

# OPTIMALISASI PENAMBAHAN ANTI STRIPPING AGENT WETFIX-BE PADA CAMPURAN BERASPAL PANAS (AC-WC)

## (Increasing Optimization Of Anti Stripping Agent Wetfix-Be On Ac-Wc Hot Asphalt Mix)

Oleh:

**A. Subagja**

Jurusan Teknik Sipil – Politeknik Negeri Bandung  
Jln. Gegerkalong Hilir Ds. Ciwaruga Bandung 40551  
[sbagdja@yahoo.co.id](mailto:sbagdja@yahoo.co.id)

### ABSTRAK

Daya ikat antara bitumen dan agregat yang tidak baik pada campuran beraspal, dapat menimbulkan terjadinya pengelupasan yang memudahkan penyerapan air yang pada akhirnya akan mempercepat terjadinya kerusakan jalan. Untuk meningkatkan daya lekat antara agregat dan bitumen dapat dilakukan dengan penambahan zat anti stripping agent. Zat aditif ini merupakan zat anti pengelupasan, dimana zat ini dapat meningkatkan daya lekat aspal terhadap agregat didalam campuran beraspal. Mengacu kepada Spesifikasi Umum 2010. Pengujian dilakukan dengan menggunakan jenis anti stripping agent WETFIX-BE yang diperoleh dari PT. ENCEHA PASIFIC Jakarta, dan material lokal dari laboratorium bahan Politeknik Negeri Bandung. Dengan metode Marshall dilaboratorium dilakukan pengujian VIM, VMA, VFB, Kelelehan, Kepadatan, Stabilitas Sisa, untuk mendapatkan Kadar aspal optimum pada campuran beraspal panas (AC-WC) dengan gradasi kasar. Kemudian dilakukan variasi penambahan anti stripping agent dengan rentang 0,20%, 0,25%, 0,30%, 0,35%, 0,40%, 0,45% dan 0,50% untuk mendapatkan kadar ASA Optimum pada campuran beraspal. Dengan penambahan stripping agent sebesar 0,20%, 0,25%, 0,30%, 0,35%, 0,40%, 0,45% dan 0,50% dari kadar aspal optimum, menunjukkan peningkatan nilai retained stability yang lebih baik dan dapat meningkatkan kinerja campurandengan yang tidak menggunakan anti stripping agent. Dan bila menggunakan material yang berbeda sumbernya, dapat memperoleh hasil yang berbeda pula. Sedangkan untuk kadar ASA optimum telah tercapai pada penambahan anti stripping 0,20% (91,71%), sesuai dengan yang disyaratkan Spesifikasi Umum 2010 pada Divisi 6 Pasal 6.3.2.7 revisi .1. 2011 (Min 90%).

### ABSTRACT

To improve the adhesion between aggregate and asphalt can be done with the addition of anti-stripping agent. This additive is an anti-stripping agent, in which these substances can increase the adhesion of asphalt to aggregate in the asphalt mixture. Referring to the General Specifications 2010. Tests performed by using an anti-stripping agent type WETFIX - BE obtained from PT. ENCEHA PASIFIC Jakarta, and local ingredients from Bandung State Polytechnic materials laboratory. By Marshall laboratory testing methods VIM, VMA, VFB, flow, density, Stability Time, to obtain optimum bitumen content of hot mix asphalt (AC - WC) with coarse gradation. Then do the variation with the addition of anti-stripping agent ranged 0.20%, 0.25%, 0.30%, 0.35%, 0.40%, 0.45% and 0.50% to obtain the optimum level of ASA in asphalt mixture. With the addition of anti-stripping

agent at 0.20%, 0.25%, 0.30%, 0.35%, 0.40%, 0.45% and 0.50% of optimum bitumen content, showed an increase in the value of stability rest better and can improve performance by not using a mixture of anti-stripping agent. And when using different source materials, may obtain different results. The optimal levels of ASA has reached 0.20% (91,71%), on the addition of anti-stripping as necessary General Specifications 2010 on Division 6 Section 6.3.2.7 revision .1. 2011(Min 90%).

*Key words: Optimization, anti-stripping agent, Mix Asphalt (AC-WC), WETFIX-BE*

## **Pendahuluan**

Salah satu cara untuk mengatasi kerusakan-kerusakan pada jalan yang diakibatkan oleh air dan kelembaban adalah dengan memperbaiki perilaku campuran beraspalnya, yaitu dengan cara meningkatkan kualitas sifat-sifat aspal, kualitas agregat, dan memperbaiki mekanisme pengolahan dan gradasi agregatnya. Meningkatkan kualitas dari sifat aspal adalah dengan cara memodifikasi aspalnya, atau dengan menambahkan suatu bahan tambah atau zat kimia yang diharapkan dapat meningkatkan mutu aspal maupun campuran beraspalnya. Bahan tambah atau zat kimia yang dimaksud adalah zat anti pengelupasan (*anti stripping agent*). Zat anti pengelupasan (*Anti Stripping Agent*) merupakan suatu zat adiktif yang dapat merubah sifat aspal dan agregat, meningkatkan daya lekat dan ikatan, serta mengurangi efek negatif dari air dan kelembaban sehingga menghasilkan permukaan berdaya lekat tinggi. Hal ini akan mengurangi terjadinya pelepasan butiran pada aspal. Hal ini diharapkan dapat meminimalkan terjadinya kerusakan jalan oleh air, memperpanjang waktu pelapisan ulang *hotmix* dengan biaya perawatan yang lebih rendah.

Pada spesifikasi umum Bina Marga 2010 pun, Aditif kelekatan atau anti pengelupasan

(*anti striping agent*) harus ditambahkan dalam bentuk cairan kedalam campuran agregat dengan menggunakan pompa penakar (*dozing pump*) pada saat proses pencampuran basah di *pugmil*. Kuantitas pemakaian aditif *anti striping agent* dalam rentang 0,2% - 0,3 % terhadap berat aspal. *Anti striping agent* harus digunakan untuk semua jenis aspal tetapi tidak boleh digunakan pada aspal modifikasi yang bermuatan positif, namun juga spesifikasi umum 2010 tidak menyebutkan jenis *anti strippingnya*.

