



PENGARUH PENAMBAHAN PLASTIK (*POLYETHYLENE TEREPHTHALATE*) PADA CAMPURAN AC-WC (*ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE*) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Ani Firda^{*}, Bahder Djohan, Hendrik Jimmyanto, Deta Febrianty

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti Palembang

^{*}Corresponding Author, email : ani.firda@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan plastik di Indonesia terus meningkat, dapat dilihat dari terus meningkatnya volume sampah plastik dari tahun ke tahun. Hal ini menimbulkan masalah bagi lingkungan karena dibutuhkan waktu yang lama agar plastik dapat terurai. Plastik PET (polyethylene terephthalate) merupakan jenis plastik yang banyak digunakan sehingga dapat dimanfaatkan sebagai material dalam konstruksi jalan raya bila plastik tersebut menjadi limbah. Untuk mengurangi jumlah sampah plastik, pada penelitian ini menambahkan 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% PET terhadap berat total dalam campuran laston AC-WC. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan plastik PET variasi 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% dengan penggunaan aspal rencana 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, dan 7% pada campuran AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course). Campuran laston AC-WC menggunakan metode pencampuran kering. Pengujian karakteristik campuran menggunakan Marshall Test yang ditentukan oleh parameter stabilitas, flow, Marshall quotient, VIM, VMA, dan VFA, dimana hasilnya diperoleh kadar optimum aspal laston AC-WC pada kadar 6,1% dan untuk campuran laston AC-WC dengan cacahan plastik PET diperoleh kadar optimum aspal sebesar 0,5%

Kata Kunci : Plastik PET (polyethylene terephthalate), Test Marshall, Laston AC-WC.

ABSTRACT

Indonesia continues to utilize more plastic, as evidenced by the growth in plastic trash generation year after year. This is a dilemma for the ecology because it takes a long time for plastic to decay. PET plastic, also known as polyethylene terephthalate, is a popular type of plastic because it can eventually be recycled into materials for building highways. In this investigation, the total weight of the AC-WC mixture was increased with 0%, 1%, 2%, 3%, and 4% PET to reduce the amount of plastic waste. The purpose of this study was to find out how much influence the use of PET plastic varied 0%, 1%, 2%, 3%, and 4% with the use of asphalt plans 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, and 7% in the AC mixture -WC (Asphalt Concrete - Wearing Course). The AC-WC Laston blend is made using a dry mixing technique. Testing the characteristics of the mixture using the Marshall Test, which is based on the stability, flow, Marshall quotient, VIM, VMA, and VFA parameters, the results showed that the asphalt AC-WC content should be at its optimal level at 6.1%, and that it should be at its optimal level at 0.5% for the mixture of Laston AC-WC and chopped PET plastic.

Keywords : PET plastic (polyethylene terephthalate), Marshall Test, Laston AC-WC.

PENDAHULUAN

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang paling populer di antara konstruksi perkerasan. Keunggulan jalan fleksibel dibandingkan dengan jalan lain adalah daya dukungnya yang tinggi, yang dapat menyerap beban lalu lintas kendaraan, dan biaya konstruksinya yang rendah. Selain hal-hal seperti perkerasan lentur, jalan raya juga membutuhkan kestabilan yang tinggi agar jalan dengan kendaraan berat tidak merusak jalan. Penggunaan plastik di Indonesia terus meningkat, dapat dilihat dari terus meningkatnya volume sampah plastik dari tahun ke tahun. Hal ini menimbulkan masalah bagi lingkungan karena dibutuhkan waktu yang lama agar plastik dapat terurai. Salah satu

jenis plastik yang banyak digunakan adalah plastik PET (*polyethylene terephthalate*) yang bisa dimanfaatkan di bidang konstruksi jalan raya. Plastik jenis PET ini tidak berwarna atau bening. (Husnul Fikri, 2019). Dengan menambahkan limbah plastik PET (*polyethylene terephthalate*) ke dalam campuran laston AC-WC dengan kadar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% terhadap berat total campuran merupakan inovasi yang dikembangkan dalam mengurangi jumlah sampah plastik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan plastik PET variasi 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% dengan penggunaan aspal rencana 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, dan 7% pada campuran AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course). Proses pencampuran aspal dan agregat menggunakan metode kering (dry mix). Uji properti Marshall digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum AC-WC yang terdiri dari beberapa parameter yaitu stabilitas, flow, rasio Marshall, VIM, VMA dan VFA.

KAJIAN LITERATUR

Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan di atas subbase yang dipadatkan yang mendukung beban lalu lintas, mendistribusikan beban baik secara horizontal maupun vertikal, dan pada akhirnya mentransfer beban ke subbase sehingga beban pada subbase tidak melebihi kapasitas dukung bebannya. Lapisan perkerasan terdiri dari satu atau lebih lapisan batuan dan komposit. Perkerasan bekerja dengan baik bila perencanaan dilakukan dengan baik dan komponen utama dari sistem perkerasan bekerja dengan baik (Hardiyatmo, 2015).

Campuran Beraspal Panas

Bahan bangunan untuk konstruksi jalan terbuat dari agregat dan bahan pengikat berupa aspal. Agregat adalah elemen perkerasan yang mengandung 90-95 kg berat dan 75-85 kg volume dari komposisi perkerasan dan karenanya secara otomatis berkontribusi pada faktor kekuatan utama perkerasan. Aspal adalah cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon yang mengandung sejumlah kecil sulfur, oksigen, dan klorin. Aspal adalah bahan yang sangat kompleks yang bertindak sebagai pengikat perkerasan yang fleksibel dan memiliki sifat viskoelastis. Menurut (Setiobudi, 2019, aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Banyaknya aspal sebagai bahan pengikat agregat dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran atau 10-15% berdasarkan volume campuran

Perencanaan Campuran AC-WC dan Plastik

Komposisi campuran AC-WC dengan Plastik PET (*polyethylene terephthalate*) pada penelitian ini dengan perbandingan 0%, 1%, 2%, 3% dan 4 % terhadap berat campuran beraspal. Pencampuran aspal dan Agregat dilakukan secara langsung, dimana aspal dipanaskan 150 °C dan agregat dipanaskan 160 °C kemudian dimasukkan cacahan Plastik dengan kadar yang ditentukan ke aspal yang telah dipanaskan dan yang telah tercampur dengan agregat.

Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete*)

Aspal-beton atau lapisan AC adalah lapisan permukaan yang mengandung campuran aspal keras dan agregat bergradasi kontinyu, yang dicampur, disebar dan dipadatkan pada kondisi suhu tinggi pada suhu tertentu (Saodang, 2004). Lapisan perkerasan dengan aspal beton ini memiliki kelebihan yaitu memiliki stabilitas perkerasan yang tinggi. Menurut Sugeha dalam Cahyono, et al, (2021), aspal beton (AC) atau biasa dikenal dengan laston (lapisan aspal beton) adalah lapisan permukaan yang terdiri dari laston sebagai lapisan tahan aus. Di mana laston terbuat dari agregat kelas kasar yang terdiri dari pasir dan campuran aspal keras, kemudian diaspal dan dipadatkan dalam keadaan panas suhu tertentu

Gradasi Agregat Gabungan

Jumlah agregat campuran aspal yang dilaporkan sebagai persen berat agregat dan bahan pengisi harus memenuhi batas yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 divisi 6 revisi 1.

