

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BOTOL PLASTIK SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KARAKTERISTIK LAPIS ASPAL BETON (LASTON)

P. Eliza Purnamasari¹ dan Fransiskus Suryaman²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta
Email: elizapoei@yahoo.com

²Alumni Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta

ABSTRAK

Jalan raya merupakan tulang punggung suatu kawasan dalam menyalurkan penumpang barang dan jasa, sehingga konstruksi badan jalan harus kuat dan tahan terhadap beban lalu lintas yang berlalu lalang setiap hari. Lapis Aspal Beton (LASTON) merupakan suatu lapisan pada konstruksi perkerasan lentur jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipampatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Dalam penelitian ini dicoba penggunaan plastik sebagai alternative bahan tambah aspal beton. Kemasan minuman menggunakan botol plastik merupakan hal yang umum dewasa ini, limbah botol plastiknya banyak yang terbuang dan tidak dimanfaatkan, hal ini akan menambah beban bagi pemerintah dalam mendaur ulang sampah plastik, diharapkan penggunaan alternative bahan tambah plastik bekas botol minuman (PET) tersebut selain dapat membantu pemerintah dalam mendaur ulang sampah plastik, juga dapat meningkatkan kualitas perkerasan aspal beton. Pada penelitian ini yang ditinjau adalah pengaruh penambahan plastic botol minuman (PET) sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton terhadap karakteristik *Marshall* yang meliputi *density*, *Void Filled With Asphalt* (VFWA), *Void In The Mix* (VITM), Stabilitas, *Flow*, dan *Marshall Quotient* (QM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik *Marshall* seperti nilai *Density*, *Void Filled With Asphalt* (VFWA) dan *Flow* lebih rendah dari campuran aspal beton normal. Nilai *Marshall* cenderung meningkat terdapat pada *Void In The Mix* (VITM), sedangkan untuk nilai Stabilitas dan *QM* cenderung meningkat atau naik karena pengaruh penggunaan plastik dan kadar aspal dalam campuran pada komposisi tertentu menunjukkan kinerja yang baik. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 1987 didapatkan kadar aspal optimum 7% pada kadar *additive* 0,45%. Dapat disimpulkan bahwa Limbah plastik bekas botol minum (PET) dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran aspal beton.

Kata kunci: Jalan raya, Laston, limbah plastik bekas botol minum (PET), Karakteristik *Marshall*.

1. PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan tulang punggung suatu kawasan dalam menyalurkan beban penumpang barang dan jasa, selain itu jalan juga merupakan bagian dari infrastruktur guna membuka daerah yang terisolir; untuk pertahanan nasional dan untuk pengembangan tingkat sosial; ekonomi dan budaya dari suatu daerah, sehingga konstruksi badan jalan harus kuat dan tahan terhadap beban lalu lintas yang berlalu lalang setiap hari.

Jenis-jenis lapis perkerasan lentur jalan raya yang digunakan di Indonesia antara lain Latacir (Lapis Tipis Aspal Pasir), Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton/HRS), LASTON (Lapis Aspal Beton), SMA(*Split Mastic Asphalt*), HSMA (*High Stiffness Modulus Asphalt*) dan masih banyak lagi yang lainnya dengan sifat dan karakteristik yang berbeda-beda untuk masing-masing jenis lapis perkerasan.

Lapis Aspal Beton (LASTON) merupakan suatu lapisan pada konstruksi perkerasan lentur jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipampatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Kekuatan mekanik campuran ini didapat dari gesekan (*internal friction*) yang dipengaruhi oleh sifat fisik agregat baik bentuk butirannya maupun tekstur permukaannya (kekasaran batuan) sehingga nilai stabilitasnya tinggi. Untuk menaikkan mutu campuran, salah satu caranya adalah dengan menambahkan bahan tambah (*additive*). *Additive* adalah suatu komponen tambahan di luar komponen utama dalam aspal beton yang dicampurkan sehingga dapat memberikan pengaruh yang positif di dalamnya.

Kemasan minuman menggunakan botol plastik merupakan hal yang umum dewasa ini, limbah botol plastiknya banyak yang terbuang dan tidak dimanfaatkan, hal ini akan menambah beban bagi pemerintah dalam mendaur ulang sampah plastik, Pada penelitian ini, akan digunakan limbah botol plastik sebagai bahan tambah pada

campuran beton aspal. Penggunaan plastik sebagai alternatif bahan tambah, diharapkan : 1) dapat meningkatkan kualitas perkerasan aspal beton dan 2) mengetahui sifat-sifat campuran melalui karakteristik *Marshall* campuran tersebut yang meliputi : a. Kerapatan campuran (*density*); b. Nilai persentase rongga dalam campuran (*Void In The Mix*); c. Nilai persentase rongga dalam campuran yang terisi aspal (*Void Filled With Asphalt*); d. Nilai *stabilitas*; e. Kelelahan (*Flow*); f. Hasil bagi *Marshall* (*Marshall Quotient*). 3) Berapa besar tambahan kadar plastik agar dapat mencapai kadar aspal optimum.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Sukirman, S (1992) konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipampatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya, yang biasanya terbuat dari material yang lebih lemah. Masih menurut Sukirman, S (2003) bahwa lapis aspal beton (Laston) digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat, laston juga dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concrete*).

