

## **Studi Karakteristik *Marshall* Pada Campuran Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik**

**Suhardi<sup>1)</sup>  
Priyo Pratomo<sup>2)</sup>  
Hadi Ali<sup>3)</sup>**

### **Abstract**

*This experiment aims to investigate the Marshall characteristics due to the variation addition of PET (Polyethylene Terephthalate) at mixtures AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) finely graded with reference to the specification of Bina Marga 2010.*

*From the result of aalysis has obtained the values of Marshall parameters, the value of the 1<sup>st</sup> object groups test and 2nd object groups test, for the parameters marshall meets the specifications already determined by the Bina Marga 2010 on the asphalt level range 6.38% up 6.5%, and the optimum bitumen content value has been obtained is 6.44%.*

*This research proves that with the addition of variations of PET (Polyethylene Terephthalate) in a mixture of AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) was affected to the Marshall characteristics, as high as the levels of addition PET (Polyethylene Terephthalate) so the value of stability will increase but the percentage of the value of void content in the mix will be higher.*

*Keywords: AC-BC(Asphalt Concrete-Binder Course), Marshall, PET(Polyethylene Terephthalate)*

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *marshall* akibat penambahan Variasi PET (*Polyethylene Terephthalate*) pada campuran AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) bergradasi halus dengan mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2010.

Dari hasil analisis diperoleh nilai nilai parameter-parameter *Marshall*, nilai kelompok benda uji I dan benda uji II untuk parameter *marshall* memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2010 pada rentang kadar aspal 6,38 % sampai dengan 6,5%, dan nilai KAO yang didapatkan sebesar 6,44 %.

Penelitian ini membuktikan bahwa dengan adanya penambahan variasi PET (*Polyethylene Terephthalate*) pada campuran AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) berpengaruh terhadap karakteristik *Marshall*, semakin tinggi kadar penambahan PET (*Polyethylene Terephthalate*) maka nilai stabilitas akan meningkat tetapi untuk nilai kadar rongga dalam campuran semakin tinggi persentasenya.

Kata kunci : AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), *Marshall*, PET (*Polyethylene Terephthalate*)

---

<sup>1)</sup> Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Soemantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: Shoe.hardi@gmail.com

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

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

## **1. PENDAHULUAN**

Di Indonesia, khususnya wilayah propinsi Lampung setiap tahunnya mengalami peningkatan jumlah kendaraan. Dalam hal ini, tentunya jalan yang ada di propinsi Lampung haruslah di tingkatkan baik dalam bentuk kapasitas ataupun segi perkerasannya. Dalam hal peningkatan perkerasan ada beberapa yang harus di perhatikan yaitu kualitas agregat yang di gunakan, metode pelaksanaannya, dan kualitas aspal. Cara yang sering digunakan untuk menaikkan mutu aspal adalah dengan menambah bahan aditif. Salah satunya seperti polimer, plastik, arang atau dikenal dengan aspal modifikasi. Pemberian bahan tambah polimer diharapkan memberikan penambahan pada sifat-sifat fisik aspal seperti kepekaan terhadap stabilitas yang lebih besar dari aspal konvensional atau aspal dengan penetrasi 60/70.

Adapun rumusan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah Penambahan dengan limbah botol plastik memberikan pengaruh terhadap karakteristik Marshall pada campuran lapis aspal AC-BC (*Asphalt Concrete - Binder Coarse*) dengan batasan masalah Tipe campuran yang digunakan adalah *Asphalt Concrete - Binder Coarse (AC-BC)* dengan gradasi Halus menggunakan spesifikasi umum Bina Marga 2010. Kadar variasi penambahan PET yang di gunakan adalah 0%, 1,5%, 2,5%, 3,5%, 4,5%, 5,5%, 6,5% pada gradasi batas atas dan tengah dengan nilai toleransi  $\pm 0,5\%$ .

