

PENGARUH ASBUTON TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PERKERASAN DAUR ULANG DENGAN PEREMAJA OLI BEKAS DAN SOLAR

Whinda Pratiwi, Tiara Gea Noviasuti, Ludfi Djakfar, Hendi Bowoputro
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Abstrak

Teknologi perkerasan daur ulang dapat mengembalikan kekuatan perkerasan, mengurangi ketergantungan terhadap material baru, dan mengurangi limbah perkerasan yang saat ini pemanfaatannya kurang optimal. Untuk mengembalikan kekuatan perkerasan daur ulang dibutuhkan peremaja. Peremaja yang digunakan yaitu oli bekas dan solar dengan proporsi oli bekas : solar yaitu 0 : 100, 25 : 75, 50 : 50, 75 : 25, dan 100 : 0, dengan kadar peremaja yang dicampurkan 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% terhadap berat benda uji. Selain itu digunakan asbuton sebagai filler untuk mengisi rongga yang kosong dalam agregat perkerasan daur ulang. Kadar asbuton yang dicampurkan yaitu 3%, 6%, 9% dan 12% terhadap berat benda uji. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode grafik. Berdasarkan hasil dari metode tersebut, asbuton memberikan pengaruh bagi nilai stabilitas yang dihasilkan. Semakin banyak asbuton yang dicampurkan maka nilai stabilitas semakin meningkat. Proporsi yang paling optimum yaitu 75 : 25 dengan kadar asbuton 12% dan peremaja 2,9%. Dari nilai stabilitas benda uji yang diperoleh, nilai stabilitas benda uji tidak memenuhi standar Laston, namun dapat dijadikan alternatif pengganti Latasir.

Kata Kunci : *Asbuton, Oli Bekas, Perkerasan daur ulang, Stabilitas*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan volume lalu lintas yang terus meningkat diperlukan infrastruktur jalan yang lebih baik. Untuk menciptakan infrastruktur jalan yang dapat memberikan pelayanan lalu lintas yang baik diperlukan dana yang tidak sedikit dalam pembangunannya. Apabila dana yang tersedia terbatas, rehabilitasi jalan dengan menambah lapis perkerasan jalan (*overlay*) dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif pembangunan jalan. Namun, dengan menambah lapis perkerasan terus-menerus akan berdampak pada elavasi jalan yang semakin tinggi dan menipisnya ketersediaan material baru.

Perlu adanya inovasi baru dalam mencari pembangunan alternatif untuk mengurangi tingginya biaya pembangunan jalan. Salah satunya yaitu dengan metode daur ulang (*recycling*). Metode daur ulang dapat menghemat bahan perkerasan jalan, energi, dan ekonomi.

Pemerintah Indonesia melalui PP No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) telah menyerukan tentang bahaya limbah bahan berbahaya dan beracun terhadap lingkungan. Salah satu limbah B3 yaitu oli bekas kendaraan bermotor yang hingga saat ini pemanfaatannya masih minim.

Selain itu, solar yang digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor juga mengakibatkan polusi udara. Namun bukan berarti solar tidak boleh digunakan karena solar

merupakan hasil penyulingan minyak bumi yang memiliki manfaat lain selain sebagai bahan bakar kendaraan.

Ketersediaan asbuton yang masih melimpah di Indonesia. Penggunaan asbuton yang masih minim dalam perkerasan jalan di Indonesia dan masih kalah dengan aspal minyak.

Muslim dan Rizaldi (2013) dalam penelitian yang telah dilakukan menyarankan pada penelitian selanjutnya untuk memberikan tambahan minyak ringan dalam meremajakan aspal daur ulang.

1.2 Identifikasi Masalah

Melimpahnya bahan perkerasan jalan yang dapat didaur ulang akan lebih bermanfaat dengan penambahan oli bekas dan solar sebagai bahan peremaja. Hal ini dikarenakan aspal yang mempunyai viskositas tinggi memerlukan bahan pelarut yang viskositasnya lebih rendah sehingga bahan peremaja dapat menyebar dengan merata pada agregat aspal daur ulang. Selain itu, untuk mengisi rongga yang kosong dalam aspal daur ulang dibutuhkan asbuton sebagai bahan pengganti agregat.

