

Pengaruh Penambahan Serbuk Eceng Gondok terhadap Parameter Marshall Test pada Campuran Aspal Beton (AC-WC)

**Priskhal Irdhan A¹, Iksan S.², Yasnawi Idrus³, Asma Massara⁴,
Muh. Kasim Anies⁵**

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231
Email: ¹irdhansyah70@gmail.com; ²iksansipil@gmail.com, ³yasnawi.idrus@umi.ac.id,
⁴asma.massara@umi.ac.id; ⁵muhkasim.anies@umi.ac.id

ABSTRAK

Jalan adalah salah satu transportasi yang berada di darat dan sangat mempunyai kunci penting dalam kehidupan manusia. Di dalam lapisan jalan perkerasan adakalanya mengalami masalah atau terjadi suatu ketidak berhasilan sebelum mencapai rencana yang telah disepakati. Penerapan penambahan sesuatu didalam adukan aspal agar pembentuk lapis perkerasan lentur mesti bisa kuat, aman, nyaman, serta mewujudkan lapisan perkerasan yang dapat mencapai kualifikasi yang telah ditentukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan komposisi campuran serbuk eceng gondok yang baik dalam pengujian Marshall Test serta untuk mengetahui pengaruh serbuk eceng gondok pada campuran aspal khususnya dengan pengujian Marshall Test. Takaran aspal rencana yang dipakai adalah 4,5% sampai 6,5% dengan jarak 0,5%. Pengetesan permulaan menggunakan alat yang telah ditentukan agar mencapai takaran aspal yang terbaik. Pengetesan berikutnya dengan menggunakan alat yang telah ditentukan serta dengan menggunakan bahan tambah. KAO yang digunakan yaitu 5,7% dengan variasi kadar serbuk eceng gondok yaitu 0,3%, 0,5%, 0,7%, 0,9%, dan 1,1%. Dari hasil pengujian Marshall Test, variasi kadar serbuk eceng gondok 0,7% menunjukkan takaran adukan yang mencapai kualifikasi bina marga. Berdasarkan kesimpulan tersebut variasi kadar serbuk eceng gondok 0,7% memberikan hasil lebih baik dari pada kadar serbuk eceng gondok yang lain.

Kata Kunci: Marshall test, eceng gondok, bahan tambah, perkerasan jalan

ABSTRACT

Road is one of the transportation on land and has a very important key in human life. In the pavement layer sometimes experience problems or an unsuccessful occurrence occurs before reaching the agreed plan. The application of embedding something in the asphalt mortar so that the forming of a flexible pavement layer must be strong, safe, comfortable, and create a pavement layer that can achieve predetermined qualifications. This study aims to determine the composition of the water hyacinth powder mixture that is good in the Marshall Test and to determine the effect of water hyacinth powder on the asphalt mixture, especially by the Marshall Test. The dosage of plan asphalt used is 4.5% to 6.5% with a distance of 0.5%. The initial test uses predetermined tools in order to achieve the best bitumen dosage. The next test using a predetermined tool and by using added ingredients. The KAO used was 5.7% with variations in the levels of water hyacinth powder, namely 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9%, and 1.1%. From the results of the Marshall Test, the variation in water hyacinth powder content of 0.7% indicates that the doses of the mix have reached the Bina marga qualifications. Based on these conclusions, the variation of water hyacinth powder levels of 0.7% gives better results than the levels of other water hyacinth powders.

Keywords: Marshall test, water hyacinth, additives, road pavement

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Jalan ialah alat transportasi didarat mempunyai peran penting bagi kehidupan manusia. Dengan semakin pesatnya pertumbuhan ekonomi yang diiringi dengan meningkatnya jumlah penduduk berdampak pada mobilitas manusia dan barang, maka dibutuhkan adanya lapis perkerasan jalan yang memadai untuk meningkatkan nilai kekuatan, kenyamanan, dan tingkat keselamatan agar berfungsi dengan baik.

Hampir semua jalan menggunakan campuran agregat batu pecah dan aspal. Musuh utama aspal adalah air, karena air bisa melonggarkan ikatan antara agregat dengan aspal. Kerusakan yang umum terjadi di jalan-jalan kota adalah adanya air yang menggenangi permukaan jalan. Pada saat ikatan aspal dan agregat longgar karena air, kendaraan yang lewat akan memberi beban yang akan merusak ikatan tersebut dan permukaan aspal jalan. (Dahmur, Alfian, 2010, Techno Konstruksi)

Aspal adalah material yang termoplastis, yang berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur. Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur berbeda-beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspal, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Pemeriksaan sifat kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur perlu dilakukan sehingga diperoleh rentan temperatur yang baik untuk pelaksanaan pekerjaan (Sukirman, S, 2003)