Komposisi Laston terdiri dari : 1) aspal, adalah bahan padat atau semi padat dan merupakan senyawa *hydrocarbon* yang berwarna coklat gelap atau hitam pekat dan terdiri dari *asphalt* enese dan maltenese yang memiliki fungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak. 2) batuan yang bergradasi rapat (*dense graded*), yaitu merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang, sehingga dinamakan juga agregat yang bergradasi baik (*well graded*). Campuran agregat yang bergradasi rapat atau baik mempunyai pori sedikit, mudah dipampatkan, dan mempunyai stabilitas tinggi. Tingkat stabilitas ditentukan dari ukuran butir agregat terbesar yang ada. (Sukirman, S, 1992)

Menurut Syarief, et al., (dalam Nurminah, M., 2002) bahan pembuat plastik dari minyak dan gas sebagai sumber alami, dalam perkembangannya digantikan oleh bahan-bahan sintesis sehingga dapat diperoleh sifat-sifat plastik yang diinginkan dengan cara kopolimerisasi, laminasi, dan ekstrusi). Plastik merupakan polimer yang mempunyai keunggulan yaitu sifatnya kuat tapi ringan, tidak karatan dan bersifat termoplastis serta dapat diberi warna. Menurut Erliza dan Sutedja (dalam Nurminah, M., 2002), plastik dapat dikelompokkan atas dua tipe, yaitu termoplastik dan termoset. Termoplastik adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas, antara lain *polyethylene*, *polypropylene*, *polystyrene*, dan *polyvinil chloride*. Sedangkan termoset adalah plastik yang tidak dapat dilunakkan oleh pemanasan, antara lain *phenol formaldehid* dan *urea formaldehid* (Nurminah, M., 2002).

Suroso, T.W (2004) menjelaskan bahwa suatu cara meningkatkan titik lembek aspal adalah dengan menambahkan plastik. Dari hasil penelitiannya, penambahan plastik ke dalam aspal meningkatkan titik lembek aspal yang juga otomatis menurunkan nilai penetrasi aspal sehingga tidak mudah terpengaruh oleh perbedaan temperatur, menaikkan nilai stabilitas dan *Marshall Quotient*. Dari penelitian yang dilakukan oleh Suroso, T.W (2004), dengan kadar plastik 3%; 3,5% dan 4 %, ternyata plastik dapat meningkatkan mutu campuran beraspal. Menurut Nugrohojati, E.S (2002), menjelaskan bahwa adanya plastic diyakini dapat meningkatkan kekakuan campuran HRA. Dalam penelitiannya, dengan kadar *additive* 0,3 % pada kadar aspal 6,8% dan 7,3% campuran mempunyai nilai stabilitas yang lebih tinggi daripada campuran dengan kadar *additive* 0,2 % pada kadar aspal yang sama.

3. LANDASAN TEORI

3.1. Karakteristik Campuran :

Ada tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton sebagai berikut: 1) **Stabilitas**, adalah kemampuan dari suatu perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Jalan yang melayani volume lalu lintas yang tinggi dan kendaraan berat yang dominan, membutuhkan suatu perkerasan jalan dengan stabilitas yang tinggi. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah gesekan internal dan kohesi. 2) **Keawetan atau durabilitas**, adalah kemampuan beton aspal untuk menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. *Durabilitas* beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya *film* atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Semakin tebal *film* aspal akan mengakibatkan mudah terjadi *bleeding* yang akan menyebabkan jalan semakin licin. 3) **Kelenturan atau fleksibilitas**, adalah kemampuan dari beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/*settlement*) dan pergerakan dari fondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. *Fleksibilitas* dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat yang bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi. 4) **Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)**, adalah suatu kemampuan dari

beton aspal untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. 5). **Kekesatan atau tahanan geser (skid resistance)**, adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga roda kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Selain itu agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga harus mempunyai daya tahan agar permukaan jalan tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan. 6). **Kedap air (impermeabilitas)**, adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki oleh air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat menyebabkan terjadinya percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan *film*/selimut aspal dari permukaan agregat. Tingkat *impermeabilitas* beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat *durabilitasnya*. 7). **Mudah dilaksanakan (workability)**, adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipampatkan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah *viskositas* aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur gradasi serta kondisi agregat.

