

Pengaruh Pemanfaatan PET pada Laston Lapis Pengikat Terhadap Parameter *Marshall*

Putri Ajeng Prameswari¹⁾

Priyo Pratomo²⁾

Dwi Herianto³⁾

Abstract

Utilization of plastic waste can be used as an ingredient added to the binder layer of asphalt concrete (AC-BC). The purpose of this study was to determine the characteristics of the Marshall parameters due to the addition of PET (Polyethylene Terephthalate) in the binder layer of asphalt concrete (AC-BC) using the method of Marshall and refer to the specifications of Highways, 2010. The research was carried out by adding pieces of PET in the asphalt mix using the dry method. Before adding PET to the asphalt mixture, first making a specimen of middle limit gradation and upper limit gradation. The value of Optimum Asphalt Content (KAO) obtained in the two groups of test object is equal to 6.44%. Furthermore, the addition of PET in the asphalt mix on the KAO value. PET levels are added to the mixture which is 2%, 4%, 6%, 8%, and 10% of the weight of the asphalt. From the results of the testing and analysis of Marshall, the addition of PET on asphalt concrete binder layer can increase the value of stability. The most of stability value is on the addition of 2% PET. Value stability due to the addition of PET in the asphalt mix increased compared to asphalt mixture without PET. Levels of PET good addition to the asphalt mixture that is 2% because in addition to high stability values, parameters such as VIM Marshall, VFA, VMA, MQ and Flow also has qualified specification of Highways, 2010.

Keywords: AC-BC, PET, stability, Marshall parameter, specification of Highways 2010

Abstrak

Pemanfaatan limbah plastik dapat dilakukan dengan menggunakannya sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton lapis pengikat (AC-BC). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik parameter *Marshall* akibat penambahan PET (*Polyethylene Terephthalate*) pada campuran aspal beton lapis pengikat (AC-BC) menggunakan metode *Marshall* dan mengacu kepada Spesifikasi Bina Marga 2010. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan potongan PET pada campuran aspal menggunakan cara kering. Sebelum menambahkan PET pada campuran aspal, terlebih dahulu membuat benda uji dari gradasi batas tengah dan gradasi batas atas. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh pada kedua kelompok benda uji yaitu sebesar 6,44 %. Selanjutnya dilakukan penambahan PET pada campuran aspal pada nilai KAO tersebut. Kadar PET yang ditambahkan pada campuran yaitu 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat aspal. Dari hasil pengujian dan analisis *Marshall*, penambahan PET pada campuran aspal beton lapis pengikat dapat meningkatkan nilai stabilitas. Nilai stabilitas terbesar yaitu pada penambahan PET 2 %. Nilai stabilitas akibat penambahan PET pada campuran aspal meningkat dibandingkan campuran aspal tanpa PET. Kadar penambahan PET yang baik untuk campuran aspal yaitu 2 % karena selain nilai stabilitasnya tinggi, parameter *Marshall* seperti VIM, VFA, VMA, MQ dan *Flow* juga telah memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga 2010.

Kata Kunci : AC-BC, PET, stabilitas, parameter *Marshall*, spesifikasi Bina Marga 2010

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Soemantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: putriajeng991@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Soemantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Soemantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Aspal merupakan bahan pengikat yang digunakan pada perkerasan lentur. 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 penggunaan bahan tambah (*additive*) menjadi salah satu alternatif yang digunakan untuk mendapatkan kualitas lapis perkerasan yang baik yaitu dengan menambahkan limbah PET pada campuran beraspal. Dengan penambahan PET diharapkan dapat menambah kekuatan dan umur rencana suatu campuran beraspal.

PET (*Polyethylene Terephthalate*) adalah salah satu jenis plastik yang digunakan sebagai bahan baku botol minuman. Pemanfaatan limbah plastik dapat dilakukan dengan menggunakannya sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton lapis pengikat (AC-BC) dengan menggunakan cara basah dan cara kering (Suroso, 2008). Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas aspal beton dan memenuhi persyaratan teknis untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Pada penelitian ini yang ditinjau adalah pengaruh penambahan plastik botol minuman (PET) sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton terhadap karakteristik *Marshall* yang meliputi *stability*, *flow*, *void in mineral aggregate (VMA)*, *void in mix (VIM)*, *void filled with asphalt (VFA)* dan *Marshall Quotient* (Nyoman, 2011).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Laston

Lapis aspal beton (*Laston*) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (Sukirman, 1999). Beton aspal dengan campuran bergradasi menerus memiliki komposisi dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi (*filler*) dan aspal (*bitumen*) sebagai pengikat. Ciri lainnya memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku.

