

TINJAUAN PENAMBAHAN ASBUTON DALAM CAMPURAN BERASPAL PANAS DARI SEGI TEKNIS DAN FINANSIAL

Oleh :
Kurniadji, Nono

RINGKASAN

Dalam kurun waktu belakangan ini terdapat dua isu mengemuka pada pekerjaan peraspalan di Indonesia yaitu: pertama adalah kebutuhan aspal nasional yang tidak dapat dipenuhi pemasok dalam negeri sehingga perlu mengimpor. Isu kedua adalah tidak tercapainya umur rencana akibat kerusakan premature (dini) yang diindikasikan karena campuran yang digunakan tidak memadai untuk mendukung beban lalu-lintas.

Salah satu cara mengurangi impor aspal sekaligus memperbaiki kinerja campuran beraspal adalah memanfaatkan Asbuton yang dahulu biasa disebut Butas, ditambang di Buton yang merupakan daerah dengan deposit aspal alam terbesar di dunia yaitu sekitar 677 juta ton atau setara dengan sekitar 170 juta ton aspal minyak.

Dari jumlah deposit tersebut paling banyak terdapat di daerah Lawele yaitu sekitar 30% atau 210 juta ton setara dengan 70 juta ton aspal minyak yang belum dikembangkan secara maksimal, karena selama ini yang ditambang dan dikembangkan baru dari daerah Kabungka dengan deposit sekitar 60 juta ton.

Dengan kandungan bitumen dalam Asbuton Lawele sampai 30%, dengan mempertimbangkan rasio bitumen filler, akan dihemat penggunaan aspal minyak sampai sepertiga dari penggunaan aspal dalam campuran sehingga dari perkiraan impor 600.000 ton akan dihemat sekitar 400.000 ton aspal minyak atau menghemat devisa sekitar \$ 100 juta setiap tahun

Dari kajian yang telah dilakukan, menunjukkan campuran beraspal panas yang ditambah Asbuton mempunyai beberapa keunggulan, yang paling menonjol adalah naiknya stabilitas dinamis dari 1457 lint/mm menjadi 2743 lint/mm untuk 5% Asbuton, 3283 lint/mm untuk 10% Asbuton, dan modulus resilien dari 2302 MPa tanpa Asbuton menjadi 3480 MPa untuk 5% Asbuton dan 5163 MPa untuk 10% Asbuton.

Disamping itu dari perhitungan simulasi berdasarkan kondisi existing road dan modulus resilien tertentu dari campuran beraspal, karena tebal yang lebih tipis dengan umur rencana yang sama atau beban kumulatif lalu lintas yang sama, lapisan beraspal dengan Asbuton mempunyai harga konstruksi lebih murah sekitar 20% dibandingkan lapisan beraspal tanpa Asbuton, meskipun harga satuan dalam ton lebih tinggi sekitar 3,7% untuk 5% Asbuton dan 7,3% untuk 10% Asbuton, dengan harga per ton Asbuton adalah Rp.750.000,-.

Agar harga satuan per ton campuran beraspal panas yang ditambah Asbuton setara dengan harga per ton tanpa Asbuton, harga Asbuton seyogianya Rp.540.000,- per ton di lokasi pengguna.

SUMMARY

Recent years, there have been two issues of asphalt pavement in Indonesia i.e firstly, the supply of asphalt cannot meet national demand, so that it needs to be imported. Secondly, life design cannot be reached due to early damage resulted from inappropriate mixture used to accommodate traffic loads.

To reduce imported asphalt and improve asphalt mixture performance is the use of asbuton known as Butas, mined in Buton where 677 million tonnes of natural asphalt deposit can be found which equivalent to 170 million tonnes of asphalt cement.

Lawele has the most asbuton constituting 30% or 210 million tonnes but has not been utilized, on the other hand Kabungka with deposit of 60 million tonnes has been first developed.

Asbuton Lawele contains 30% of bitumen, by considering the ratio of bitumen filler, the use of asphalt cement in mixture can be saved to one third resulting in saving of imported asphalt from 600.000 tonnes to 400.000 tonnes or saving of \$ 100 million per year.

Research result showed that hot mix asphalt added by asbuton has several advantages mainly in the increase of dynamic stability from 1457 passes/mm to 2743 passes/mm with 5% asbuton, 3283 passes/mm of 10% asbuton and resilient modulus from 2302 MPa without asbuton to 3480 MPa with 5% of asbuton and 5163 MPa with 10% of asbuton.

Moreone, from simulation calculation based on existing road condition and given resilient modulus of asphalt mix, as the thickness is less with the same design life and cumulative traffic load, the construction of asphalt layers with asbuton is 20% cheaper compared to asphalt layers without asbuton, although the price unit in ton is 3,7% higher for 5% of asbuton and 7,3% for 10% of asbuton, the price of asbuton is Rp. 750.000 per ton.

In order to have equivalent price between hot asphalt mix with asbuton and without asbuton, the price of asbuton should be Rp. 540.000 per ton in project location.

I. PENDAHULUAN

Asbuton atau Butas telah dikenal sejak beberapa puluh tahun silam yang dalam penggunaannya untuk perkerasan jalan pernah mengalami keberhasilan sehingga di masa *booming* pernah ditambang sampai 500.000 ton per tahun, namun dalam tahun-tahun belakangan terjadi kegagalan konstruksi di dalam penggunaannya, sehingga pengguna Asbuton menjadi trauma.

Kegagalan pekerjaan peraspalan berupa kerusakan prematur (dini) dialami juga pada perkerasan beraspal tanpa Asbuton akibat campuran beraspal yang tidak memadai untuk melayani beban lalu-lintas yang semakin berat. Kerusakan yang umum terjadi pada perkerasan beraspal dengan dan tanpa Asbuton adalah retak dan deformasi plastis yang apabila penanganannya tidak tepat akan timbul lagi pada permukaan lapisan baru.