3.2. Sifat-sifat *Marshall*

1. ***Density***: Menurut Roberts, F.L., et al (1991) kadar aspal naik, *density* ikut naik sampai mencapai puncaknya lalu turun. **Puncak kepampatan biasanya bersamaan dengan kadar aspal optimum dan stabilitas puncak.** Sebenarnya kepampatan yang diperoleh selama pemadatan di laboratorium tidak begitu penting. Hal yang terpenting adalah kedekatan antara kepampatan yang diperoleh di laboratorium dengan kepampatan yang diperoleh di lapangan setelah beberapa tahun dibebani oleh lalu lintas. Kepampatan yang tinggi akan menghasilkan kemampuan untuk menahan beban yang tinggi serta kedekatan terhadap air dan udara yang tinggi.
2. ***Void Filled With Asphalt (VFWA)***: Menurut Roberts, F.L. et al (1991) *Void Filled With Asphalt (VFWA)* adalah persentase rongga dalam agregat padat yang tersisi aspal. Nilai VFWA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan naiknya aspal ke permukaan saat suhu perkerasan tinggi. **Sedangkan VFWA yang terlalu rendah berarti campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi.**
3. ***Void In The Mix (VITM)***: Menurut Sukirman, S (2003) *Void In The Mix (VITM)* adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton dipadatkan. VITM dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VITM yang terlalu besar akan menyebabkan beton aspal padat berkurang kedekatannya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang akan mempercepat penuaan aspal dan akan menurunkan sifat *durabilitas* beton aspal. Namun, jika **VITM terlalu kecil akan mengakibatkan terjadinya *bleeding* jika temperature meningkat.** Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987) rongga di dalam campuran adalah perbandingan volume rongga terhadap volume total campuran padat, yang dinyatakan dalam persen.
4. ***Stabilitas***: Menurut Sukirman, S (2003) stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, **kebutuhan akan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi.** Sebaliknya, perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi. Menurut Sulaksono, Sony (2001) stabilitas adalah kekuatan campuran menahan deformasi akibat beban lalu lintas. Stabilitas dapat diperoleh melalui tahanan friksi antar agregat, agregat yang saling mengunci (*interlocking*), dan daya kohesi dari aspal.
5. ***Flow*** : Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987) *flow* adalah besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan, dinyatakan dalam satuan panjang. Menurut Roberts, F.L et al (1991) *flow* dalam terminologi *Marshall Test* adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai pada kondisi kestabilan mulai menurun. Nilai *flow* dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain kadar dan viskositas aspal, suhu, gradasi, dan jumlah pemadatan. Nilai *flow* yang terlalu tinggi mengindikasikan campuran yang bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban, sedangkan *flow* yang terlalu rendah mengisyaratkan campuran tersebut memiliki rongga tak terisi aspal yang lebih tinggi dari kondisi normal, atau kandungan aspal yang terlalu rendah sehingga berpotensi retak dini dan *durabilitas* rendah.
6. ***Marshall Quotient*** : Menurut Bustaman (2000) *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau fleksibilitas campuran. Nilai *Marshall Quotient* yang tinggi menunjukkan nilai kekakuan lapis keras yang tinggi. Lapis keras yang mempunyai nilai *Marshall Quotient* terlalu tinggi akan mudah terjadi retakretak akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang. Sebaliknya nilai *Marshall Quotient* yang terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu fleksibel (plastis) yang mengakibatkan lapis keras akan mudah berubah bentuk bila menahan beban lalu lintas.