Menurut spesifikasi campuran beraspal Departemen Pekerjaan Umum 2010, Laston (AC) terdiri dari tiga macam campuran, Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, dan 37,5 mm. Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas di Indonesia seperti campuran beraspal jenis AC-WC tertera dalam Tabel 1. dibawah ini :

Tabel 1. Karakteristik campuran Laston AC-BC sesuai spesifikasi Bina Marga 2010.

Sifat Sifat Campuran		Laston					
		AC-WC		AC-BC		AC-Base	
		halus	kasar	halus	kasar	halus	kasar
Kadar Aspal Efektif (%)		5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan Aspal (%)	Max				1,2		
Jumlah Tumbukan Perbidang				75			112 ⁽¹⁾
Rongga Dalam Campuran (%)	Min				3,5		
	Max				5,0		
Rongga Dalam Agregat (VMA)(%)	Min	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65		63		60	
Stabilitas <i>Marshall</i> (Kg)	Min		800			1800 ⁽¹⁾	
	Max		-			-	
Pelelehan (Mm)	Min		3			4,5 ⁽¹⁾	
Marshall Quotient (Kg/Mm)	Min		250			300	

2.2. Bahan Penyusun Campuran Aspal

Bahan-bahan penyusun lapisan aspal beton berisi agregat kasar, agregat halus, aspal, *filler*. Dan berikut uraian mengenai bahan penyusun lapisan beton bahan perkerasan jalan :

a. Bahan Utama

Bahan utama terdiri atas agregat (halus/kasar), aspal, *filler*. Pemilihan agregat yang digunakan pada suatu konstruksi perkerasan jalan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : gradasi, bentuk butir, kekuatan, kelekatan pada aspal, tekstur permukaan dan kebersihan. Fungsi aspal pada perkerasan jalan yaitu sebagai bahan pengikat antara agregat maupun antara aspal itu sendiri. Mineral pengisi (*filler*) yaitu material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Dan untuk *filler* dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran, namun demikian jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan.

b. Bahan Tambahan

Bahan tambahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah PET. PET yang dimaksud yaitu limbah botol plastik air mineral. PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air. Penggunaan PET sangat luas antara lain : botol-botol untuk air mineral, soft drink, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan. (Mujiarto, 2005).

2.3. Parameter Marshall

Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur. Metode *marshall* terdiri dari Uji *Marshall* dan Parameter *marshall* yaitu Stabilitas, *flow*, MQ, VIM, VMA dan VFA.

2.4. Karakteristik Campuran Aspal Beton

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran panas aspal beton adalah:

1. Stabilitas, yaitu kekuatan dari campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan (*plastic flow*). Untuk mendapat stabilitas yang tinggi diperlukan agregat bergradasi baik, rapat, dan mempunyai rongga antar butiran agregat (*VMA*) yang kecil.
2. Durabilitas atau ketahanan, yaitu ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan suhu, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan rongga dalam campuran (*VIM*) yang kecil, sebab dengan demikian udara tidak (atau sedikit) masuk kedalam campuran yang dapat menyebabkan menjadi rapuh. Selain itu diperlukan juga *VMA* yang besar, sehingga aspal dapat menyelimuti agregat lebih baik.
3. Fleksibilitas atau kelenturan, yaitu kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa mengalami retak (*fatigue cracking*).
4. Kekesatan (*skid resistance*), yaitu kemampuan perkerasan aspal memberikan permukaan yang cukup kesat sehingga kendaraan yang melaluinya tidak mengalami slip, baik diwaktu jalan basah maupun kering
5. Ketahanan leleh (*fatigue resistance*), yaitu kemampuan aspal beton untuk mengalami beban berulang tanpa terjadi kelelahan berupa retak atau kerusakan alur (*rutting*).
6. Permeabilitas, yaitu kemudahan campuran aspal dirembesi udara dan air.
7. *Workability*, yaitu kemudahan campuran aspal untuk diolah. Faktor yang mempengaruhi *workability* antara lain gradasi agregat, dimana agregat yang bergradasi

baik lebih mudah dikerjakan, dan kandungan *filler*, dimana *filler* yang banyak akan mempersulit pelaksanaan.