1.3 Rumusan Masalah

1. Berapa kadar asbuton yang digunakan untuk mendapatkan nilai karakteristik marshall campuran aspal daur ulang yang optimum?

2. Bagaimana perbandingan antara nilai karakteristik marshall rata-rata sampel hasil *core drill* dengan nilai karakteristik marshall maksimum benda uji?
3. Bagaimana pengaruh kadar asbuton terhadap nilai stabilitas benda uji?
16. Variasi waktu pemeraman yang digunakan adalah : 4 hari (*berdasarkan SNI 03-2852-1992*)
17. Penelitian ini hanya sebatas penerapan di laboratorium.
18. Batasan-batasan masalah yang lain yang belum disebutkan tetapi diperlukan dalam pembahasan akan disebutkan dalam bab terkait.

1.4 Batasan Masalah

1. Aspal daur ulang yang digunakan adalah aspal hasil pengerukan (*milling*) di jalan depan Rektorat Universitas Brawijaya.
2. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dengan suhu ruangan .
3. Bahan peremaja yang digunakan yaitu campuran oli bekas kendaraan bermotor dan solar.
4. Penelitian ini menggunakan oli bekas mobil dengan viskositas 1,826 cSt (centiStoke)
5. Minyak solar yang digunakan merupakan produksi dari Pertamina
6. Asbuton digunakan sebagai filler yang berfungsi untuk memperbaiki gradasi agregat.
7. Asbuton yang digunakan yaitu asbuton butir tipe 5/20
8. Proporsi oli bekas dan solar yang merupakan bahan peremaja yang dicampurkan pada penelitian ini yaitu 0% : 100% , 25% : 75%, 50% : 50%, 75% : 25% dan 100% : 0%
9. Kadar asbuton yang dicampurkan pada penelitian ini adalah 3%, 6%, 9%, 12% dari berat benda uji.
10. Penelitian ini secara spesifik meninjau kadar asbuton yang dicampurkan. Sedangkan untuk bahan peremaja yang digunakan telah ditentukan kadarnya
11. Kadar bahan peremaja yang dicampurkan pada penelitian ini adalah 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% dari berat benda uji.
12. Metode pencampuran bahan aspal daur ulang dengan modifier oli bekas, solar dan asbuton adalah dengan menggunakan metode pencampuran dingin (*cold mixing*).
13. Pengujian stabilitas benda uji adalah dengan menggunakan pengujian marshall.
14. Perubahan kimiawi yang terjadi tidak ditinjau.
15. Karakteristik aspal dari bahan yang dipakai tidak ditinjau.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 *Reclaimed Asphalt Pavement*

Menurut Pradipta (2010), RAP adalah material yang berasal dari pengerukan lapis permukaan perkerasan jalan yang lama. Lapis permukaan perkerasan jalan yang kasar dikeruk dengan cara merotavatingnya sampai kedalaman 20 cm (8 inci) untuk dimanfaatkan kembali sebagian atau keseluruhan dalam konstruksi perkerasan yang baru sebagai material pencampur pada campuran aspal. RAP dapat digunakan kembali karena secara struktur agregat yang terkandung masih dapat berfungsi sebagai campuran dengan agregat baru.

2.2 Asbuton

Asbuton adalah aspal alam yang terdapat di pulau Buton, Sulawesi Tenggara yang selanjutnya dikenal dengan istilah Asbuton. Asbuton atau Aspal batu Buton ini pada umumnya berbentuk padat yang terbentuk secara alami akibat proses geologi. Proses terbentuknya asbuton berasal dari minyak bumi yang terdorong muncul ke permukaan menyusup di antara batuan yang porous. (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.3 Solar

Solar adalah hasil dari penyulingan minyak bumi *crude oil* dan ini bila dipanaskan sekitar 350⁰C akan menjadi campuran uap dari cairan. Kemudian dialirkan akan terjadi pemisahan antara gas, bensin, minyak tanah, solar, residu dan *heavy oil* pada sekat – sekatnya. Solar dikeluarkan pada temperatur 200⁰C – 340⁰C. (Pertamina, 2005)

2.4 Minyak Pelumas (Oli)

Menurut Boentarto (2003), berdasarkan jenis base oilnya minyak pelumas diklasifikasikan menjadi 2, yaitu :

1. Oli mineral

Oli mineral terbuat dari *crude oil* yang mengandung bahan hidro karbon dan paraffin yang cukup tinggi.