Maka dari itu penggunaan bahan tambah pada campuran beton aspal

untuk pembuat lapis perkerasan lentur harus yang kuat, aman, nyaman, dan menghasilkan lapis perkerasan yang memenuhi persyaratan – persyaratan spesifikasi tidak akan pernah berhenti. Berbagai penelitian terus dilakukan untuk memenuhi tuntutan tersebut (Yoga Kurniawan, Julius, 2017)

Salah satunya yaitu pemanfaatan bahan tambah serbuk eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai bahan tambah campuran aspal. Penggunaan serbuk eceng gondok bisa menjadi salah satu alternatif penggunaan bahan tepat guna.

Enceng gondok adalah salah satu tumbuhan yang terdapat di air tawar seperti di sungai. Gulma air ini sering terlihat di atas sungai sedang mengapung, gulma ini menutupi sinar yang masuk didalam sungai. Tumbuhan air ini mempunyai akar seperti tumbuhan lainnya dan tentu saja mengapung di perairan. Daunnya adalah daun tunggal yang mempunyai bentuk oval, memiliki bentuk sedikit licin dan mempunyai warna hijau cerah. Pada akhir ditangkai daun mengembang dan juga pangkal tersebut lancip. Gulma ini gampang sekali berkembang biak akibatnya jika dilepaskan cepat atau lambat akan cepat tumbuh subur, dan memiliki jumlah yang banyak. Alasan enceng gondok disebut gulma sebab dapat membahayakan kehidupan yang berada disekitarnya.

Didalam tanaman eceng gondok terdapat kandungan silika yang cukup tinggi. Pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan tambahan pencampuran aspal di diharapkan dapat menghasilkan pengaruh yang baik bagi aspal sehingga menjadikan campuran aspal lebih tahan lama, kuat, awet dan memiliki kualitas baik.

1.2 Rumusan Masalah

Atas dasar penjelasan sebelumnya, serta memperhatikan persoalan yang berada diatas, sehingga rumusan

masalah yang ingin dicapai dalam uji coba ini ialah:

- 1) Seberapa besar persentase serbuk eceng gondok yang ditambahkan pada campuran aspal beton?
- 2) Seberapa besar nilai Stabilitas dan Flow pada paduan aspal beton akibat penambahan serbuk eceng gondok?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan uji coba ini ialah untuk melakukan bagaimana mana dampak *marshall test* terhadap penggunaan serbuk eceng gondok pada campuran aspal beton. Maksud uji coba ini ialah:

- 1) Untuk mengetahui seberapa besar persentase kadar serbuk eceng gondok yang ditambahkan pada campuran aspal beton.
- 2) Agar mendapatkan angka Stabilitas dan *Flow* dalam campuran aspal karna pengisian serbuk eceng gondok.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Uji coba dilaksanakan disalah satu laboratorium Jalan Raya dan Transportasi Jurusan Teknik Universitas Muslim Indonesia.

2.2 Bahan Dan Alat Penelitian

Bahan Penelitian

Bahan Aspal Minyak penetrasi 60/70 produksi Pertamina yang didapatkan dari PU Bina Marga Baddoka. Menggunakan Agregat kasar dan halus yang di ambil secara tidak teratur di Samata, Kab. Gowa digabungkan kelak dilakukan pengumpulan sampel di tempat uji coba dengan cara perempatan yang mewakili sampel lainnya.

Alat Penelitian

Alat yang gunakan dalam terdapat di disalah satu laboratorium Jalan Raya dan Transportasi Jurusan Teknik Universitas Muslim Indonesia.

2.3 Tahapan Penelitian

- 1) Pembuatan Benda Uji
Perencanaan serta pengamatan hasil uji dikerjakan disalah satu

laboratorium Jalan Raya dan Transportasi Jurusan Teknik Universitas Muslim Indonesia. Bahan serbuk tanaman serbuk eceng gondok diperoleh dari salah satu tokoh pengharajin tangan yang berada di jalan penghibur Makassar , Sulawesi Selatan

- 2) Pengamatan Hasil Uji

Setelah prosedur perencanaan dinyatakan selesai, hasil uji wajib diperiksa dilaboratorium, sehingga menghasilkan bahan – bahan yang memenuhi persyaratan.

- 3) Pembuatan Benda Uji

Pengerjaan benda uji dilaksanakan sesudah aspal beton telah memenuhi persyaratan dan ketentuan yang telah dibuat. Persiapan benda uji yang akan dilaksnakan atas dasar variasi ukuran material dan ragam material serbuk eceng gondok sebagai bahan tambah.

