

ANALISA KARAKTERISTIK MARSHALL DENGAN LIMBAH PLASTIK PP SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA LASTON AC-WC

Syafik Safira Febrianti¹, Akhmad Suryadi², Sugeng Riyanto³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, ³Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri

¹syafiksafira@gmail.com, ²akhmad.suryadi@polinema.ac.id, ³gusriyan74@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk menganalisis perilaku karakteristik marshall dari benda uji normal Laston AC-WC pen 60/70 dengan kadar aspal 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5% dan yang telah disubstitusi plastik PP dengan kadar plastik 0%; 5%; 10%; 15%; 20%, serta dibutuhkan adalah hasil pengujian sifat fisik agregat kasar, halus, dan aspal, rancangan campuran perkerasan SNI-07-1737-1989, Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) untuk Jalan Raya, dan daftar harga satuan pekerjaan. Proses analisis karakteristik marshall menggunakan Microsoft Excel dan SPSS untuk analisis varian.

Dari hasil pengujian sifat fisik, diperoleh berat jenis bulk agregat kasar sebesar 2,731 gram/cm³, berat jenis bulk agregat halus sebesar 2,72 gram/cm³, berat jenis aspal sebesar 1,035 gr/cc. Dari pengujian marshall, diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,75% dengan nilai stabilitas 1818,30 kg, nilai flow sebesar 3,20 mm dan diperoleh nilai kadar plastik optimum sebesar 15% dengan nilai stabilitas 2789,31 kg dan nilai flow sebesar 3,53 mm, serta total anggaran biaya dari benda uji normal sebesar Rp 129.622,09/m² dan benda uji substitusi dengan plastik PP dengan kadar plastik 15% sebesar Rp 128.862,47/m².

Kata Kunci : marshall; plastik bekas PP; laston AC-WC; kadar aspal optimum (KAO); substitusi plastik

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to analyze the marshall characteristics of Laston AC-WC pen 60/70 normal specimen with asphalt content of 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5% and added with PP plastik content of 0%; 5%; 10%; 15%; 20%, also calculate and compare the cost estimated of these two types of specimens, the required data are the results of coarse, fine and asphalt physical properties test, the jobmix, the SNI-07-1737-1989, Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) untuk Jalan Raya, and the unit price list. The analyze of marshall characteristic is using Microsoft Excel and the varians analysis is using SPSS.

From the analysis results, obtained a coarse aggregate's bulk density of 2,731 gram/cm³, a fine aggregate's bulk density of 2,72 gram/cm³, an asphalt's density 1,035 gr/cc, From Marshall, the optimum asphalt content (KAO) was 5.75% with a stability value of 1818.30 kg, a flow value of 3.20 mm and an optimum plastic content value of 15% with a stability value of 2789.31 kg and a flow value of 3.53 mm, and the total cost of the normal specimen is 129,622.09 rupiahs / m² and the substitute test object with PP plastic with 15% plastic content is 128,862.47 rupiahs / m².

Keywords: marshall; used plastic PP; laston AC-WC; optimum asphalt content; plastic substitution

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan sarana transportasi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia untuk melakukan kegiatan sehari-hari. Jalan dapat dibedakan menjadi beberapa macam konstruksinya, namun jenis konstruksi perkerasan di Indonesia pada umumnya menggunakan perkerasan lentur. Material utama yang digunakan pada perkerasan lentur yaitu agregat dan aspal sebagai bahan pengikatnya. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan

akibat beban muatan kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut. Oleh sebab itu substitusi atau mencari bahan pengganti menjadi salah satu alternative yang digunakan untuk mendapat kualitas lapis perkerasan yang baik. Bahan pengganti yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu limbah plastik berupa limbah berbahan baku jenis PP berupa botol minuman. Penggunaan limbah PP sebagai substitusi agregat halus pada campuran aspal beton

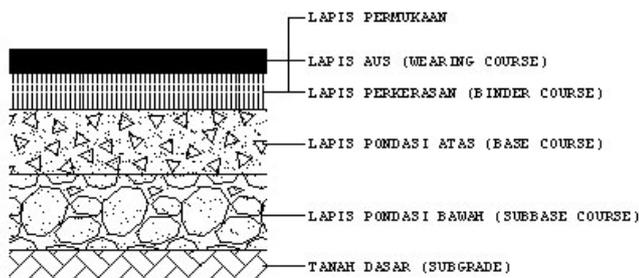
lapis aus (AC-WC) bisa menjadi salah satu bentuk pemanfaatan limbah plastik yang ada.

Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapis perkerasan yang terletak diantara tanah dasar dan roda kendaraan. Berdasarkan bahan pengikatnya suatu konstruksi perkerasan jalan dibagi menjadi tiga yaitu perkerasan lentur (menggunakan aspal sebagai bahan pengikat), perkerasan kaku (menggunakan beton sebagai bahan pengikat), dan perkerasan komposit (kombinasi antara perkerasan lentur dan kaku).

Perkerasan Lentur

Merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Contohnya yaitu Laston (Lapis Aspal Beton), Lataston (Lapis Atas Aspal Beton), *Hot Rolled Asphalt* (HRA). Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari:



Sumber : Google

Gambar 1. Susunan Lapisan Perkerasan Lentur

Material utama pada struktur perkerasan jalan antara lain yaitu agregat, aspal, dan bahan pengisi (*filler*). Seluruh material yang digunakan harus memenuhi spesifikasi RSNI-03-1737-1989.

Lapisan Aspal Beton (Laston)

Laston adalah beton aspal bergradasi menerus yang digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas berat, blaston dikenal dengan nama AC (Asphalt Concrete).

Karakteristik Campuran Beraspal

Menurut Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal ialah stabilitas (*stability*), keawetan (*durability*), kelenturan (*flexibility*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser (*skid resistance*), kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton

Sifat volumetrik pada campuran sangat menentukan kinerja dari aspal beton yang terdiri dari:

Berat Jenis Bulk Agregat (G_{sb})

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}}$$

Berat Jenis Maksimum Campuran (G_{mm})

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

Rongga diantara Mineral Agregat (VMA)

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}$$

Rongga di dalam Campuran (VIM)

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}}$$

Rongga Terisi Aspal (Void Filled with Bitumen (VFB))

$$VFB = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{G_{mm}}$$

Pengujian Marshall

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (*stability*) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Stabilitas merupakan beban maksimum yang dipikul benda uji sebelum hancur dinyatakan dalam satuan beban (kg). *Flow* merupakan besar perubahan bentuk plastis dari laston akibat adanya beban sampai batas keruntuhan, dinyatakan dalam satuan panjang (mm).

2. METODE

Persiapan material

Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu meliputi agregat kasar, agregat halus, aspal, dan filler. Agregat kasar dan halus didapatkan dari Purwosari, Kabupaten Malang. Aspal yang digunakan yaitu dengan nilai penetrasi 60/70. Filler atau bahan pengisi yang digunakan yaitu berupa semen gresik.

Pengujian Sifat Fisik Material

Pengujian sifat fisik bahan bertujuan agar seluruh material yang digunakan memenuhi persyaratan SNI-03-1737-1989 agar benda uji memiliki hasil yang optimum.

Pengujian ini dilakukan pada setiap material yang meliputi:

Aspal (Penetrasi, Berat Jenis, Titik Lembek)

Agregat Halus (Berat Jenis, Kadar Air, Kadar Organik, Gradasi),

Agregat Kasar (Berat Jenis, Kadar Air, Kekerasan, Keausan)

Pembuatan Benda Uji Normal

Setelah seluruh material telah memenuhi spesifikasi, langkah selanjutnya yaitu pembuatan benda uji normal yang bertujuan untuk mencari nilai Kadar Aspal Optimum (KAO).

Pengujian Marshall Benda Uji Normal

Pengujian *marshall* ini menggunakan alat *marshall* digital. Pengujian *marshall* pada penelitian ini memiliki output nilai kekuatan (stabilitas) dan lendutan (*flow*), kedua nilai tersebut digunakan untuk menghitung sifat volumetric aspal dan grafik parameter *marshall* pada benda uji normal.