2. Oli Sintetis
Oli sintetis merupakan hasil dari perpaduan beberapa senyawa kimia. Oli sintetis lebih baik daripada oli mineral karena bisa tahan bekerja pada suhu rendah dan suhu tinggi.

3. METODE PENELITIAN

3.5 Metode Pengumpulan Data

Berdasarkan hasil penelitian Muslim dan Rizaldi (2013) diperoleh data sebagai berikut :

1. Stabilitas rata-rata 10 sampel 938 kg
2. Kadar aspal rata-rata pengujian ekstraksi dari 2 sampel diperoleh 6,61%
3. Analisa saringan yang diperoleh yaitu :
 - a. Tertahan saringan no. 3/4 : 0 gr (0% terhadap jumlah)
 - b. Tertahan saringan no. 1/2 : 23,7gr (4,31% terhadap jumlah)
 - c. Tertahan saringan no. 3/8 : 65,4 gr (11,89% terhadap jumlah)
 - d. Tertahan saringan no. 4 : 107,4 gr (19,53% terhadap jumlah)
 - e. Lolos no. 4 : 353,4 gr (64,27% terhadap jumlah)
4. Berat jenis aspal rata-rata sebesar dari 2 sampel diperoleh 1,155
5. *Void In Mix* (VIM) rata-rata dari 10 sampel diperoleh 2,11%
6. *Void In Mineral Agregate* (VMA) rata-rata dari 10 sampel yaitu 13,79%
7. *Void Filled Bitument* (VFB) rata-rata dari 10 sampel yaitu 84,84%

3.2 Penentuan Jumlah Sampel

Banyaknya benda uji yang dibuat dapat ditentukan dengan rumus pendekatan sebagai berikut (Suharto, 2004):

$$(r - 1) \cdot (t - 1) \approx 15$$

Dimana :

r = Replikasi atau perulangan

t = Treatment atau perlakuan

Dalam penelitian ini digunakan empat variasi kadar asbuton, tiga variasi kadar bahan peremaja, dan lima variasi proporsi kadar bahan peremaja.

Sehingga jumlah treatment adalah 60, maka :

$$(r - 1) \cdot (t - 1) \approx 15$$

$$(r - 1) \cdot (60 - 1) = 15$$

$$60r - r - 60 + 1 = 15$$

$$59r - 59 = 15$$

$$r = \frac{15 + 59}{59}$$

$$r = 1,25 \approx 3 \text{ buah}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan benda uji minimal 3 buah.

3.1 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas yaitu perbandingan proporsi oli bekas : solar, kadar asbuton, dan kadar peremaja. Proporsi oli bekas : solar yaitu 0 : 100, 25 : 75, 50 : 50, 75 : 25, dan 0 : 100, kadar asbuton pada penelitian ini yaitu 3%, 6%, 9%, dan 12% dari benda uji. Kadar peremaja pada penelitian ini yaitu 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat benda uji. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu nilai stabilitas pengujian marshall.