Sedang pada spesifikasi umum Bina Marga pada revisi (1) tahun 2011, kuantitas pemakaian aditif *anti stripping* dalam rentang 0,2% - 0,4% terhadap berat aspal. Tetapi bilamana stabilitas marshall sisa setelah perendaman selama 24 jam pada temperatur 60°C sama atau lebih besar dari 90% maka bahan anti pengelupasan yang digunakan haruslah yang disetujui oleh Direksi.

Ada beberapa contoh referensi tentang penggunaan *anti stripping agent* terhadap beton aspal yang telah dilakukan, salah satunya yang melakukan penelitian tersebut adalah dari Universitas Sumatra Utara, didalam penelitiannya mengenai perbandingan dua jenis *anti stripping agent* yaitu jenis *wetfix-be* dengan jenis *derbo* terhadap campuran AC-WC

menggunakan agregat dari Patumbak dan spesifikasi umum Bina Marga 2006. Dari hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa dengan ditambahkan *anti stripping agent* pada campuran beraspal, hasilnya kecenderungan mengalami kenaikan dibandingkan dengan yang tanpa *anti stripping agent*. Peningkatan itu terjadi nilai kepadatan dari 2,342 sebelumnya setelah ditambahkan 0,2% ASA menjadi 2,343 dari berat aspal, stabilitas sebelumnya 1032 setelah ditambahkan 0,2 % menjadi 1072 dan yang paling utama adalah pada nilai stabilitas sisa yang sebelumnya 77,22% menjadi 87,43% dengan kenaikan sebesar 10,21% dengan penambahan ASA yang sangat sedikit tetapi memperoleh hasil yang begitu baik. Dengan begitu dari penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa dengan menambahkan *anti stripping agent* dapat meningkatkan kinerja dari suatu campuran beraspal.

Pada penyelesaian penelitian ini, dimulai dengan membuat perancangan campuran beraspal panas (AC-WC) dengan gradasi kasar, selanjutnya menentukan kadar aspal optimum. Campuran beraspal pada kadar aspal optimum tersebut yang ditambahkan dengan zat *anti stripping agent* jenis wetfix-be dengan menggunakan metode Marshall dan pendekatan kepadatan mutlak. Pengujian Marshall yang dilakukan sama dengan yang dilakukan peneliti sebelumnya, yaitu dari Universitas Sumatra Utara. Yang membedakan penelitian ini dengan penelitian yang dari Universitas Sumatra Utara adalah terletak pada agregat dan spesifikasinya. Penelitian ini menggunakan agregat lokal dari Lab. Uji Bahan Polban sedangkan mereka (dari USU) menggunakan agregat lokal dari

Patumbak.

Apakah dengan agregat yang berbeda akan mendapatkan hasil yang sama. didalam spesifikasi umum Bina marga 2010 pada seksi 6.3.3 tentang campuran beraspal panas, mengharuskan bahwa setiap perancangan campuran beraspal disyaratkan untuk menunjukkan semua usulan metoda kerja, agregat, aspal, dan campuran yang memadai dengan membuat dan menguji campuran percobaan di laboratorium, dengan menguji sifat-sifat dan kualitas dari suatu agregat dapat mengindikasikan sifat campuran yang berbeda, itu mungkin disebabkan karena sifat-sifat dan kualitas dari suatu agregat selalu akan berbeda dengan sumber yang berbeda.

## Studi Pustaka

### Campuran Beraspal

Campuran beraspal adalah suatu kombinasi campuran antara agregat dan aspal. Pencampuran dilakukan sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti oleh aspal dengan seragam. Untuk mengeringkan agregat dan memperoleh kekentalan aspal yang mencukupi dalam mencampur dan mengerjakannya, maka kedua-duanya harus dipanaskan masing-masing pada suhu tertentu.

Dalam campuran beraspal, aspal berperan sebagai pengikat atau lem antar partikel agregat, dan agregat sendiri berperan sebagai tulangan. Sifat-sifat mekanis aspal dalam campuran beraspal diperoleh dari bahan-bahan pembentuk aspalnya. Dan sifat mekanis agregat diperoleh dari ikatan antar butir agregat (*interlocking*), dan kekuatannya tergantung pada gradasi, tekstur permukaan, bentuk

butiran, kekerasan, ketahanan, kebersihan, dan ukuran agregat maksimum yang digunakan. Sedangkan sifat kohesinya diperoleh dari sifat-sifat aspal yang digunakan.

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 persyaratan, meskipun peralatan dan metoda kerja yang digunakan telah sesuai.

Dengan banyaknya kerusakan-kerusakan pada perkerasan jalan terutama pada perkerasan jalan lentur yang diakibatkan oleh air maupun kelembaban maka pada spesifikasi umum Bina Marga 2010, divisi VI tentang campuran beraspal panas dianjurkan untuk menggunakan bahan tambah aspal yaitu bahan aditif kelekatan atau bahan anti pengelupasan (*anti stripping agent*).

Campuran beraspal terutama AC-WC pada perkerasan jalan ditempatkan pada lapisan permukaan (*surface course*), lapisan atas yang sekaligus akan langsung menerima beban dan gesekan dari lalu lintas maupun air. Campuran aspal tersebut juga dinamakan lapisan aus (*wearing course*), yang juga sebagai lapisan yang kedap terhadap air atau sebagai lapisan pelindung terhadap lapisan yang ada dibawahnya.