Pembuatan Benda Uji KAO dan Substitusi Plastik

Penentuan kadar aspal optimum (KAO) dilakukan setelah Pengujian Marshall sesuai dengan variasi yang telah ditentukan dengan masing-masing variasi dibuat 3 benda uji. Nilai KAO tersebut digunakan sebagai acuan untuk pembuatan benda uji dengan substitusi plastik.

Pengujian Marshall Benda Uji KAO dan Substitusi Plastik

Setelah dilakukan pembuatan benda uji normal dengan 3 benda uji pada masing-masing variasi, dilakukan penumbukan sesuai dengan kelas jalan yang akan digunakan yaitu sebanyak 75 kali pada permukaan atas dan bawah benda uji. Sebelum melakukan pengujian *marshall*, dilakukan pemeriksaan sifat volumetric aspal yang bertujuan untuk mengetahui tebal benda uji, diameter benda uji, berat kering, berat dalam air, dan berat SSD pada masing-masing benda uji. Pengujian *marshall* pada penelitian ini memiliki output nilai kekuatan (stabilitas) dan lendutan (*flow*), kedua nilai tersebut digunakan untuk menghitung sifat volumetric aspal dan grafik parameter *marshall* pada benda uji KAO dan substitusi plastik.

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan Anggaran Biaya dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung koefisien dari masing-masing bahan, upah, dan alat. Selanjutnya koefisien tersebut dikalikan dengan harga satuan pekerjaan dan ditambah dengan overhead, sehingga didapatkan harga pekerjaan lapisan perkerasan per m².

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis yang dilakukan ada 3 macam yaitu analisis sifat fisik material, Perhitungan *Job Mix*, analisis karakteristik *marshall*, dan analisis biaya.

Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Berat Jenis <i>Bulk</i>	gr/cm ³	2,731	Min. 2,5
Berat Jenis SSD	gr/cm ³	2,767	Min. 2,5
Berat Jenis App	gr/cm ³	2,832	Min. 2,5
Penyerapan Air	%	0,317	Max. 3

Keausan (<i>Los Angeles</i>)	%	18%	Max.30%
Kekerasan Agregat	%	3,591	Max. 30%

Sumber: Hasil Analisis

Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Berat Jenis <i>Bulk</i>	gr/cm ³	2,72	Min. 2,5
Berat Jenis SSD	gr/cm ³	2,73	Min. 2,5
Berat Jenis App	gr/cm ³	2,74	Min. 2,5
Penyerapan Air	%	0,863	Max. 3

Sumber: Hasil Analisis

Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Berat Jenis Aspal	gr/cc	1,035	Min. 1
Titik Lembek Aspal	°C	48,5	Min. 48 Max. 58
Penetrasi Aspal	mm	68,2 77,8	Min. 60 Max. 79

Sumber: Hasil Analisis

Kebutuhan Bahan Penyusun Laston AC-WC

Hasil kebutuhan campuran bahan penyusun dapat dihitung setelah melakukan pengujian gradasi agregat kasar dan halus. Metode yang digunakan dalam menentukan gradasi campuran yaitu dengan mengambil batas tengah dari spesifikasi gradasi yang telah disyaratkan dalam RSNI 03-1737-1989 dan didapatkan hasil presentase agregat kasar sebesar 40%, agregat halus sebesar 55%, dan filler sebesar 5%. Hasil proporsi yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Proporsi Campuran Agregat

Saringan	% Lolos	Spek AC - WC	Gradasi Rapat IV
38,1	100,00	-	
25 1''	100,00	-	
19 ¾''	100,00	100	
12,5 ½''	100,00	80-100	
9,5 3/8''	89,63	70-90	
4,75 No.4	65,40	50-70	
2,36 No.8	42,03	35-50	
1,18 No.16	32,52	-	
0,6 No.30	18,66	18-29	
0,3 No.50	13,26	13-23	
0,15 No.100	8,85	8-16	
0,075 No.200	5,00	4-10	