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah mengetahui pengaruh dari penambahan bahan limbah botol plastik atau sering disebut PET (Polyethylene Terephthalate) terhadap parameter Marshall pada campuran aspal (AC-BC) dengan gradasi halus pada batas tengah dan batas atas. dan membandingkan campuran beraspal yang telah ditambahkan bahan PET dengan aspal konvensional pada gradasi batas tengah dan batas atas.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Campuran Beraspal Panas**

Campuran beraspal adalah suatu kombinasi campuran antara agregat dan aspal. Dalam campuran beraspal, aspal berperan sebagai pengikat atau lem antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan. Sifat-sifat mekanis aspal dalam campuran beraspal diperoleh dari friksi dan kohesi dari bahan-bahan pembentuknya. Friksi agregat diperoleh dari ikatan antar butir agregat (interlocking), dan kekuatannya tergantung pada gradasi, tekstur permukaan, bentuk butiran dan ukuran agregat maksimum yang digunakan. Sedangkan sifat kohesinya diperoleh dari sifat-sifat aspal yang digunakan. Oleh sebab itu kinerja campuran beraspal sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat dan aspal serta sifat-sifat campuran padat yang sudah terbentuk dari kedua bahan tersebut. Perkerasan beraspal dengan kinerja yang sesuai dengan persyaratan tidak akan dapat diperoleh jika bahan yang digunakan tidak memenuhi syarat, meskipun peralatan dan metoda kerja yang digunakan telah sesuai. (Prasarana Wilayah, 2006)

### **2.2. Aspal**

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya (Sukirman, 2003). Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen, oleh sebab itu aspal sering disebut material berbituminous.

### 2.3. Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapis beton aspal (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). Material agregatnya terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus dan filler yang bergradasi baik yang dicampur dengan penetration grade aspal. Laston dikenal pula dengan nama AC (Asphalt Concrete)

Lapisan aspal beton (laston) yang secara umum digunakan secara luas diberbagai negara adalah direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang tinggi, nilai struktural tinggi dan kadar aspal yang rendah. Hal ini biasanya mengarah menjadi suatu bahan yang relatif kaku, sehingga konsekuensi ketahanan rendah dan keawetan yang terjadi rendah pula. Ketentuan tentang sifat-sifat campuran laston AC dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston AC.

| Sifat Sifat Campuran                     |     | Laston    |       |              |       |         |                     |
|--|-----|-----------|-------|--------------|-------|---------|---------------------|
|  |     | Lapis aus |       | Lapis antara |       | Pondasi |                     |
|  |     | 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 <sup>(1)</sup>  |
| Rongga Dalam Campuran (%) <sup>(2)</sup> | 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 <sup>(1)</sup> |
|  | Max |           |       | -            |       |         | -                   |
| Pelelehan (Mm)                           | Min |           |       | 3            |       |         | 4,5 <sup>(1)</sup>  |
| Marshall Quotient (Kg/Mm)                | Min |           |       | 250          |       |         | 300                 |

### 2.4. Agregat

Agregat atau batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan.

Agregat sebagai komponen utama atau kerangka dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% – 85% agregat berdasarkan persentase volume (Sukirman, 2003).

Mineral pengisi (filler) yaitu material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Filler dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran, namun demikian jumlah filler harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Terlampaui tinggi kadar filler cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalu lintas, pada sisi lain kadar filler yang terlampaui rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi.

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan,

porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya pelekatan dengan aspal (Sukirman, 2003)

### **2.5. PET (Polyethylene Terephthalate)**

PET adalah polimer sintesis termoplastik semi-kristal, yang memiliki umur panjang karena tahan terhadap biodegradasi dan sebagai hasilnya sejumlah besar limbah PET terakumulasi. Proses daur ulang fisik, mekanik dan kimia telah dikembangkan bahkan untuk skala industri. Daurlang secara mekanik dan fisik mempunyai kelemahan, karena itu daurlang kimia merupakan daurlang yang menarik di dunia.