Kadar Aspal Rencana (KAR) atau *Design Mix Formula* (DMF)

Kandungan bitumen (kadar aspal) dalam campuran aspal memiliki dampak yang signifikan terhadap desain bahan perkerasan lentur. Selain menentukan faktor kekuatan perkerasan, kadar aspal juga berperan penting dalam menentukan harga satuan bahan campuran. Setelah memperkirakan kadar aspal optimum, ditentukan kadar aspal yang direncanakan untuk memproduksi benda uji.

***Job Mix Formula* (JMF)**

Komposisi campuran agregat dalam desain campuran (JMF) diperoleh dengan menggunakan rumus campuran pekerjaan dan dihitung secara numerik menggunakan sistem persamaan linier yang mampu menghitung lebih dari satu variabel, yaitu Gaussian-Jordan, untuk mendapatkan desain campuran yang tepat.

Parameter Marshall Test

Pengujian Marshall adalah suatu metode pengujian untuk mengukur stabilitas dan kelelahan plastis campuran beraspal dengan menggunakan alat marshall.

Stabilitas (*stability*)

Kestabilan adalah beban yang dapat ditahan oleh campuran aspal sampai terjadi pelelehan atau dengan kata lain kemampuan lapisan pejal menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja padanya, tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan kadar agregat yaitu gesekan antara partikel agregat dengan massa pengikat, daya lekat dan kandungan aspal dalam campuran agregat. Persyaratan nilai kondisi tunak minimum adalah 800 kg.

Kelelahan (*flow*)

Kelelahan adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal beban agar stabilitas turun, yang merupakan besarnya deformasi yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Nilai aliran dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, ukuran partikel, massa dan suhu pemadatan. Senyawa

kelelahan rendah, stabilitas tinggi cenderung kaku dan rapuh, sementara senyawa kelelahan tinggi, stabilitas rendah cenderung ulet dan mudah berubah bentuk di bawah beban kendaraan. Kepadatan aspal yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan mempengaruhi penurunan nilai aliran. Kelelahan yang dibutuhkan adalah 2,0 hingga 4,0 mm.

Rongga Dalam Agregat (VMA)

Kekosongan dalam agregat mineral (VMA) adalah rongga udara antara partikel agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan sebagai persentase dari total volume. Jumlah ruang udara mempengaruhi kinerja campuran. Jika VMA terlalu kecil, campuran dapat memiliki masalah daya tahan, dan jika VMA terlalu besar, campuran dapat memiliki masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi. Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan yaitu massa dan suhu pemadatan, ukuran partikel agregat dan kadar aspal. Nilai VMA mempengaruhi impermeabilitas campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Nilai VMA menentukan nilai stabilitas, fleksibilitas dan daya tahan, nilai VMA yang dibutuhkan adalah 15%.

Rongga Dalam Campuran (VIM)

Void in Mix (VIM) adalah persentase rongga yang ada dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap durabilitas lapisan perkerasan, semakin tinggi nilai VIM maka semakin besar porositas pada campuran, sehingga campuran tersebut semakin berpori. Hal ini membuat campuran menjadi kurang padat sehingga air dan udara dapat dengan mudah masuk ke dalam pori-pori sehingga aspal lebih rentan terhadap oksidasi. Air akan melarutkan komponen yang teroksidasi yang mengakibatkan penurunan kandungan aspal dalam campuran secara terus menerus. Berkurangnya kadar aspal dalam campuran menyebabkan berkurangnya daya rekat antar partikel agregat sehingga terjadi delaminasi dan pengelupasan permukaan pada lapisan perkerasan. Membutuhkan nilai VIM 3% hingga 5%. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan bleed karena pada suhu tinggi viskositas aspal menurun dengan sifat termoplastiknya.

Volume Pori Yang Terisi Oleh Aspal (VFA)

Void Filled With Asphalt (VFA) adalah persentase rongga yang terisi aspal dalam campuran setelah mengalami pemadatan. Nilai VFA dipengaruhi oleh jumlah dan temperatur pemadatan, ukuran partikel agregat dan kandungan aspal. Nilai VFA mempengaruhi impermeabilitas campuran terhadap air dan udara serta elastisitasnya. VFA menentukan stabilitas, kelenturan dan daya tahan, semakin tinggi nilai VFA maka semakin banyak rongga dalam campuran beraspal, sehingga ketahanan air dan udara campuran juga semakin tinggi. Nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan bleeding, sedangkan nilai yang terlalu rendah akan membuat adonan kurang encer dan kedap udara. Akibatnya, lapisan film aspal akan menjadi tipis dan mudah retak saat diberi beban tambahan, campuran aspal mudah teroksidasi, dan dalam waktu lama, film aspal tidak lagi mampu menahan gaya. Nilai VFA yang dibutuhkan minimal 65%.

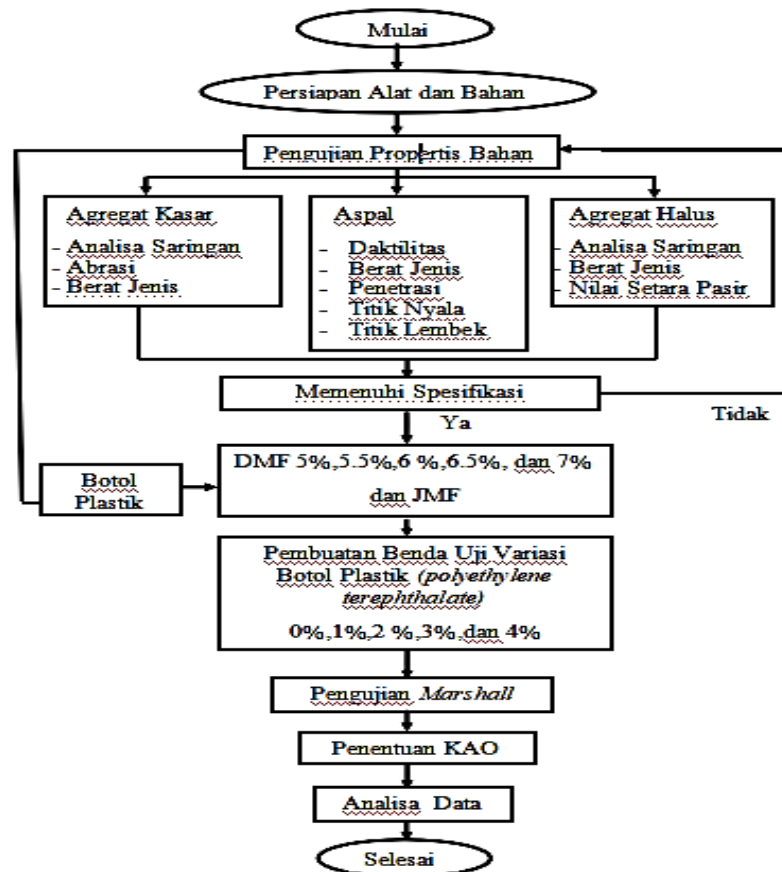
Marshall Quotient (MQ)

Hasil bagi Marshall (MQ) adalah hasil bagi antara stabilitas dan kelelahan, yang akan menghasilkan campuran nilai yang fleksibel. Semakin tinggi nilai Marshall Quotient,

semakin keras campurannya, semakin rendah nilainya, semakin lembut campurannya. Nilai Marshall Quotient dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan aliran. Nilai Marshall Quotient yang dibutuhkan lebih besar dari 250 kg/mm. Nilai Marshall Quotient yang kurang dari 250 kg/mm menyebabkan perkerasan rawan rutting dan bleeding, sedangkan nilai yang tinggi membuat perkerasan menjadi keras dan rawan retak.