Kadar Aspal Terbaik dilakukan dengan memvariasikan takaran benda uji 4,5% sampai 6,5%. Interval 0,5%. Dengan 3 buah benda uji di tiap -tiap aspal. KAO didapatkan lalu ditentukan variasi persipan pembuatan campuran bahan tambah berdasarkan ketentuan yang telah berlaku.

2.4 Metode Analisis Data

Metode di gunakan dalam mengelola data yaitu metode analisis regresi. Banyak analisis statistik bertujuan untuk mengetahui apakah ada hubungan antara dua atau lebih variabel. Bila hubungan demikian dapat dinyatakan dalam bentuk rumus matematik, maka kita akan dapat menggunakannya untuk keperluan peramalan. (Walpole,1995).

3. Kajian Penelitian

3.1 Kajian Penelitian

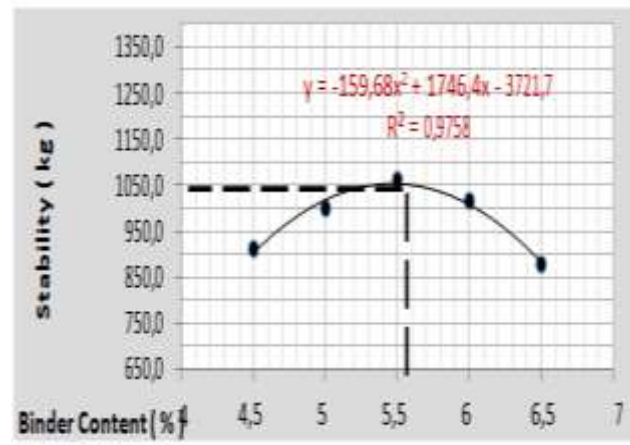
Melakukan analisa terhadap karakteristik campuran. setelah itu melaksanakan uji *Marshall Test* dengan metode Marshall Test yang dilakukan dilaboratorium. Setelah

didapatkan hasilnya perhitungannya dengan masing – masing 5 benda uji dan takaran yang digunakan ia alah 4,5% hingga 6,5% dengan interval 0,5%. Lebih lanjutnya nilai hasil uji dilihat pada tabel :

Tabel 1 Hasil uji *marshall* (AC-WC pen 60/70) untuk (KAO)

Karakter Hasil Uji	Benda Uji					Spek
Takaran Penggunaan	4,5	5	5,5	6	6,5	
Density	2,470	2,452	2,435	2,417	2,401	≥ 2.2 kg/mm ³
VIM	6,524	5,331	4,233	3,436	2,709	>3%
VMA	15,049	15,027	15,102	15,449	15,860	$\geq 15\%$
VFA	57,375	64,626	72,012	78,237	84,234	$\geq 63\%$
Stabilitas	911,46	993,73	1061,10 ₈	1016,06	878,08	800-1800 kg
Flow	3,37	2,87	2,39	2,69	3,25	Min 2 mm
Hasil bagi marshall	270,266	353	443,319	374,017	300,80	Min 180

Takaran Aspal pada Stabilitas

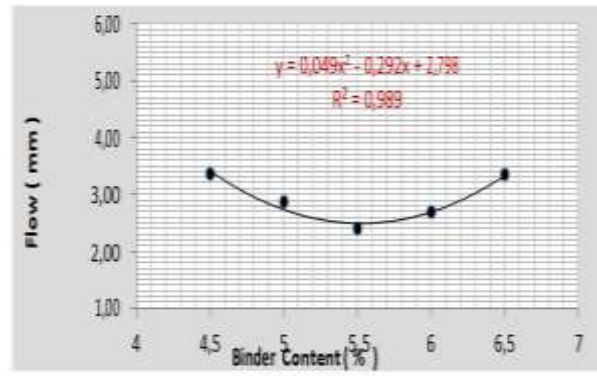


Gambar 1 Grafik takaran aspal pada stabilitas

Dari gambar memperlihatkan pada takaran 4,5% dan takaran 5,5% nilai stabilitas mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena seiring dengan penambahan kadar aspal menyebabkan aspal dapat menyelimuti agregat

dengan sangat baik. Nilai stabilitas kadar aspal 6% dan 6,5% menurun, kandungan aspal yang tinggi menyebabkan agregat kurang saling mengikat.