3.4 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode grafik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

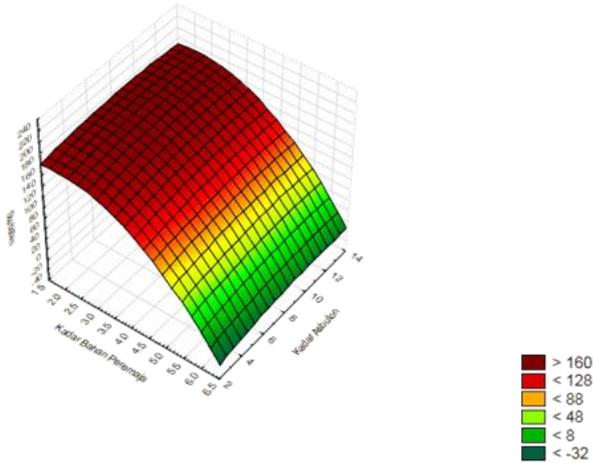
4.1 Tinjauan Hasil Pengujian Sampel

Dalam pengujian sampel penelitian ini terdapat lima proporsi oli bekas : solar yaitu 0 : 100, 25 : 75, 50 : 50, 75 : 25, dan 100 : 0, lima kadar bahan peremaja yaitu 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%, dan empat kadar asbuton 3%, 6%, 9%, dan 12%. Namun, seiring dengan penelitian yang dilakukan terdapat banyak benda uji yang rusak sebelum dilakukan pengujian marshall. Benda uji dengan kadar 8% dan 10% pada proporsi 50 : 50 dan 0 : 100 rusak sebelum pengujian marshall. Hal ini dikarenakan terlalu banyak peremaja yang digunakan dan juga kurang sesesuai peremaja yang digunakan sehingga menyebabkan *bleeding* pada benda uji. Untuk itu pada penelitian selanjutnya, kadar peremaja 8% dan 10% tidak digunakan pada proporsi 25 : 75 dan 75 : 25.

4.2 Analisa Hubungan Antar Variabel

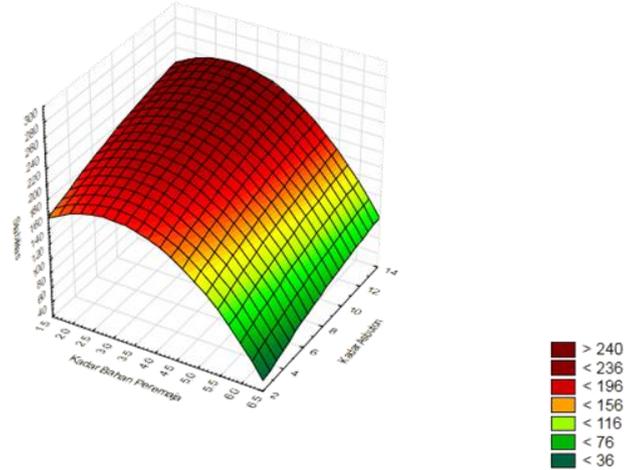
Analisa hubungan antar variabel ini menggunakan grafik tiga dimensi yang nantinya akan diperoleh hubungan antara nilai stabilitas, kadar asbuton, dan peremaja tiap proporsinya. Dalam grafik ini terdapat tiga sumbu X, Y, dan Z. Dimana X adalah kadar peremaja, Y adalah kadar asbuton, dan Z adalah nilai stabilitas tiap proporsinya. Berikut adalah gambar grafik tiga dimensi hubungan antara tiga variabel pada tiap proporsinya :

3D Surface Plot of Stabilitas against Kadar Bahan Peremaja and Kadar Asbuton
Spreadsheet2 20v*180c
Stabilitas = $114.7305+38.4338*x+4.8412*y-9.658*x*x+0.1463*x*y-0.2716*y*y$



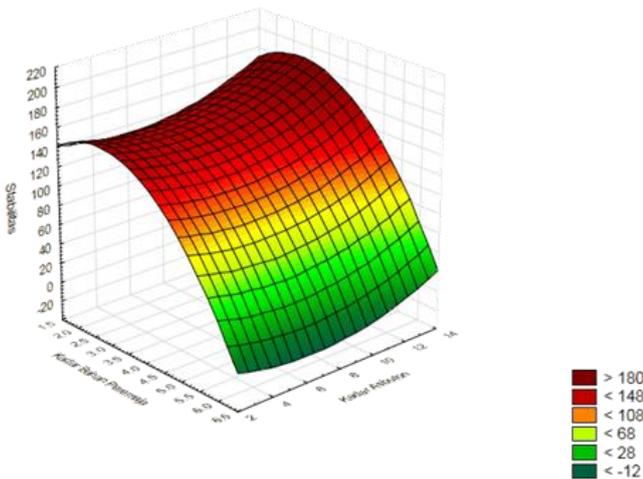
Gambar 4.1 Hubungan Stabilitas dengan Kadar Asbuton dan Kadar Bahan Peremaja (0:100).