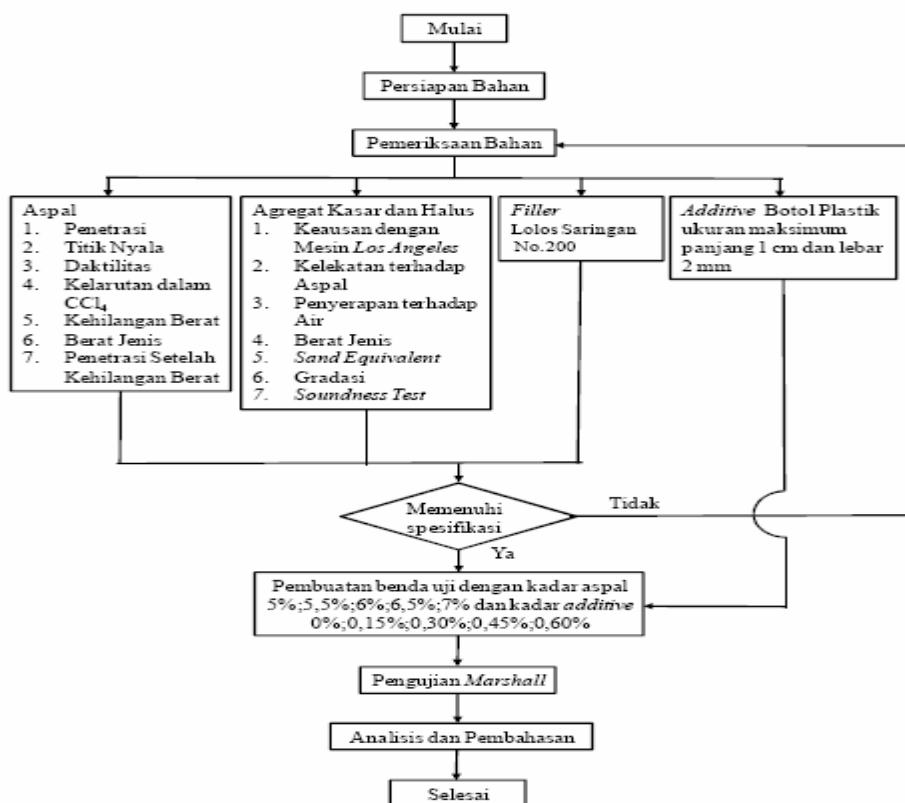
3.3. Sifat-sifat PET (*Polyethylene Terephthalate*)

Nurminah, M (2002) menjelaskan *Polyethylene* merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110°C. PET mempunyai kombinasi sifat-sifat: kekuatan (*strength*) yang tinggi, kaku (*stiffness*), dimensinya stabil, tahan bahan kimia dan panas, serta mempunyai sifat elektrik yang baik. PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air. PET dapat diproses dengan proses ekstrusi pada suhu tinggi 518- 608°F, selain itu juga dapat diproses dengan teknik cetak injeksi maupun cetak tiup. Sebelum dicetak sebaiknya resin PET dikeringkan lebih dahulu (maksimum kandungan uap air 0,02 %) untuk mencegah terjadinya proses hidrolisa selama pencetakan. Penggunaan PET sangat luas antara lain : botol-botol untuk air mineral, soft drink, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan (Mujiarto,I.,2005). Menurut Surdia,T dan Saito,S (2005) sifat khas polimer sangat berubah oleh perubahan temperatur. Hal ini disebabkan apabila temperatur berubah, pergerakan molekul karena termal akan mengubah molekul atau merubah struktur (terutama struktur yang berdimensi besar). Berikut adalah tabel suhu titik cair (*T_m*) beberapa jenis polimer.

4. METODOLOGI PENELITIAN

Batasan penelitian meliputi : Jenis botol plastik yang digunakan adalah botol plastik dengan kode 1 pada bagian bawah botol (*Polyethylene Terephthalate*) dengan kadar bervariasi dari 0,15% sampai dengan 0,60% dari berat agregat. Jenis aspal yang digunakan adalah dengan penetrasi 60/70, agregat campuran bergradasi tipe IV; abu batu digunakan sebagai filler. Penggunaan kadar aspal bervariasi dari 5% sampai dengan 7% dari berat agregat 1200 gram.

Ada dua teknik pencampuran plastik dalam campuran beraspal, yaitu : (1). cara basah, (*wet process*), yaitu suatu cara pencampuran dimana plastic dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogen. Cara ini membutuhkan tambahan dana cukup besar antara lain bahan bakar, mixer kecepatan tinggi sehingga aspal modifikasi yang dihasilkan harganya cukup besar bedanya dibandingkan dengan aspal konvensional. (2). cara kering (*dry process*), yaitu suatu cara dimana plastik dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian aspal panas ditambahkan. Cara ini bisa lebih murah dibandingkan cara basah, lebih mudah hanya dengan memasukkan plastik ke dalam agregat panas, tanpa membutuhkan peralatan lain untuk mencampur (mixer). Untuk penelitian ini digunakan cara kering dan alur penelitian sebagai berikut :



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pemeriksaan agregat kasar, agregat halus, aspal dan hasil pengujian campuran Laston dengan metode Marshall yang persyaratannya sesuai dengan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987, hasilnya seperti dalam tabel 5.1 dan 5.2 serta Grafik 5.1 sampai dengan 5.7.