METODOLOGI PENELITIAN

Studi karakteristik campuran dilakukan dengan meneliti campuran aspal konvensional guna mendapatkan nilai kadar aspal optimum dengan kadar aspal rencana 5 %, 5.5 %, 6 %, 6.5 %, dan 7%. Melakukan pencampuran cacahan plastik PET kadar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% terhadap berat total campuran. Melakukan perhitungan hasil dari percobaan pada masing-masing karakteristik marshall, yaitu stabilitas, Flow, MQ, VIM, VFA dan VMA. Lalu membandingkan antara campuran aspal konvensional dengan aspal penambahan limbah plastik PET. Adapun diagram alir penelitian di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Kebutuhan Material Campuran

Kebutuhan jumlah agregat dalam perancangan campuran AC-WC dilakukan dengan menggunakan metode JMF (*Job Mix Formula*) dengan komposisi yang telah diperoleh

dari hasil perhitungan matematis. Hal ini bertujuan untuk memperoleh data seberapa banyak komposisi tiap jenis agregat yang dibutuhkan untuk masing-masing gradasi.

Tabel 1. Kebutuhan Material Benda Uji Laston AC-WC

Kadar Aspal Rencana		5%	6.5%	6%	6.5%	7%
Total Agregat (%)		95%	94.5%	94%	93.5%	93%
Total Berat Campuran (gr)		1150	1150	1150	1150	1150
Total Berat Aspal (gr)		57.5	63.3	69	74.8	80.5
Berat Agregat (gr)		1092.5	1086.8	1081	1075.3	1069.5
Total Perfraksi (gr)						
Batu 1/2	5%	54.6	54.3	54.1	53.8	53.5
Batu 1/1	41%	447.9	445.6	443.2	440.9	438.5
Abu Batu	37%	404.2	402.1	400	397.8	395.7
Pasir	15%	163.9	163	162.2	161.3	160.4
Filler	2%	21.9	21.7	21.6	21.5	21.4
Total Agregat	100%	1092.5	1086.7	1081	1075.3	1069.5
Total Kumulatif (gr)						
Batu 1/2		54.6	54.3	54.1	53.8	53.5
Batu 1/1		502.6	499.9	497.3	494.6	492
Abu Batu		906.8	902	897.2	872.5	887.7
Pasir		1070.7	1065	1059.7	1053.7	1048.1
Filler		1092.5	1086.8	1081	1075.3	1069.5

Setelah itu dilakukan pencampuran aspal dan agregat untuk semua pilihan pada Tabel 1 yang diperoleh, dilanjutkan dengan pemadatan pada masing-masing sampel dengan alat pemadat Marshall.

Pengujian Marshall Laston AC-WC

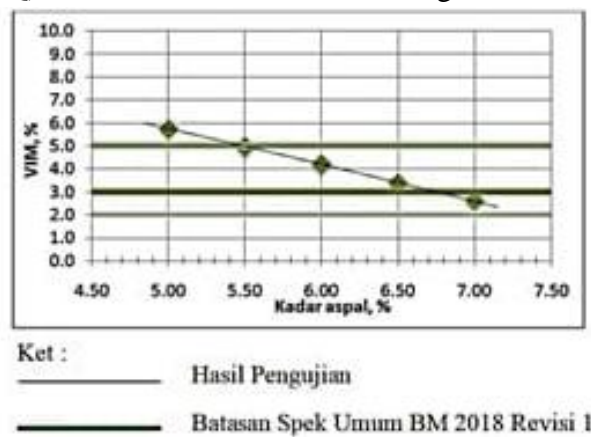
Tahap selanjutnya dilakukan pengujian Marshall terhadap spesimen yang telah dipadatkan dengan alat pemadat. Pengujian Marshall dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Marshall Laston AC-WC

Kode Briket Aspal Konvensional	Kadar Aspal (%)	Berat Isi (t/m^3)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas (kg)	Kelelehan (mm)	MQ (kg/mm)
Syarat			3.0-5.0	Min. 15	Min. 65	Min. 800	2.0 – 4.0	
(1) 5%	5%	2.251	5.45	28.39	80.80	1198.5	2.40	10.52
(2) 5%	5%	2.263	4.92	27.99	82.41	1208.3	2.70	10.52
(3) 5%	5%	2.217	6.86	29.45	76.71	1215.7	3.00	10.52
Rata-rata	5%	2.244	5.743	28.61	79.97	1207.5	2.70	10.52
(1) 5.5%	5.5%	2.241	5.22	29.08	82.04	1064.0	2.85	10.99
(2) 5.5%	5.5%	2.256	4.60	28.61	83.92	1027.3	3.00	10.99
(3) 5.5%	5.5%	2.243	5.12	29.00	82.35	1002.9	3.20	10.99
Rata-rata	5.5%	2.247	4.980	28.90	82.77	1031.4	3.02	10.99
(1) 6%	6%	2.250	4.20	29.18	85.61	831.6	3.10	11.46
(2) 6%	6%	2.240	4.63	29.50	84.30	973.6	3.60	11.46

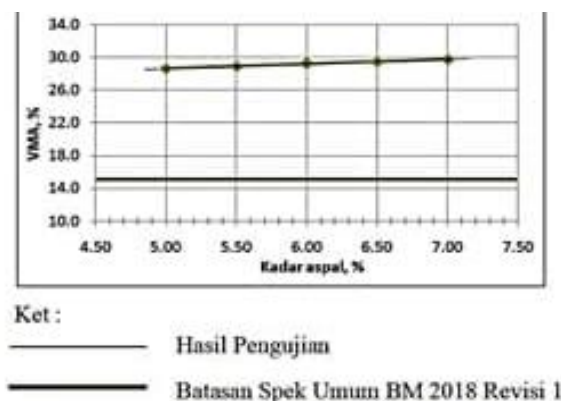
(3) 6%	6%	2.259	3.82	28.90	86.78	1076.2	3.10	11.46
Rata-rata	6%	2.249	4.22	29.19	85.57	960.5	3.27	11.46
(1) 6.5%	6.5%	2.262	3.03	29.17	89.63	905	3.30	11.93
(2) 6.5%	6.5%	2.242	3.88	29.80	86.97	922.1	3.20	11.93
(3) 6.5%	6.5%	2.256	3.29	29.36	88.80	929.5	3.10	11.93
Rata-rata	6.5%	2.253	3.40	29.44	88.46	918.9	3.20	11.93
(1) 7%	7%	2.250	2.88	29.91	90.38	843.9	2.90	12.40
(2) 7%	7%	2.250	2.91	29.94	90.29	858.5	3.20	12.40
(3) 7%	7%	2.270	2.03	29.30	93.07	890.3	3.50	12.40
Rata-rata	7%	2.257	2.607	29.72	91.240	864.2	3.20	12.40

Semua data dalam 6 parameter yang meliputi rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam campuran agregat (VMA), rongga yang terisi aspal (VFA), stabilitas, kelelahan, dan *Marshall Quetient* (MQ) diatas dibuat ke dalam bentuk grafik berikut :



