujian berat jenis aspal seperti pada tabel berikut:

**Tabel 3** Hasil Pemeriksaan Aspal Pen 60/70

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Persyaratan	SNI
Penetrasi 25°C, 100gr, 5 detik	67mm	60-79 mm	2456-2011
Titik Nyala	329°C	Min 200°C	2433-2011
Titik Bakar	334°C	Min 300°C	2433-2011
Titik Lembek	49,5°C	48 -58 °C	2434-2011
Berat Jenis	1,02	≥1,00	2441-2011
Aspal	gr/cc		

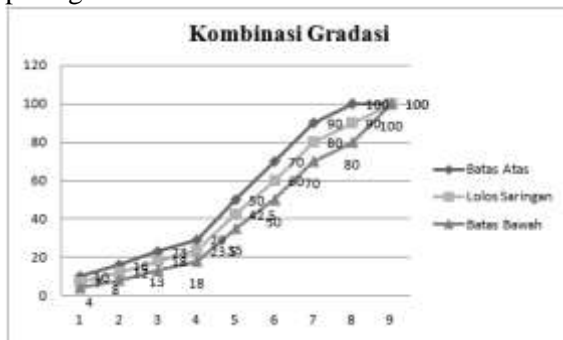
Sumber: Hasil Penelitian, 2018

**Perencanaan Campuran Kerja (Job Mix)**

Untuk memperoleh campuran bahan yang memenuhi spesifikasi diperlukan perencanaan campuran yang baik antar bahan penyusunnya. Perencanaan campuran ini dimaksudkan untuk menentukan proporsi penggunaan agregat kasar, agregat sedang, agregat halus dan pasir alami dalam campuran *Laston Tipe IV* SNI 03-1737-1989.

**Gradasi Agregat**

Setelah diperoleh komposisi campuran kemudian dilakukan penimbangan agregat sesuai dengan proporsi campuran *Laston Tipe IV*. Batasan gradasi agregat menurut spesifikasi *Laston Tipe IV* SNI 03-1737-1989 dapat dilihat pada grafik berikut :



**Gambar 1** Batasan Gradasi Agregat Untuk Campuran *Laston Tipe IV* SNI 03-1737-1989

Sumber: Hasil Penelitian, 2018

**Kadar Aspal Optimum**

Setelah menentukan batasan gradasi agregat yang akan digunakan, selanjutnya adalah menentukan kadar aspal optimum sebagai bahan campuran dan diperoleh dari perhitungan sebagai berikut :

$$KaO = 0,035 \times CA + 0,045 \times FA + 0,18 \times \text{Filler} + K$$

$$KaO = 0,035 \times 40 + 0,045 \times 53 + 0,18 \times 7 + 0,75 = 5,80 \%$$

Keterangan :

- CA : Agregat kasar tertahan saringan No. 8
- FA : Total agregat halus lolos saringan No. 8 dan tertahan No. 200
- F : *Filler* agregat halus lolos saringan No. 200
- K : Nilai Konstanta 0,75

**Berat Serat Eceng Gondok**

Besarnya penambahan variasi serat eceng gondok pada campuran *Laston Tipe IV* yaitu sebesar 0,3%; 0,5%; 0,7% dari berat aspal.

**Proses Pencampuran Laston Tipe IV**

Tahap pertama yaitu menyetting dan menimbang wajan dengan agregat sesuai dengan rencana campuran kerja. Kemudian menggoreng agregat hingga mencapai suhu 100°C, setelah itu ditambahkan aspal dan eceng gondok beserta ditimbang. Goreng kembali beserta diaduk secara merata antara aspal, eceng gondok dan agregat hingga mencapai suhu 100°C. Setelah tercampur secara merata, kemudian masukkan aspal panas tersebut kedalam cetakan dan siap untuk dilakukan penumbukkan sebanyak 2 x 75 kali secara bolak-balik dengan tinggi jatuh 45 cm untuk setiap benda uji. Setelah dingin, keluarkan benda uji dari cetakan kemudian timbang berat dan tingginya.

Tahap selanjutnya yaitu benda uji direndam didalam air selama 24 jam dan tidak lupa ditimbang juga. Setelah 24 jam direndam, kemudian diangkat serta ditiriskan lalu ditimbang kembali untuk mendapatkan berat kering permukaan jenuh (SSD).