Tabel 5.1 Persyaratan dan Hasil Pemeriksaan Bahan

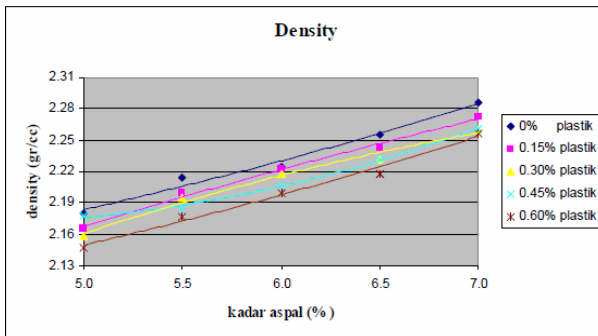
| No | Jenis Pengujian | Syarat | Hasil | Satuan |
|----------------------|---|------------------|-----------|---------|
| Agregat Kasar | | | | |
| 1 | Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> | Maks 40 | 34,52 | % |
| 2 | <i>Soundness</i> terhadap larutan Na ₂ SO ₄ | Maks 12 | 3,84 | % |
| 3 | Berat jenis bulk | Min 2,5 | 2,5449 | - |
| 4 | Kelekatkan terhadap aspal | Min 95 | 95 | % |
| 5 | Penyerapan terhadap air | Maks 3 | 1,2 | % |
| Agregat halus | | | | |
| 1 | <i>Soundness</i> terhadap larutan Na ₂ SO ₄ | Maks 10 | 7,36 | % |
| 2 | Nilai <i>sand equivalent</i> | Min 50 | 100 | % |
| 3 | Berat jenis bulk | Min 2,5 | 2,6261 | - |
| 4 | Penyerapan terhadap air | Maks 3 | 1,3993 | % |
| Aspal | | | | |
| 1 | Penetrasi aspal 25° C | 60 -79 | 64,93 | 0,1 mm |
| 2 | Titik lembek | Min 48 – maks 58 | 48,75 | ° C |
| 3 | Titik nyala dan titik bakar | Min 200 | 308 & 312 | ° C |
| 4 | Kehilangan berat | Maks 0,4 | 0,28 | % berat |
| 5 | Penetrasi setelah kehilangan berat | Min 48,6 | 55,13 | 0,1 mm |
| 6 | Kelarutan dalam CCl ₄ | Min 99 | 99 | % berat |
| 7 | Daktalitas 25° C, 5 cm/menit | Min 100 | >100 | Cm |
| 8 | Berat jenis aspal 25° C | Min 1 | 1,1236 | - |

Tabel 5.2 Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton

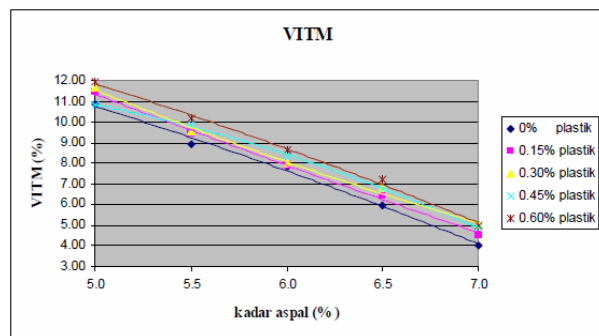
| Persyaratan | DPU 1987 | Bina Marga 1983 |
|--------------------------------|-----------|-----------------|
| Stabilitas (kg) | ≥ 550 | ≥ 750 |
| Kelelahan (mm) | 2,0 – 4,0 | 2,0 – 4,0 |
| Stabilitas / kelelahan (kg/mm) | 200 – 350 | - |
| Rongga dalam campuran (%) | 3 – 5 | 3 – 5 |
| Rongga terisi aspal (%) | Min 65 | - |

1) **Density** : dari grafik 5.1 dapat dilihat bahwa nilai *density* campuran beton aspal tanpa penambahan plastik lebih tinggi daripada campuran yang menggunakan bahan tambah plastik. Hal ini disebabkan ketika dicampur dengan agregat panas pada suhu pencampuran 170°C, plastik yang ditambahkan melengkung, tetapi tidak mencair. Saat ditambahkan aspal, plastik masih berupa serat-serat halus. Plastik ikut terselimuti aspal dan mengurangi kadar aspal yang seharusnya mengisi rongga dalam campuran. Jika dilihat dari penambahan kadar aspal, nilai *density* semakin meningkat. Hal ini disebabkan aspal bebas dalam campuran bertambah, sehingga rongga antar agregat yang dapat terisi aspal makin bertambah dan mengakibatkan campuran menjadi lebih pampat. Seiring bertambahnya kadar aspal dan kadar plastik, nilai *density* meningkat saat kadar aspal bertambah dan menurun saat kadar plastiknya bertambah. Pada kadar aspal yang sama, semakin tinggi kadar plastik yang ditambahkan semakin sedikit rongga yang terisi oleh aspal sehingga kadar pori dalam campuran semakin tinggi, sehingga campuran dengan plastik menjadi kurang

pampat daripada yang tanpa plastik. Nilai *density* tertinggi adalah 2,2862 pada campuran dengan kadar aspal 7% tanpa penambahan plastik, sedangkan nilai *density* terendah adalah 2,1475 pada campuran dengan kadar aspal 7% dan penambahan plastik sebesar 0,60%.