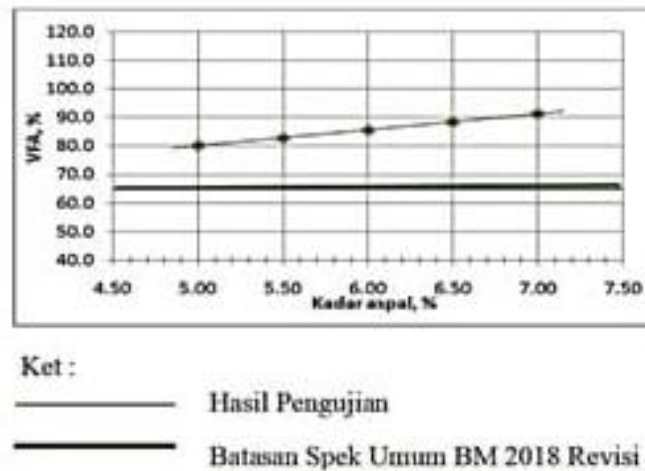
Gambar 2. Hasil Pengujian *Marshall* Laston AC-WC Parameter VIM

Dari gambar 2 didapat nilai VIM (*Void In Mix*) 5% sebesar 5,74% , 5,5% sebesar 4,98% , 6% sebesar 4,22% , 6,5% sebesar 3,4% , dan 7% sebesar 2,61%, dapat dilihat dari nilai VIM dikadar 5% dan 7% tidak termasuk dalam spesifikasi namun kadar 5,5%, 6%, dan 6,5% memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1.



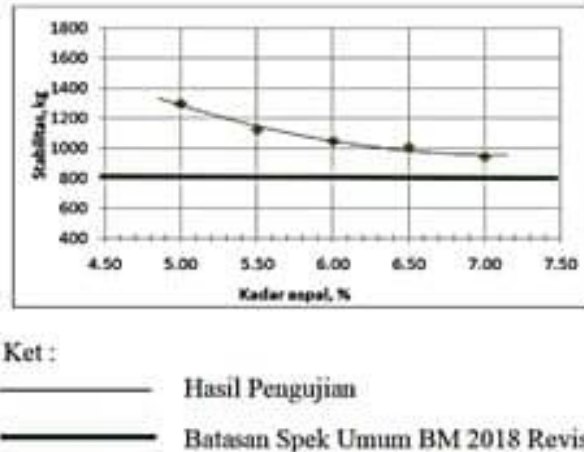
Gambar 3. Hasil Pengujian *Marshall* Laston AC-WC Parameter VMA

Dari gambar 3 didapat nilai VMA (*Void In Mineral Aggregate*) 5% sebesar 28,61% , 5,5% sebesar 28,90% , 6% sebesar 29,19% , 6,5% sebesar 29,44% , dan 7% sebesar 29,72%, dapat dilihat dari nilai VMA yang semuanya memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1.



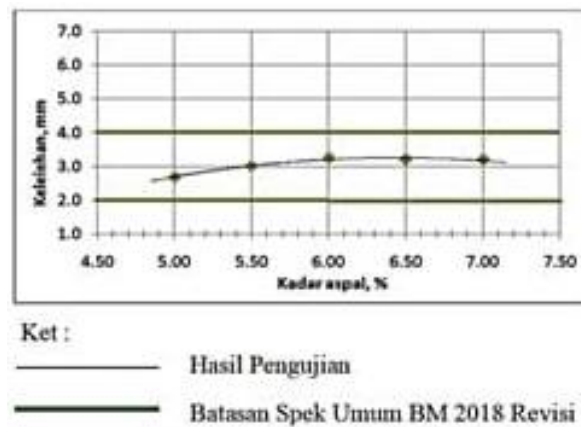
Gambar 4. Hasil Pengujian *Marshall* Laston AC-WC Parameter VFA

Dari gambar 4 didapat nilai VFA (*Void Filled with Asphalt*) 5% sebesar 79,97% , 5,5% sebesar 82,77% , 6% sebesar 85,57% , 6,5% sebesar 88,46% , dan 7% sebesar 91,24%, dapat dilihat dari nilai VFA yang semuanya memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1.



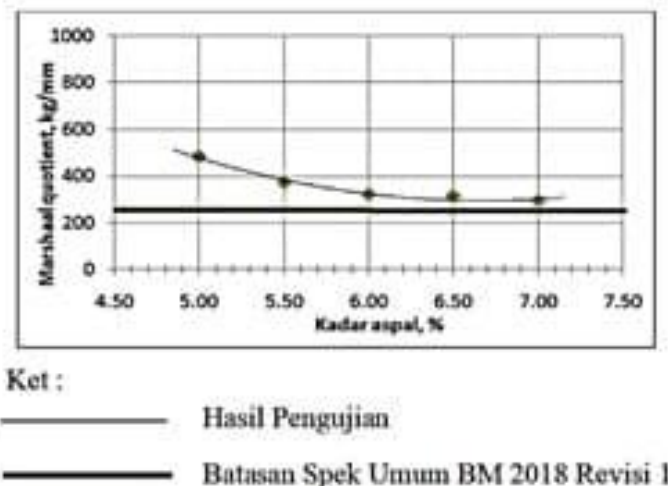
Gambar 5. Hasil Pengujian *Marshall* Laston AC-WC Parameter Stabilitas

Dari gambar 5 didapat nilai Stabilitas 5% sebesar 1207,5 kg, 5,5% sebesar 1031,4 kg, 6% sebesar 960,5 kg, 6,5% sebesar 918,8 kg, dan 7% sebesar 864,2 kg, dapat dilihat dari nilai stabilitas yang semuanya memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1.



Gambar 6. Hasil Pengujian *Marshall* Laston AC-WC Parameter Kelelahan

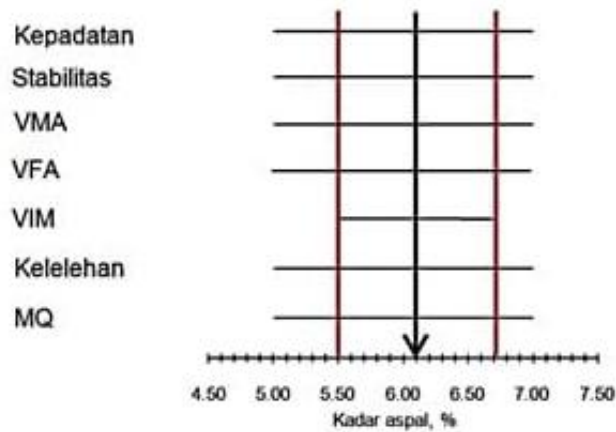
Dari gambar 6 hasil pengujian *marshall* campuran laston AC-WC didapat nilai Kelelahan (*flow*) 5% sebesar 2,70 mm, 5,5% sebesar 3,02 mm, 6% sebesar 3,02 mm, 6,5% sebesar 3,20 mm, dan 7% sebesar 3,20 mm, dapat dilihat dari nilai kelelahan (*flow*) yang semuanya memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1.



Gambar 7. Hasil Pengujian *Marshall* Laston AC-WC Parameter MQ

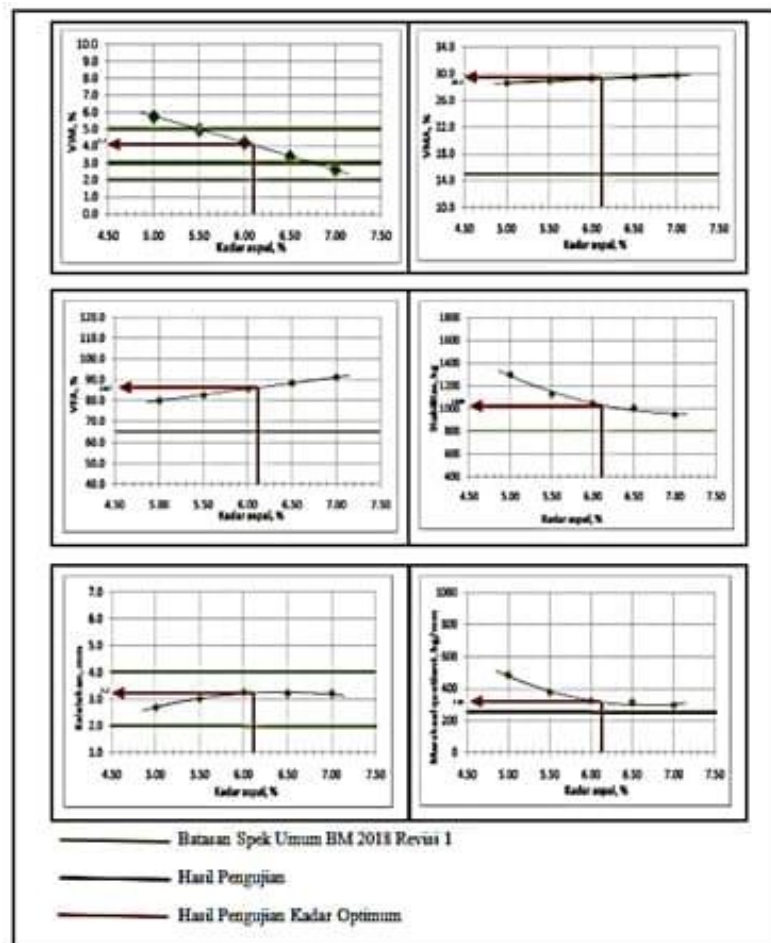
Dari gambar 7 hasil pengujian *marshall* campuran laston AC-WC didapat nilai MQ untuk kadar aspal 5% sebesar 484,5 kg/ mm, untuk kadar aspal 5,5% sebesar 373,9 kg/mm, untuk kadar aspal 6% sebesar 321,9 kg/mm, untuk kadar aspal 6,5% sebesar 313,3 kg/mm, dan untuk kadar aspal 7% sebesar 295,6 kg/mm dapat dilihat dari nilai MQ yang semuanya memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1.

Untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) yaitu dengan cara mencari nilai rata-rata dari masing-masing parameter Marshall yang telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Kemudian di buat grafik batang untuk menentukan kadar aspal optimumnya, dapat dilihat pada gambar 8 berikut :



Gambar 8. Gambar Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dapat dilihat dari gambar 8 bahwa hanya nilai kadar aspal dengan rentang 5,5% hingga 6,5% yang dilewati garis merah dan memenuhi semua parameter *marshall*, lalu rentang tersebut diambil nilai tengahnya dan didapat Kadar Aspal Optimumnya (KAO) sebesar 6,1%. Untuk melihat nilai optimum (KAO) sebesar 6,1% dari tiap-tiap parameter *marshall* campuran laston AC-WC di tampilkan pada gambar 9 berikut :



Gambar 9. Rekap Nilai Optimum (KAO) 6,1% Laston AC-WC

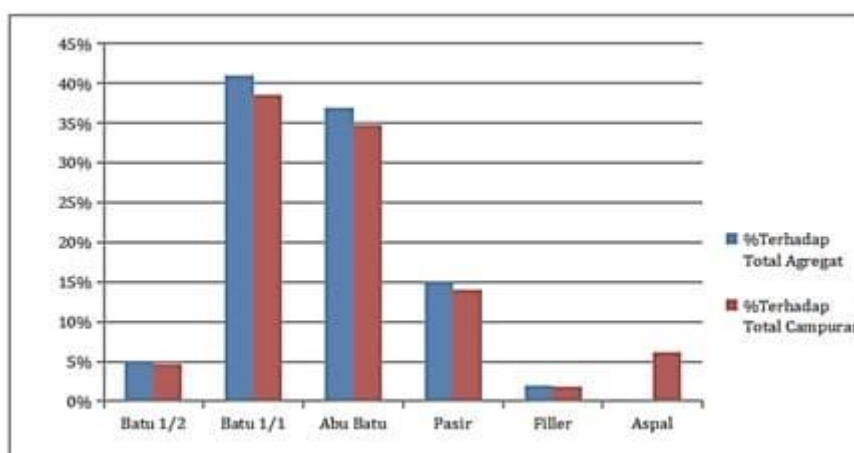
Dari grafik di atas, dapat dilihat yang ditunjuk oleh tanda panah adalah nilai optimum dari masing-masing parameter *marshall* pada KAO 6,1% nilai VIM 4,1% ,VMA 29,3% , VFA 80,7%, Stabilitas 1020 kg, Kelelahan 3,2 mm, dan MQ (*Marshall Quotient*) 310 kg/mm masuk dalam spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 1. Hasil percobaan pengujian *marshall test* didapat bahwa dalam penelitian ini campuran Laston AC-WC 6,1% yang akan dipakai dan di campur dengan cacahan botol plastik PET.

Pembuatan DMF dan JMF

Dalam pembuatan JMF difokuskan pada kadar aspal optimum (KAO) 6,1% yang akan dipakai untuk pembuatan benda uji Laston AC-WC dengan bahan tambah berupa cacahan botol plastik PET (*polyethylene terphthalate*) dapat dilihat pada tabel 3.

Table 3. Rekap Kebutuhan Material untuk Benda Uji AC-WC Pada KAO 6.1%

No	Jenis Bahan	% Terhadap Total Agregat	% Terhadap Total Campuran	Jumlah (gram)	Total Komulatif (gram)
1	Batu 1/2	5%	4.7%	54	54
2	Batu 1/1	41%	38.50%	442.7	496.7
3	Abu Batu	37%	34.74%	399.5	896.2
4	Pasir	15%	14.08%	162	1058.2
5	Filler	1.88%	1.88%	21.6	1079.8
6	Aspal	0%	6.1%	70.2	1150
Total		100%	100%	1150	

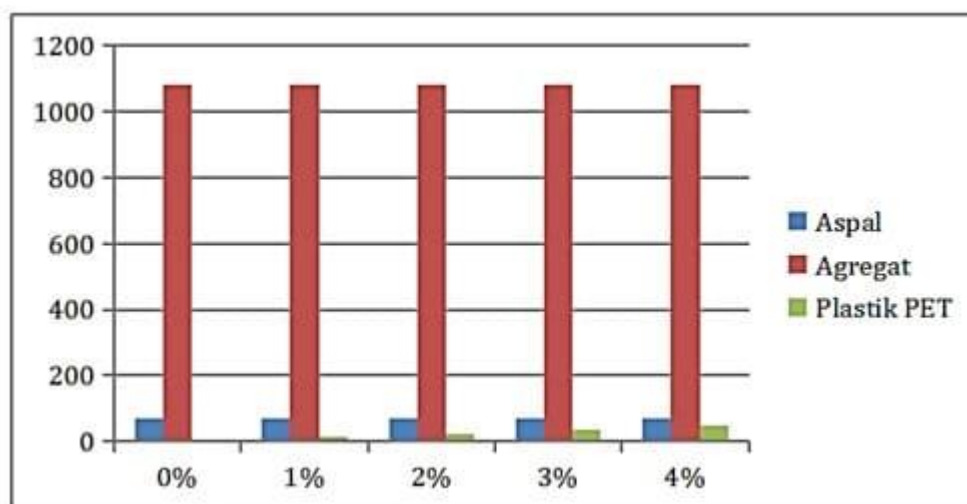


Gambar 10. Grafik Perbandingan Kebutuhan Material Untuk Benda Uji Pada KAO 6.1%

Adapun kebutuhan material benda uji persen variasi kadar percampuran cacahan botol plastik PET 0%,1%,2%,3%, dan 4% dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Bahan Campuran Benda Uji pada KAO 6,1%