Kegagalan penggunaan Asbuton terutama disebabkan karena telah berubahnya kondisi dari Asbuton dalam hal kadar bitumennya yang rendah dan tidak homogen serta teknik penggunaannya untuk perkerasan beraspal yang tidak tepat. Dengan beberapa perubahan teknologi pengolahan Asbuton sebelum digunakan, serta penempatan jenis campuran beraspal pada lokasi dengan beban lalu-lintas yang tepat diharapkan Asbuton dapat mengganti sebagian dari kebutuhan aspal minyak nasional yang selama

ini sebagian masih impor karena produksi dalam negeri hanya dapat memasok setengah dari kurang lebih 1,2 juta ton/tahun kebutuhan aspal minyak untuk pekerjaan peraspalan. Disamping juga dapat mengantisipasi terjadinya kerusakan dini berupa retak dan deformasi plastis yang kerap kali terjadi pada lapisan beraspal.

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Asbuton

Asbuton tersedia dalam bentuk batuan beraspal tertutup lapisan (*overburden*) bervariasi dari 0 meter s/d 17 meter. Kandungan aspal Asbuton berkisar antara 10% sampai 50% dengan nilai penetrasi antara 212 (0,1 mm) sampai 3 (0,1 mm). Cadangan Asbuton sekitar 677 juta ton yang tersebar dari teluk Sampolawa s/d teluk Lawele sepanjang 75 km dengan lebar 27 km ditambah wilayah Enreko, rincian cadangan diperlihatkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perkiraan Deposit Asbuton di daerah Buton dan sekitarnya

| No. | Nama daerah | Kadar aspal (%) | Deposit (juta ton) |
|-----|-------------|-----------------|--------------------|
| 1. | Lawele dsk | 20 - 50 | 210,3 |
| 2. | Waesiu | 20 - 40 | 0,1 |
| 3. | Kabungka | 10 - 30 | 60 |
| 4. | Winto | 10 - 25 | 3,2 |
| 5. | Winil | 10 - 25 | 0,6 |
| 6. | Siantopina | 10 - 35 | 181,3 |
| 7. | Olala | 10 - 25 | 47,1 |
| 8. | Enreko | 10 - 25 | 174,7 |

Sumber KPN *Bhumi Dharma*, 1977 dan *Alberta*, 1989

Jika dibandingkan dengan aspal alam Trinidad Lake Asphalt (TLA) dengan cadangan sekitar 10 – 15 juta ton, kadar aspal sekitar 55%, nilai penetrasi sekitar 2 (0,1 mm) dan titik lembek 95°C, Asbuton mempunyai kelebihan dalam hal jumlah cadangan yang melimpah namun kelemahannya adalah rendahnya dan ketidak homogenan kadar aspal, oleh karena itu perlu dilakukan kajian yang mendalam dalam penggunaannya untuk pekerjaan peraspalan.

Untuk upaya penyeragaman kadar bitumen Asbuton yang akan digunakan dalam campuran beraspal, dilakukan fabrikasi dan klasifikasi dari jenis-jenis Asbuton yang dihasilkan seperti untuk asbuton butir, aspal yang dimodifikasi dengan asbuton atau asbuton hasil ekstraksi. Dan yang dibahas dalam uraian adalah asbuton butir dengan persyaratan yang harus dipenuhi seperti diperlihatkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2.

Jenis pengujian dan persyaratan Asbuton Butir

| Sifat-sifat Asbuton | Metoda Pengujian | Tipe 5/20 | Tipe 15/20 | Tipe 15/25 | Tipe 20/25 |
|--|------------------|-----------|------------|------------|------------|
| Kadar bitumen asbuton; % | SNI 03-3640-1994 | 18-22 | 18-22 | 23-27 | 23-27 |
| Ukuran butir asbuton butir | | | | | |
| - Lolos Ayakan No 8 (2,36 mm); % | SNI 03-1968-1990 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| - Lolos Ayakan No 16 (1,18 mm); % | SNI 03-1968-1990 | Min 95 | Min 95 | Min 95 | Min 95 |
| Kadar air, % | SNI 06-2490-1991 | Mak 2 | Mak 2 | Mak 2 | Mak 2 |
| Penetrasi aspal asbuton pada 25 °C, 100 g, 5 detik; 0,1 mm | SNI 06-2456-1991 | ≤10 | 10 - 18 | 10 - 18 | 19 - 22 |

Keterangan:

1. Asbuton butir Tipe 5/20 : Kelas penetrasi 5 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 20 %.
2. Asbuton butir Tipe 15/20 : Kelas penetrasi 15 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 20 %.
3. Asbuton butir Tipe 15/25 : Kelas penetrasi 15 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 25 %.
4. Asbuton butir Tipe 20/25 : Kelas penetrasi 20 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 25 %.

2.2. Campuran Beraspal

Agar campuran beraspal dapat melayani lalu lintas sesuai umur rencana, perlu dipertimbangkan karakteristik campuran yang mempunyai:

- Stabilitas yang cukup, yaitu lapisan campuran beraspal harus mampu mendukung beban lalu-lintas yang melewatinya tanpa mengalami deformasi permanen dan deformasi plastis selama umur rencana.
- Durabilitas atau keawetan yang cukup, yaitu lapisan campuran beraspal harus mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, serta gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan perkerasan jalan.
- Kelenturan atau fleksibilitas yang cukup, yaitu lapisan campuran beraspal harus mampu menahan lendutan akibat beban lalu-lintas dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar tanpa mengalami retak.
- Cukup kedap air, yaitu lapisan campuran beraspal cukup kedap air sehingga tidak ada rembesan air yang masuk ke lapis pondasi di bawahnya.
- Kekesatan yang cukup, yaitu campuran beraspal untuk lapis permukaan harus cukup kesat terutama pada kondisi basah, sehingga tidak membahayakan pemakai jalan (kendaraan tidak tergelincir atau selip).

- Ketahanan terhadap kelelahan, yaitu lapisan campuran beraspal harus mampu menahan beban berulang dari beban lalu-lintas tanpa terjadi kelelahan retak dan alur selama umur rencana.