Menurut Mujiarto (2005), Polyethylene terephthalate yang sering disebut PET dengan rumus kimia  $(C_{10}H_8O_3)_n$  dibuat dari glikol (EG) dan terephthalic acid (TPA) atau dimethyl ester atau asam terephthalat (DMT). PET film bersifat jernih, kuat, liat, dimensinya stabil, tahan nyala api, tidak beracun, permeabilitas terhadap gas, aroma maupun air rendah. PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air. Penggunaan PET sangat luas antara lain untuk botol-botol untuk air mineral, soft drink, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan. Botol minuman plastik yang beredar di Indonesia terbuat dari PET (Polyethylene Terephthalate), dapat dikenali dengan simbol angka 1 pada bagian dasar botol. PET memiliki berat jenis  $1,38 \text{ g/cm}^3$  ( $20^\circ\text{C}$ ), titik leleh  $250^\circ\text{C}$ , titik didih  $350^\circ\text{C}$  (terdekomposisi), modulus elastisitas 2800-3100 MPa, dan kuat tarik 55-75 MPa.

### **2.6. Karakteristik Campuran Beraspal**

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

Durabilitas lapis keras jalan adalah kemampuan untuk mencegah terjadinya perubahan pada bitumen, kehancuran agregat, dan mengelupasnya selaput aspal pada batuan agregat. Faktor eksternal yang mempengaruhi durabilitas adalah cuaca, air, suhu udara dan keausan akibat gesekan dengan roda kendaraan.

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.

*Workability* adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

### **2.7. Volumetrik Campuran Aspal Beton**

Volumetrik campuran beraspal yang dimaksud adalah volume benda uji campuran yang telah dipadatkan. Komponen campuran beraspal secara volumetrik tersebut adalah: Volume rongga diantara mineral agregat (VMA), Volume bulk campuran padat, Volume campuran padat tanpa rongga, Volume rongga terisi aspal (VFA), Volume rongga dalam campuran (VIM), Volume aspal yang diserap agregat.

### 2.7.1. VIM (*Voids In Mix*)

*Voids In Mix* atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidakseragaman bentuk agregat. Rongga udara merupakan indikator durabilitas campuran beraspal sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil atau terlalu besar.

### 2.7.2. Rongga pada campuran agregat

Rongga pada campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan serta aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase volume total campuran. Agregat bergradasi menerus memberikan rongga antar butiran VMA yang kecil dan menghasilkan stabilitas yang tinggi tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil menyebabkan aspal menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan lapisan perkerasan tidak kedap air jadi oksidasi mudah terjadi dan menyebabkan terjadinya kerusakan.

### 2.7.3. *Void Filled with Asphalt* (VFA)

Rongga terisi aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat VMA yang terisi oleh aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

### 2.7.4. 1. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis yang diuji terdiri dari tiga jenis yaitu berat jenis bulk (*dry*), berat jenis bulk campuran (*density*), berat jenis maksimum (*theoritis*). Perbedaan ketiga istilah ini disebabkan karena perbedaan asumsi kemampuan agregat menyerap air dan aspal.

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula, yang dirumuskan:

## 2.8. Suhu / Temperatur

Aspal pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau masuk kedalam pori-pori saat penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis).

## 2.9. Metode Marshall

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

## 3. METODE PENELITIAN

Untuk melakukan studi karakteristik campuran dengan penambahan limbah botol plastik atau PET, penulis terlebih dahulu melakukan penelitian campuran aspal konvensional guna mendapatkan nilai kadar aspal optimum yang selanjutnya akan dilakukan pencampuran dengan campuran limbah botol plastik atau PET.

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium inti jalan raya fakultas teknik universitas lampung. Setelah penelitian selesai di lakukan perhitungan hasil dari percobaan pada masing-masing karakteristik marshall. Yaitu stabilitas, Flow, MQ, VIM (rongga dalam campuran), VFA (rongga terisi oleh aspal) dan VMA (rongga yang terisi oleh agregat). Setelah perhitungan selesai dilakukan perbandingan antara campuran aspal konvensional dengan campuran aspal dengan penambahan limbah botol plastik atau PET. Kemudian menarik kesimpulan apa yang telah dilakukan perhitungan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan tugas akhir ini, penulis melakukan studi tentang karakteristik *marshall* pada campuran aspal AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Coarse*) pada gradasi batas tengah dan gradasi batas atas dengan menggunakan spesifikasi Bina Marga 2010.