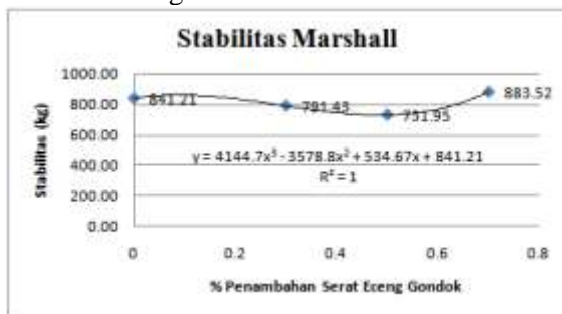
Setelah dilakukan 3 kali penimbangan, kemudian benda uji di rendam ke dalam *waterbath* selama 30 – 40 menit dengan temperatur tetap 60°C sebelum benda uji dilakukan pengujian *Marshall Test*.

**Hasil Pengujian Marshall Test**

Pengujian *Marshall Test* dilakukan bertahap sesuai dengan tujuan penelitian, yakni pertama dilakukan untuk mengetahui kadar aspal yang digunakan apakah sudah memenuhi syarat dan kedua untuk mengetahui pengaruh penambahan serat selulosa dalam campuran terhadap nilai-nilai *Marshall Properties* yaitu stabilitas *Marshall (Marshall Stability)*, persentase Rongga Terisi Aspal (*Void Filled With Asphalt / VFWA*), Rongga Dalam Campuran (*Void In The Mix / VIM*), Rongga dalam agregat (*Void In Mineral Aggregate*), Kelelahan Plastis (*Flow*), dan *Marshall Quotient (MQ)*.

**Stabilitas Marshall**

Dari hasil pengujian *marshall test* didapatkan data kenaikan serta penurunan nilai stabilitas *marshall*. Beberapa hal yang menyebabkan terjadinya penurunan disebabkan oleh volume antara agregat yang terlalu tinggi dan penguncian antar partikelnya yang kurang merata pada saat pencampuran maupun pada saat penggorengan. Sedangkan peningkatan disebabkan oleh penguncian bahan susun agregat serta aspal dengan penambahan serat eceng gondok yang mampu bercampur dengan baik. Maka selanjutnya dibuat pemodelan grafik untuk melihat kenaikan serta penurunan nilai stabilitas sebagai berikut :



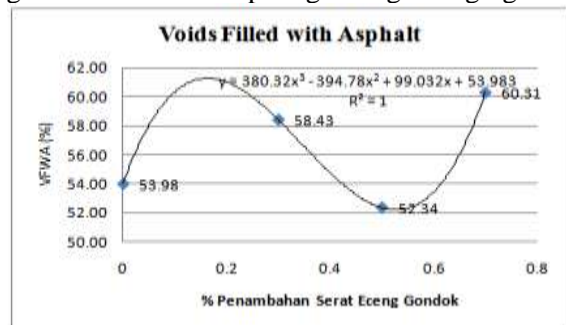
**Gambar 2** Grafik Hubungan Stabilitas *Marshall* dengan Kadar Serat Eceng Gondok  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2018

Dari grafik hubungan stabilitas *marshall* dengan kadar serat eceng gondok diatas didapatkan nilai tertinggi pada penambahan kadar serat 0,02% - 0,16% yaitu dengan nilai stabilitas yang diperoleh antara 850,51 kg - 852,12 kg.

**Voids Filled With Asphalt**

Pada pengujian *VFWA* dengan penambahan serat eceng gondok ini mengalami kenaikan maupun penurunan. Akan tetapi kenaikan maupun penurunan tersebut tidak memenuhi pada standart yaitu pada spesifikasi untuk campuran *Laston Tipe IV*, nilai yang harus dicapai yaitu  $\geq 65\%$ .

Beberapa hal yang menyebabkannya dikarenakan oleh rongga antar agregat yang terisi aspal lebih kecil, sehingga campuran serat eceng gondok dan aspal tidak maksimal mengisi rongga. Pada saat penumbukan benda uji, tinggi jatuh bebas penumbuk  $\leq 45$  cm yang menyebabkan benda uji menjadi berongga-rongga, serta jarak waktu antara pembuatan benda uji dengan pengujian terlalu lama, sehingga menyebabkan aspal tersebut mudah teroksidasi yang menyebabkan aspal semakin getas dan tidak mampu lagi mengikat agregat.