3D Surface Plot of Stabilitas against Kadar Bahan Peremaja and Kadar Asbuton
Spreadsheet2 20v*180c
Stabilitas = $59.8533+70.4527*x+8.8105*y-11.7831*x*x-0.1501*x*y-0.2042*y*y$



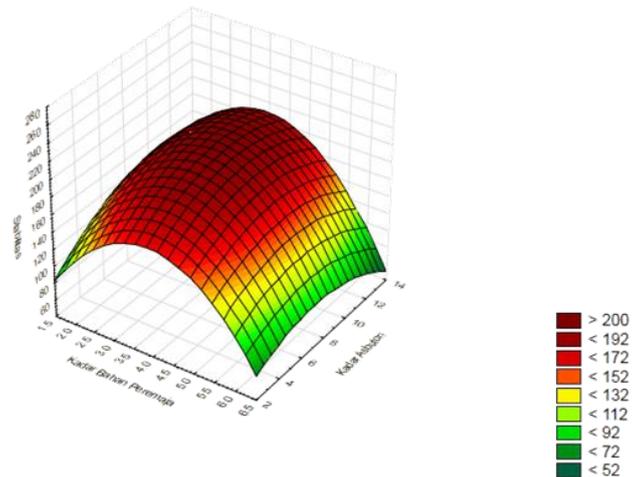
Gambar 4.4 Hubungan Stabilitas dengan Kadar Asbuton dan Kadar Bahan Peremaja (75:25).

3D Surface Plot of Stabilitas against Kadar Bahan Peremaja and Kadar Asbuton
Spreadsheet2 20v*180c
Stabilitas = $85.7986+62.3471*x-7.1464*y-11.3584*x*x-0.0812*x*y+0.6023*y*y$



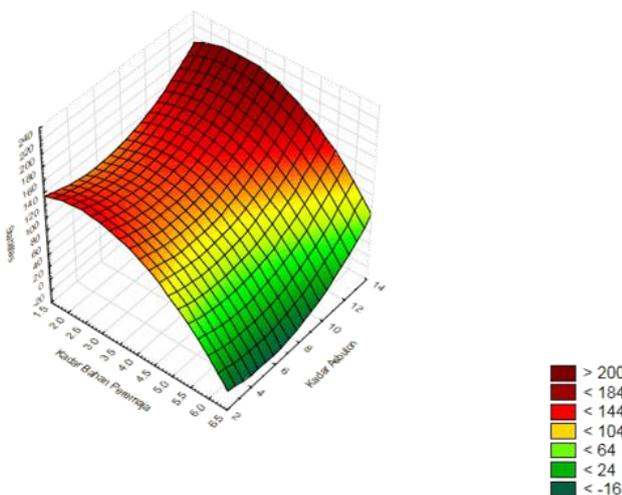
Gambar 4.2 Hubungan Stabilitas dengan Kadar Asbuton dan Kadar Bahan Peremaja (25:75).

3D Surface Plot of Stabilitas against Kadar Bahan Peremaja and Kadar Asbuton
Spreadsheet2 20v*180c
Stabilitas = $-88.8484+114.2988*x+19.4236*y-14.3303*x*x-1.2149*x*y-0.8122*y*y$



Gambar 4.5 Hubungan Stabilitas dengan Kadar Asbuton dan Kadar Bahan Peremaja (100:0).