perhitungan kebutuhan agregat dilakukan dengan metode JMF ( Job Mix Formula) dengan kadar yang telah di lakukan perhitungan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak komposisi agregat yang dibutuhkan pada masing-masing gradasi. Seperti pada gradasi batas tengah berikut ini:

Tabel 2. Berat Masing-masing Agregat untuk Batas Tengah.

| Saringan                   | %     |          | Kadar Aspal (%) |         |         |         |         |
|----------------------------|-------|----------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
|                            | Lolos | Tertahan | 4,5             | 5       | 5,5     | 6       | 6,5     |
| 25                         | 100   | 0        | 0               | 0       | 0       | 0       | 0       |
| 19                         | 95    | 5        | 59,23           | 58,46   | 57,71   | 56,97   | 56,24   |
| 12,5                       | 82    | 13       | 153,99          | 152     | 150,05  | 148,12  | 146,23  |
| 9,5                        | 73    | 9        | 106,61          | 105,23  | 103,88  | 102,55  | 101,23  |
| 4,75                       | 55,5  | 17,5     | 207,3           | 204,62  | 201,99  | 199,4   | 196,84  |
| 2,36                       | 41,8  | 13,7     | 162,28          | 160,19  | 158,13  | 156,1   | 154,1   |
| 1,18                       | 33,15 | 8,65     | 102,46          | 101,14  | 99,84   | 98,56   | 97,3    |
| 0,6                        | 24,35 | 8,8      | 104,24          | 102,9   | 101,57  | 100,27  | 98,98   |
| 0,3                        | 16,85 | 7,5      | 88,84           | 87,7    | 86,57   | 85,46   | 84,36   |
| 0,15                       | 8,5   | 8,35     | 98,91           | 97,63   | 96,38   | 95,14   | 93,92   |
| 0,075                      | 6     | 2,5      | 29,61           | 29,23   | 28,86   | 28,49   | 28,12   |
| Pan                        | 0     | 6        | 71,07           | 70,16   | 69,25   | 68,36   | 67,49   |
| Berat Total Agregat (gr)   |       |          | 1184,55         | 1169,27 | 1154,23 | 1139,41 | 1124,82 |
| Berat Aspal (gr)           |       |          | 55,82           | 61,54   | 67,18   | 72,73   | 78,2    |
| Berat Total Benda Uji (gr) |       |          | 1240,36         | 1230,81 | 1221,4  | 1212,14 | 1203,01 |
| BJ Teori Max               |       |          | 2,5097          | 2,4904  | 2,4714  | 2,4526  | 2,4342  |

Setelah dilakukan Job Mix Formula, tahap selanjutnya yaitu melakukan proses pencampuran semua semua proporsi yang telah dihitung sebelumnya, kemudian dilakukan pemadatan pada masing-masing benda uji dengan menggunakan compector

Pada tahap selanjutnya dilakukan pengujian terhadap benda uji yang telah dipadatkan dan diuji dengan alat *Marshall*. Hasilnya berupa karakteristik-karakteristik marshall. Berikut ini adalah data hasil percobaan yang telah dilakukan perhitungan:

Tabel 3. Hasil pengujian sampel pada batas tengah.

| Kadar Aspal<br>% | VMA<br>% | Batas Tengah |            |                       | Flow<br>(mm) | MQ<br>(Kg/mm) |
|------------------|----------|--------------|------------|-----------------------|--------------|---------------|
|                  |          | VIM<br>%     | VFA<br>(%) | Stabilitas<br>(KG/mm) |              |               |
| 4,50             | 18       | 10           | 43         | 1085                  | 3,0          | 372           |
| 5,00             | 18       | 9            | 49         | 1228                  | 3,0          | 410           |
| 5,50             | 17       | 7            | 60         | 1270                  | 3,7          | 346           |
| 6,00             | 18       | 6            | 65         | 1078                  | 3,5          | 308           |
| 6,50             | 17       | 4            | 75         | 1203                  | 3,7          | 329           |

Tabel 4. Hasil pengujian sampel pada batas tengah.