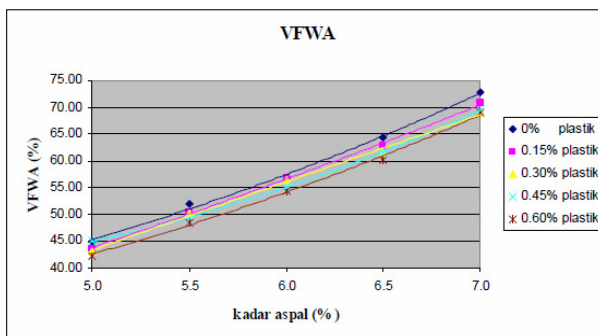


Grafik 5.1 Density

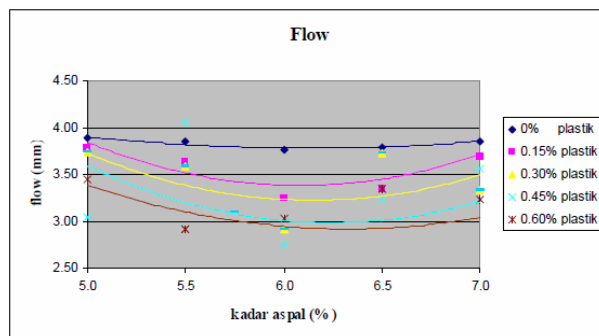


Grafik 5.2 VITM

2. **VITM** dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lainnya bentuk butiran, tekstur permukaan, gradasi, kadar aspal, suhu dan faktor pemadatan. Semakin naik kadar aspal, nilai VITM akan semakin menurun karena rongga antar agregat akan semakin terisi oleh aspal. Dari grafik 5.2 tampak bahwa semakin tinggi kadar aspal semakin kecil nilai VITM campuran. Campuran dengan penambahan plastik menunjukkan peningkatan nilai VITM. Semakin tinggi kadar plastik semakin tinggi pula nilai VITM. Hal ini disebabkan kadar plastik yang ditambahkan menghalangi aspal mengisi rongga dalam campuran. Semakin banyak plastik yang digunakan, rongga yang terbentuk semakin besar. Nilai VITM tertinggi adalah 11,9546 pada campuran dengan kadar aspal 5% dan kadar plastik 0,6% sedangkan nilai VITM terendah adalah 4,0482 pada campuran dengan kadar aspal 7% tanpa penambahan plastik. Nilai VITM campuran yang memenuhi persyaratan 3 – 5 % adalah campuran dengan kadar aspal 7% untuk semua variasi penambahan kadar plastik. Hal ini disebabkan pada kadar tersebut, aspal cukup banyak untuk mengisi rongga yang ada.



Grafik 5.3. VFWA



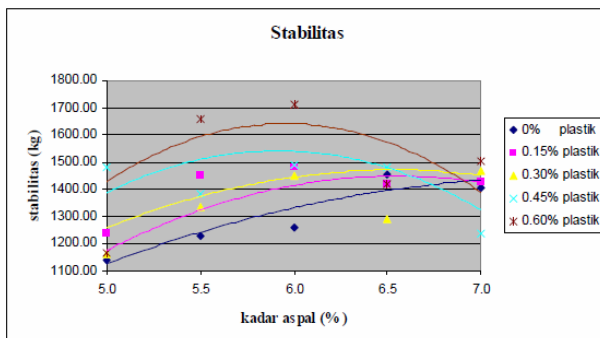
Grafik 5.4, Flow

3. **VFWA** : Dari grafik 5.3 terlihat bahwa seiring penambahan kadar aspal, nilai VFWA juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan peningkatan kadar aspal yang menyebabkan rongga dalam campuran yang dapat diisi aspal juga semakin meningkat. Dilihat dari penambahan kadar plastik, nilai VFWA semakin menurun. Hal ini disebabkan saat pencampuran plastik tidak lumer sempurna, masih berbentuk serat yang juga ikut diselimuti aspal dan mengurangi jumlah aspal yang seharusnya mengisi rongga dalam campuran. Nilai VFWA tertinggi adalah 72,7744% pada campuran dengan kadar aspal 7% tanpa penambahan plastik, sedangkan nilai VFWA terendah adalah 42,3106% pada campuran dengan kadar aspal 5% dan kadar plastik 0.6%. Nilai VFWA yang memenuhi persyaratan minimal 65% adalah campuran dengan kadar aspal 7% untuk semua variasi penambahan kadar plastik.