3D Surface Plot of Stabilitas against Kadar Bahan Peremaja and Kadar Asbuton
Spreadsheet2 20v*180c
Stabilitas = $105.4077+51.287*x-14.7045*y-10.0615*x*x+0.3291*x*y+1.184*y*y$



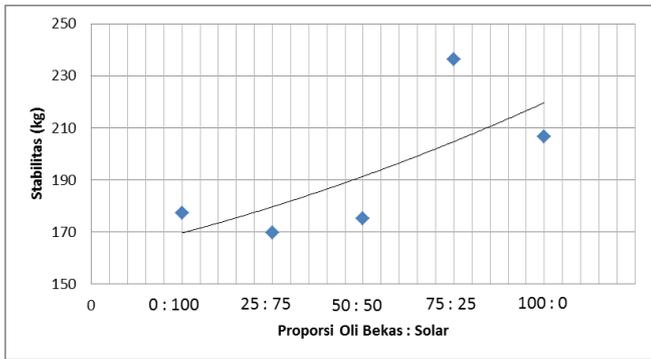
Gambar 4.3 Hubungan Stabilitas dengan Kadar Asbuton dan Kadar Bahan Peremaja (50:50).

4.3 Kadar Asbuton Optimum

Dari grafik tiga dimensi di atas diperoleh persamaan-persamaan tiap proporsinya. Berdasarkan hasil iterasi dari persamaan tersebut diperoleh kadar asbuton dan peremaja optimum tiap proporsinya. Berikut nilai stabilitas optimum pada masing-masing proporsi :

Tabel 4.1 Stabilitas Optimum pada masing-masing proporsi

Proporsi Oli Bekas : Solar	Stabilitas (kg)
0 : 100	177.261
25 : 75	169.677
50 : 50	175.257
75 : 25	236.168
100 : 0	206.625



Gambar 4.6 Hubungan Stabilitas Optimum dengan Proporsi

Dengan melihat grafik di atas proporsi bahan peremaja yang optimum yaitu pada 75 : 25 dengan kadar asbuton 12 % dan nilai stabilitas 236,168 kg.

4.4 Perbandingan Nilai Karakteristik Marshall Sebelum dan Sesudah Penambahan Asbuton

Dari hasil penelitian stabilitas terkoreksi yang telah diperoleh, dapat dihitung rata-rata nilai stabilitas tiap proporsinya. Hal ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan atau penurunan yang terjadi akibat penambahan asbuton dan peremaja. Dari data hasil penelitian nilai rata-rata stabilitas pada proporsi 75 : 25 yaitu 169,505 kg dan nilai stabilitas rata-rata dari 10 sampel hasil *core drill* yaitu sebesar 938 kg. Berdasarkan kedua nilai stabilitas rata-rata tersebut penurunan yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{penurunan} = \frac{\text{stabilitas awal} - \text{stabilitas akhir}}{\text{stabilitas awal}} \times 100\%$$

$$\text{penurunan} = \frac{938 - 169,505}{938} \times 100\% = 81,93 \%$$

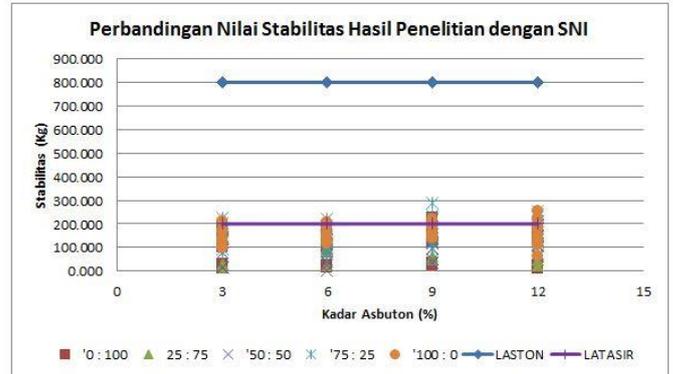
Dari perhitungan di atas nilai stabilitas mengalami penurunan sebesar 81,93%. Hal ini dikarenakan nilai stabilitas apabila telah dikeruk maka stabilitas dari perkerasan itu sendiri akan hilang. Hal ini dikarenakan resin yang terkandung dalam perkerasan tersebut telah hilang. Resin ini memberikan sifat adhesi dari aspal, dan merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan.