Takaran Aspal pada Flow

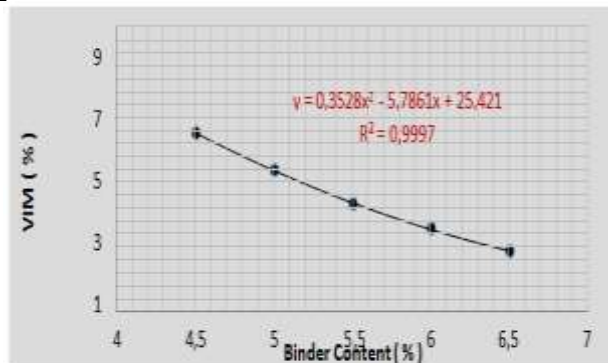


Gambar 2 Grafik takaran aspal pada flow

Dari analisa gambar memperlihatkan nilai flow kadar aspal 4,5% mengalami penurunan sampai kadar aspal 5,5%. Akan tetapi pada saat kadar aspal penambahan kadar aspal lebih dari 5,5% maka nilai flow mengalami peningkatan. Hal ini menjelaskan bahwa kurangnya kandungan aspal

untuk menyelimuti agregat mengakibatkan mudahnya terjadi kelelahan atau keruntuhan pada campuran aspal dan besarnya nilai flow pada campuran dapat menggambarkan bahwa campuran tersebut lebih rentan terhadap perubahan bentuk yang akan terjadi.

Takaran Aspal pada VIM

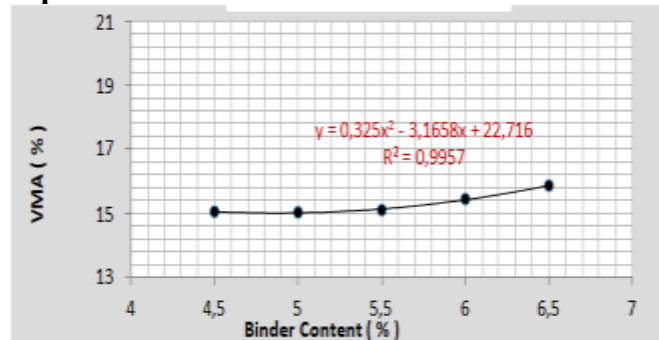


Gambar 3 Grafik takaran aspal pada VIM

Dari analisa gambar menjelaskan kadar aspal 4,5% sampai 6,5% menurun. 4,5% - 5% tidak memenuhi standar. Memperlihatkan semakin

kecilnya presentase rongga yang ada pada campuran maka semakin baik pula kualitas campuran.

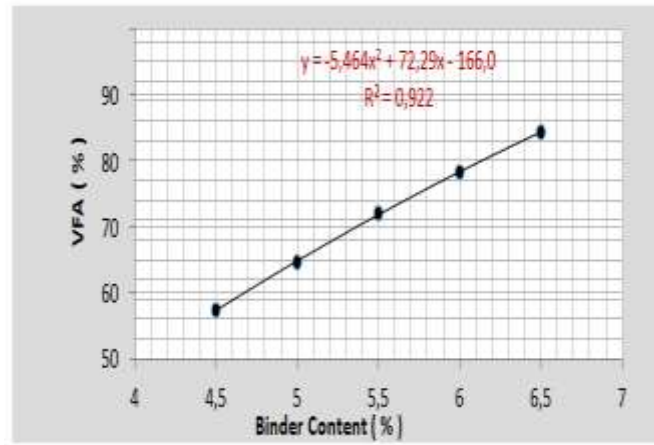
Takaran Aspal pada VMA



Gambar 4 Grafik takaran aspal pada VMA

Grafik diatas menjelaskan, takaran aspal 4,5% sampai 6,5% masuk spek ialah 15%. Tingginya takaran aspal menyebabkan VMA naik. Nilai VMA (presentase volume rongga) yang terdapat di antara butir-butir agregat dari suatu campuran beraspal yang telah di dapatkan, termaksud didalamnya rongga udara dan rongga berisi aspal

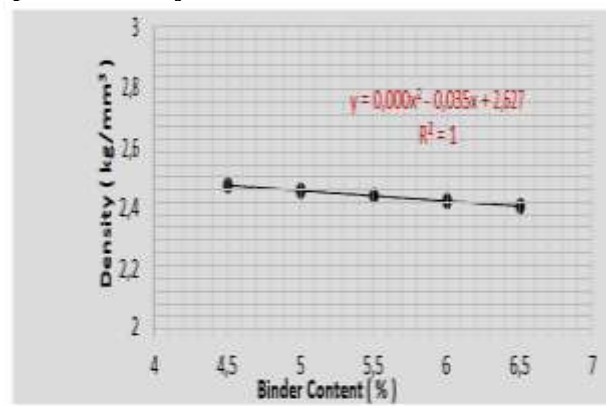
Takaran Aspal pada VFA



Gambar 5 Grafik takaran aspal pada VFA

Hasil analisa grafik memperlihatkan kadar aspal 4,5% dan nilai 6,5% mengalami kenaikan. Makin tinggi nilai takaran aspal akan mengakibatkan angka VFA naik. Akan tetapi, takaran aspal 4,5% tidak sesuai standar yang telah ditentukan. Sedangkan takaran aspal 5% sampai 6,5% angka VFA