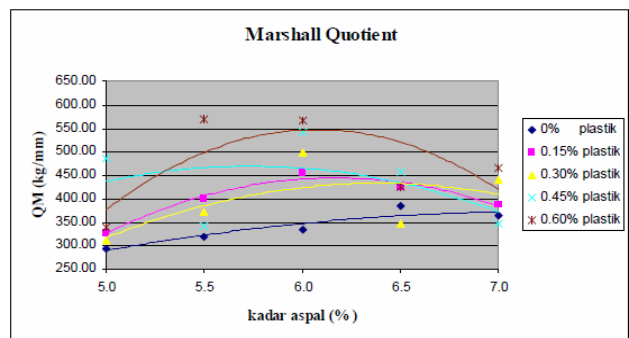
4. **Flow** : Dari grafik 5.4, tampak bahwa dengan kenaikan kadar plastik, nilai *flow* cenderung menurun pada kadar aspal 5-6%. Hal ini disebabkan viskositas aspal yang meningkat seiring penambahan kadar plastik sehingga aspal yang mengisi rongga semakin kecil, namun masih mampu mengikat agregat, menyebabkan nilai *flow* turun. Pada kadar aspal 6-7% , nilai *flow* cenderung meningkat seiring penambahan kadar plastik. Hal ini disebabkan meningkatnya kadar aspal menyebabkan campuran semakin melunak dan meningkatkan nilai *flow*. Nilai *flow* tertinggi adalah 4,055 mm pada kadar aspal 5,5% dengan kadar plastik 0,45% sedangkan nilai *flow* terendah adalah 2,755 mm pada campuran dengan kadar aspal 6% dan kadar plastik 0,45%. Pada penelitian ini nilai *flow* yang tidak memenuhi persyaratan 2,0-4,0 mm adalah *flow* pada campuran dengan kadar aspal 5,5% dengan kadar plastik 0,45%. Secara umum, penambahan plastic

membuat campuran menjadi lebih kaku. Hal ini terlihat dari nilai *flow* campuran dengan plastik lebih kecil daripada campuran tanpa plastik.

5. **Stabilitas** : Dari grafik 5.5 dapat dilihat, seiring penambahan kadar plastik, nilai stabilitas cenderung naik pada kadar aspal 5-6%. Hal ini disebabkan plastik yang ditambahkan berbentuk serat bersudut dan agregat yang terselimuti aspal saling mengunci dengan baik. Posisi agregat tidak mudah bergeser dari tempatnya ketika diberi beban, sehingga stabilitasnya meningkat. Pada kadar aspal yang lebih tinggi 6,5-7%, nilai stabilitas turun daripada nilai stabilitas pada kadar aspal 6% untuk variasi kadar plastik 0,15-0,6%. Hal ini disebabkan karena viskositas menurun seiring penambahan kadar aspal. Kadar aspal yang makin tinggi menyebabkan selimut aspal menjadi semakin tebal dan campuran menjadi lebih lunak. Saat beban bertambah, aspal mudah bergeser dan menyebabkan deformasi pada campuran, sehingga nilai stabilitas campuran menjadi menurun. Nilai stabilitas tertinggi adalah 1711,8319 kg pada campuran dengan kadar aspal 6% dan kadar plastik 0,60%, sedangkan nilai stabilitas terendah adalah 1141,5983 kg pada campuran dengan kadar aspal 5% tanpa penambahan plastik. Semua nilai variasi campuran memenuhi syarat minimal stabilitas 550 kg.



Grafik 5.5. Stabilitas



fGrafik 5.6. Marshall Quotient (QM)

6. **Marshall Quotient** : Dari grafik 5.6, terlihat bahwa nilai *QM* campuran dengan penambahan plastik cenderung lebih tinggi daripada campuran tanpa plastik. Hal ini disebabkan karena nilai stabilitas campuran dengan plastik lebih tinggi dan nilai *flow*nya juga lebih kecil daripada campuran tanpa plastik. Spesifikasi yang disyaratkan nilai *QM* 200-350 kg/mm, dari hasil penelitian *Marshall*, nilai *QM* yang memenuhi persyaratan adalah campuran beton aspal pada kadar aspal 5% dengan kadar plastik 0%, 0,15% 0,30%, 0,60%; kadar aspal 5,5% dengan kadar plastik 0%,0,45%; kadar aspal 6% dengan kadar plastik 0%; kadar aspal 6,5% dengan kadar plastik 0,30% dan kadar aspal 7% dengan kadar plastik 0,45%.