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian menguraikan tentang metode yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data. Dalam penelitian ini digunakan metode pengujian/penelitian langsung untuk mendapat beberapa data primer dan pengambilan data sekunder dari data yang sudah ada sebelumnya seperti nilai berat jenis standar *filler* dan juga beberapa nilai pengujian aspal.

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Inti Jalan Raya Universitas Lampung. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri atas dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Untuk melakukan proses analisis dibutuhkan data-data lengkap terlebih dahulu dengan pengujian bahan-bahan yang akan digunakan baik aspal, agregat maupun, *filler* untuk mengetahui kualitas bahan-bahan tersebut apakah telah sesuai dengan spesifikasi persyaratan yang ada sehingga layak digunakan sebagai bahan campuran. Khusus untuk data sekunder hasil pengujian aspal menggunakan data dari penelitian sebelumnya dan untuk nilai berat jenis *filler* penulis menggunakan nilai berat jenis standar *filler*. Tahapan penelitian berisi rangkaian kegiatan yang akan dilaksanakan dari awal berupa persiapan penelitian sampai dengan akhir yaitu mendapatkan hasil dari proses analisa untuk kemudian disimpulkan. Tahapan tersebut sesuai dengan bagan alir penelitian yang penulis tuliskan.

Dari proses pengujian bahan-bahan didapat hasil bahwa bahan yang akan digunakan layak sebagai bahan campuran perkerasan jalan. Selanjutnya, dilakukan proses perencanaan campuran tujuannya agar campuran yang dihasilkan nantinya menjadi campuran yang ideal dan mampu memberikan kinerja yang optimal. Setelah proses perencanaan, dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dengan membuat benda uji masing-masing sampel kadar aspal optimum rencana tiga sampel per kadar. Kemudian, dilanjutkan dengan proses pengujian benda uji dengan alat uji *marshall*, pengukuran, dan penimbangan untuk nantinya bisa dilakukan proses perhitungan dan analisis dari sisi parameter *marshall* dan juga volumetrik campurannya. Setelah proses perhitungan selesai dilakukan, dilakukan analisa hasil perhitungan disinkronkan dengan syarat spesifikasi telah didapatkan maka akan menghasilkan *output* berupa kadar aspal optimum yang baik digunakan untuk proses pencampuran selanjutnya yaitu dengan penambahan PET, sehingga mendapatkan hasil campuran yang paling baik bila ditinjau dengan beberapa parameter *marshall* yang ada.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan proses pembuatan benda uji dilakukan proses persiapan untuk penyediaan alat dan bahan-bahan yang akan digunakan. Dan nantinya dilakukan proses pengujian terhadap bahan untuk mengetahui kualitas bahan yang akan digunakan apakah telah sesuai dengan persyaratan spesifikasi yang sudah ada. Untuk bahan yang digunakan, agregat kasar dan agregat halus yang digunakan diambil dari daerah Tanjung, Lampung Selatan. Untuk aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina penetrasi 60/70, dan untuk *filler* menggunakan semen *portland*. Setelah proses pengujian dilakukan, dilanjutkan proses perencanaan pembuatan benda uji yang terdiri dari 2 kelompok benda uji. Untuk kelompok benda uji I adalah jenis campuran dengan gradasi agregat batas tengah dan untuk kelompok benda uji II adalah jenis campuran dengan gradasi agregat batas atas. Dalam penelitian ini penulis menggunakan gradasi campuran jenis Laston AC-BC gradasi

halus, karena komposisi ini lebih dominan komposisi agregat halus, sehingga untuk persyarata visual dan parameter *marshall* yang digunakan seperti permukaan yang lebih kering dan juga kadar rongga campuran (VIM) lebih sedikit.

Dalam proses perencanaan kadar aspal rencana (pb) penulis membutuhkan jumlah akumulatif persen lolos untuk masing-masing benda uji sesuai spesifikasi, disini diambil sumber data dari spesifikasi Bina Marga tahun 2010 untuk campuran *asphalt concrete-binder course* (AC-BC) untuk kemudian dimasukkan kedalam persamaan (pb).

$$Pb = 0,035 * (\%CA) + 0,045 * (\%FA) + 0,18 * (\%FF) + K \quad (1)$$

Dimana CA adalah persen kumulatif untuk agregat kasar yaitu jumlah persen lolos saringan dari saringan 37,5 mm sampai dengan saringan ukuran 4,75 mm. FA adalah persen kumulatif agregat halus yaitu jumlah persen lolos saringan dari saringan 2,36 mm sampai dengan saringan ukuran No. 200. FF adalah persen kumulatif lolos untuk *filler*. Dan K adalah nilai konstanta untuk lapisan Laston dengan nilai diperkirakan antara 0,5-1,0.