Takaran Aspal pada Density



Gambar 6 Grafik takaran aspal pada *Density*

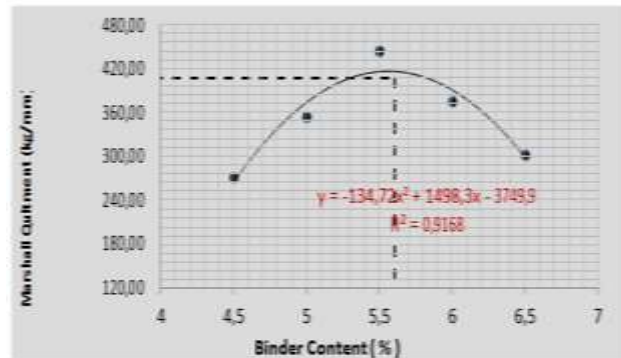
Grafik diatas memperlihatkan nilai 4,5% sampai 6,5% menurun. Nilai 4,5% dan 6,5% telah memenuhi

semua memenuhi spesifikasi. Untuk semua kadar aspal yang digunakan nilai VMA berada diatas spesifikasi yaitu minimal 15%. Hal ini menjelaskan niali sudah sesuai dengan yang dibutuhkan.

sudah mencapai standar yang telah ditentukan. Dapat diartikan bahwa, nilai VFA akan makin tinggi apa bila takaran aspalnya makin banyak. Di karenakan banyaknya takaran aspal yang memasuki ruang didalam agregat. Begitupun sebaliknya.

spesifikasi yaitu min 2,2 kg/mm³.

Takaran Aspal pada Marshall Quotient



Gambar 7 Grafik takaran aspal pada *Marshall Quotient*

Grafik di atas memperlihatkan ada kenaikan nilai MQ dari 4,5% hingga 5,5%, terjadi penurunan 5,5% hingga 6,5%. Semua persentase masuk ijin Bina Marga. MQ menjelaskan makin besar nilainya semakin kaku campuran tersebut, begitulah sebaliknya kecilnya nilai MQ maka tingkat kelenturan semakin besar.

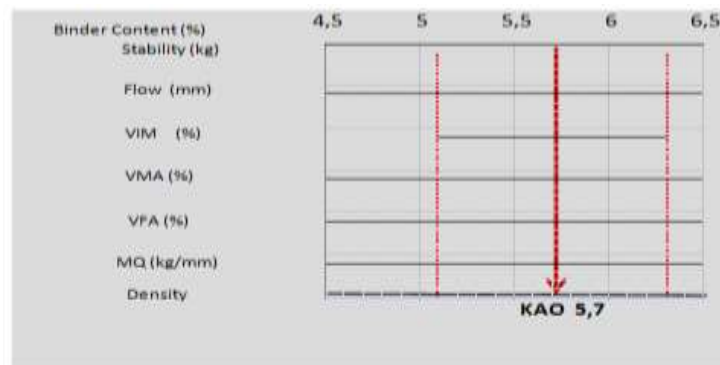
$$x = \frac{dy}{dx}$$

$$y = -134,72 x^2 + 1498,3x - 3749,9$$

$$= 5,56\%$$

Untuk nilai x, substitusi ke persamaan $-134,72 (5,56)^2 + 1498,3 (5,56) + 3749,9$ untuk mengetahui hasil nilai MQ pada grafik. Jadi nilai MQ **416 kg/mm** dan kadar serbuk eceng gondok optimumnya adalah **5,56%**.

Takaran Aspal pada Sifat Campuran Aspal



Gambar 8 Penetapan angka Kadar Aspal Optimum

Dapat dilihat Barchat karakteristik campuran di gunakan nilai tengah pada grafik 5,7 .

$$KAO = \frac{5,1\% + 6,4\%}{2} = 5,7\%$$

3.2 Hasil Pengujian Marshall Test terhadap Penggunaan Bahan Tambah Serbuk Eceng Gondok Berdasarkan KAO

Memvariasikan kadar Bahan Tambah dalam pengujian ini untuk melihat

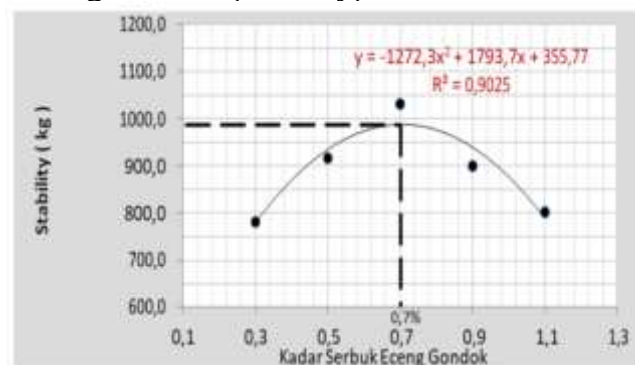
pengaruh marshall test terhadap campuran AC-WC berdasarkan KAO, hasil dari variasi kadar bahan tambah yang digunakan untuk menentukan perilaku bahan tambah terhadap percobaan marshall test. Variasi kadar bahan tambah yang digunakan yaitu dengan persentase 0,3%, 0,5%, 0,7%, 0,9%, dan 1,1%. Bahan tambah filler akan digunakan yaitu berupa Serbuk

Eceng Gondok . Untuk mencari komposisi variasi bahan tambah digunakan gradasi ideal, dimana gradasi gabungan berada diantara batas atas dan batas bawah berdasarkan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Tahun 1993 yang divariasikan hanya pada saringan No. 30 # hingga saringan no 200 #.

Tabel 1 Rekapitulasi hasil pengujian *Marshall* menggunakan bahan tambah serbuk eceng gondok pada campuran AC-WC

Karakter Hasil Uji	Benda Uji					Spek
Takaran Eceng gondok	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	
<i>Density</i>	2,317	2,370	2,427	2,427	2,427	≥ 2.2 kg/mm ³
<i>Vim</i>	4,545	4,554	4,441	6,484	7,696	$>3\%$
<i>Vma</i>	14,897	14,906	14,805	16,626	17,707	$\geq 15\%$
<i>Vfa</i>	69,781	69,645	71,116	61,569	56,941	$\geq 63\%$
<i>Stability</i>	781,180	964,89	1031,15 ₈	899,954	801,979	800-1800 kg
<i>Flow</i>	3,22	3,68	3,96	4,40	4,70	Min 2 mm
Hasil bagi <i>marshall</i>	243,216	257,08	249,266	230,906	203	Min 180

Kadar Serbuk Eceng Gondok (*Stability*)



Gambar 9 Grafik kadar serbuk eceng gondok pada stabilitas

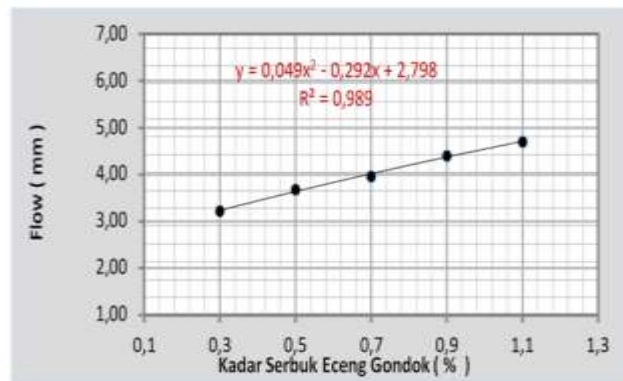
Dari analisa menjelaskan pada penambahan 0,3% hingga 0,7% nilai stabilitas mengalami peningkatan hal ini disebabkan kadar serbuk eceng

gondok yang rendah menghasilkan pemadatan cukup padat, serbuk eceng gondok memiliki daya serap terhadap aspal, sehingga mempengaruhi daya

ikat aspal terhadap agregat. Nilai stabilitas kadar serbuk eceng gondok menurun ada penambahan 0,9% dan 1,1%, ini disebabkan karena kandungan serbuk eceng gondok terlalu tinggi sehingga menyebabkan serbuk eceng gondok mengalami penyerapan

yang cukup tinggi terhadap aspal. Penyerapan tinggi mengakibatkan agregat tidak terselimuti begitu baik. Semakin bertambah penambahan serbuk eceng gondok, semakin sulit terjadi pengikatan.