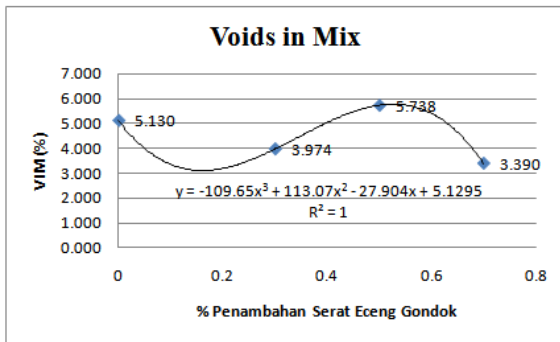


**Gambar 3** Grafik Hubungan *Voids Filled With Asphalt* dengan Kadar Serat Eceng Gondok  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2018

Dari grafik hubungan diatas, tidak dapat disimpulkan penambahan variasi serat terbaik, dikarenakan hasil pengujian tersebut tidak memenuhi persyaratan.

**Voids In The Mix**

Penambahan serat eceng gondok mempengaruhi nilai *VIM* yang terjadi karena meningkatnya kadar serat dalam campuran, karena semakin banyak kadar serat dalam campuran akan membuat campuran menjadi terpisah-pisah karena aspal terserap oleh serat eceng gondok sehingga daya ikat aspal menjadi berkurang dan menyebabkan rongga-rongga dalam campuran meningkat. Untuk melihat kenaikan dan penurunan nilai *VIM* dibuat grafik sebagai berikut:

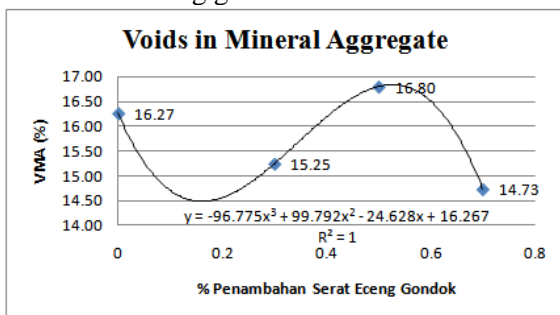


**Gambar 4** Grafik Hubungan *Voids In The Mix* dengan Kadar Serat Eceng Gondok  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2018

Dari grafik hubungan *Voids In The Mix* dengan kadar serat eceng gondok dapat dilihat nilai tertinggi terdapat pada kadar serat 0,02% - 0,14% dengan nilai VIM yang diperoleh yaitu 4,62% - 3,14%, sehingga pada *Voids In The Mix* penambahan serat terbaik pada kadar serat tersebut.

**Voids In Mineral Agregate**

Pada pengujian VMA dengan penambahan serat eceng gondok ini mengalami kenaikan dan penurunan, akan tetapi tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena penambahan kadar serat eceng gondok yang digunakan tidak dapat mengikat aspal dan agregat dengan baik. Sehingga menimbulkan rongga yang cukup besar dari campuran non serat eceng gondoknya. Berikut merupakan grafik hubungan *Voids In Mineral Agregate* dengan kadar serat eceng gondok :



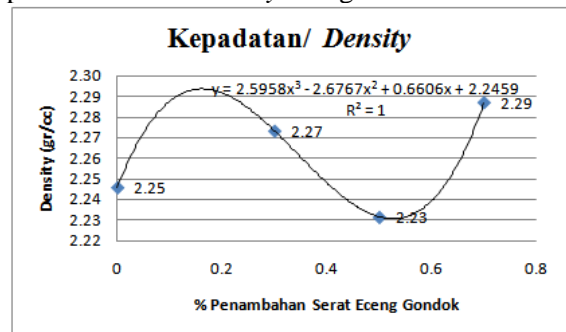
**Gambar 5** Grafik Hubungan *Voids In Mineral Agregate* dengan Kadar Serat Eceng Gondok  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2018

Dari grafik hubungan *Voids In Mineral Agregate* dengan kadar serat eceng gondok diatas didapatkan nilai tertinggi pada

penambahan variasi 0,02%-0,06% dengan nilai yang diperoleh yaitu 15,81%- 15,12%.

**Density (Kepadatan)**

Penambahan serat eceng gondok menyebabkan kenaikan dan penurunan pada nilai *density*. Kenaikan tersebut dapat dipengaruhi oleh susunan agregat yang bercampur aspal mampu menyatu dengan baik ketika dipadatkan. Sehingga menjadikan benda uji menjadi lebih padat dan kuat jika dibandingkan dengan benda uji yang lain. Sedangkan untuk penurunan dipengaruhi oleh susunan pada agregatnya dengan campuran antara serat eceng gondok dengan aspal yang kurang merata, serta hal lain yang juga bisa mempengaruhi penurunan tersebut yaitu karena kekuatan saat tumbukan. Selanjutnya dibuat pemodelan grafik untuk melihat kenaikan dan penurunan nilai *density* sebagai berikut :



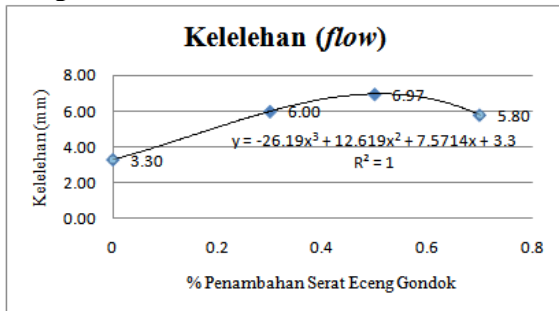
**Gambar 6** Grafik Hubungan *Density* dengan Kadar Serat Eceng Gondok  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2018

Pada grafik diatas dapat dilihat hasil terbaik dari penambahan serat dan pada perhitungan didapatkan nilai *Density* terbesar pada penambahan variasi variasi 0,1% - 0,24% sama halnya dengan variasi 0,7% dengan nilai yang diperoleh yaitu 2,29 gr/cc.

**Flow (Kelelehan)**

Penambahan kadar serat eceng gondok mempengaruhi hasil dari *flow* yaitu mengalami peningkatan. Dengan meningkatnya nilai *flow* diatas standart, maka campuran aspal panas tersebut bersifat terlalu plastis (lembek) dan berubah bentuk saat mendapat beban lalu lintas. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh terlalu lamanya perendaman benda uji tersebut pada *waterbath* yang menyebabkan aspal

menjadi lebih lembek saat dilakukan pengujian. Selanjutnya dibuat pemodelan grafik untuk melihat kenaikan dan penurunan nilai *flow* sebagai berikut :



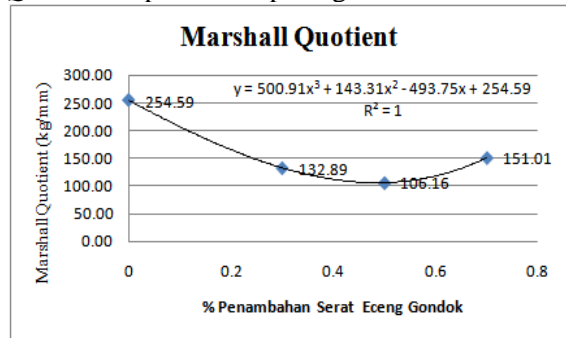
**Gambar 7** Grafik Hubungan *Flow* dengan Kadar Serat Eceng Gondok  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2018

Dari grafik hubungan *Flow* dengan kadar serat eceng gondok diatas, didapat hasil terbaik dari penambahan serat dan pada perhitungan didapatkan nilai *flow* terbaik pada penambahan variasi 0,02% - 0,08% sehingga diperoleh hasil memenuhi dalam standart yang ditentukan yaitu 3,46 – 3,97 mm.

**Marshall Quotient**

Penambahan serat eceng gondok ternyata menyebabkan penurunan maupun kenaikan pada nilai *marshall quotient* yang menyebabkan tidak memenuhi spesifikasi pada standart. Dikarenakan pada pengujian stabilitas nilai yang diperoleh cenderung menurun dan pada pengujian kelelahan (*flow*) nilai yang diperoleh cenderung tinggi. Penurunan nilai *marshall quotient* tersebut dapat dipengaruhi oleh kondisi campuran aspal yang terlalu lentur disebabkan oleh lamanya perendaman dalam *waterbath*. Selanjutnya dibuat pemodelan grafik untuk

melihat penurunan dan kenaikan nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada grafik berikut :



**Gambar 8** Grafik Hubungan *Marshall Quotient* dengan Kadar Serat Eceng Gondok  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2018

Untuk mendapatkan nilai variasi terbaik pada grafik diatas, maka dilakukan hasil uji regresi dalam perhitungan *Marshall Quotient* yaitu penambahan serat eceng gondok yang ideal pada variasi 0,02% - 0,1% dengan perolehan nilai MQ yang dicapai yaitu 244,78 kg/mm – 207,15 kg/mm.

Setelah didapatkan data dari pengujian *Marshall Test* yang bertujuan untuk mengetahui kadar aspal yang digunakan apakah sudah memenuhi syarat dan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat selulosa dalam campuran terhadap nilai-nilai *Marshall Properties* yang meliputi pengujian stabilitas *Marshall (Marshall Stability)*, persentase Rongga Terisi Aspal (*Void Filled With Asphalt / VFWA*), Rongga Dalam Campuran (*Void In The Mix / VIM*), Rongga dalam agregat (*Void In Mineral Aggregate*), Kelelahan Plastis (*Flow*), dan *Marshall Quotient (MQ)*. Selanjutnya dibuat tabel rangkuman dari seluruh hasil pengujian *Marshall Test* sebagai berikut :

**Tabel 4** Hasil Pengujian *Marshall Test* dengan Penambahan Serat Eceng Gondok

Serat Selulosa (%)	Stabilitas Kg	VFWA (%)	VMA (%)	VIM (%)	Density (gr/cc)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
0	841,21	53,98	16,27	5,130	2,25	3,30	254,59
0,3	791,43	58,43	15,25	3,97	2,27	6,00	132,89
0,5	731,95	52,34	16,80	5,738	2,23	6,97	106,16
0,7	883,52	60,31	14,73	3,39	2,29	5,80	151,01
Spesifikasi	Min 550	Min 65	Min 15	Min 3 –Maks 5	-	2 – 4	200-350
Pemadatan	2 x 75			Kadar Aspal 5,80 %			

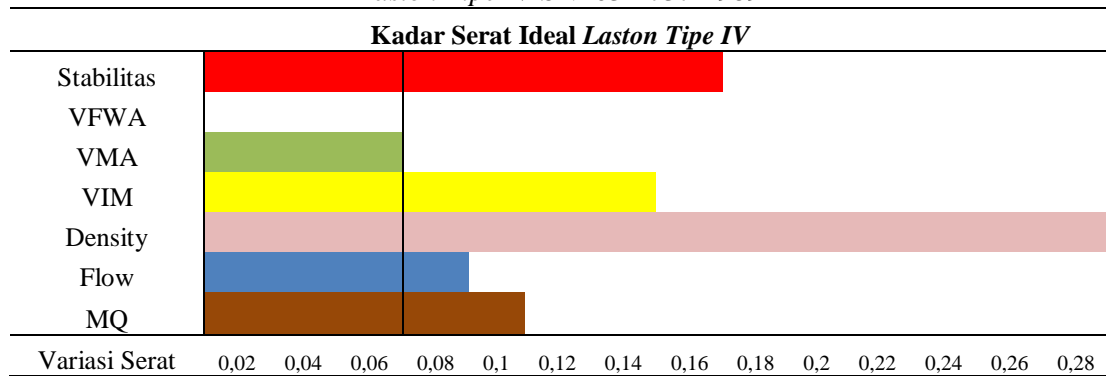
Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

**Tabel 5** Penelusuran Model Regresi Pengaruh Penambahan Serat Eceng Gondok Terhadap *Marshall Properties* Campuran

No	<i>Marshall Properties</i>	Model Perumusan Regresi	R <sup>2</sup>
1	<i>Stability Marshall</i>	$Y = 4144.7x^3 - 3578.8x^2 + 534.67x + 841.21$	1
2	<i>Voids Filled With Asphalt</i>	$Y = 380.32x^3 - 394.78x^2 + 99.032x + 53.983$	1
3	<i>Voids In The Mix</i>	$Y = -109.65x^3 + 113.07x^2 - 27.904x + 5.1295$	1
4	<i>Voids In Mineral Aggregate</i>	$Y = -96.775x^3 + 99.792x^2 - 24.628x + 16.267$	1
5	<i>Density</i>	$Y = 2.5958x^3 - 2.6767x^2 + 0.6606x + 2.2459$	1
6	<i>Flow</i>	$Y = -26.19x^3 + 12.619x^2 + 7.5714x + 3.3$	1
7	<i>Marshall Quotient</i>	$Y = 500.91x^3 + 143.31x^2 - 493.75x + 254.59$	1

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

**Tabel 6** Nilai Kadar Serat Eceng Gondok Paling Ideal Dalam Campuran *Laston Tipe IV* SNI 03-1737-1989



Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Pada Tabel 6 nilai kadar serat eceng gondok paling ideal dalam campuran *Laston Tipe IV* SNI 03-1737-1989 diatas dapat dilihat dari rangkuman hasil perhitungan menunjukkan bahwa serat eceng gondok terbaik atau yang paling ideal dalam campuran *Laston Tipe IV* menunjukkan nilai terbaik pada penambahan variasi 0,02% - 0,06%. Hasil ini dapat diketahui dari data grafik serta perhitungan model regresi yang telah dibuat, pada penambahan variasi ideal tersebut telah diketahui memenuhi standart pada pengujian stabilitas, rongga dalam agregat (VMA), rongga dalam campuran (VIM), kepadatan (*density*), kelelahan (*flow*), dan *marshall quotient*. Akan tetapi ada 1 pengujian yang tidak memenuhi dalam standart yaitu pengujian rongga yang terisi aspal (VFWA) karena nilai yang dicapai kurang dari 65%. Akan tetapi hal tersebut tidak mempengaruhi dalam penarikan kesimpulan pengambilan serat ideal, karena

apabila hasil pengujian menunjukkan bahwa data telah mencapai  $\geq 50\%$ , maka hal tersebut menunjukkan data sudah dianggap valid (memenuhi persyaratan).

**4. KESIMPULAN**

Dari uraian yang telah disajikan dalam laporan penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa proses pencampuran *Laston Tipe IV* dengan bahan tambah serat eceng gondok meliputi; tahap persiapan alat dan bahan, pembuatan serat eceng gondok secara sederhana, pemeriksaan bahan susun (pemeriksaan agregat kasar, agregat halus dan aspal), pembuatan *job mix formula* (tahap spesifikasi gradasi/analisa saringan, tahap penentuan kadar optimum dan berat aspal, tahap penentuan berat serat eceng gondok), dan tahap pencampuran *Laston Tipe IV* hingga menjadi benda uji (briket).

Penambahan variasi ideal serat eceng gondok pada *Laston Tipe IV* dilakukan pada prosentase 0,02% - 0,06%.

**Saran**

Diharapkan di masa yang akan datang dapat digunakan sebagai salah satu sumber data acuan untuk penelitian selanjutnya, dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi kelengkapan prosedur dan ketelitiannya.

Agar senantiasa lebih melengkapi serta mengkalibrasi ulang kelengkapan alat-alat penunjang penelitian di laboratorium sebelum dilakukan kegiatan penelitian, agar bisa mendapatkan validitas data yang lebih baik.

**REFERENSI**

- SNI.(1989). *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*. SNI 03-1737-1989.
- SNI.(2008). *Metode Pengujian Agregat Kasar*. SK SNI 1969-2008.
- SNI.(2008). *Metode Pengujian Agregat Halus*. SK SNI 1970-2008.
- SNI.(2011). *Metode Pengujian Penetrasi Aspal*. SK SNI 2456-2011.
- SNI.(2011). *Metode Pengujian Titik Lembek Aspal*. SK SNI 2434-2011.
- SNI.(2011). *Metode Pengujian Titik Nyala dan Bakar Aspal*. SK SNI 2433-2011.
- SNI.(2011). *Metode Pengujian Berat Jenis Aspal*. SK SNI 2441-1991.
- SNI.(2014). *Metode Pengujian Marshall Test*. RSNI 3-2489-2014.
- Sulaksono W. S., 2001, *Rekayasa Jalan*, Institute Teknologi Bandung, Bandung.