7. **Kadar Aspal Optimum** : Kadar aspal Optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat mencapai persyaratan *density*, *VITM*, *VFWA* , stabilitas, *flow* dan *QM* dan tentu saja sesuai dengan persentase penambahan plastik yang paling sesuai. Ternyata kadar aspal Optimum berada pada 7% aspal dan 0,45% kadar plastik.

| No. | Karakteritik <i>Marshall</i> | Kadar Aspal (%) | | | | |
|--|---------------------------------|-----------------|-----|---|-----|---|
| | | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 |
| 1 | <i>Density</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 2 | <i>VITM</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 3 | <i>VFWA</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 4 | Stabilitas | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 5 | <i>Flow</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 6 | <i>QM</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Kadar aspal optimum = 7 % pada kadar plastik 0,45% | | ↓ | | | | |
| ■ = memenuhi persyaratan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya, SKBI – 2.4.26. 1987. | | | | | | |

Grafik 5.7. Kadar Aspal Optimum Campuran Beton Aspal

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Pada campuran aspal beton (LASTON) dengan penambahan plastik bekas botol minum, karakteristik Marshall seperti nilai *Density*, VFWA dan *Flow* lebih rendah, sedangkan nilai VITM, Stabilitas dan QM cenderung meningkat dibanding campuran aspal beton normal.
2. Berdasarkan persyaratan Bina Marga 1987, campuran yang memenuhi semua persyaratan karakteristik Marshall adalah campuran dengan kadar aspal Optimum 7% dan kadar penambahan plastik 0,45%
3. Dapat disimpulkan bahwa limbah plastik bekas botol minum (PET) bermanfaat sebagai bahan tambah dalam lapis campuran Aspal Beton (Laston).

6.2. Saran

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan beban lalu lintas atau jenis perkerasan lentur yang lain
2. Penelitian sejenis dapat dilanjutkan dengan menggunakan variasi bentuk dan ukuran plastic yang berbeda dan dengan jenis plastik yang berbeda pula.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum RI, (1983), *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya*, PU, Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum RI, (1987), *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya*, SKBI-2.4.26, PU, Jakarta.
- Iptek Voice, Polimer Untuk Masyarakat, <http://www.ristek.go.id/index.php?mod=News&conf=v&id=1994>
- Mujiarto, I., 2005, Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif, *Traksi Vol.3 No.2 Desember 2005*, <http://mesinunimus.files.wordpress.com/2008/02/sifat-karakteristikmaterial-plastik.pdf>
- Nazir, C., 2002, *Pengaruh Penggunaan Serat Limbah Plastik Botol Minum (Polyethylene Terephthalate) sebagai Additive pada campuran HRA (Hot Rolled Asphalt) ditinjau dari sifat Marshall*, Tugas Akhir Strata Satu Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Nugrohojati, E.S., 2002, *Pengaruh Penggunaan Serat Limbah Plastik Botol Minuman sebagai Additive pada Campuran HRA ditinjau dari Ketahanan terhadap Air*, Tugas Akhir Strata Satu Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Mujiarto, I., 2005, "Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif", *Traksi Vol.3 No.2 Desember 2005*, <http://mesinunimus.files.wordpress.com/2008/02/sifat-karakteristikmaterial-plastik.pdf>
- Nurminah, M., 2002, Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik dan Kertas serta Pengaruhnya terhadap Bahan yang Dikemas, Fakultas Pertanian, Jurusan teknologi Pangan, Universitas Sumatera Utara, <http://library.usu.ac.id/download/fp/fp-mimi.pdf>
- Roberts, FL, et al, 1991, *Hot Mix Asphalt materials, Mixtures Design and Construction*, Napa Education Foundation, Lanham, Maryland.
- Sukirman, S., 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Bandung.
- Sulaksono, S., 2001, *Rekayasa Jalan*, Penerbit Institut Teknologi Bandung.
- Surdia, T dan Saito, S., 2005, *Pengetahuan Bahan Teknik* Penerbit PT. Pradnya Paramita Jakarta.
- Suroso, T.W., 2004, "Pengaruh Penambahan Plastik Cara basah dan Cara Kering terhadap Kinerja Campuran Beraspal, Puslitbang Jalan dan Jembatan", <http://pusjatan.pu.go.id/upload/kolokium/2007/KKBBPJ200702.pdf>
- The Asphalt Institute, 1983, *Asphalt Technology and Construction Practices*, Maryland, USA.