- Kemudahan kerja, yaitu lapisan campuran beraspal harus mudah dilaksanakan, mudah dihamparkan dan dipadatkan.

Agar memenuhi kriteria di atas, spesifikasi buku 3 pada seksi 6.3. campuran beraspal mensyaratkan campuran beraspal panas yang ditambah Asbuton harus memenuhi acuan pada Tabel 2.3. Pengujian yang dilakukan adalah menggunakan alat Marshall dan untuk memperoleh stabilitas dinamis digunakan wheel tracking machine.

Pengujian stabilitas dinamis ini dikembangkan di TRL (Transport Research Laboratory) Inggris untuk mensimulasikan alur bekas roda akibat kendaraan berat pada temperatur tinggi di jalan raya sehingga daya tahan campuran beraspal panas dapat dievaluasi.

Hasil pengujian dapat digunakan untuk melengkapi desain hasil uji Marshall dan untuk kontrol kualitas namun tidak dapat digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum, metoda pengujian ini dapat dianggap sebagai salah satu jenis pengujian dinamik berulang creep (Zamhari, Metoda Pengujian Wheel Tracking, 2000).

Pelaksanaan pengujian dilakukan di laboratorium dalam ruang dengan

temperatur disesuaikan dengan kondisi lapangan, di Inggris, TRL (Transport Research Laboratory) melakukan pengujian pada temperatur 45°C, sedangkan di Jepang umumnya dilakukan pada temperatur 60°C, namun untuk daerah tertentu seperti di Hokkaido temperatur pengujian adalah 45°C. Pengujian biasanya dilaksanakan selama 60 menit, dan untuk mengevaluasi deformasi hasil pengujian dilakukan pada saat 45 menit dan 60 menit, hasil pengujian umumnya akan menunjukkan

hubungan antara waktu dan nilai deformasi seperti diperlihatkan Gambar 2.1.

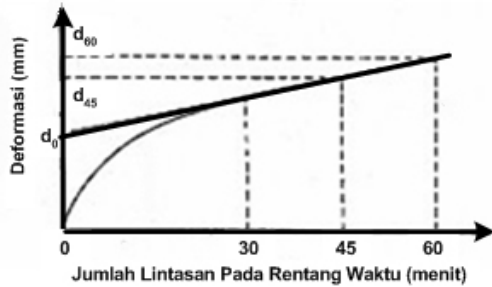
Disamping itu hasil pengujian dengan mesin Wheel Tracking ini memperlihatkan nilai kedalaman alur yang dihubungkan dengan jumlah lintasan beban yang melewatinya (Stabilitas dinamis, lintasan/mm) makin besar nilai stabilitas dinamis, lapisan beraspal semakin tahan menerima beban lalu-lintas.

Tabel 2.3.
Persyaratan Campuran Beraspal Panas Dengan Asbuton

| Sifat-sifat Campuran | | WC | BC | Base Course |
|--|-----|------|----|---------------------|
| Jumlah tumbukan per bidang | | 75 | | 112 ⁽¹⁾ |
| Rongga dalam campuran (%) ⁽²⁾ | Min | 3,5 | | |
| | Max | 5,5 | | |
| Rongga dalam Agregat (VMA) (%) | Min | 15 | 14 | 13 |
| Rongga terisi aspal (%) | Min | 65 | 63 | 60 |
| Stabilitas Marshall (kg) | Min | 1000 | | 1800 ⁽¹⁾ |
| | Max | - | | - |
| Pelelehan (mm) | Min | 3 | | 5 ⁽¹⁾ |
| | Max | - | | - |
| Marshall Quotient (kg/mm) | Min | 300 | | 350 |
| Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C | Min | 80 | | |
| Rongga dalam campuran (%) pada ⁽³⁾ Kepadatan membal (refusal) | Min | 2,5 | | |
| Stabilitas Dinamis (lint/mm) ⁽⁴⁾ | Min | 2500 | | |

Catatan :

- (1) Modifikasi Marshall (RSNI M-13-2004)
- (2) Rongga dalam campuran dihitung berdasarkan pengujian Berat Jenis maksimum campuran (Gmm - SNI 03-6893-2002)
- (3) Untuk menentukan kepadatan membal (refusal), penumbuk bergetar (vibratory hammer) disarankan digunakan untuk menghindari pecahnya butiran agregat dalam campuran. Jika digunakan penumbukan manual jumlah tumbukan per bidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 in dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 in
- (4) Pengujian dengan alat Wheel Tracking Machine (WTM) pada Temperatur 60°C dan prosedur pengujian sesuai Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement -Japan Road Association, JRA (1980).



Gambar 2.1. Hubungan Jumlah lintasan dengan deformasi

Untuk kasus dimana kurva deformasi berbentuk lengkung berubah, deformasi konsolidasi diperoleh dengan menarik garis singgung pada titik perubahan sampai memotong sumbu nilai deformasi, titik perpotongan tersebut disebut deformasi konsolidasi.

Hasil pengujian yang dievaluasi umumnya adalah laju deformasi, stabilitas dinamis, defomasi konsolidasi, nilai-nilai tersebut diperoleh dari hubungan:

$$DS = \frac{42x(t_2 - t_1)}{(d_2 - d_1) \times C_1 \times C_2}$$

Dengan:

d_1 = Deformasi saat t_1 (45 menit)

d_2 = deformasi saat t_2 (60 menit)

C_1 = Faktor koreksi = 1,5 (Chen)
untuk mesin uji kecepatan tetap

C_2 = Faktor koreksi = 0,8,
untuk benda uji ukuran lebar 150 mm

$$RD = \frac{(d_{60} - d_{45})}{t_2 - t_1}$$

Dengan:

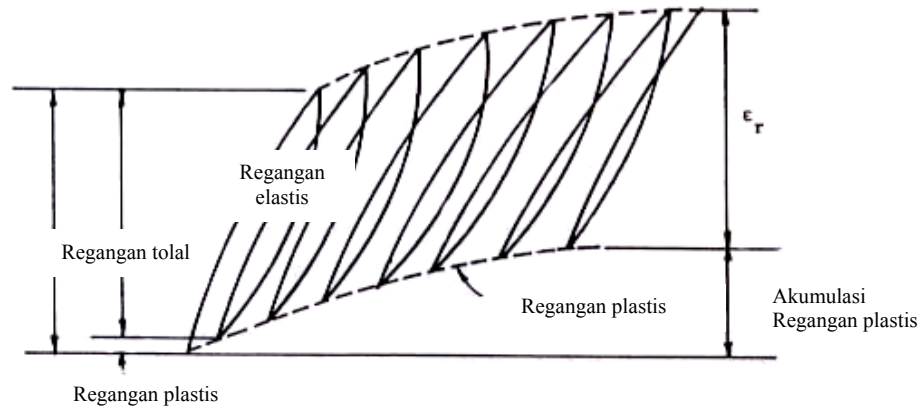
d_{60} = deformasi saat t_2 (60 menit); t_2 = lamanya waktu pengujian 60 menit

d_{45} = deformasi saat t_1 (45 menit); t_1 = lamanya waktu pengujian 45 menit

Terdapat acuan stabilitas dinamis minimum yang disyaratkan untuk campuran beraspal yang dimodifikasi untuk lalu-lintas berat, sebesar 2500 lintasan per mm (seksi 6.3. Campuran beraspal spesifikasi buku 3) . Jenis pengujian simulasi lainnya yang dilakukan di laboratorium adalah uji modulus resilien dan uji fatik, kedua jenis pengujian ini untuk melengkapi pengujian campuran beraspal yang telah dikemukakan sebelumnya sekaligus akan mencerminkan kinerja campuran beraspal bila telah dibebani lalu lintas dengan beban berulang.

➤ Uji Modulus resilien dengan beban berulang (Repeated loading)

Modulus resilien adalah modulus elastis yang digunakan dalam teori elastisitas (Pavement Analysis and Design, Huang,92), dari beberapa pengalaman menunjukkan perkerasan tidak elastis tetapi terjadi deformasi permanen setelah dibebani, apabila beban cukup kecil, deformasi yang terjadi akan balik kembali mendekati kondisi semula, pada kondisi tersebut perkerasan dapat dikatakan elastis, hal tersebut diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Regangan yang terjadi pada benda uji yang dibebani ulang (Pavement Analysis and Design, Huang,92)

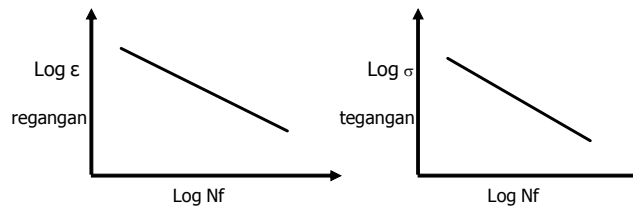
Alat yang digunakan untuk pengujian adalah Universal Material Testing Apparatus Asphalt (UMATTA,92), dengan metode uji ASTM D 41-82.

➤ **Uji Kelelahan (fatig)**

Untuk mengamankan perencanaan perkerasan sesuai umur rencana dari kerusakan dini, perlu dilakukan pengujian ketahanan terhadap fatig untuk melihat ketahanan campuran beraspal akibat beban berulang. Terdapat beberapa metode pengujian dan ada pendapat yang menyatakan bahwa yang paling

mendekati kondisi lapangan adalah pengujian lentur (SHRP,1990), dan biasa digunakan benda uji berbentuk beam dengan metode tiga titik (third point method).

Untuk menganalisis hasil pengujian, digambarkan hubungan antara regangan dan tegangan dengan jumlah beban ulang (N_f) yang digunakan pada percobaan, tipikal hubungan kedua parameter diperlihatkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Tipikal hubungan antara N_f dengan regangan atau tegangan

III. KAJIAN TEKNIS - EKONOMI ASBUTON DALAM CAMPURAN BERASPAL PANAS

3.1. Pengaruh Asbuton butir dalam Campuran beraspal panas secara teknis

Untuk mengetahui pengaruh penambahan Asbuton dalam campuran beraspal panas, terlebih dahulu dilakukan pengujian bahan yang digunakan dalam campuran beraspal, yaitu aspal keras pen 60 sebagai modifier, agregat serta Asbuton butir dengan hasil uji bahan seperti dipelihatkan pada Tabel 3.1 sampai Tabel 3.3.