4.5 Pembahasan Nilai Stabilitas Benda Uji

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap. Menurut revisi SNI 03-1737-1989 standar

minimal untuk stabilitas pada lalu lintas berat adalah sebesar 800 kg.

Berdasarkan hasil perhitungan data hasil penelitian stabilitas untuk semua benda uji berada di bawah standar lalu lintas berat yaitu 800 kg. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Perbandingan Nilai stabilitas penelitian dengan SNI

Berdasarkan hasil perhitungan nilai stabilitas benda uji, stabilitas benda uji tidak ada yang memenuhi syarat untuk lalu lintas berat. Namun, beberapa nilai stabilitas benda uji ada yang memenuhi standar minimal untuk Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR) yaitu 200 kg. Hal ini dapat dikatakan bahwa hasil penelitian dapat dijadikan alternatif sebagai pengganti LATASIR.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kadar asbuton optimum untuk mendapatkan nilai stabilitas optimum perkerasan daur ulang adalah 12%, dengan kadar bahan peremaja 2,9%, pada proporsi 75 : 25 diperoleh nilai stabilitas optimum 236,168 kg.
2. Nilai stabilitas hasil penelitian dibandingkan dengan nilai stabilitas hasil *core drill*, mengalami penurunan drastis hingga 81,93%. Persentase tersebut diperoleh dari rata-rata nilai stabilitas proporsi 75 : 25 sebesar 169,505 kg dibandingkan dengan nilai rata-rata nilai stabilitas *core drill* sebesar 938 kg.
3. Berikut pengaruh kadar asbuton terhadap nilai stabilitas benda uji :
 - a) Hubungan antara nilai stabilitas dengan kadar asbuton yaitu berbanding lurus, dimana nilai stabilitas mengalami peningkatan dengan semakin banyaknya kadar asbuton yang ditambahkan. Namun, pada proporsi 0 : 100 dan 100 : 0 mengalami perbedaan karena pada

- proporsi tersebut nilai stabilitas mengalami penurunan.
- b) Semakin banyak asbuton dan semakin sedikit bahan peremaja yang dicampurkan maka nilai stabilitas yang dihasilkan semakin tinggi.
 - c) Semakin sedikit persentase minyak solar yang dicampurkan maka nilai stabilitas semakin meningkat.
4. Kadar peremaja 8% dan 10% tidak bisa digunakan karena semakin banyak peremaja mengakibatkan nilai stabilitas turun. Terlalu banyak peremaja juga dapat mengakibatkan *bleeding* pada benda uji.
 5. Pada proporsi 25 : 75. 50 : 50. Dan 75 : 25 belum didapatkan kadar asbuton optimum, karena pada grafik menunjukkan nilai stabilitas yang terus meningkat dan belum menunjukkan penurunan pada kadar asbuton 12%.
 6. Stabilitas yang diperoleh dari hasil penelitian perkerasan daur ulang tidak memenuhi syarat perkerasan lapis aspal beton (LASTON) yaitu minimal 800 kg. Namun hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti perkerasan lapis tipis aspal pasir (LATASIR) dengan syarat nilai stabilitas sebesar 200 kg.
 7. Peremaja yang digunakan kurang sesuai untuk perkerasan daur ulang ini. Hal ini dapat dilihat dari nilai stabilitas yang masih dibawah standar perkerasan untuk lalu lintas berat.

5.2 Saran

Pada penelitian ini, terdapat beberapa hal yang menyebabkan kurang maksimalnya dari hasil penelitian. Saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Penggunaan asbuton sebagai *filler* agregat sebaiknya ditingkatkan karena dapat meningkatkan nilai stabilitas. Hal ini disebabkan asbuton memiliki kandungan bitumen yang mampu meningkatkan daya ikat antar agregat.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kadar asbuton optimum yang dibutuhkan. Hal ini disebabkan kadar asbuton 12% belum mengalami penurunan stabilitas.
3. Penggunaan asbuton sebaiknya menggunakan proporsi oli bekas : minyak solar dengan perbandingan 75 : 25 dengan kadar bahan peremaja 2,9% dari berat benda uji.
4. Waktu pemeraman dapat mempengaruhi nilai stabilitas yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu ditambahkan lama waktu pemeraman.