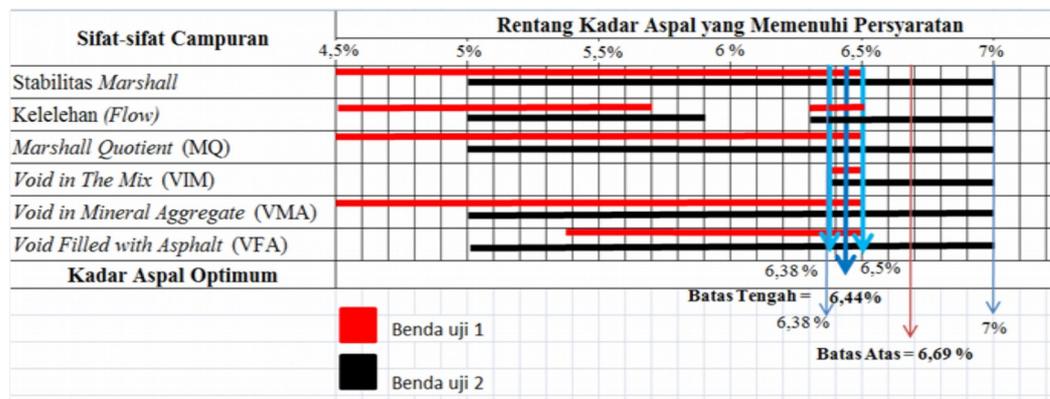
Setelah didapatkan nilainya dan dibulatkan keangka yang mendekati nilai hasilnya dilakukan perencanaan kadar aspal dengan penyusunan rentan nilai nya yaitu antara pb-1%, pb-0,5%, pb, pb+0,5%, pb+1%. Untuk masing-masing kadar aspal dilakukan pembuatan benda uji 3 sampel percampuran dengan tujuan mendapatkan hasil terbaik dari ketiga sampel yang telah dibuat. Setelah proses perhitungan rencana nilai kadar aspal dilanjutkan dengan menghitung komposisi tiap-tiap bahan campuran seperti agregat, *filler*, dan aspal. Khusus untuk gradasi baik agregat kasar maupun halus harus dihitung proporsi berat berdasarkan ukuran agregat itu sendiri sesuai batas gradasi yang telah ditentukan persen bobot tertahan yang telah disyaratkan untuk sebuah benda uji. Selanjutnya perhitungan berat keseluruhan sampel, berat total agregat, berat filler, dan berat aspal.

Dilanjutkan perhitungan berat setiap agregat yang tertahan di masing-masing nomor saringan. Berdasarkan nilai kadar aspal rencana yang telah diperoleh dari perhitungan sebelumnya, kemudian dilakukan perhitungan proporsi berat agregat yang tertahan tiap-tiap ukuran saringan, sesuai dengan diameter agregat serta berat aspal yang diperlukan untuk kebutuhan sebuah benda uji. Perhitungan berat benda uji, berat total agregat, dan berat aspal untuk masing-masing kadar aspal, ketentuan khusus bila nilai penyerapan setelah hasil perhitungan lebih dari 1,5 maka berat jenis yang dipakai adalah $(BJ_{bulk} + BJ_{Apparent})/2$ atau bila nilai penyerapan setelah hasil perhitungan nilainya kurang dari 1,5 maka berat jenis yang dipakai adalah berat jenis *apparent*.

Setelah proses perhitungan untuk mencari berat total agregat dan aspal, dilanjutkan dengan pembuatan benda uji sesuai berat dan kadar aspal rencana yang telah ditentukan. Langkah-langkah pembuatan benda uji dimulai dari mengoven agregat, penggorengan benda uji untuk mencampur semua bahan dengan suhu standar pencampuran yaitu 155°C, dilanjutkan dengan pencetakan dan pemadatan dengan suhu pemadatan minimum 145°C dan terakhir setelah didiamkan selama 12 jam lalu dilakukan pengeluaran benda uji untuk siap dilanjutkan proses pengukuran dan pengujian. Selanjutnya, proses pengambilan data berat baik berat kering, berat dalam air, berat jenuh (SSD) diikuti dengan proses perendaman benda uji kedalam *water bath* yang sudah diatur suhu airnya mencapai 60°C selama 30 menit. Setelah itu baru dilakukan proses pengujian *marshall* untuk