Tabel 3.1.
Hasil Pengujian Aspal Pen 60

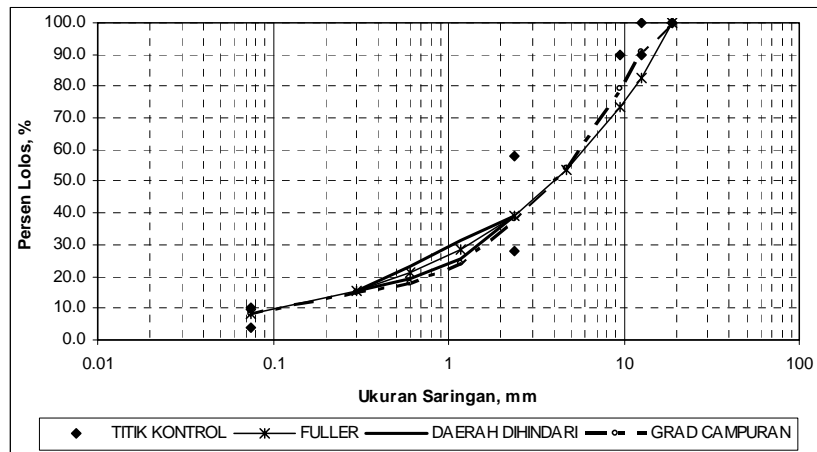
| No. | Jenis Pengujian | Metoda Pengujian | Hasil Pengujian | Persyaratan |
|-----|---|------------------|-----------------|-------------|
| 1. | Penetrasi pada 25°C 100 gr 5 detik, dmm | SNI 06-2456-1991 | 63 | 60 - 79 |
| 2. | Titik Lembek, °C | SNI 06-2434-1991 | 49,9 | 48 - 58 |
| 3. | Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit, cm | SNI 06-2432-1991 | >140 | Min. 100 |
| 4. | Kelarutan dalam C ₂ HCL ₃ , % | SNI 06-2438-1991 | | Min. 99 |
| 5. | Titik nyala (TOC), °C | SNI 06-2433-1991 | 325 | Min. 200 |
| 6. | Berat jenis | SNI 06-2488-1991 | 1,035 | Min. 1,0 |
| 7. | Kehilangan berat (TFOT), % | SNI 06-2441-1991 | 0,091 | Maks. 0,8 |
| 8. | Penetrasi setelah TFOT, % asli | SNI 06-2456-1991 | 84,13 | Min. 54 |
| 9. | Titik lembek setelah TFOT, °C | SNI 06-2434-1991 | 51,6 | - |
| 10. | Daktilitas setelah TFOT, cm | SNI 06-2432-1991 | >140 | Min. 50 |
| 11. | Temperatur campuran (visc. 170 cst), °C | AASHTO-27-1990 | 151 | - |
| 12. | Temperatur pematangan (visc. 280 cst), °C | AASHTO-27-1990 | 145 | - |

Tabel 3.2.
Hasil Pengujian Agregat

| No. | Jenis Pengujian | Metoda Pengujian | Hasil Pengujian | | Persyaratan |
|-----|--|------------------|-----------------|------------|-------------|
| | | | Agr. Ksr | Agr. Halus | |
| 1. | Abrasi, % | SNI 03-2417-1991 | 13.98 | - | Maks. 40 |
| 2. | Impact, % | SNI 03-4426-1997 | 12.96 | - | Maks. 30 |
| 3. | Soundness dg Na ₂ SO ₄ , % | SNI | - | - | Maks. 12 |
| 4. | Indek Kepipihan, % | BS 812 | 95+ | - | Maks. 25 |
| 5. | Kelekatan thp Aspal, % | SNI 06-2439-1991 | - | - | Min. 95 |
| 6. | Berat Jenis | SNI 03-1969-1990 | | | |
| | - Curah <i>Bulk</i> | & | 2.625 | 2.634 | Min. 2.5 |
| | - Permukaan jenuh <i>SSD</i> | SNI 03-1970-1990 | 2.678 | 2.676 | |
| | - Semu <i>Apparent</i> | | 2.772 | 2.750 | |
| | - Penyerapan, % | | 2.025 | 1.59 | |
| 7. | Setara Pasir <i>SE</i> , % | SNI 03-4428-1997 | - | 68.81 | Maks. 3 |
| 8. | Angularitas, % | | 98.9 | 48.97 | Min. 50 |
| 9. | Pipih dan lonjong, % | | 1.05 | - | Min. 45 |
| 10. | Analisa Saringan, % | SNI 03-1968-1990 | | | Maks. 10 |
| | 1" | | | | |
| | ¾" | | 100 | | |
| | ½" | | 35.80 | | |
| | 3/8" | | 2.70 | 100 | |
| | No. 4 | | | 99.90 | |
| | No. 8 | | 0.90 | 86.90 | |
| | No. 16 | | 0.90 | 57.80 | |
| | No. 30 | | 0.80 | 38.80 | |
| | No. 50 | | 0.70 | 27.70 | |
| | No. 100 | | 0.60 | 17.90 | |
| | No. 200 | | 0.60 | 17.80 | |

Tabel 3.3.
Hasil Pengujian Berbagai jenis Asbuton butir

| No. | Jenis Pengujian | Hasil Pengujian | | | |
|-----|----------------------------|-----------------|------------|-----------|-----------|
| | | Asb. 20/25 | Asb. 15/20 | Asb. 5/20 | Asb. 5/20 |
| | | Butir | Butir | Butir | Butir |
| 1. | Ekstraksi | | | | |
| | - Kadar bitumen, % | 26,32 | 23,16 | 18,58 | 21,84 |
| | - Kadar mineral, % | 73,68 | 76,84 | 81,48 | 78,16 |
| 2. | Penetrasi, dmm | 16 | 12 | 5,7 | 8 |
| 3. | Titik Lembek, °C | 86 | 86,5 | 90 | 81 |
| 4. | Daktilitas, cm | 8,5 | 9,0 | 0 | 12,2 |
| 5. | Titik Nyala, °C | | | | |
| | - Asli | 168 | 205 | | |
| | - Bitumen | 198 | 328 | | |
| 6. | Berat Jenis | | | | |
| | - Asli | 1,7800 | 1,8800 | 1,9920 | 1,9250 |
| | - Bitumen | 1,0545 | 1,0422 | 1,0652 | 1,0535 |
| | - Mineral | 2,2890 | 2,3766 | 2,6370 | 2,6370 |
| 7. | Gradasi Asli, % lolos | | | | |
| | No. 8 | 100 | 100 | 100 | |
| | No. 16 | 96,88 | 93,06 | 99,32 | |
| | No. 30 | 78,62 | 72,72 | 85,54 | |
| | No. 50 | 50,28 | 31,10 | 41,30 | |
| | No. 100 | 22,5 | 2,82 | 8,64 | |
| | No. 200 | 7,38 | 0,40 | 0,98 | |
| 8. | Gradasi Ekstraksi, % lolos | | | | |
| | No. 8 | | 100 | 100 | 100 |
| | No. 16 | 100 | 99,14 | 99,63 | 99,87 |
| | No. 30 | 99,63 | 96,85 | 96,77 | 98,11 |
| | No. 50 | 87,34 | 90,78 | 87,70 | 92,86 |
| | No. 100 | 54,84 | 69,28 | 67,62 | 71,75 |
| | No. 200 | 36,58 | 50,40 | 51,14 | 53,81 |