Sumber: Hasil Analisis

Perhitungan Kebutuhan Aspal

Perhitungan kadar aspal rencana (Pb) dengan rumus:

$$P_b = 0,035 (\% \text{ CA}) + 0,045 (\% \text{ FA}) + 0,18 (\% \text{ Filler}) + \text{konstanta} \quad (5)$$

Dengan pengertian:

$$P_b = 0,035 (\% \text{ CA}) + 0,045 (\% \text{ FA}) + 0,18 (\% \text{ Filler}) + \text{konstanta}$$

Dengan pengertian:

P_b = adalah kadar aspal perkiraan;

CA = adalah agregat kasar tertahan saringan No.8;

FA = adalah agregat halus lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200;

Filler = adalah agregat halus lolos saringan No.200;

Nilai konstanta sekitar 0,5 sampai dengan 1,0 untuk AC dan HRS

(Sumber RSNI 03-1737-1989)

Dari perhitungan kadar aspal rencana, didapatkan nilai 5,5% kemudian menentukan dua kadar aspal dibawah nilai kadar aspal rencana, dan dua kadar aspal diatas rencana, dengan hasil:

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai Kadar Aspal Rencana

Pb - 0,5	Pb - 1	Pb	Pb + 0,5	Pb + 1
4,5	5	5,5	6	6,5

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan prosentase di atas, maka didapatkan total berat aspal yang dibutuhkan sebagai berikut:

Tabel 6. Perhitungan Kebutuhan Aspal

Pb(%)	Berat Aspal (gram)	Jumlah Benda Uji	Total Berat Aspal (gram)
4,5%	54	3	162
5%	60	3	180
5,5%	66	3	198
6%	72	3	216
6,5%	78	3	234

Sumber: Hasil Analisis

Hasil Pengujian Sifat Volumetrik dan Pengujian Marshall Benda Uji Normal

Pemeriksaan sifat volumetric aspal yang bertujuan untuk mengetahui tebal benda uji, diameter benda uji, berat kering, berat dalam air, dan berat SSD. Hasil uji sifat volumetric dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 7. Hasil Uji Sifat Volumetrik dan Pengujian Marshall

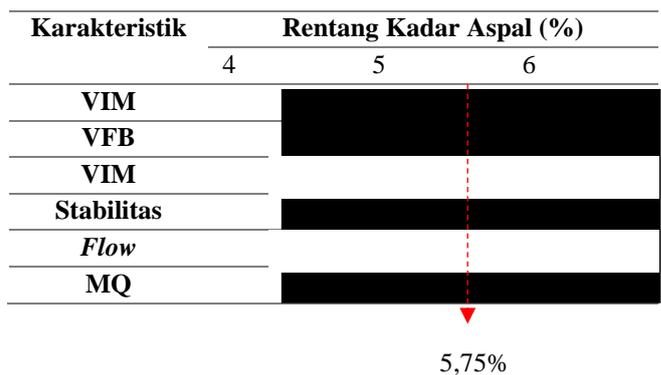
Parameter	Kadar Aspal (%)				
	4,5	5	5,5	6	6,5
Marshall					
Densitas	2,19	2,15	2,165	2,17	2,18
VIM (%)	2,69	2,76	2,381	2,38	2,35
VMA(%)	23,60	25,16	25,16	25,12	25,26
VFB (%)	88,63	89,05	90,53	91,01	91,11

Stabilitas	1338	1069	1001	1064	978
Flow(mm)	2,17	2,31	2,31	2,20	2,79
MQ	526	390	368	408	301

Sumber: Hasil Analisis

Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum ditentukan berdasarkan hasil pengujian *marshall* benda uji normal yang mempunyai nilai paling optimum, dengan grafik di bawah ini:



Gambar 2. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan tabel penentuan nilai kadar aspal optimum diatas, didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,75%

Hasil Pengujian Marshall Benda Uji dengan KAO

Setelah mendapatkan nilai KAO sebesar 5,75%, maka dilakukan pengujian *marshall* pada benda uji KAO.

Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall Benda Uji KAO

Parameter Marshall	Spesifikasi	Hasil Pengujian dan Perhitungan
Densitas		2,065
VIM (%)	Min. 3,5%	2,840
VMA (%)	Min. 15%	28,795
VFB (%)	Min. 65%	90,13
Stabilitas (Kg)	Min. 800	1818,297
Flow (mm)	Min. 3	3,200
MQ (Kg/mm)	Min 250	478,187

Sumber: Hasil Analisis

Benda Uji Substitusi Agregat Halus dengan Plastik PP

Pada pengujian ini, kadar plastik PP yang digunakan yaitu dengan prosentase 5%; 10%; 15%; 20%. Plastik yang digunakan yaitu dengan ukuran lolos saringan Ø 9,5 dan tertahan saringan Ø 4,75.

Hasil Perhitungan Kebutuhan Plastik PP

Berikut ini merupakan berat kebutuhan plastik yang digunakan:

Tabel 9. Perhitungan Kebutuhan Plastik PP

Kadar Plastik PP (%)	Berat plastik tiap benda uji (gram)	Jumlah Benda Uji	Berat Total Plastik (gram)
5%	13,71	3	41,12
10%	27,41	3	82,23
15%	41,12	3	123,35
20%	54,82	3	164,47
25%	68,53	3	616,75

Sumber: Hasil Analisis

Hasil Pengujian Marshall Benda Uji Substitusi Plastik PP

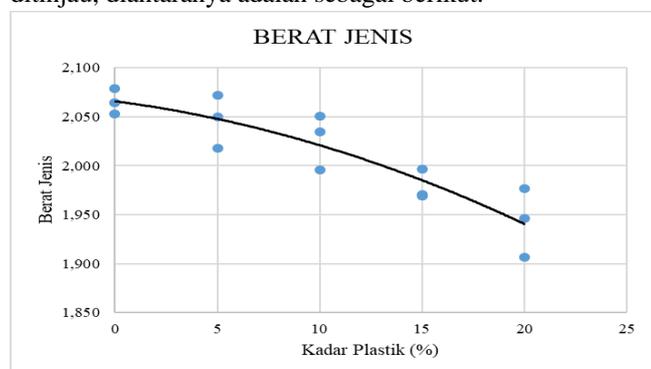
Hasil uji sifat volumetric dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 10. Hasil Pengujian Sifat Volumetric pada Benda Uji Substitusi Plastik PP

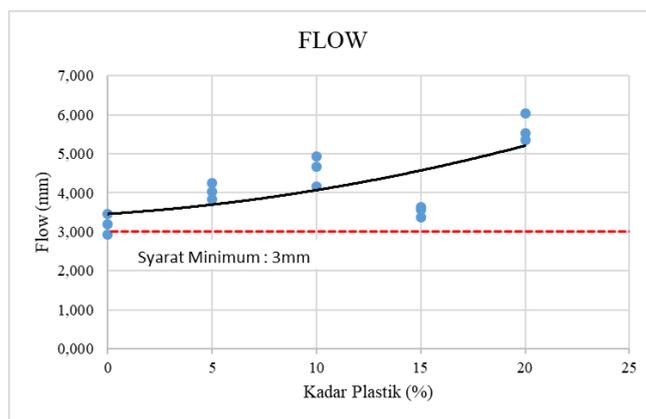
Parameter Marshall	Spek min.	Kadar Aspal			
		5,0%	10,0%	15,0%	20,0%
Densitas		2,047	2,027	1,978	1,943
VIM (%)	3.5%	3,112	4,329	3,765	4,622
VMA (%)	15%	29,44	30,13	31,79	33,01
VFB (%)	65%	89,41	85,65	88,16	86,05
Stabilitas (kg)	800	2171,92	1846	2789	3330
Flow (mm)	3	4,040	4,593	3,530	5,643
MQ (Kg/mm)	250	452,08	334,33	663,00	490,42