Kadar Serbuk Eceng Gondok (*Flow*)

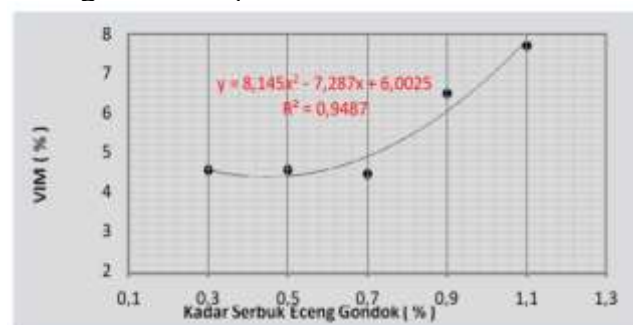


Gambar 10 Grafik kadar serbuk eceng gondok pada *flow*

Dari analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar penambahan serbuk eceng gondok maka semakin tinggi nilai kelelahan/keruntuhan (*flow*) campuran. Pada penambahan kadar serbuk eceng gondok 0,3% nilai kelelahan (*flow*) campuran naik hingga kadar serbuk eceng gondok 1,1%. .

Besarnya nilai *flow* pada campuran dapat menggambarkan bahwa campuran tersebut lebih rentan terhadap perubahan yang terjadi. Kecil *flow* maka campuran tersebut lebih tahan terhadap kelelahan yang akan terjadi pada campuran.

Kadar Serbuk Eceng Gondok (*Void in Mixture*)

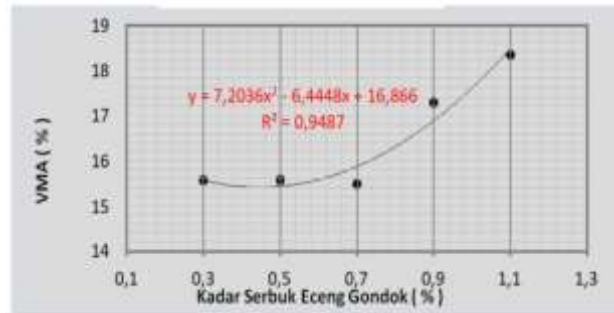


Gambar 11 Grafik kadar serbuk eceng gondok pada (VIM)

Grafik memperlihatkan semakin meningkatnya kadar serbuk eceng gondok dalam komposisi campuran akan meningkatkan nilai rongga dalam campuran. Hal ini di sebabkan karena semakin besar penambahan volume

serbuk eceng gondok dalam campuran menyebabkan membesarnya volume rongga dalam campuran hal ini terlihat dari penambahan serbuk eceng gondok mulai dari 0,3% hingga 1,1.

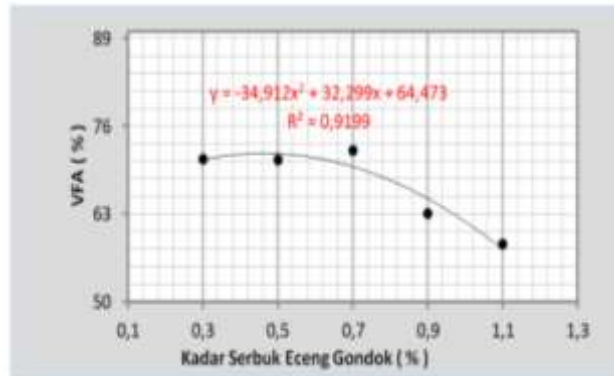
Kadar Serbuk Eceng Gondok (*Vma*)



Gambar 12 Grafik kadar serbuk eceng gondok pada (VMA)

Dari analisa memperlihatkan semakin tinggi persentase penambahan serbuk eceng gondok maka nilai Void in Mixture (VMA) semakin tinggi. Hal ini akan mempengaruhi bertambahnya volume aspal yang mengikat pada permukaan agregat.

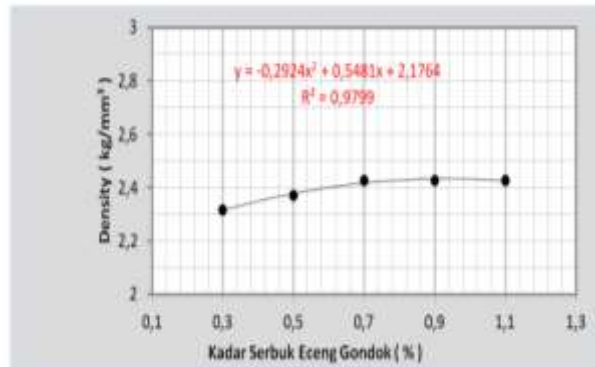
Kadar Serbuk Eceng Gondok (Void Filled in Asphalt)



Gambar 13 Grafik kadar serbuk eceng gondok pada (VFA)

Dari hasil analisa memperlihatkan semakin besar penambahan kadar serbuk eceng gondok maka nilai Void Filled with Asphalt (VFA) semakin mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena volume aspal lebih sedikit yang terserap oleh serbuk eceng gondok sehingga agregat mampu mengapsori aspal.