Gambar 3.1. Gradasi gabungan untuk semua jenis Asbuton dan Aspal keras

Setelah dicampur agregat dengan variasi aspal keras dalam campuran, dengan kadar Asbuton dalam campuran tertentu seperti dikemukakan dalam Tabel, diperoleh karakteristik campuran hasil uji Marshall seperti diperlihatkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4.
Hasil Pengujian Campuran dengan Marshall

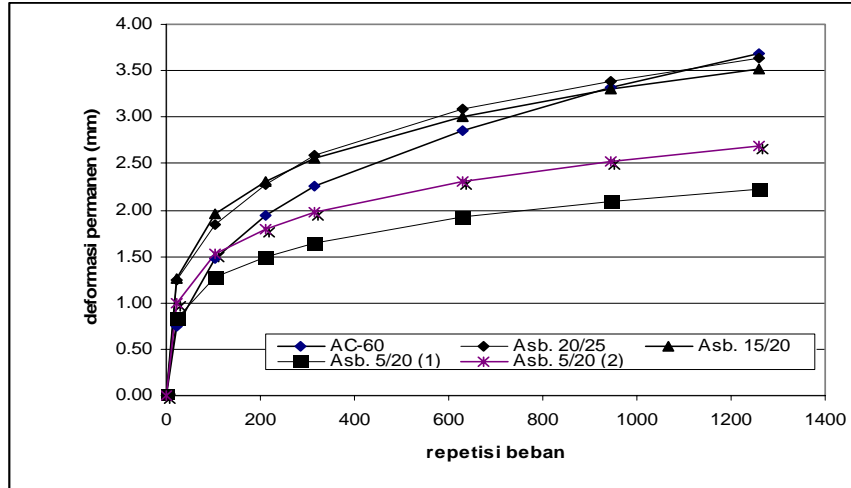
| No. | Jenis Pengujian | Hasil Pengujian | | | | | Persyaratan |
|-----|-------------------------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|-------------|
| | | AC 60 | Asb. | Asb. | Asb. | Asb. | |
| | | | 20/25 Butir | 15/20 Butir | 5/20 Butir | 5/20 Butir | |
| 1. | Kadar aspal optimum, % | 5,70 | 5,90 | 5,80 | 6,00 | 5,80 | - |
| 2. | Kepadatan, gr/cm ³ | 2,317 | 2,317 | 2,305 | 2,325 | 2,292 | - |
| 3. | Rongga terisi aspal (VFB), % | 73,00 | 73,00 | 74,00 | 72,50 | 72,50 | Min. 65 |
| 4. | Rongga dlm agregat (VMA), % | 16,30 | 16,50 | 16,70 | 16,20 | 16,90 | Min. 15 |
| 5. | Rongga thd campuran (VIM) | | | | | | |
| 6. | - Marshall, % | 4,50 | 4,30 | 4,10 | 4,50 | 4,90 | 3,5-5,5 |
| | - PRD, % | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,80 | 2,5 |
| | Stabilitas, kg | 1110,0 | 1310,0 | 1220,0 | 1375,0 | 1350,0 | 800- 1000 |
| 7. | Kelelahan, mm | 3,30 | 3,30 | 3,60 | 3,70 | 3,30 | Min. 3 |
| 8. | Marshall Quotient, kg/mm | 336,36 | 396,97 | 338,89 | 371,62 | 409,09 | Min. 250 |
| 9. | Stabilitas sisa, % | 81,20 | 91,30 | 91,40 | 98,20 | 82,40 | Min. 75 |

Hasil uji Marshall menunjukkan semua jenis Asbuton yang ditambahkan dalam campuran beraspal panas memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

Pada kadar aspal optimum, dengan nilai kepadatan yang sama dengan kepadatan pada campuran beraspal yang telah dipadatkan, dilakukan pengujian kedalaman alur menggunakan alat Wheel Tracking Machine, hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 3.5. dan Gambar 3.2.

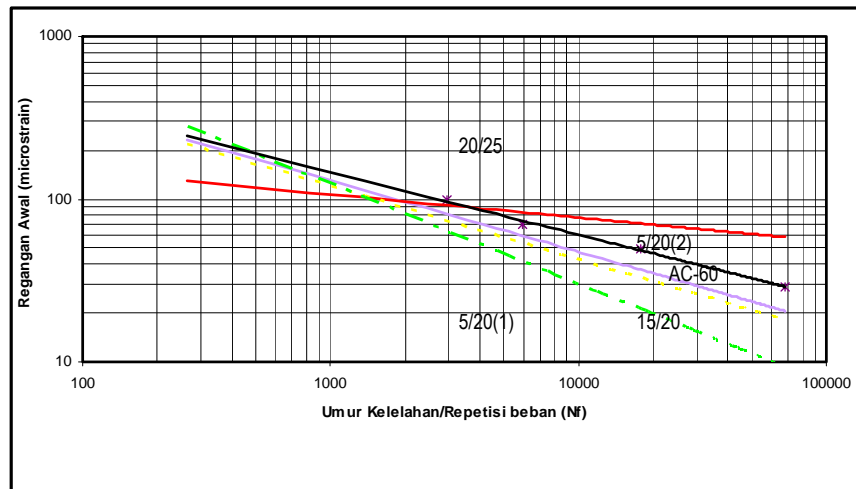
Tabel 3.5.
Hasil Pengujian kedalaman alur dengan alat Wheel tracking Machine

| No. | Jenis Pengujian | Hasil Pengujian | | | | | Persyaratan |
|-----|------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|-------------|
| | | AC 60 | Asb. | Asb. | Asb. | Asb. | |
| | | | 20/25 Butir | 15/20 Butir | 5/20 Butir | 5/20 Butir | |
| 1. | Kedalaman. Alur (DO), mm | 2,50 | 2,67 | 2,64 | 1,67 | 2,01 | |
| 2. | Kecepatan. Deformasi. (RD), mm/mnt | 0,0240 | 0,0160 | 0,0147 | 0,0093 | 0,0113 | |
| 3. | Stab. Dinamis (DS), lint/mm | 1750,0 | 2625,0 | 2863,6 | 4500,0 | 3705,9 | Min. 2500 |