mendapatkan nilai stabilitas dan *flow* pada pembacaan arloji pada alat *marshall*. Proses analisa dilanjutkan dengan perhitungan karakteristik *marshall*, dan volumetrik campuran aspal seperti VIM, VMA, VFA, MQ, stabilitas setelah dikoreksi, dan kepadatan. Setelah melewati tahap pengujian dengan alat *marshall* dan proses perhitungan dengan menggunakan rumus yang telah ada dalam referensi untuk mencari nilai-nilai parameter *marshall* dan volumetrik campuran, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis untuk tiap-tiap kelompok benda uji dengan berbagai jenis kadar aspal untuk dibandingkan dengan nilai-nilai hasil perhitungan dan pengujian seperti stabilitas (*Stability*), kelelahan (*Flow*), MQ (*Marshall Qetion*), VIM (*Void In Mix*), VMA (*Void In Mineral Agregat*), VFA (*Void Filled with Asphalt*).

Setelah proses pengujian dan perhitungan untuk masing-masing sampel benda uji yang mewakili tiap-tiap persen kadar aspal dan juga kelompok benda uji, selanjutnya yaitu mencari nilai kadar aspal optimum (KAO). Mencari kadar aspal optimum ditentukan menggunakan metode Bar-Chart (grafik batang) yang diambil sumber datanya dari grafik gabungan antara kelompok benda uji I, kelompok benda uji II dan grafik standar kemudian dibandingkan dengan standar yang disyaratkan oleh Bina Marga tahun 2010. Penentuan kadar aspal optimum ini didasarkan pada kadar aspal dari kelompok benda uji I maupun benda uji II yang memenuhi syarat maksimum dan minimum dari keenam kriteria seperti stabilitas, *flow* (kelelahan), MQ (*Marshall Qetion*), VIM (*Void In Mix*), VMA (*Void Mineral in Agreggate*), VFA (*Void Filled With Asphalt*) dan kemudian dicari nilai reratanya. didapatkan nilai yang memenuhi enam kriteria adalah rentang 6,38% dan 7,0% untuk benda uji I dan 6,38% dan 6,5% batas tengah.



Gambar 1. Grafik Bar-Chart untuk Penentuann KAO (Kadar Aspal Optimum).

Terlihat bahwa kadar aspal yang memenuhi ke enam sifat campuran adalah 6,44 % untuk gradasi batas tengah dan 6,69 % untuk gradasi batas atas. Dari kedua nilai tersebut diambil nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,44 %. Hal ini dikarenakan nilai tersebut lebih mendekati nilai P_b . Kemudian dilakukan pembuatan benda uji KAO untuk pengujian karakteristik *marshall*. Diperoleh lah hasil pengujian *marshall* untuk benda uji kadar aspal optimum yang hasilnya telah memenuhi syarat spesifikasi baik itu kelompok gradasi batas tengah maupun batas atas.

Dalam penelitian ini penulis melakukan penambahan bahan tambahan berupa PET. Yang digunakan sebagai pembanding adalah campuran aspal KAO yang tidak diberi tambahan PET atau KAO dengan penambahan PET 0%. Disini akan dilakukan lima variasi

penambahan PET yang diambil dari persen berat aspal tiap-tiap kelompok benda uji. Untuk komposisi tiap-tiap bahan benda uji ini diambil dari perhitungan komposisi kadar aspal optimum, sehingga yang membedakan nantinya adalah banyaknya persentase kadar PET yang akan ditambahkan ke dalam campuran untuk tiap-tiap kelompok benda uji baik gradasi batas atas maupun gradasi batas tengah/ideal.

Ada 6 variasi kadar PET yang dilakukan untuk penambahan pada campuran aspal KAO. Yaitu 2 %, 4 %, 6 %, 8 % dan 10 %. Persentase berat PET ini diambil dari berat aspal yang telah didapat dari proses perhitungan komposisi bahan seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Berikut penjelasan untuk masing-masing berat yang akan ditambahkan kedalam campuran tersaji dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan PET untuk batas atas dan tengah.

Kadar PET (%)	Batas Tengah			Batas Atas		
	Berat Aspal (gr)	Berat PET (gr)	3 Benda Uji (gr)	Berat Aspal (gr)	Berat PET (gr)	3 Benda Uji (gr)
2 %		1,55	4,65		1,56	4,67
4 %		3,10	9,31		3,11	9,34
6 %	77,54	4,65	13,96	77,85	4,67	14,01
8 %		6,20	18,61		6,23	18,68
10 %		7,75	23,26		7,78	23,35
Jumlah		23,26	69,79		23,35	70,06

Untuk pembuatan benda uji ini langkahnya kurang lebih sama dengan pembuatan benda uji untuk JMF ataupun KAO hanya saja yang membedakan pada saat proses penggorengan dimulai setelah aspal ditimbang sesuai dengan berat yang ditentukan, agregat yang telah dioven dimasukkan kedalam wajan, ditambah dengan potongan PET yang telah kita timbang beratnya lalu digoreng sampai semua bahan tercampur rata dan terselimuti aspal keseluruhannya. Selanjutnya untuk proses pemadatan yang dilakukakan pun sama. Setelah proses pembuatan benda uji, dan melewati proses pemadatan, benda uji dikeluarkan dari cetakan dengan menggunakan *ejector* dan selanjutnya dilakukan pengukuran, penimbangan, dan pengujian dengan alat *marshall* untuk memperoleh data guna proses perhitungan dan analisa ditahapan selanjutnya. Berikut Tabel 3., yang menguraikan data hasil pengukuran benda uji untuk batas atas dan atas tengah.

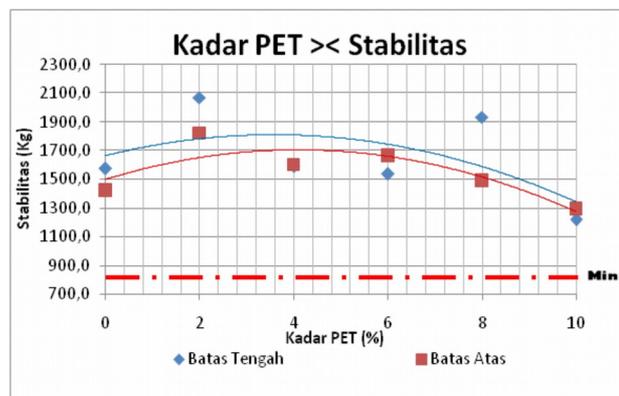
Tabel 3. Hasil pengujian, pengukuran, untuk kelompok benda uji I (batas tengah).

% Kadar Aspal	% PET	Tinggi Benda Uji (mm)	Berat Kering (gr)	Berat dalam air (gr)	Berat Jenuh (gr)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)
6,44	0	63,56	1169,70	674,07	1171,00	1575,30	4,00
6,44	2	61,87	1175,37	670,93	1176,20	2070,71	3,8
6,44	4	63,83	1176,27	667,17	1177,00	1591,30	3,1
6,44	6	63,78	1180,83	669,23	1181,97	1534,83	4,3
6,44	8	63,77	1181,37	671,93	1182,73	1933,36	4,2
6,44	10	63,69	1176,10	669,03	1177,57	1218,63	4,1

Tabel 4. Hasil pengujian, pengukuran, untuk kelompok benda uji II (batas atas).

% Kadar Aspal	% PET	Tinggi Benda Uji (mm)	Berat Kering (gr)	Berat dalam air (gr)	Berat Jenuh (gr)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)
6,44	0	63,51	1177,20	672,90	1175,00	1425,74	3,4
6,44	2	63,37	1175,37	670,93	1176,20	1820,32	4,4
6,44	4	63,88	1178,07	663,77	1180,27	1600,79	4,7
6,44	6	63,92	1179,80	663,43	1181,33	1665,70	4,6
6,44	8	64,54	1181,67	663,50	1183,20	1489,53	3,8
6,44	10	65,36	1181,30	665,60	1184,20	1293,94	5,7

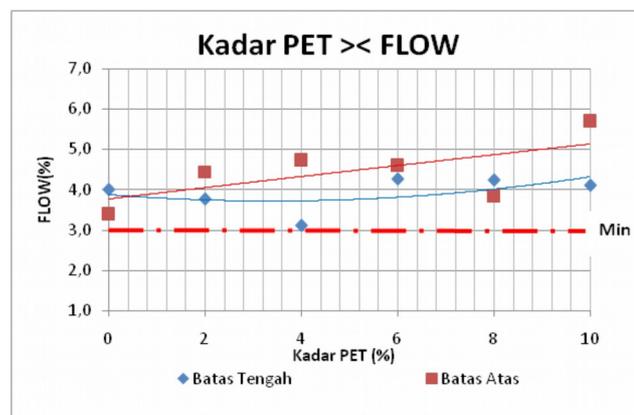
a. Nilai stabilitas akibat penambahan PET



Gambar 2. Grafik Nilai stabilitas akibat penambahan PET.