Sumber: Hasil Analisis

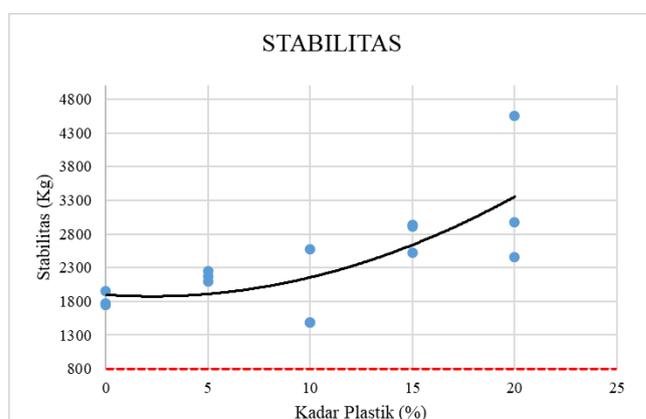
Selain ditampilkan dalam bentuk tabel diatas, hasil pengujian juga ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara kadar plastik substitusi dengan seluruh karakteristik marshall yang ditinjau, diantaranya adalah sebagai berikut.



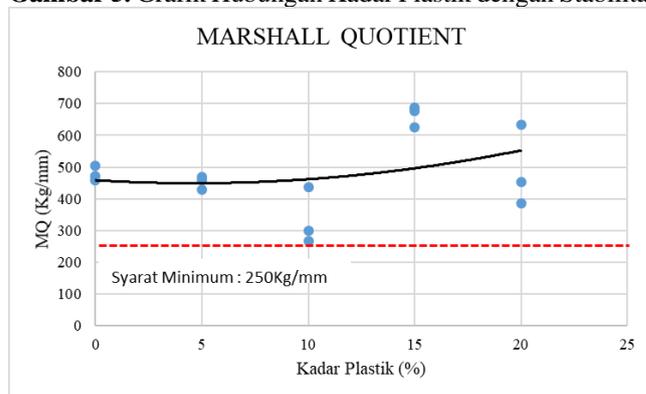
Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Plastik dengan Berat Jenis



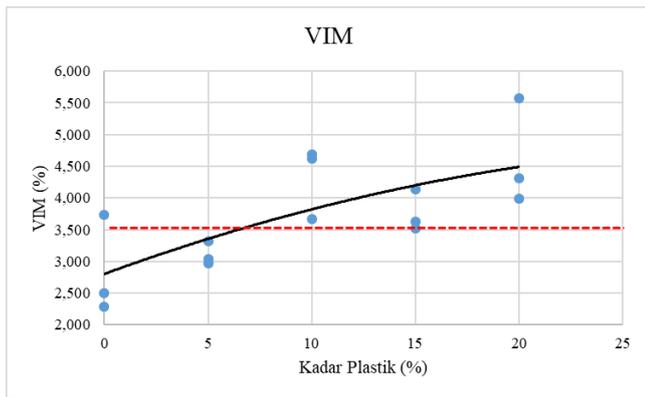
Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Plastik dengan Berat Flow



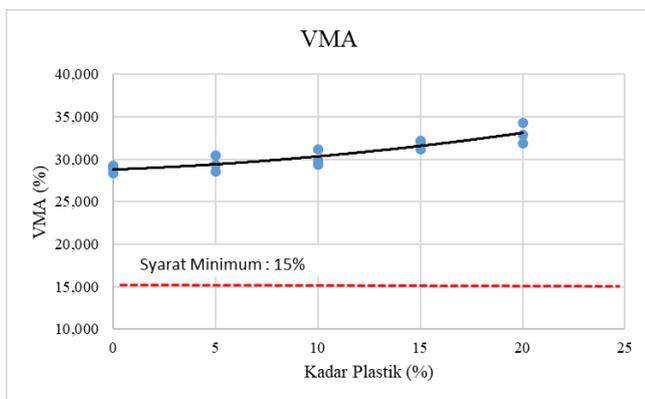
Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Plastik dengan Stabilitas