5. Dalam melakukan daur ulang perkerasan sebaiknya ditinjau terlebih dahulu mengenai spesifikasi gradasi agregat yang ada. Sehingga dapat diketahui perlu tidaknya penambahan atau pengurangan agregat sesuai dengan SNI.
6. Pada penelitian ini, sebaiknya pemanfaatan aspal daur ulang digunakan sebagai LATASIR, karena dari hasil penelitian ini dan penelitian terdahulu didapatkan hasil yang mendekati ketentuan sifat-sifat LATASIR. Dimana LATASIR sebagai lapisan aus berfungsi sebagai permukaan jalan yang anti selip, perlindungan kedap air dan menahan beban langsung lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansyori, A. A., 2010. *Penggunaan Pertamax sebagai Modifier pada Lasbutag (Lapisan Aspal Buton Beragregat) untuk Perkerasan Jalan*. Naskah Publikasi
- Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Kementerian Pekerjaan Umum, Standar Nasional Indonesia, *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Asbuton Agregat (LASBUTAG)*, SNI 03-2852-1992
- Boentarto. 2003. *Panduan Praktis Tune Up Mesin Mobil, cetakan 1*. Jakarta : Kawan Pustaka
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. 2006. *Pemanfaatan Asbuton*, No : 001 – 01 / BM / 2006
- Eka Ambarwati. 2010. *Kajian Kuat Tekan terhadap Karakteristik Aspal Beton pada Campuran Hangat dengan Modifikasi Agregat Baru-RAP dan Aspal Residu Oli*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret. Skripsi
- Iqbal, M. M., & Rizaldy, T. 2013. *Pengaruh Variasi Pencampuran Oli Bekas dan Waktu Pemeraman terhadap Stabilitas Campuran Aspal Daur Ulang*. Malang : Universitas Brawijaya. Skripsi
- Kasan, Muhammad. 2009. *Karakteristik Stabilitas dan Stabilitas Sisa Campuran Beton Aspal Daur Ulang*. Palu : Universitas Tadulako. Jurnal
- Meindiar Wikanta. 2010. *Karakteristik Marshall pada Aspal Beton Campuran Hangat*

dengan Modifikasi Agregat-RAP dan Aspal-Residu Oli. Surakarta : Universitas Sebelas Maret. Skripsi

Nisfiannoor, Muhammad. 2009. *Pendekatan Statistika Modern untuk Ilmu Sosial.* Jakarta : Salemba Humanika

Selamet Riyadi. 2007. *Pengaruh Campuran Bahan Bakar Minyak Kerosin dengan Minyak Pelumas dan Variasi Putaran Mesin terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel Kama.* Surakarta : Universitas Sebelas Maret. Skripsi

Santoso, Singgih. 2010. *Statistik Multivariat.* Jakarta : PT. Elex Media Komputindo

Setiawan, Arief. 2011. *Studi Penggunaan Asbuton Butir terhadap Karakteristik Marshall Asphaltic Concrete Wearing Course Asbuton Campuran Hangat (AC-WC-ASB-H).* Jurnal

Suharto, Ign, Dkk, 2004. *Perekayasaan Metodologi Penelitian.* Yogyakarta : Andi Offset

Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas.* Jakarta : Yayasan Obor Indonesia

Pusat Litbang PU. *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall,* SNI 06-2489-1991

Pusat Litbang PU. *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) untuk Jalan Raya,* SNI 03-1737-1989

Welly Pradipta. 2010. *Karakteristik Permeabilitas pada Aspal Beton Campuran Hangat untuk Campuran antara Agregat Baru - Reclaimed Asphalt Pavement dan Aspal-Residu Oli.* Surakarta : Universitas Sebelas Maret. Skripsi

Wignall, Arthur et al. 2003. *Proyek Jalan Teori dan Praktek.* Jakarta : Erlangga.

Yitnosumarto, Suntoyo. 1993. *Percobaan Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya.* Jakarta : Gramedia Pustaka Utama