Dari Gambar 2., terlihat bentuk grafik menyerupai parabola dengan adanya titik maksimum sebagai puncaknya. Secara keseluruhan bila dibandingkan dengan benda uji tanpa penambahan PET, sampel benda uji yang diberi tambahan PET dari persen kadar 2 sampai dengan 10 nilai stabilitasnya bertambah. Nilai stabilitas yang paling maksimum terdapat pada penambahan PET 2 %.

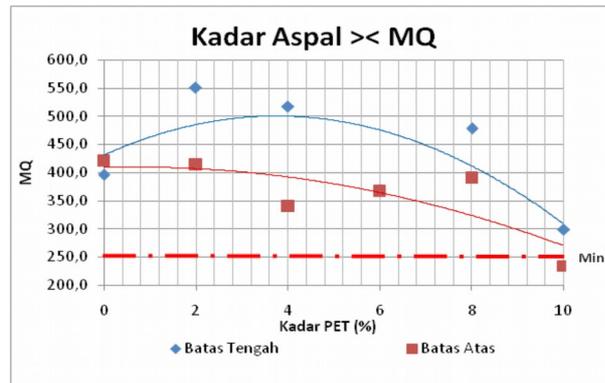
b. Nilai Kelelahan (*Flow*) Akibat Penambahan PET



Gambar 3. Grafik Nilai *Flow* Akibat Penambahan PET.

Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *flow* ada yang mengalami peningkatan dan penurunan. Besar nilai *flow* dipengaruhi oleh besar kadar rongga dalam campuran, semakin banyak rongga yang tercipta menciptakan rongga-rongga yang nantinya bisa terisi oleh udara karena tidak terisi *filler* ataupun aspal, sehingga ketika di uji dengan pembebanan benda uji cenderung cepat retak.

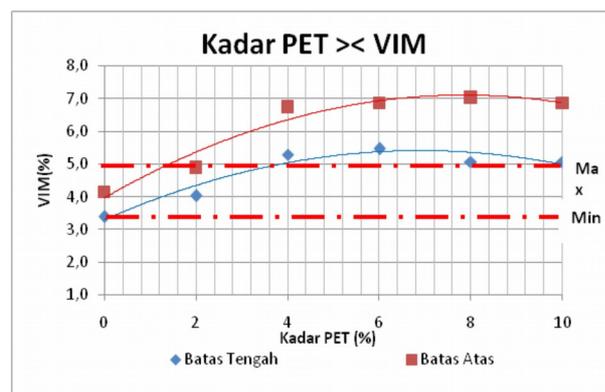
c. Nilai *Marshall Question* (MQ) akibat penambahan PET



Gambar 4. Grafik Nilai MQ akibat penambahan PET.

Nilai *marshall question* didapat dari hasil pembagian antara nilai stabilitas dan juga *flow*. MQ merupakan angka yang menyatakan tingkat kelenturan (*flexibility*) suatu campuran. Semakin besar nilai MQ menunjukkan bahwa campuran aspal tersebut kurang baik karena menunjukkan campuran aspal semakin getas. Nilai MQ pada kelompok gradasi batas tengah cenderung berbentuk parabola dengan satu nilai maksimum yaitu pada kadar penambahan PET 2 %.

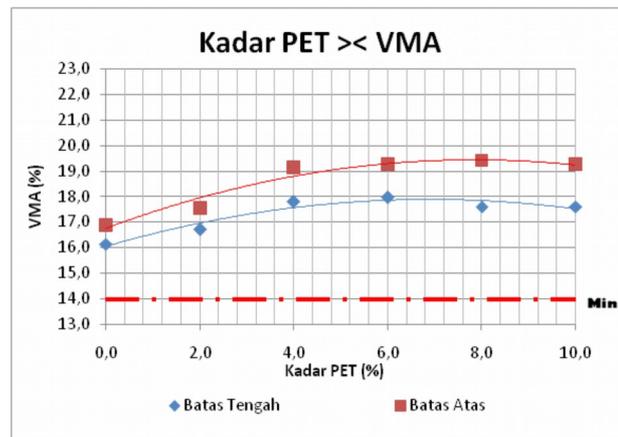
d. Nilai *Voids In The Mix* (VIM) akibat penambahan PET



Gambar 5. Grafik Nilai VIM akibat penambahan PET.

Nilai VIM yang memenuhi standar adalah pada penambahan kadar PET 2% untuk kelompok benda uji batas tengah dan batas atas. Semakin besar persen kadar VIM menunjukkan semakin rendah kekuatan campuran aspal tersebut. Hal ini dikarenakan rongga udara tersebut membuat lapisan aspal melemah karena rongga yang tercipta akan terisi udara ataupun air, kedua hal tersebut membuat daya rekat antar partikel agregat melemah. sehingga semakin besar rongga pada campuran akan memperpendek umur campuran beraspal.

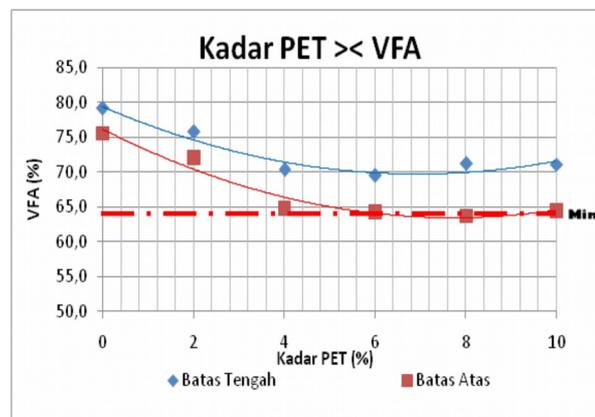
e. Nilai *Voids In Mineral Aggregate* (VMA) Akibat Penambahan PET



Gambar 6. Grafik Nilai VMA Akibat Penambahan PET.

Dari grafik diatas diketahui bahwa untuk kelompok benda uji batas tengah maupun kelompok benda uji batas atas telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu nilai VMA minimum sebesar 14%. Dan terlihat dari garis grafik semakin bertambah kadar PET maka semakin meningkat nilai VMA nya. Nilai VMA ini juga sama menentukannya seperti nilai VIM faktor yang mempengaruhinya pun sam seperti nilai VIM.

f. Nilai *Voids Filled With Asphalt* (VFA) Akibat Penambahan PET



Gambar 7. Grafik Nilai VFA Akibat Penambahan PET.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai VFA untuk kelompok benda uji batas tengah dan kelompok benda uji batas atas nilainya cenderung terus menurun seiring bertambahnya kadar PET. Sedangkan untuk syarat yang ditentukan Bina Marga tahun 2010 nilai VFA nya minimum 63%, dengan begitu batas minimum tidak memenuhi syarat yang telah ditentukan. Nilai VFA akibat penambahan PET ada yang tidak memenuhi syarat spesifikasi. Nilai VFA yang semakin kecil bisa disebabkan karena plastik (PET) kurang tercampur dengan baik sehingga kurang mengisi rongga-rongga yang ada.

5. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisa maka didapatkan kesimpulan bahwa PET merupakan salah satu jenis sampah an-organik sulit terurai dan sering kita temui dan dihasilkan dalam kegiatan sehari-hari dan dapat dimanfaatkan untuk bahan tambahan pada campuran aspal khususnya lapisan AC-BC. Penambahan PET pada campuran ini dilakukan dengan proses kering yaitu PET dimasukkan kedalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian aspal panas ditambahkan. Dengan adanya PET dalam campuran aspal diketahui dapat meningkatkan nilai stabilitas aspal dibandingkan dengan campuran tanpa penambahan PET. Kadar penambahan PET yang memenuhi keenam persyaratan baik karakteristik *marshall* dan volumetrik campurannya adalah kadar 2%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2010, *Bab VII Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal*, Republik Indonesia Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Mujiarto, Iman, 2005, *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Adiktif*, Jurnal Ilmiah AMNI, Semarang.
- Nyoman, Desak, 2011, *Karakteristik Marshall dengan Bahan Tambahan Limbah Plastik pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA)*, Universitas Atma Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sukirman, Silvia, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung, Nova.
- Suroso, Tjitjik, 2008, *Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Polyethilen) Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal*, Bandung : Puslitbang Jalan dan Jembatan.