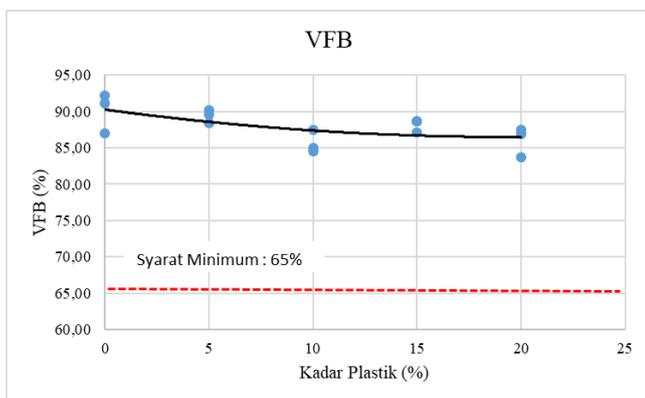
Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Plastik dengan MQ



Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Plastik dengan VIM



Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Plastik dengan VMA



Gambar 9. Grafik Hubungan Kadar Plastik dengan VFB

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, seluruh nilai sifat volumetric dan hasil pengujian *marshall* semuanya telah memenuhi persyaratan SNI-03-1737-1989.

Analisis Biaya

Berdasarkan perhitungan analisa harga satuan pekerjaan yang mengacu pada AHSP bidang Bina Marga Kementerian PU, diperoleh nilai estimasi biaya meliputi upah, bahan dan alat pada pekerjaan perkerasan laston AC-WC tanpa

substitusi plastik PP sebesar Rp 129.622,09/m² dan dengan substitusi plastik PP sebesar Rp 128.862,47/m².

4. KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- 1) Dari hasil pengujian pada benda uji normal dengan variasi kadar aspal sesuai perhitungan kadar aspal rencana (Pb) yaitu 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5% sebanyak 15 benda uji dengan masing-masing variasi berjumlah 3, didapatkan hasil perhitungan karakteristik marshall dan didapatkan kesimpulan nilai kadar aspal optimum yaitu 5,75%.
- 2) Dari pengujian yang dilakukan, disimpulkan bahwa benda uji dengan substitusi plastik PP pada agregat halus dengan prosentase 15% menghasilkan nilai karakteristik marshall yang paling baik atau optimum dibandingkan kadar plastik lainnya.
- 3) Hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya campuran tanpa menggunakan substitusi plastik PP yaitu sebesar Rp 1.171.347,05, sedangkan biaya yang dikeluarkan untuk campuran laston dengan menggunakan plastik PP dengan kadar substitusi plastik 15% yaitu sebesar Rp 1.164.680,15. Hal ini menunjukkan bahwa biaya yang dibutuhkan untuk campuran laston dengan substitusi plastik PP lebih murah daripada campuran laston tanpa substitusi plastik PP dengan selisih biaya Rp 6.666,90 per ton nya atau 0,57% lebih murah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian Dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia. 2006. Pedoman Tentang Pelaksanaan Lapisan Campuran Beraspal Panas. Revisi SNI 03-1737-1989.
- [2] Gunadi, M.A.D et al 2013. Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) dengan Menggunakan Plastik Bekas Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat.
- [3] Pratama, NY, Widodo S, Sulandari E.2018. Pengaruh Penggunaan Sampah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Lapis Aspal Beton (LASTON). Revisi SNI 03-1737-1989
- [4] Silalahi,UAK. 2019. Analisis Karakteristik Marshall Pada Lapisan Aspal Beton AC-WC Dengan Limbah Plastik HDPE (Tugas Akhir yang tidak dipublikasikan, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang, 2019).
- [5] Sukirman, S. 1992. Perkerasan LenturJalan Raya. Nova, Bandung
- [6] Wantoro, W., Kusumaningrum D, Setiadji BH, Kushardjoko W. Pengaruh Penambahan Plastik Bekas Tipe Low Density Polyethylene (LDPE) Terhadap Kinerja Campuran Beraspal. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.