| Kadar Aspal<br>% | VMA<br>(%) | Batas Atas |            |                       | Flow<br>(mm) | MQ<br>(Kg/mm) |
|------------------|------------|------------|------------|-----------------------|--------------|---------------|
|                  |            | VIM<br>(%) | VFA<br>(%) | Stabilitas<br>(KG/mm) |              |               |
| 5,0              | 20         | 11         | 44         | 1.517                 | 3,2          | 480           |
| 5,5              | 16         | 6          | 62         | 1.784                 | 3,2          | 557           |
| 6,0              | 18         | 6          | 66         | 1.224                 | 3,2          | 385           |
| 6,5              | 17         | 4          | 74         | 1.524                 | 3,8          | 403           |
| 7,0              | 17         | 4          | 78         | 1.269                 | 3,9          | 326           |

Berdasarkan pada tabel diatas bahwa hasil nilai dari penelitian untuk mencari nilai kadar optimal untuk batas tengah dan batas atas sebesar 6,44 %. Nilai tersebut di dapat dengan menggunakan metode *bar chart* (diagram pita) dari hubungan grafik Stabilitas, VIM, VMA, VFA, Flow dan MQ. Yaitu dengan cara mengambil nilai minimum dan nilai maksimum pada batas tengah dan pada batas atas yang memenuhi sepsifikasi bina marga 2010. kemudian ditarik garis kebawah sehingga didapat nilai minimum dan maksimum. Nilai tersebut dirata-ratakan atau diambil nilai tengah sehingga di dapatkan nilai kadar aspal optimum.

Setelah nilai kadar aspal optimum didapatkan, dilakukan penelitian dengan penambahan bahan limbah botol plastik atau PET pada campuran aspal AC-BC pada gradasi batas atas dan batas tengah dengan mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2010.

Berikut ini adalah hasil dari pengujian yang telah dilakukan perhitungan:

Tabel 5. Hasil pengujian KAO di tambah dengan PET pada batas tengah.

| Kadar PET<br>% | VMA<br>% | VIM<br>% | VFA<br>% | Stabilitas<br>(Kg) | Flow<br>(mm) | MQ<br>(Kg) |
|----------------|----------|----------|----------|--------------------|--------------|------------|
| 0              | 16,917   | 5,436    | 67,864   | 1559,1             | 4,00         | 389,765    |
|                | 16,030   | 4,427    | 72,382   | 1420,8             | 3,40         | 417,886    |
|                | 15,451   | 3,768    | 75,612   | 1702,6             | 4,60         | 370,136    |
| Rata Rata      | 16,133   | 4,544    | 71,953   | 1560,8             | 4,00         | 392,60     |
|                | 18,188   | 6,884    | 62,154   | 1677,9             | 4,10         | 409,247    |
| 1,5            | 16,820   | 5,326    | 68,335   | 1553,2             | 3,20         | 485,385    |
|                | 18,560   | 7,306    | 60,634   | 1504,5             | 4,40         | 341,935    |
| Rata Rata      | 17,856   | 6,505    | 63,708   | 1578,552           | 3,900        | 412,189    |
|                | 17,893   | 6,547    | 63,410   | 1504,8             | 3,40         | 442,596    |
| 2,5            | 16,717   | 5,208    | 68,843   | 1430,9             | 4,50         | 317,985    |
|                | 16,030   | 4,427    | 72,382   | 1730,1             | 3,40         | 508,862    |
| Rata Rata      | 16,880   | 5,394    | 68,212   | 1555,296           | 3,767        | 423,148    |
|                | 17,404   | 5,991    | 65,577   | 2113,6             | 4,00         | 528,401    |
| 3,5            | 18,123   | 6,810    | 62,427   | 1522,3             | 4,70         | 323,886    |
|                | 17,788   | 6,428    | 63,863   | 1580,9             | 4,10         | 385,590    |
| Rata Rata      | 17,772   | 6,410    | 63,956   | 1738,929           | 4,267        | 412,626    |
|                | 17,563   | 6,172    | 64,858   | 1592,9             | 3,00         | 530,983    |
| 4,5            | 17,618   | 6,234    | 64,614   | 1534,6             | 3,50         | 438,454    |
|                | 17,403   | 5,990    | 65,582   | 1624,8             | 3,60         | 451,339    |
| Rata Rata      | 17,528   | 6,132    | 65,018   | 1584,120           | 3,367        | 473,592    |
|                | 17,113   | 5,659    | 66,929   | 1714,2             | 3,80         | 451,109    |
| 5,5            | 17,844   | 6,492    | 63,619   | 1643,9             | 4,10         | 400,963    |
|                | 16,030   | 4,427    | 72,382   | 1422,2             | 3,40         | 418,304    |
| Rata Rata      | 16,996   | 5,526    | 67,643   | 1593,466           | 3,767        | 423,459    |
|                | 17,489   | 6,087    | 65,193   | 1755,4             | 3,20         | 548,554    |
| 6,5            | 18,327   | 7,041    | 61,581   | 1459,2             | 5,20         | 280,622    |
|                | 16,030   | 4,427    | 72,382   | 1586,8             | 3,40         | 466,703    |
| Rata Rata      | 17,282   | 5,852    | 66,385   | 1600,466           | 3,933        | 431,960    |

Berdasarkan Tabel diatas bahwa variasi pada PET untuk parameter *marshall* hanya sebagian saja yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010, yaitu 0% s/d 3%, selebih nya dari kadar itu tidak memenuhi standar. Termasuk derajat kepadatannya tetapi untuk segi kekuatannya mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan sifat PET itu sendiri kurang menyatu dengan agregat, karena PET mempunyai sifat elastisitas. PET juga bukan mengisi sebagai pengikat antar agregat tetapi PET menjadi penambah agregat sehingga apabila dipadatkan dengan suhu tertentu PET menjadi tambahan bahan agregat. Yang seharusnya PET bisa menjadi pengikat agregat. Pada saat pemadatan benda uji yang ditambahkan variasi PET itu sendiri kurang begitu padat dan menimbulkan rongga rongga sehingga nilai VIM nya sangat besar. Tetapi karena pengaruh PET tersebut kekuatan dari campuran menjadi semakin meningkat. Karena PET menjadi tambahan agregat dan bisa meningkatkan daya tarik antar agregat sehingga kekuatan semakin meningkat.



Tabel 6. Hasil pengujian KAO di tambah dengan PET pada batas atas.

| Kadar PET<br>% | VMA<br>% | VIM<br>% | VFA<br>% | Stabilitas<br>(Kg) | Flow<br>(mm) | MQ<br>(Kg) |
|----------------|----------|----------|----------|--------------------|--------------|------------|
| 0              | 16,209   | 4,152    | 74,387   | 1421,1             | 3,40         | 417,958    |
|                | 17,065   | 5,131    | 69,934   | 1286,2             | 3,00         | 428,739    |
|                | 16,100   | 4,026    | 74,991   | 1523,1             | 3,80         | 400,824    |
| Rata Rata      | 16,458   | 4,436    | 73,104   | 1410,1             | 3,40         | 415,840    |
|                | 17,152   | 5,230    | 69,507   | 1377,3             | 3,10         | 444,284    |
| 1,5            | 18,446   | 6,710    | 63,622   | 1801,1             | 2,40         | 750,444    |
|                | 18,967   | 7,306    | 61,479   | 1700,9             | 4,40         | 386,573    |
| Rata Rata      | 18,188   | 6,416    | 64,870   | 1626,423           | 3,300        | 527,100    |
|                | 18,303   | 6,547    | 64,231   | 1749,9             | 4,50         | 388,862    |
| 2,5            | 17,133   | 5,208    | 69,600   | 1750,4             | 3,90         | 448,822    |
|                | 16,450   | 4,427    | 73,087   | 1704,0             | 3,40         | 501,173    |
| Rata Rata      | 17,296   | 5,394    | 68,973   | 1734,757           | 3,933        | 446,286    |
|                | 18,681   | 6,979    | 62,642   | 1879,3             | 3,80         | 494,559    |
| 3,5            | 18,331   | 6,578    | 64,113   | 1761,3             | 4,00         | 440,334    |
|                | 18,841   | 7,162    | 61,989   | 1817,3             | 4,20         | 432,694    |
| Rata Rata      | 18,617   | 6,906    | 62,915   | 1819,325           | 4,000        | 455,862    |
|                | 18,576   | 6,859    | 63,075   | 1643,6             | 3,00         | 547,870    |
| 4,5            | 18,231   | 6,465    | 64,541   | 1682,9             | 3,10         | 542,880    |
|                | 18,480   | 6,749    | 63,480   | 1644,7             | 3,60         | 456,871    |
| Rata Rata      | 18,429   | 6,691    | 63,699   | 1657,091           | 3,233        | 515,874    |
|                | 18,409   | 6,667    | 63,781   | 1953,1             | 3,10         | 630,033    |
| 5,5            | 18,605   | 6,892    | 62,956   | 1831,9             | 3,00         | 610,630    |
|                | 18,614   | 6,902    | 62,919   | 1761,3             | 3,50         | 503,239    |
| Rata Rata      | 18,542   | 6,821    | 63,219   | 1848,777           | 3,200        | 581,301    |
|                | 18,537   | 6,814    | 63,239   | 1618,0             | 3,50         | 462,294    |
| 6,5            | 18,564   | 6,845    | 63,127   | 1984,4             | 3,20         | 620,137    |
|                | 18,834   | 7,154    | 62,017   | 1760,1             | 3,40         | 517,677    |
| Rata Rata      | 18,645   | 6,938    | 62,794   | 1787,523           | 3,367        | 533,369    |

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan untuk variasi PET pada batas atas dapat diketahui kadar PET 0% rata rata memenuhi syarat dari ketentuan Bina Marga 2010. Sedangkan untuk kadar PET seterusnya untuk tingkat kepadatan mengalami penurunan, hal itu dikarenakan dari jenis PET itu sendiri tidak mudah melebur dengan agregat, akibatnya memunculkan beberapa celah diantara agregat sehingga kepadatan semakin berkurang. Tetapi dari segi kekuatan mengalami peningkatan, hal tersebut dikarenakan sifat PET dapat mengikat antar agregat, sehingga kekuatan meningkat.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian marshall yang telah dilakukan untuk campuran laston AC-BC bergradasi kasar tidak memenuhi standar Bina Marga 2010. Sedangkan untuk bergradasi halus memenuhi standar Bina Marga 2010. Hasil kadar aspal optimum (KAO) untuk batas atas dan batas tengah yaitu 6,44 %. Nilai nilai parameter parameter marshall untuk campuran laston AC-BC bergradasi halus rata-rata memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010. Seiring bertambah nilai kadar PET pada campuran aspal maka nilai kekuatan Stabilitas dan MQ semakin bertambah sedangkan untuk nilai derajat kepadatan rongga nya semakin tinggi dikarenakan PET tidak bisa sebagai bahan pengisi agregat. Untuk

nilai optimum penambahan kadar PET pada campuran aspal yaitu berkisar 3% yaitu dengan hasil Stabilitas 1738,929 kg/mm, MQ 412,626 Kg/mm, VMA 17,722%, sedangkan untuk nilai VIM dan VFA tidak memenuhi standar Bina Marga 2010. Untuk nilai kadai PET 0% pada parameter *marshall* memenuhi standar Bina Marga 2010. Sedangkan untuk penambahan nilai kadar PET selanjutnya ada beberapa yang memenuhi standar dan ada yang tidak memenuhi standar Bina Marga 2010. Pada penelitian ini dengan penambahan bahan PET pada parameter *marshall* untuk segi kekuatan mengalami peningkatan tetapi dari segi derajat rongga mengalami penurunan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim, 2006, *Manual pekerjaan Campuran Beraspal Panas, buku 1 Petunjuk Umum*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Direktorat Jendral Prasarana Wilayah, Jakarta.
- Anonim, 2010, *Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Perkerasan Aspal*. Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia Jakarta.
- Mujiarto, 2005, *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. Semarang. AMNI
- Sukirman, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung. Nova.
- Sukirman, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta. Granit.