Jenis Bahan	Komposisi Bahan Campuran				
	Kadar Botol Plastik PET (Polyethylene Terephthalate)				
	0%	1%	2%	3%	4%
Botol Plastik PET	0 gr	11.5 gr	23 gr	34.5 gr	46 gr
Aspal	70.2 gr	70.2 gr	70.2 gr	70.2 gr	70.2 gr
Agregat	1079 gr	1079.6 gr	1079.6 gr	1079 gr	1079.9 gr



Gambar 11. Grafik Komposisi Bahan Benda Uji pada KAO 6,1%

Hasil Pengujian *Marshall* Campuran AC-WC dengan Plastik PET

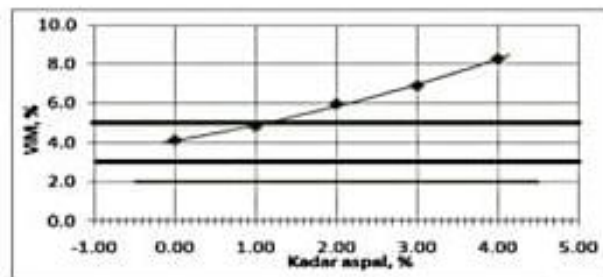
Variasi pencampuran cacahan plastik PET menggunakan 5 variasi kadar yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Satu variasi persen pencampuran terdiri dari tiga sampel. Hasil pengujian *marshall* campuran AC-WC dengan cacahan plastik PET dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Marshall* campuran AC-WC dengan cacahan plastik PET

Kadar Plastik PET	Berat Isi (t/m ³)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (mm)	MQ (kg/mm)
Syarat		3.0-5.0	Min. 15	Min. 65	Min. 800	2.0 – 4.0	
(1) 0%	2.263	3.83	24.2	84.18	966.2	3.10	339.7
(2) 0%	2.242	4.75	24.93	80.93	917.3	3.80	263.1
(3) 0%	2.264	3.79	24.17	84.31	880.6	3.40	282.3
Rata-rata	2.256	4.12	24.43	83.14	921.4	3.43	295.0
(1) 1%	2.212	4.83	26.68	81.91	917.3	7.70	195.2
(2) 1%	2.204	5.14	26.92	80.90	856.1	4.40	194.6
(3) 1%	2.220	4.47	26.40	83.06	795.0	4.90	162.2
Rata-rata	2.212	4.81	26.67	81.96	856.1	4.67	184.0
(1) 2%	2.153	6.19	29.35	78.92	795.0	5.75	128.6
(2) 2%	2.157	5.98	29.19	79.51	697.1	5.90	109.9
(3) 2%	2.165	5.67	28.96	80.41	660.4	5.50	115.3
Rata-rata	2.158	5.95	29.17	79.61	717.5	5.72	117.9
(1) 3%	2.142	5.49	30.41	81.96	758.3	7.25	97.3
(2) 3%	2.061	9.05	33.04	72.61	538.1	7.30	68.6
(3) 3%	2.126	6.2	30.94	79.97	782.7	7.15	101.8
Rata-rata	2.110	6.91	31.46	78.18	693.0	7.23	89.2

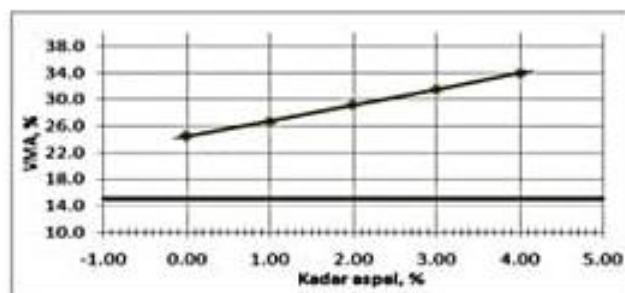
(1) 4%	2.025	9.53	34.88	72.68	611.5	7.80	72.9
(2) 4%	2.084	6.91	33.00	79.05	672.7	8.10	77.2
(3) 4%	2.052	8.35	34.03	75.47	562.6	8.25	63.4
Rata-rata	2.054	8.26	35.97	75.73	615.6	8.05	71.2

Nilai hasil pengujian *Marshall* yang telah diperoleh, digambarkan dalam bentuk grafik untuk melihat hubungan antar parameter-parameter *Marshall* tersebut. Adapun grafik hasil pengujian *Marshall* disajikan pada gambar 12. Dari gambar 12 didapat nilai *VIM (Void In Mix)* 0% sebesar 4,13% , 1% sebesar 4,81% , 2% sebesar 5,95% , 3% sebesar 6,91% , dan 4% sebesar 8,26%, dapat dilihat dari nilai *VIM* dikadar 2% sampai 4% tidak termasuk dalam spesifikasi namun kadar 0%, dan 1% memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak kadar aspal dalam campuran maka akan mempengaruhi ketahanan dari lapis perkerasan itu sendiri dimana terdapat rongga yang semakin besar dalam campuran.



Ket :
 — Hasil Pengujian
 — Batasan Spek Umum BM 2018 Revisi 1

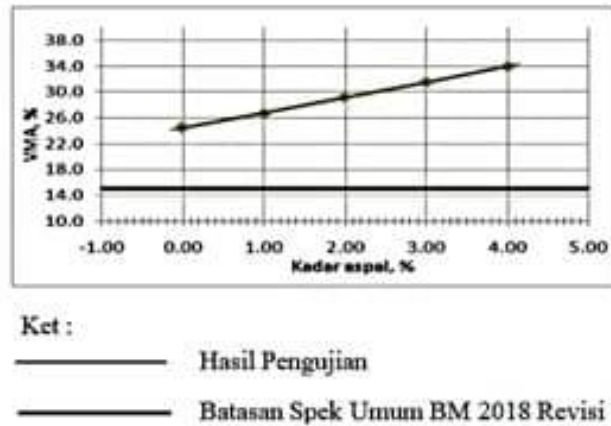
Gambar 12. Grafik Parameter *VIM* Campuran AC-WC + Cacahan Plastik PET



Ket :
 — Hasil Pengujian
 — Batasan Spek Umum BM 2018 Revisi 1

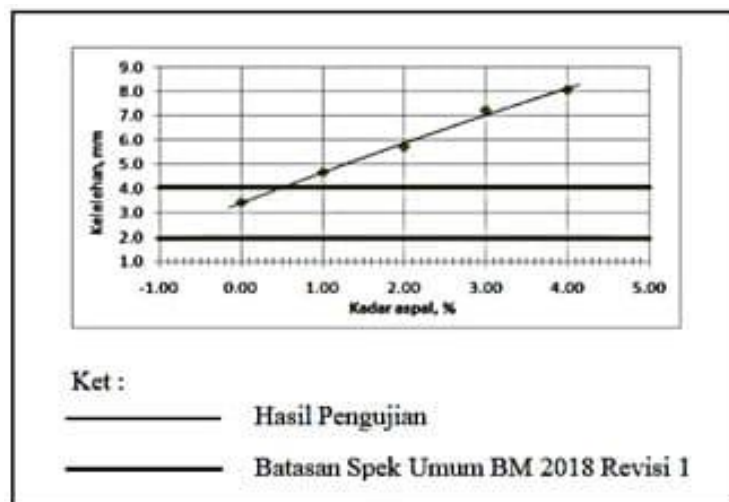
Gambar 13. Grafik Parameter *VFA* Campuran AC-WC + Cacahan Plastik PET

Dari gambar 13 didapat nilai VFA (*Void Filled with Asphalt*) 0% sebesar 83,14% , 1% sebesar 81,96% , 2% sebesar 79,61% , 3% sebesar 78,18% , dan 4% sebesar 75,73%, dapat dilihat nilai VFA seluruhnya memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1. Jadi, semakin tinggi nilai VFA menandakan semakin besar rongga dalam campuran yang terisi aspal, sehingga kekedapan campuran aspal terhadap air semakin tinggi.