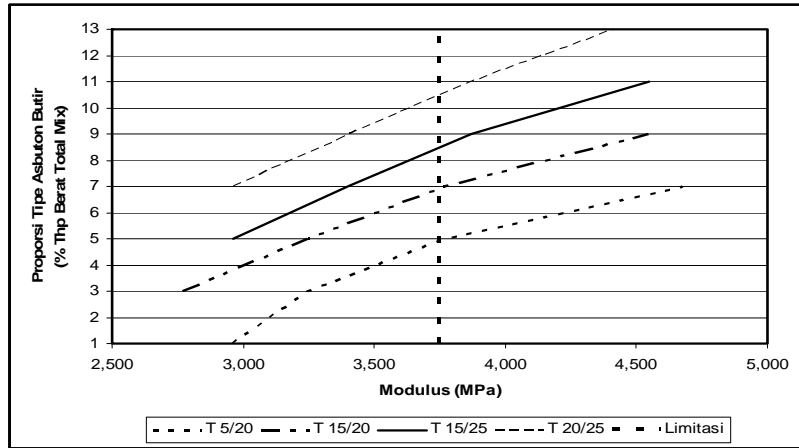
Gambar 3.2. Hubungan antara repetisi beban dengan deformasi permanen

Pada kadar aspal optimum, dengan nilai kepadatan yang sama dengan kepadatan pada campuran beraspal yang telah dipadatkan, dilakukan pengujian ketahanan campuran terhadap fatik dengan alat Dartec menggunakan batang uji sederhana (simple beam) metode tiga titik beban. Hasil pengujian gabungan dari seluruh jenis Asbuton diperlihatkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Hubungan antara repetisi beban regangan awal

Pada kadar aspal optimum, dengan nilai kepadatan yang sama dengan kepadatan pada campuran beraspal yang telah dipadatkan, dilakukan pengujian modulus resilien menggunakan alat UMATTA, hasil pengujian gabungan dari seluruh jenis Asbuton butir diperlihatkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Hubungan antara proporsi dan Jenis Asbuton dengan Modulus resilien

3.2. Simulasi perhitungan penentuan tebal lapis tambah (overlay)

Suatu jalur jalan akan direncanakan pelapisan ulang (overlay) menggunakan metode AASHTO – 93. Struktur dan kondisi perkerasan jalan lama (existing) seperti diilustrasikan pada Gambar 3.5. adalah sebagai berikut::

- o Tebal lapis perkerasan beraspal lama Laston (AC WC) = $D_1=13.0$ cm = 5.12 inc

- dengan koefisien relative $a_1 = 0.40$
- o Tebal lapis pondasi perkerasan lama = $D_2 = 20.0$ cm = 7.87inc dengan koefisien relative $a_2 = 0.13$
- o Tebal lapis pondasi bawah perkerasan lama = $D_3 = 40.0$ cm = 15.75 inc dengan koefisien relative $a_3 = 0.10$

Drainase dengan kondisi relatif baik, $m = 0,9$
Kondisi Permukaan Perkerasan Rusak Sedang, Faktor Koreksi = 0,80

Perhitungan kekuatan jalan lama

$$SN_{\text{jalan lama}} = SN\text{-existing} = a_1 \times D_1 \times m_1 + a_2 \times D_2 \times m + a_3 \times D_3 \times m = 4.0$$

Perencanaan lapis ulang (overlay) dilakukan dengan metode AASHTO – 93, dengan data perencanaan sebagai berikut :

Lalu lintas rencana pada lajur rencana (W_{18}), Umur Rencana (UR) = 5 Tahun = 30,000,000 Satuan Sumbu Tunggal (SST)

CBR tanah dasar = 6% setara dengan MR = 9000 psi

Reliability (R) = 90% --> $Z_R = -1.282$

Overall standard deviation (S_0) = 0.35

Design serviceability loss ($\Delta PSI = IP_0 - IP_t$).

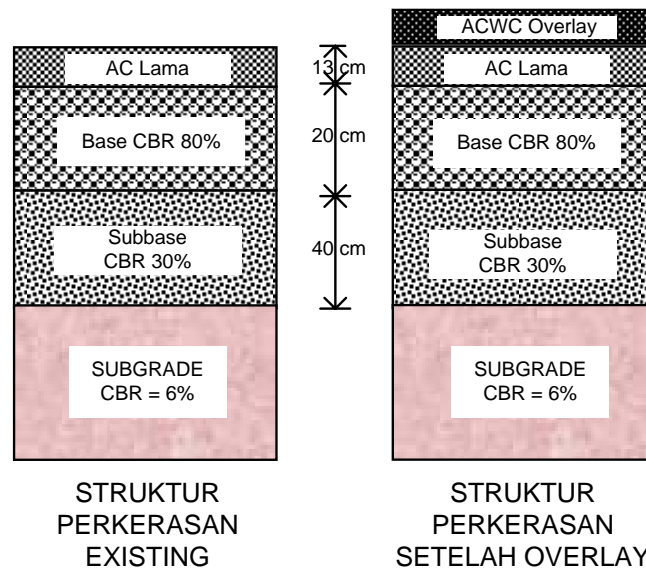
Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IP_t) = 2.0

Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IP_0) = 4.2

Hubungan antara beban lalu lintas dengan konstruksi perkerasan:

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \text{log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{log}_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{IP_0 - IP_t}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \text{log}_{10}(M_R) - 8.07$$

Dengan memasukkan data yang ada, diperoleh SN perencanaan = SN design = 5



Gambar 3.5. Struktur Perkerasan Existing dan Struktur Perkerasan setelah Overlay

Dari perhitungan terdahulu diperoleh SN jalan lama = 4, sehingga diperoleh SN perlu = 5 – 4 = 1.00