Oleh karena itu dalam perancangan campuran beraspal perlu ditambahkan dengan bahan tambah aspal anti pengelupasan (*anti stripping agent*) yang diharapkan dapat lebih memperbaiki kinerja pada campuran beraspal

terutama pada campuran AC-WC. Dengan menambahkan *anti stripping agent* pada campuran beraspal diharapkan akan dapat menambah kekuatan pada perkerasan jalan serta dapat meminimalkan kerusakan-kerusakan yang diakibatkan oleh air.

Dengan perbedaan rujukan tersebut maka dalam penulisan penelitian ini, apakah ada persamaan ataukah perbedaan hasil didapatkan antara penelitian sebelumnya dengan menggunakan spesifikasi Umum Bina Marga 2010 dengan ketentuan yang sifat-sifat campuran beraspal.

### **Sifat – Sifat Campuran Beraspal**

Dalam bukunya *Sukirman, Silvia,(1999)* yang berjudul *Perkerasan Lentur Jalan Raya* menyatakan bahwa perancangan campuran beraspal mencakup kegiatan pemilihan dan penentuan proporsi material untuk mencapai sifat-sifat akhir dari campuran beraspal yang diinginkan. Tujuan dari perancangan campuran beraspal adalah untuk mendapatkan campuran yang efektif dari gradasi agregat dan aspal yang akan menghasilkan campuran beraspal yang memiliki sifat-sifat dan persyaratan campuran sebagai berikut :

- Stabilitas (*Stability*)
- Kelenturan (*Flexibility*)
- Keawetan/Daya Tahan (*Durability*)
- Impermeabilitas (*Impermeability*)
- Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)
- Tahanan Geser atau Kesesatan (*Skid Resistance*)
- Pemasatan
- Temperatur

## Bahan Pembentuk Campuran Beraspal

Bahan adalah merupakan komponen utama pada pekerjaan campuran beraspal. Komponen bahan dasar yang akan dipergunakan campuran beraspal tersebut adalah terdiri atas agregat dan aspal. Agregat sendiri terbagi atas agregat kasar (*split*), Agregat sedang/medium (*screen*), dan agregat halus adalah abu batu atau pasir. Penggunaannya bahan tersebut tergantung dari pada jenis campuran beraspalnya yang nantinya akan digunakan sebagai lapisan perkerasan jalan.

Didalam spesifikasi umum Bina Marga 2010 Campuran beraspal harus menambahkan bahan pengisi (*filler*) dan bahan anti pengelupasan jika diperlukan.

## Aspal

Aspal sering disebut juga dengan bitumen yaitu merupakan material perekat (*cementitious*) yang berwarna hitam kecoklatan yang terdiri dari senyawa hidrokarbon dan bersifat viskoelastis, sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan juga sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Aspal adalah salah satu komponen utama dalam perkerasan lentur, karena aspal mempunyai adhesi yang kuat dan juga kedap air dan mudah dikerjakan.

Dalam campuran berbahan pengikat aspal selain sifat agregat, sifat aspal juga sangat menentukan kinerja dari campuran tersebut, oleh karena itu kuantitas dan kualitas aspal harus sangat diperhatikan yaitu dengan terlebih dulu diadakan uji laboratorium, sifat-sifat aspal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Sifat kimia, ditentukan berdasarkan kandungan aspalten dan kandungan malten (*resin, aromated, saturated*).
- Sifat fisik, yaitu ditentukan berdasarkan durabilitasnya (penetrasi, titik lembek, daktilitas dan seterusnya), adhesi/kohesi, kepekaan terhadap perubahan temperatur, dan pengerasan atau penuaan.

Aspal yang digunakan dalam hal ini adalah aspal keras pen 60/70. Dengan ketentuan mutu aspal keras pen 60/70 yang harus diuji dan dipenuhi menurut spesifikasi umum Bina Marga 2010,

Sifat-sifat fisik aspal yang sangat mempengaruhi perancangan, produksi dan kinerjcampuran beraspal antara lain sebagai berikut :

- 1) Durabilitas (Keawetan)
- 2) Adhesi dan Kohesi
- 3) Kepekaan Aspal terhadap Temperatur
- 4) Pengerasan dan Penuaan

## 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. Dalam manual pekerjaan campuran beraspal panas disebutkan bahwa ukuran agregat dalam suatu campuran beraspal terdistribusi dari yang berukuran besar sampai ke yang kecil. Semakin besar ukuran maksimum agregat yang dipakai semakin banyak variasi ukurannya dalam campuran tersebut.

Pada campuran beraspal, agregat memberikan kontribusi sampai 90-95% terhadap berat campuran, sehingga kualitas agregat merupakan salah satu faktor penentu

dari kinerja campuran tersebut. Oleh karena itu sebelum agregat digunakan untuk perancangan campuran beraspal panas hendaknya harus melalui pengujian terlebih dahulu, untuk mengetahui kualitas dari agregat tersebut.

Kualitas suatu agregat sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat yang dikandungnya. Diantara sifat-sifat yang ada yaitu *strength* atau kekuatan, *durability* atau keawetan, *adhesiveness* atau daya rekat terhadap aspal dan *workability* atau kemudahan dalam pelaksanaan. Sifat kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) dipengaruhi oleh gradasi, kadar lumpur, kekerasan (*hardness*) dan bentuk butir (*shape-grain*).

Berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga 2010, agregat yang digunakan dalam perancangan harus dibuat sedemikian rupa agar campuran beraspal proporsinya sesuai dengan rumusan campuran kerja, dan memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan tergantung campuran mana yang dipilih. Dalam pemilihan sumber agregat, harus sudah memperhitungkan penyerapan aspal oleh agregat. Oleh sebab itu penyerapan air oleh agregat dibolehkan maksimum 3%. Serta berat jenis (*specific gravity*) agregat kasar dan halus tidak boleh berbeda lebih dari 0,2.

### **Agregat Kasar**

Agregat kasar yang digunakan untuk rancangan campuran beraspal panas menurut spesifikasi umum Bina Marga 2010 adalah sebagai berikut :

- a) Agregat kasar harus tertahan saringan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah.
- b) Agregat kasar harus bersih, keras, kuat, awet, kering dan bebas dari bahan lain

seperti lempung, zat organik dan yang akan menghalangi kelekatan aspal terhadap agregat.

- c) Agregat kasar harus berasal dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal.
- d) Agregat kasar yang digunakan tidak boleh kotor dan berdebu serta jumlah bahan lolos saringan No. 200 (0,075 mm) tidak boleh lebih besar dari 1% serta harus memenuhi ketentuan-ketentuan yang sesuai spesifikasi teknis.

### **Agregat Halus**

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir alam ataupun penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) atau sesuai SNI 03-6819-2002. Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran. Agregat dan haruslah bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat halus dalam campuran beraspal berfungsi :

1. Untuk menambah stabilitas dengan memperkokoh sifat saling mengunci (*interlocking*) dengan agregat kasar,
2. Untuk mengurangi rongga udara dalam campuran,
3. Untuk menaikkan luas permukaan dari agregat sehingga otomatis menaikkan kadar aspal, kadar aspal yang tinggi akan membuat campuran menjadi lebih awet (*durable*).

### **Bahan Pengisi (Filler)**

Bahan pengisi (*filler*) adalah material yang

lolos saringan No. 200 (0,075 mm) tidak kurang 75 % terhadap beratnya, bersifat non plastis dan di tambahkan dalam keadaan kering serta bebas dari gumpalan-gumpalan. Bahan pengisi yang digunakan pada perancangan campuran beraspal dalam usaha penyelesaian penelitian ini adalah semen tiga roda.

Pada spesifikasi umum Bina Marga 2010, semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat. Adapun jenis dan sifat bahan tambah (*filler*) untuk campuran beraspal adalah sebagai berikut :

- a) Debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang.
- b) Bahan pengisi harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990.
- c) Bilamana kapur tidak terhidrasi atau terhidrasi sebagian, dapat digunakan sebagai bahan pengisi proporsi maksimum yang diijinkan adalah 1,0% dari berat total campuran beraspal. Sedang kapur yang seluruhnya terhidrasi dan memenuhi persyaratan, dapat digunakan maksimum 2% terhadap berat total campuran beraspal.

Bahan tambah (*filler*) pada campuran beraspal berfungsi sebagai :

- Untuk memodifikasi gradasi agregat halus,
- Mengisi ruang antar agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan stabilitas.
- Mengisi rongga dan menambah bidang kontak antar butir agregat

- Bila dicampur dengan aspal, *filler* akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi sehingga mengikat butir agregat secara bersama-sama.
- Mengurangi rongga udara (*air void*).
- Untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur.

### **Bahan Tambah Anti Pengelupasan (*Anti Stripping Agent*)**

Hilangnya integritas dari suatu campuran aspal melalui melemahnya ikatan antara agregat dan pengikat dikenal sebagai pengelupasan. Pengelupasan biasanya dimulai di bagian bawah lapisan campuran aspal, dan secara bertahap bergerak ke atas selama bertahun-tahun, itu yang banyak menyebabkan timbul kerusakan di permukaan seperti alur, lipatan, gelombang, *raveling*, *cracking*, dll (Roberts et al 1996)

Pengelupasan pada perkerasan aspal adalah hilangnya adhesi antara agregat dan aspal pengikat. Hilangnya adhesi dapat menimbulkan beberapa jenis kerusakan, kehilangan adhesi dapat diatasi dengan bantuan bahan anti pengelupasan (*anti stripping agent*), maksudnya adalah untuk menggantikan kelembaban di permukaan dari adhesi agregat dan akan menghasilkan ikatan di permukaan agregat.

Pada spesifikasi umum Bina Marga 2010, Aditif kelekatan atau anti pengelupasan (*anti stripping agent*) harus ditambahkan dalam bentuk cairan kedalam campuran agregat dengan menggunakan pompa penakar (*dozing pump*) pada saat proses pencampuran basah di pugmil. Kuantitas pemakaian *aditif anti*

*stripping agent* dalam rentang 0,2% - 0,3% terhadap berat aspal. *Anti stripping agent* harus digunakan untuk semua jenis aspal tetapi tidak boleh tidak digunakan pada aspal modifikasi yang bermuatan positif. Namun pada revisi I spesifikasi umum Bina Marga 2010, kuantitas pemakaian *anti stripping agent* dalam rentang 0,20 % - 0,4% dari berat aspal.

Adapun bahan tambah aspal yang digunakan dalam tulisan penelitian ini adalah *anti stripping agent* jenis wetfix-be. *Anti stripping agent* jenis wetfix-be merupakan salah satu dari jenis *anti stripping* yang memiliki kesensitifan yang cukup tinggi, selain harganya yang relatif mahal, penambahan jumlahnya terhadap campuran aspalpun sangat sedikit, akan tetapi menghasilkan stabilitas yang cukup baik. Jenis *anti stripping* ini memiliki beberapa keuntungan antara lain :

- a. Memodifikasi aspal supaya melekat lebih kuat terhadap agregat, sehingga penyalutan aspal terhadap agregat lebih sempurna.
- b. Memungkinkan seleksi jenis agregat yang lebih luas.
- c. Biaya perawatan yang lebih rendah.
- d. Meningkatkan kinerja perkerasan serta meminimalkan kerusakan perkerasan jalan akibat oleh air.
- e. Memperpanjang waktu pelapisan ulang *Hotmix*.

### **Pengujian Campuran Beraspal (Marshall)**

Pada pengujian campuran beraspal (AC-WC) bergradasi kasar, baik yang memakai maupun yang tidak memakai *anti stripping*, menggunakan metode Marshall (SNI 03-2489-1991). Pengujian Marshall bertujuan untuk

mengukur daya tahan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran beraspal.

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran beraspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kg atau pound. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan dikalikan dengan kalibrasi alat dan faktor kerelasi tebal atau volume benda uji. Nilai ini menunjukkan nilai struktural suatu campuran yang dipengaruhi oleh susunan gradasi, kualitas bahan dan kandungan aspalnya.

Kelelahan plastis (*flow*) didefinisikan sebagai perubahan bentuk suatu campuran yang diakibatkan oleh beban sampai beban maksimum atau sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam milimeter atau 0.01 inci. Pengukuran *flow* dilakukan bersamaan dengan pengukuran stabilitas dimana nilai *flow* dibaca pada dial saat benda uji mengalami keruntuhan. Dari hasil pengujian Marshall dengan beberapa variasi aspal akan diperoleh kadar aspal optimum.

### **Parameter dan Formula Pehitungan Marshall**

Campuran aspal padat ini dibentuk dari agregat, aspal, *filler* dan bahan *anti stripping agent* yang dicampur secara merata pada suhu tertentu. Campuran kemudian dipadatkan dalam cetakan marshall, sehingga terbentuk beton aspal padat. Parameter dan formula untuk menganalisa sifat-sifat campuran beton aspal padat adalah sebagai berikut :

### **Berat Jenis *Bulk* dan *Apparent* campuran agregat**

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi

agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi / filler yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent gravity*). Kedua macam berat jenis dari total agregat tersebut dapat dihitung dalam persamaan berikut ini :

- a. Berat Jenis Kering (*bulk specific gravity*)  
Campuran Agregat

$$\frac{100}{\frac{\%split}{BJ.bulk.split} + \frac{\%screen}{BJ.bulk.screen} + \frac{\%abu.batu}{BJ.bulk.abu.batu} + \frac{\%Filler}{BJ.Filler}} \quad \dots R1$$

- b. Berat Jenis Semu (*apparent specific gravity*)  
Campuran Agregat

$$\frac{100}{\frac{\%split}{BJ.app.split} + \frac{\%screen}{BJ.app.screen} + \frac{\%abu.batu}{BJ.app.abu.batu} + \frac{\%Filler}{BJ.Filler}} \quad \dots R2$$

- c. Berat Jenis Efektif Agregat (*Gse*)

$$Gse = \frac{\%Agregat}{\frac{100}{Gmm} - \frac{\%Aspal}{BJ.Aspal}} \quad \dots R3$$

- d. Berat Jenis Maksimum Campuran (teoritis)

$$= \frac{100}{\frac{\%agg.}{Bj.eff.agg} + \frac{\%Aspal}{Bj.Aspal}} \quad \dots R4$$

### Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal

Berat Jenis maksimum campuran beraspal (*Gmm*) adalah perbandingan berat isi benda uji campuran beraspal dalam keadaan rongga udara sama dengan nol pada temperatur 25 °C terhadap berat isi air pada volume dan temperatur yang sama. Berat jenis maksimum campuran beraspal SNI 03-6893-2002 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Gmm = \frac{A}{A + B - C} \quad \dots R5$$

Dimana :

A = Berat benda uji kering (g)

B = Berat labu berisi air, 25 °C (g)

C = berat labu berisi air dan benda uji pada suhu 25°C (g)

### Berat Jenis Campuran Beraspal Padat

Perhitungan berat jenis campuran beraspal setelah dipadatkan (*Gmb*) kepadatan campuran aspal padat (*density*) dinyatakan dalam gram/cc dan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Gmb = \frac{W_a}{V} \quad \dots R6$$

Dimana :

*Gmb* = Berat jenis camp. beraspal padat (g/cc)

*W<sub>a</sub>* = Berat benda uji kering udara (g)

*V* = Volume campuran beraspal padat (cc)

### Penyerapan Aspal (Pba)

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Perhitungan penyerapan aspal (*Pba*) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Pba = 100 \times \frac{Bj.eff.agg - Bj.bulk.gabungan}{Bj.eff.agg \times Bj.bulk.gabungan} \times Bj.aspal \quad \dots R7$$

### Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif (*Pbe*) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan beraspal. Kadar aspal efektif dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Pbe = \%aspal - \frac{Abs.aspal \times (100 - \%aspal)}{100} \quad \dots R8$$

### Stabilitas Marshall

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Stabilitas merupakan parameter yang menunjukkan batas maksimum beban yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal

saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram atau pound. Nilai stabilitas marshall diperoleh dari pembacaan dial dikali dengan kalibrasi alat, dan selanjutnya dikorelasi terhadap ketebalan atau volume benda uji. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

### Kelelahan (*flow*)

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai *flow* merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja jarum dial *flow* biasanya dalam satuan mm (millimeter). Suatu campuran yang mempunyai nilai kelelahan (*flow*) rendah akan lebih kaku dan kecenderungan akan mengalami retak dini pada usia pelayanan.

### Marshall Quotient

*Marshall Quotient* (MQ) adalah merupakan hasil bagi nilai stabilitas (ketahanan) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran beraspal. Nilai marshall ini akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin tinggi nilai MQ, maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Dan sebaliknya semakin rendah MQ maka campuran akan semakin lentur.

$$MQ = \frac{\text{Stabilitasterkoreksi}}{\text{Flow}} \quad \dots R9$$

### Rongga Terisi Aspal (VFA atau VFB)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. VMA dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$VFA = 100 \times \left( \frac{VMA - ViM}{VMA} \right) \quad \dots R10$$

### Rongga Antar Agregat (VMA)

Rongga antar agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat dari campuran total, VMA yang rendah dapat mengakibatkan :

- Kadar aspal rendah,
- Aspal tipis,
- Ikatan aspal mudah lepas, lapisan tidak kedap air, mudah terjadi oksidasi,
- Stabilitas akan turun.

Maka VMA dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \% \text{ aspal}) \times \text{Berat. isi}}{\text{Bj. Bulk. agg. campuran.}} \quad \dots R11$$

### Rongga Dalam Campuran (ViM)

Rongga udara dalam campuran (ViM) perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal dinyatakan dalam persen. Rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$ViM = 100 - \frac{100 \times \text{Berat. isi}}{\text{Bj. maks. camp. teoritis}} \quad \dots R12$$

### Kepadatan Mutlak (*Refusal Density*)

Kepadatan Mutlak (*refusal density*) adalah kepadatan tertinggi (maksimum) yang dicapai sehingga walaupun dipadatkan terus, campuran tersebut praktis tidak dapat menjadi lebih padat lagi. Kepadatan mutlak adalah masa persatuan volume termasuk rongga benda uji yang dipadatkan sampai mencapai kepadatan maksimum.

Rongga dalam campuran kepadatan membal (*refusal*) dirancang untuk dapat dicapai dengan persyaratan minimal 2,5 %. Pemadatan contoh uji dapat dilakukan dengan menggunakan alat getar listrik (BS 598 Part. 104-1989) atau dengan jumlah tumbukan yang lebih banyak sebagai simulasi adanya pemadatan sekunder oleh lalu lintas, sampai benda uji tidak bertambah lebih padat lagi. Kepadatan membal (*refusal density*) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$= \frac{A \times \gamma \omega}{(C - B)} \quad \dots R13$$

Dimana :

A = Masa benda uji di udara (gram)

B = Masa benda uji dalam air (gram)

C = Masa benda uji kering permukaan jenuh (gram)

$\gamma \omega$  = berat isi air (=1 gram/cm<sup>3</sup>)

### Stabilitas Sisa (*Retained Stability*)

Pengujian Marshall sisa merupakan salah satu jenis pengujian untuk mengetahui keawetan (*durabilitas*) campuran. Uji perendaman panas dilakukan untuk mengukur kinerja ketahanan campuran beraspal terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh air. Dari pengujian ini diperoleh stabilitas marshall campuran setelah dipengaruhi oleh air

Kehilangan stabilitas berdasarkan perendaman diukur sebagai ketahanan terhadap akibat pengaruh kerusakan oleh air disebut Indeks Perendaman (*Index of Retained Strength*) yang dinyatakan dalam persen (%). Indeks Perendaman adalah hasil perbandingan antara stabilitas benda uji setelah perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C dan stabilitas benda uji standar (rendaman 30°C pada suhu

yang sama). Pada suhu tersebut dianggap campuran tersebut sudah mengalami perubahan deformasi plastis, sedangkan perendaman selama 24 jam dianggap air telah meresap dalam campuran dan telah mempengaruhi ketahanan campuran.

Karena Marshall sisa dapat memberikan gambaran dan fungsi sehingga ditambahkan *anti stripping agent* didalam campuran beraspal dengan ketentuan yang diatur dalam spesifikasi umum Bina Marga 2010. Hal ini juga tidak terlepas dari penelitian-penelitian dan pengujian-pengujian sebelumnya yang menjadikan Marshall sisa sebagai sebuah hasil evaluasi dalam variasi penambahan *anti stripping agent*. Karena Marshall sisa/stabilitas sisa menjadi parameter yang dipakai sebagai indikasi ketahanan campuran terhadap pengaruh air. Stabilitas sisa dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$IRS = \frac{\text{Stabilitas}_{24 \text{ jam}}}{\text{Stabilitas}_{30 \text{ menit}}} \times 100\% \geq 90\% \dots R14$$

### Metodologi

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah melakukan pengujian skala laboratorium terhadap sejumlah benda uji campuran beraspal panas dengan dan tanpa perlakuan penambahan bahan tambah dan membandingkan hasilnya dengan spesifikasi dan hasil penelitian sejenis.

### Analisa dan Pembahasan

#### Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi *Anti Stripping Agent*, Wetfix-Be

Dari variasi kadar *anti stripping agent*

tersebut memperoleh hasil karakteristik ditunjukkan pada **tabel 1** berikut:  
campuran beraspal seperti yang dapat

**Tabel 1 Sifat-Sifat Campuran Beraspal dengan Variasi Anti Stripping Agent, Wetfix-Be**

Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian								Spesifikasi
	0,00	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	
<i>Density</i> ( t/m <sup>3</sup> )	2,269	2,277	2,279	2,282	2,283	2,284	2,285	2,286	-
Stabilitas (kg)	1058,58	1092	1103	1118	1141	1152	1154	1160	≥ 800
<i>Flow</i> (mm)	3,86	3,85	3,93	3,95	3,98	4,00	4,03	4,08	≥ 3
VIM (%)	4,58	5,11	5,08	4,93	4,88	4,87	4,80	4,73	3,5 - 5,0
VMA (%)	16,84	16,65	16,60	16,49	16,46	16,41	16,39	16,33	≥ 15
VFB (%)	72,42	69,28	69,38	70,09	70,36	70,34	70,71	71,03	≥ 65
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	276	284	281	283	287	288	287	285	≥ 250

**Tabel 2 Perbandingan Hasil Stabilitas Marshall Sisa**

Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian								Keterangan
	0,0	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	
Kadar ASA (%)	0,0	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	
Kadar Aspal (%)	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	Spec. 2010
<i>Stabilitas sisa, agregat dari Polban (%)</i>		91,711	93,810	95,907	95,191	95,254	95,793	96,193	≥ 90%
Kadar Aspal (%)	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	Spec. 2006
<i>Stabilitas sisa, agregat dari Patumbak, USU (%)</i>	77,22	87,43	87,93	88,17	88,30	89,01	-	-	≥ 75%

Dari hasil membandingkan antara hasil sifat-sifat campuran yang tanpa ASA, dengan yang ditambahkan ASA, bahwa yang ditambahkan ASA hasilnya lebih tinggi, dari *density*-nya tinggi berarti semakin padat, dari stabilitas semakin tahan/kuat, dari *flow* itu naik berarti campuran semakin *flexible*, *marshall quotient* semakin naik, rongga udara semakin kecil tetapi dari kesemuanya itu masih berada diatas batas minimum persyaratan spesifikasi (tabel 1).

#### Perbandingan Hasil Stabilitas Marshall Sisa

Pada seksi ini adalah penulis akan membandingkan hasil dari pengujian stabilitas sisa, dari campuran beraspal panas (AC-WC)

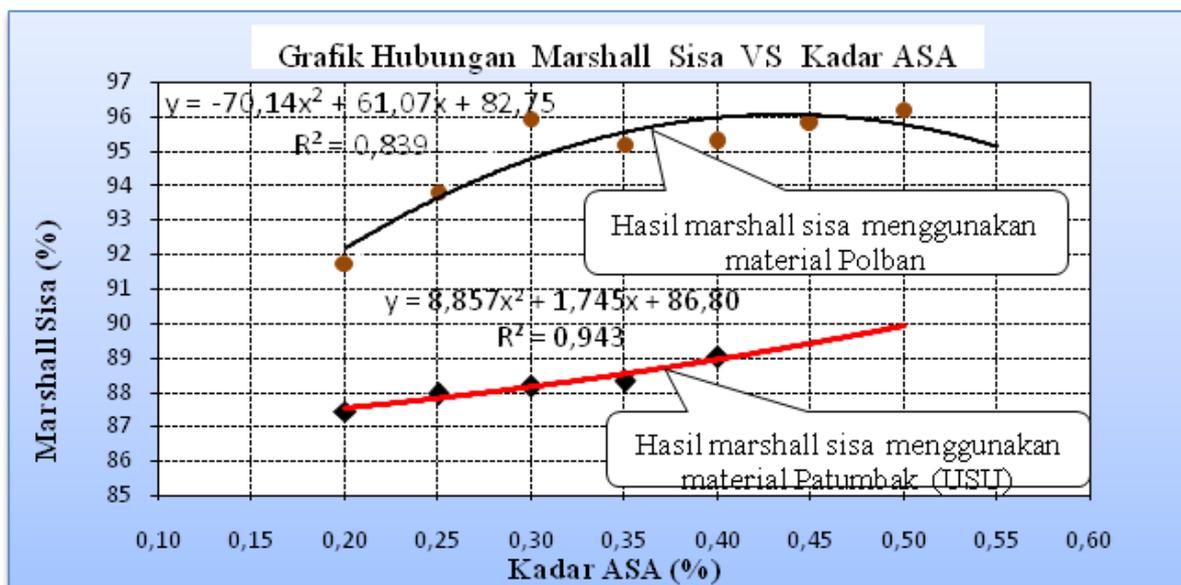
dengan menggunakan material Polban dengan hasil marshall sisa yang dilakukan sebelumnya dengan campuran yang sama, yaitu yang dilakukan oleh Departemen teknik Sipil Universitas Sumatra Utara sebagai referensi.

Dibawah ini adalah hasil dari masing-masing stabilitas sisa dengan variasi yang berbeda, menggunakan material yang berbeda dengan spesifikasi yang berbeda pula, maksud dari membandingkan itu adalah keingintahuan penulis apakah dengan menggunakan material pada sumber yang berbeda akan memperoleh hasil yang sama atau sebaliknya. Dan hasil pengujian stabilitas sisa dari kedua percobaan, seperti yang ditunjukkan pada **tabel 2**.

kadar *anti stripping agent* (wetfix-be) baik material Polban maupun material dari Patumbak (yang telah dilakukan oleh USU), hasil dari keduanya sama-sama kecenderungan mengalami kenaikan, dan hasil tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran yang tanpa memakai *anti stripping agent*.

Hasil stabilitas sisa dari campuran beraspal menggunakan material dari Patumbak (yang dilakukan di USU) menunjukkan kurva berbentuk linier itu berarti seiring bertambahnya kadar

*anti stripping agent* yang dicampurkan hasilnya akan terus meningkat, sedang campuran beraspal dengan material Polban menunjukkan kurva berbentuk lengkung menghadap kebawah yang berarti dengan seiring bertambahnya kadar *anti stripping agent* (wetfix-be) yang lebih banyak lagi ada kemungkinan mengalami penurunan dengan batas maksimal kadar *anti stripping* yang ditambahkan terhadap campuran, seperti yang ditunjukkan pada **gambar 1**.



Gambar 1. Grafik hubungan Marshall sisa dengan kadar ASA dengan menggunakan sumber material Polban dan USU

**Optimalisasi Kadar Anti Stripping Agent jenis Wetfix-Be Dengan Menggunakan Material Dari Polban**

Seperti yang diketahui bahwa gunanya *anti stripping agent* (jenis wetfix-be) ditambahkan pada campuran beraspal adalah untuk:

- 1) Memperbaiki kinerja pada campuran beraspal
- 2) Memperpanjang waktu pelapisan ulang Hotmix.

- 3) Biaya perawatan yang lebih rendah
- 4) Meminimalkan kerusakan yang diakibatkan oleh air dan
- 5) Memungkinkan seleksi jenis agregat yang lebih luas.

Sehubungan dengan itu dalam mengoptimisasi kadar *anti stripping agent* (wetfix-be) pada campuran beraspal panas (AC-WC) bergradasi kasar, dengan mengacu pada parameter stabilitas sisa, dengan maksud stabilitas sisa adalah salah satu pengujian

campuran beraspal yang dapat mewakili dari sifat-sifat campuran beraspal terutama yang dipengaruhi oleh air. Karena stabilitas sisa juga sudah mengalami perendaman dengan suhu 60°C selama 30 menit dan 24 jam sebagai perbandingan. Dimana pada suhu tersebut dianggap campuran tersebut sudah mengalami perubahan deformasi plastis, sedangkan perendaman selama 24 jam dianggap air telah meresap kedalam campuran beraspal dan telah mempengaruhi ketahanan campuran.

Jadi dengan parameter hasil stabilitas sisa maka optimalisasinya adalah pada penambahan kadar *anti stripping agent* yang paling sedikit yaitu sebesar 0,2% dari berat aspal, tetapi telah memperoleh hasil stabilitasnya sebesar 91,71% dan itu telah memenuhi persyaratan spesifikasi (spesifikasi umum Bina Marga 2010) yaitu lebih besar dari 90% (batas minimum).

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data, maka dapat disimpulkan sebagai berikut ;

- ❖ Dengan adanya penambahan kadar *anti striping agent* dalam hal ini jenis wetfix-be, pada campuran beraspal, dapat meningkatkan kinerja campuran untuk menjadi lebih baik.
- ❖ Dengan menggunakan material yang berbeda sumbernya, memperoleh hasil yang berbeda, itu karena disebabkan oleh sifat-sifat dari materialnya, karena dengan berbeda sumber materialnya berbeda pula sifat dan kualitas dari material tersebut.
- ❖ Hasil stabilitas sisa dari campuran beraspal menggunakan material dari Patumbak

(yang dilakukan di USU) menunjukkan kurva berbetuk linier itu berarti seiring dengan bertambahnya kadar *anti stripping agent* yang dicampurkan hasilnya akan terus meningkat, sedang campuran beraspal dengan material Polban menunjukkan kurva berbentuk lengkung menghadap kebawah yang berarti dengan seiring bertambahnya kadar *anti sripping agent*(wetfix-be) bila ditambahkan lebih banyak lagi ada kemungkinan mengalami penurunan dan membentuk parabola.

- ❖ Berdasarkan nilai stabilitas sisa maka Optimalisasi penambahan *anti stripping agent jenis* wetfix-be pada campuran aspal panas (AC-WC), yaitu pada penambahan *anti stripping agent* sebesar 0,2%. Dengan alasan 0,2% adalah penambahan *Anti stripping agent* yang paling sedikit tetapi hasilnya telah memenuhi syarat dari spesifikasi (spesifikasi umum Bina Marga 2010), yaitu 91,71% lebih besar dari 90% (batas minimum spec).

## DaftarPustaka

Badan Standarisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; RSNI T-01-2005. "Cara Uji Butiran Agregat Kasar yang Berbentuk Pipih, lonjong, atau Pipih dan Lonjong."

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 03-1968-1990"Metode Pengujian Analisa saringan Agregat Halus dan Kasar."

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 03-1969-1990"Metode

Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 03-1970-1990”Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 03-2439-1991”Metode Pengujian Kelekatan Agregat terhadap Aspal.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 03-2439-1991”Metode Pengujian Kelekatan Agregat terhadap Aspal.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 03-2489-1991”Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 03-4142-1996”Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm).”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 03-4428-1997 “Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir yang mengandung Bahan Plastik dengan cara Setara Pasir

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 03-6877-2002“ Metode Pengujian Kadar Rongga Agregat Halus yang tidak Dipadatkan.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ;SNI 03-6893-2002 “Metoda Bradley J. Putman, Serji N. Amirkhanian ; *Department of Civil Engineering Clemson*

Pengujian Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ;SNI 2417-2008, “Cara Uji Keausan dengan Mesin Abrasi Los Angeles.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ;SNI 2432 : 2011 “Cara Uji Elastisitas Aspal dengan Daktilitas.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ;SNI 2433 : 2011, “Cara Uji Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal dengan Alat *Cleveland Open Cup*.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ;SNI 2434 : 2011, “Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (*Ring and Ball*).”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 2441 : 2011, “Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 2456-2011, “Cara Uji Penetrasi Aspal.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 3407-2008, “Cara Uji Sifat Kekekalan Agregat dengan Perendaman menggunakan Lrutan Natrium Sulfat atau Magnesium Sulfat.”

Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum ; SNI 7729 : 2011, “Cara Uji Viskositas Aspal pada Temperatur Tinggi dengan *Saybolt Furol*.”

*University Clemson, “Laboratory Evaluation of Anti-Strip Additives in Hot Mix Asphalt”.*

British Standard 598-Part. 104 (1989), “Metode Pengujian Kepadatan Mutlak Campuran Beraspal Panas dengan Alat Getar Listrik.”

Departemen Pekerjaan Umum. 1999. “Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Dengan pendekatan Kepadatan Mutlak”, No. 025/T/BM/1999, Lampiran No.3 Keputusan Direktur Jenderal Bina Marga No. 76/KPTS/Db/1999 Tanggal 20 Desember 1999.

Departemen Pekerjaan Umum, 2010, “Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas”, Direktorat Jenderal Bina Marga.

Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, “ Perbandingan Kinerja *Anti Stripping Agent* WETFIX BE dengan DERBO-401 UN 2735 pada AC-WC yang menggunakan agregat dari Patumbak”. Penelitian.

G. W. Maupin, Jr, P.E ; Principal Research Scientist, *Virginia Transportation Research Council (A Cooperative Organization*

*Sponsored Jointly by the Virginia Department of Transportation and the University of Virginia)* ;

G. W. Maupin, Jr., P.E. *Principal Research Scientist “Final Refort Quantitative determination of Asphalt Antistripping Additive.”*

H. R. Anwar Yamin, Buku Referensi tentang *Anti Stripping Agent*.

Kementerian Pekerjaan Umum, Dit. Bintek – BBPJN IV DKI Jakarta – Pusjatan. “Uji Bahan Jalan untuk Campuran Beraspal.”

Putman BJ cs, 2006, “*Laboratory Evaluation of Anti-Strip Additives in Hot Mix Asphalt*”, Department of Civil Engineering, Clemson University.

Silvia Sukirman, November 1999, “Perkerasan Lentur Jalan Raya” Penerbit Nova Bandung.

Silvia Sukirman. 1995.” *Beton Aspal Campuran Panas.*” Jakarta