Gambar 14. Grafik Parameter Stabilitas Campuran AC-WC + Cacahan Plastik PET

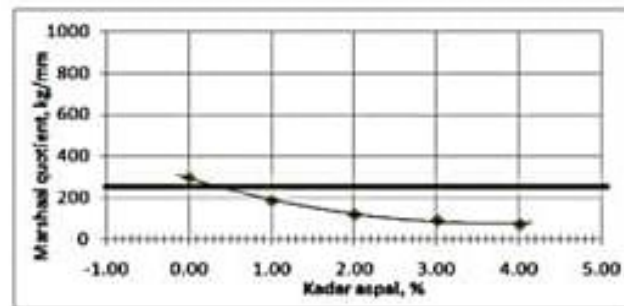
Dari gambar didapat nilai stabilitas 0% sebesar 921,4% , 1% sebesar 856,1% , 2% sebesar 717,5% , 3% sebesar 693,0% , dan 4% sebesar 615,6%, dapat dilihat dari nilai stabilitas dikadar 2% sampai 4% tidak termasuk dalam spesifikasi namun kadar 0%, dan 1% memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1, jadi adanya penambahan cacahan botol plastik PET terhadap campuran laston AC-WC menyebabkan terjadinya penurunan nilai stabilitas, Sehingga mengakibatkan daya ikat antara aspal dan agregat berkurang.



Gambar 15. Grafik Parameter Flow Campuran AC-WC + Cacahan Plastik PET

Dari gambar didapat nilai Kelelehan (*flow*) 0% sebesar 3,43% , 1% sebesar 4,67% , 2% sebesar 5,72% , 3% sebesar 7,23% , dan 4% sebesar 8,05%, dapat dilihat dari nilai

kelelahan (*flow*) dikadar 1% sampai 4% tidak termasuk dalam spesifikasi namun kadar 0% memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1, jadi semakin tinggi penambahan kadar campuran cacahan botol plastik PET (*polyethylene terephthalate*) semakin tinggi pula nilai kelelahan (*flow*) hal ini menandakan campuran aspal akan bersifat plastis sehingga mudah berubah bentuk akibat beban lalu lintas yang tinggi dan berat.

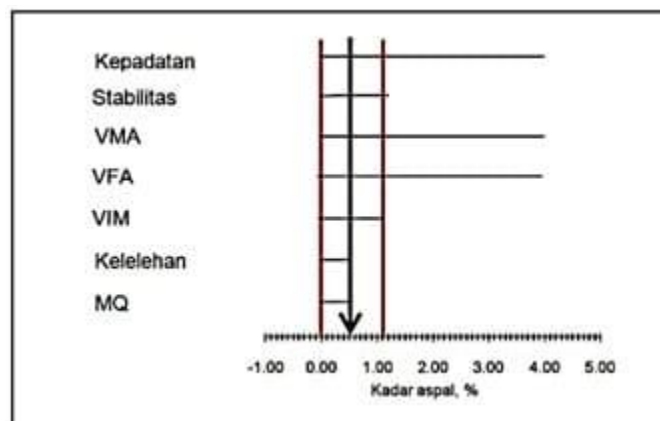


Ket :
 ————— Hasil Pengujian
 ————— Batasan Spek Umum BM 2018 Revisi 1

Gambar 16. Grafik Parameter MQ Campuran AC-WC + Cacahan Plastik PET

Dari gambar didapat nilai MQ (*marshall quotient*) 0% sebesar 295,0% , 1% sebesar 184,0% , 2% sebesar 117,9% , 3% sebesar 89,2% , dan 4% sebesar 71,2%, dapat dilihat dari nilai kelelahan (*flow*) dikadar 1% sampai 4% tidak termasuk dalam spesifikasi namun kadar 0% memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1, jadi Nilai Marshall Quotient yang kurang dari 250 kg/mm menyebabkan perkerasan menjadi washboarding dan rutting, sedangkan nilai Marshall Quotient yang tinggi membuat perkerasan menjadi keras dan rawan retak.

Untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) adalah nilai rata-rata dari masing-masing parameter *marshall* yang telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Kemudian di buat grafik untuk menentukan kadar aspal optimumnya, dapat dilihat pada gambar 17.

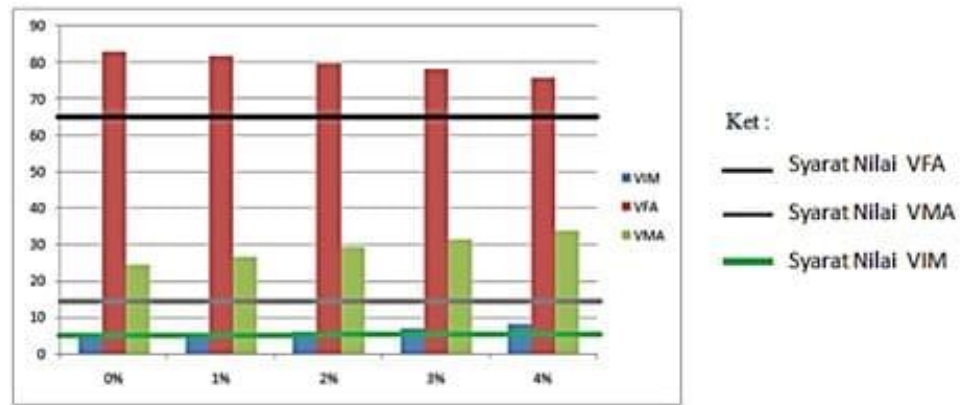


Gambar 17. Penentuan Kadar Optimum Plastik PET Dalam Campuran AC-WC

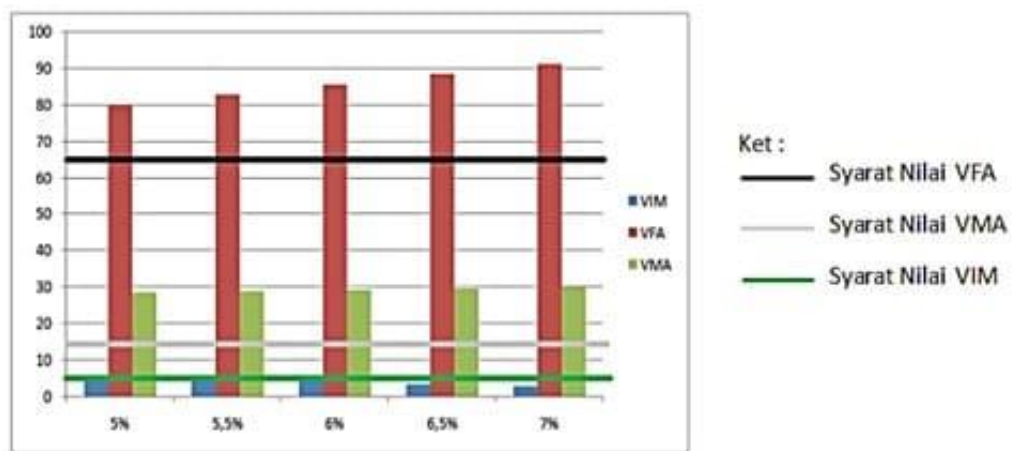
Dari gambar terlihat bahwa hanya kadar plastik PET (*polyethylene terephthalate*) dengan rentang 0% hingga 1,1% yang dilewati oleh garis merah, garis merah tersebut menunjukkan bahwa semua nilai kepadatan, Stabilitas, VMA, VFA, dan VIM kadar Plastik PET (*polyethylene terephthalate*) 0% sampai 1,1% memenuhi semua parameter *Marshall test*, kadar plastik PET (*polyethylene terephthalate*) 0%, 1%, dan 1,1% semua bisa di gunakan karena semua parameternya memenuhi spesifikasi namun agar aman rentang 0% sampai 1,1% diambil nilai tengahnya untuk mendapatkan Kadar Optimum plastik PET (*polyethylene terephthalate*) jadi Kadar Optimum plastik PET (*polyethylene terephthalate*) adalah 0,5%.

Perbandingan Menurut Karakteristik Marshall

Karakteristik Marshall aspal laston AC-WC Konvensional memiliki nilai karakteristik marshall yang lebih baik dibandingkan aspal laston AC-WC + Cacahan plastik PET. Nilai stabilitas aspal laston AC-WC Konvensional dengan kadar aspal 5% ,5.5%,6%,6.5%,7% seluruhnya masuk dalam spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1, sedangkan aspal laston AC-WC + Cacahan plastik PET hanya kadar plastik 0% dan 1% yang masuk dalam spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1, maka dalam hal ini aspal laston AC-WC konvensional memiliki nilai stabilitas tinggi yang mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Aspal laston AC-WC + Cacahan PET, penggunaan kadar plastik yang banyak akan menyebabkan aspal akan mudah mengalami rutting akibat pembebanan atau deformasi pada lapisan subgrade. Sedangkan nilai *flow* aspal laston AC-WC Konvensional dengan kadar aspal 5% ,5.5%,6%,6.5%,7% seluruhnya masuk dalam spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1 sedangkan aspal AC-WC dengan tambahan Cacahan botol plastik PET (*polyethylene terephthalate*) hanya kadar plastik 0% yang masuk dalam spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Revisi 1 sedangkan untuk kadar yang lain tidak masuk dalam spesifikasi, maka dalam hal ini aspal laston AC-WC konvensional memiliki nilai *flow* yang masuk dalam spesifikasi sehingga campuran menjadi semakin padat. Jika campuran semakin padat maka maka deformasi akibat beban yang diberikan semakin kecil. Sedangkan aspal laston AC-WC dengan tambahan Cacahan botol plastik PET, penggunaan kadar plastik yang banyak pada campuran laston AC-WC akan menyebabkan semakin banyak rongga-rongga pada campuran sehingga mengakibatkan campuran laston AC-WC akan menjadi rusak dan tidak stabil. Hal ini menunjukkan campuran aspal akan bersifat plastis sehingga mudah mengalami deformasi akibat beban lalu lintas yang tinggi. Maka dari itu kadar plastik di atas 0,5% tingkat elastisitasnya akan berkurang sehingga mengakibatkan jalan cepat rusak dan tidak tahan lama.



Gambar 18. Perbandingan Parameter Marshall Untuk Laston AC-WC dan Plastik PET



Gambar 19. Perbandingan Parameter Marshall Untuk Laston AC-WC

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian, pembahasan dan analisa dapat diambil kesimpulan bahwa semua variasi campuran laston AC-WC konvensional 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, dan 7 % didapatkan kadar aspal optimum sebesar 6,1% terhadap parameter marshall, sedangkan campuran laston AC-WC dengan cacahan Plastik PET pada kadar PET 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% diperoleh kadar aspal optimum sebesar 0,5% terhadap Laston AC-WC. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan jumlah persentase plastik PET (polyethylene terephthalate) dalam aspal, ataupun menggunakan campuran plastik jenis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aly. M. Anas. 2004. *Jalan Beton Semen. Yayasan Pengembang Teknologi dan Manajemen*. Jakarta.
- Badan Standart Nasional. 2008. SNI 1969:2008 *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air AgregatKasar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standart Nasional. 2008. SNI 1970:2008 *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air AgregatHalus*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- Bali, Dendy Rahmat Putra. 2020. *Pengaruh Penggunaan Plastik Low Linear Density Poly Ethylene Sebagai Pengganti Sebagian Aspal Pengikat Terhadap Campuran Aspal Beton (AC-WC)*. Medan: Universitas Harapan Medan.
- Cahyono, T., Purwanto, H., Setiobudi, A., & Firdaus, M. (2021). *Pengaruh Penambahan Bubuk Batu Bara Sebagai Filler pada Campuran Aspal AC WC*. Jurnal Deformasi, 6(2), 87-93
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Divisi 6 Revisi 1. 2018. Spesifikasi Umum.
- Evandanata, Julis dkk. 2021. *Pemanfaatan Limbah Botol Plastik (PET) Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course*. Palang Karaya: Universitas Palang Karaya.
- Fikri, Husnul, dkk. 2019. *Karakteristik Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik Polyethylene Terephthalate (PET)*. Bandung: Politeknik Negri Bandung.
- Hardiyatmo, H. C. (2015): *Perancangan Perkerasan Jalan & Penyelidikan Tanah*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Lubis, Marwan dkk. 2020. *Pengaruh Penambahan Plastik Low Linear Density Polyethylene (LLDPE) Sebagai Bahan Tambahan Terhadap Campuran Aspal Campuran Aspal Beton (AC-WC)*. Sumatera Utara: Universitas Islam Sumatera Utara
- Mujiarto, Imam. (2005). " *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*". AMNI. Semarang.
- SNI, 1997, *Metode Pengujian Agregat Halus Atau Pasir Yang Mengandung Bahan Plastik Dengan Cara Setara Pasir*, SNI 03-4428-1997, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pembangunan PU, Standart Nasional Indonesia
- Saodang, Ir. Hamirhab MSCE. 2005. *Konstruksi Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Saputra, Ardi dkk. 2020. *Pengaruh Penggunaan Limbah Botol Plastik Pada Campuran Laston Lapis AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall*. Padang: Universitas Bung Hatta.
- Setiobud, A. (2019). *Analisis Pembuatan Job Mix Formula Asphalt Concrete Binder Course (AC BC) Di Pembangunan Jalan Tol Palembang-Simpang Indralaya (Palindra)*. Jurnal Deformasi, 3(2), 84-95.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova: Bandung
- Thanaya, I.N.A. (2008). *The effect of compaction delay and rate of strength gain on cold bituminous emulsion mixtures*. Bali, Indonesia: Universitas Udayana .



Jurnal Deformasi is licensed under
a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License