Hubungan Kadar Serbuk Eceng Gondok (*Density*)

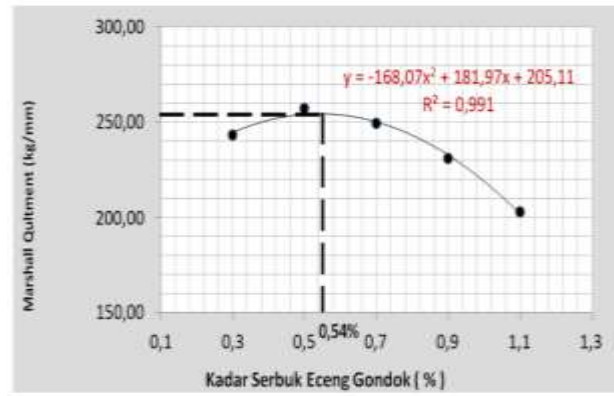


Gambar 14 Grafik kadar serbuk eceng gondok pada *density*

Campuran diatas memperlihatkan density atau kepadatan Serbuk Eceng Gondok 0,3% nilai density mengalami peningkatan hingga kadar Serbuk Eceng Gondok 1,1%. Pada

grafik 4.14 diatas besarnya menunjukkan semakin besar penambahan serbuk eceng gondok yang maka semakin tinggi pula nilai density dihasilkan.

Kadar Serbuk Eceng Gondok (Marshall Quotient)



Gambar 15 Grafik Kadar Serbuk Eceng Gondok terhadap *Marshall Quotient*

Nilai diatas memperlihatkan adanya kenaikan niali MQ mulai dari kadar eceng gondok 0,3% hingga kadar eceng gondok 0,5% . Akan tetapi, terjadi penurunan mulai pada penambahan kadar eceng gondok 0,7% hingga 1,1%. Nilai MQ menunjukkan fleksibilitas campuran.

$$x = \frac{dy}{dx}$$

4. Akhir

4.1 Simpulan

Atas dasar pemeriksaan yang telah dilakukan dapat diambil hasil akhir :

- 1) Besarnya persentase penambahan serbuk eceng gondok pada campuran aspal beton sampai dengan 0,7%, rata-rata memenuhi spesifikasi bina marga yang telah di tentukan.
- 2) Nilai stabilitas pada penambahan serbuk eceng gondok sebesar 1031 kg/mm dan nilai Flow sebesar 3.96 mm.

3)

4.2 Saran

- 1) Penelitian ini sebaiknya dikembangkan lebih lanjut agar dapat lebih mendalami efek

$$y = -168.07 x^2 + 181.97x - 205.11 \\ = 0.54 \%$$

Untuk nilai x, substitusi ke **persamaan - $168.07 x^2 + 181.97x + 205.11$** untuk mengetahui hasil nilai VIM pada grafik. Jadi nilai MQ **254kg/mm** dan kadar serbuk eceng gondok optimumnya adalah **0.54%**.

pemakaian serbuk tersebut untuk jenis lapisan kombinasi aspal yang lain.

- 2) Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan variasi atau cara yang berbeda agar dapat lebih mengetahui pengaruh bahan tambah eceng gondok terhadap campuran aspal.

Daftar Pustaka

Anam, S., Ilmayanti, N., R.M, R., Putra, R., Setioboro, S., & Setiyawan, P. (2015). *Pemanfaatan Serbuk Eceng Gondok Sebagai Campuran Beton Mutu Tinggi*. 6, 2–7.

Fikri, H., Subagja, A., & Manurung,

- A. S. D. (2018). *Karakteristik Aspal Modifikasi dengan penambahan Limbah Botol Plastik Polyethylene Terephthalate (PET)*. 609–616.
- Kadir, A. (2006). Tranportasi : Peran dan Dampaknya Dalam Pertumbuhan Ekonomi Nasional. *Jurnal Perencanaan Dan Pengembangan Wilayah Wahana Hijau*, 1(3), 121–131.
- Muldiyanto, A. (2011). Uji Stabilitas Terhadap Flow Campuran Aspal Dengan Marshall Test (Kadar Aspal 5 % , Penetrasi 60/70). *Jurnal Pengembangan Rekayasa Dan Teknologi*, 13(1), 11.
<https://doi.org/10.26623/jprt.v14i1.535>
- Sugianto, I., Prasetya, D. S. B., & Ahzan, S. (2018). Penggunaan Eceng Gondok Sebagai Filler untuk Meningkatkan Kuat Mekanik Batako Ringan Berbahan Dasar Limbah Emas. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 6(2), 43.
<https://doi.org/10.33394/j-lkf.v6i2.1135>