Dengan hasil pengujian modulus dan perhitungan biaya pelaksanaan pelapisan ulang dapat dibuat perhitungan seperti diperlihatkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6.
Hasil perhitungan Tebal Lapis tambah tanpa dan dengan Asbuton

| JENIS CAMPURAN ACWC | MODULUS (MPa) | a _{1-0v} | TEBAL (cm) | SELISIH TEBAL DAN BIAYA DIBANDINGKAN ACWC PEN 60 | | | |
|---------------------|---------------|-------------------|------------|--|----------------------|------------------------|-----------------------|
| | | | | BIAYA/m ² (Rp) | beda tebal (cm), (%) | beda (Rp.) | |
| | | | | | | per m ² (%) | per km ¹) |
| ACWC – Pen 60 | 2500 | 0.400 | 6.5 | 73,255 | - | - | - |
| ACWC + Asb 5/20 | 3700 | 0.46 | 5.7 | 63,375 | 0.8 (12) | 9,880 (13) | 69,160,00 |
| ACWC+Asb.15/20 | 3750 | 0.465 | 5.6 | 63,465 | 0.9 (14) | 9,790 (13) | 68,528,87 |
| ACWC+Asb.15/25 | 3750 | 0.465 | 5.6 | 63,015 | 0.9 (14) | 10,240 (14) | 71,679,62 |
| ACWC+Asb.20/25 | 3750 | 0.465 | 5.6 | 63,690 | 0.9 (14) | 9,565 (13) | 66,953,49 |

Keterangan : ¹) = Bila lebar perkerasan 7 meter
Catatan: Perhitungan harga satuan ada pada lampiran

Data pada Tabel 3.6. menunjukkan bahwa dengan penambahan Asbuton butir dalam campuran beraspal panas akan :

- Meningkatkan modulus resilien
- Meningkatkan nilai koefisien relatif (a)
- Menurunkan tebal rencana lapis ulang sampai 14%
- Menurunkan harga satuan per m² sampai 14%

IV. KESIMPULAN

Dari uraian yang telah dikemukakan, dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Perkiraan deposit Asbuton adalah sekitar 677 juta ton, dengan kadar bitumen antara 10% - 50% dengan nilai penetrasi antara 3 – 212 dmm yang tersebar dari teluk Sampolawa s/d teluk Lawele sepanjang 75 km dengan lebar 27 km ditambah wilayah Enreko.
2. Agar mutu Asbuton terjamin, perlu dilakukan fabrikasi dan klasifikasi, sehingga diperoleh kadar bitumen yang homogen dengan besar butir maksimum 1,16 mm.
3. Dari pengujian campuran beraspal panas dengan hanya aspal keras pen 60 dan yang ditambah Asbuton (kajian teknis) diperoleh:

- Makin rendah nilai penetrasi bitumen Asbuton, makin tinggi stabilitas Marshall dan Marshall kuosen campuran beraspal panas
 - Makin rendah nilai penetrasi bitumen Asbuton, makin tinggi stabilitas dinamis dan makin rendah kecepatan deformasi serta deformasi permanen yang terjadi
 - Makin rendah nilai penetrasi bitumen Asbuton, makin rentan terhadap retak fatig.
 - Makin rendah nilai penetrasi bitumen Asbuton, makin tinggi modulus resilien yang terjadi.
4. Dari perhitungan biaya bahan dan operasi pencampuran serta overlay campuran beraspal panas aspal keras pen 60 ditambah Asbuton ternyata terdapat perbedaan sekitar 14% lebih murah dan 14% lebih tipis dibandingkan campuran beraspal panas tanpa Asbuton

DAFTAR PUSTAKA

1. AASHTO, 1990, *Material Part 1 Spesification* Publish by The American Association of State and Transportation Official, Washington DC.
2. Alfred F.Grimaldi, 1987, *Blended Asphalt Proves Out for Heavy Duty Pavement*, Trinidad Asphalt Corporation of America.
3. Asphalt Institute Superpave Series No.2 (SP-2), *Superpave Mix Design, 1996*, Asphalt Institute, Lexington, Kentucky
4. Balitbang Departemen Kimpraswil, 2001, *Pengembangan Produksi dan Pemanfaatan Asbuton*.
5. Dean, 1989, *Feasibility Study for Physical and Chemical Characteristic of Asbuton*, Alberta Research Council, Canada.
6. Departemen Kimpraswil, 2001 *Pedoman perencanaan Campuran Beraspal dengan pendekatan kepadatan mutlak*.
7. Divisi 6 Perkerasan Beraspal, *Seksi 6.3. Campuran Beraspal Panas*, Departemen Pekerjaan Umum, 2005
8. Kurniadji dkk, 2006 Laporan interim *Perencanaan, Pengawasan dan Kajian Teknis Uji Coba Asbuton di Jawa Timur*, Puslitbang Jalan dan Jembatan Balitbang PU Dep.Pekerjaan Umum
9. Kurniadji dkk, 2002 *Penggunaan Buton Lake Asphalt di Dalam Campuran Beraspal Panas*, Puslitbang Prasarana Transportasi Balitbang Dep.Kimpraswil
10. Kurniadji dkk, 2003 *Pengembangan Pemanfaatan Asbuton Lawele Sebagai Bahan Perkerasan Jalan*, Puslitbang Prasarana Transportasi Balitbang Dep.Kimpraswil

11. Wilkins, 1989, *Quality of Asbuton Bitumen*, Alberta Research Council, Canada, 1989.
12. Yang H Huang, 1992 *Pavement Analysis and Design*, University of Kentucky, Oprentice Hall, Englewood, New Jesrsey 07632
13. Zamhari, 2000, *Metode Pengujian kedalaman Alur dengan alat Wheel Tracking Machine*.

Penulis:

1. Kurniadji, Ir ,MT, Peneliti Bahan Perkerasan Jalan pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum
2. Nono, Ir, M.EngSc Peneliti bahan perkerasan jalan pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum