

HASIL PEMURNIAN ASBUTON LAWELE SEBAGAI BAHAN PADA CAMPURAN BERASPAL UNTUK PERKERASAN JALAN

Oleh :
Furqon Affandi

RINGKASAN

Produk aspal minyak dalam negeri per tahun sekitar 650.000 ton, sedangkan kebutuhan aspal untuk pembangunan dan pemeliharaan jalan sekitar 1,2 juta ton per tahun. Hal ini menyebabkan dilakukannya impor aspal dari beberapa negara, sementara kita punya aspal alam yang dikenal dengan Asbuton dengan perkiraan depositnya antara 200 juta ton sampai 600 juta ton yang belum dimanfaatkan secara optimal. Asbuton ini mengandung bitumen sekitar 20% dan mineral 80%.

Melihat sumber alam Asbuton yang depositnya begitu banyak, serta guna memenuhi kekurangan aspal di Indonesia, maka dikembangkan produk Asbuton baru yang disebut "Asbuton Murni". "Asbuton Murni" ini merupakan hasil ekstraksi dari Asbuton Lawele sampai didapat aspal murni, dimana kandungan mineralnya dapat dikatakan sudah tidak ada lagi atau lebih kecil dari 1 %. Asbuton Murni berbentuk kental seperti aspal minyak pen 60 yang sering kita lihat, dimana bisa dikirim dalam bentuk drum maupun dalam bentuk curah. Dengan demikian penggunaannya pun mudah sebagai mana aspal minyak lainnya.

Produk Asbuton Murni ini berbeda dengan produk produk Asbuton sebelumnya, dimana produk produk sebelumnya umumnya berbentuk butir yang masih mengandung kadar mineral sebagaimana adanya dilapangan yaitu sekitar 80%. Efektifitas aspal yang ada pada produk Asbuton butir pada campuran beraspal (hot mix ataupun cold mix) masih dipertanyakan, karena sulitnya aspal tersebut keluar dari butiran asbuton dan berfungsi menyelimuti agregat sebagai mana halnya pada aspal minyak.

Produk Asbuton Murni mempunyai sifat sifat yang baik, dilihat dari hasil pengujian fisiknya seperti penetrasi, titik lembek, kelarutan, daktilitas, kehilangan berat dengan Thin Film Oven Test, serta nilai Penetrasi Index yang tinggi (+ 0,144) dibanding aspal minyak konvensional sekitar - 1,127 sehingga sangat cocok untuk lalu lintas berat dan daerah dengan temperatur tinggi seperti Indonesia.

Hasil pengujian campuran beraspal panas (hot mix) menggunakan Asbuton Murni, juga memperlihatkan kesuperioran dibandingkan dengan campuran hot mix yang sama tetapi menggunakan aspal minyak konvensional pen 60. Kelebihan dari campuran beraspal panas menggunakan Asbuton Murni ialah mempunyai Stiffness Modulus yang tinggi untuk setiap temperatur pengujian sehingga penyebaran beban lalu lintas ke tanah dasar menjadi lebih baik; ketahanan terhadap deformasi permanen yang lebih baik, ditunjukkan dengan nilai Stabilitas dinamis yang lebih tinggi ataupun deformasi akibat beban berulang yang lebih kecil; serta ketebalan lapisan tambah yang lebih tipis sekitar 15% sampai 25 % dibanding keperluan ketebalan lapis tambah dari campuran beraspal panas dengan menggunakan aspal konvensional pen 60 untuk berbagai besar beban lalu lintas rencana, sehingga terjadi penghematan yang cukup berarti.

Dalam pelaksanaan pencampuran di Asphalt Mixing Plant (AMP) sangat praktis karena tidak diperlukan peralatan tambahan lainnya, sama seperti proses pencampuran dengan aspal minyak pada umumnya. Dari segi harga, harga Asbuton Murni ini, cukup bersaing dibanding dengan harga aspal minyak.

Dari hasil pengujian diatas, baik terhadap aspalnya sendiri maupun terhadap campuran beraspalnya, Asbuton Murni ini bisa mengisi kekurangan aspal nasional dengan mutu yang lebih baik dan sekaligus menghemat devisa negara.

SUMMARY

Indonesia only produces asphalt around 650,000 tonnes annually, whilst the need for the constructions and road maintenance is about 1, 2 million tones. To meet those needs, Indonesia has imported asphalt from several countries. On the other hand, Indonesia has large deposit of natural asphalt known as Asbuton approximately about 200- 600 million tones which has not been utilized efficiently. Asbuton contain around of 20 % bitumen and 80% mineral.

Considering that Indonesia has large deposit of Asbuton and to meet the need of asphalt shortage, new Asbuton product called “ Asbuton Murni – Pure Asbuton “ has been developed. It is extraction of Lawele Asbuton and processed to be “pure – bitumen” containing of less than 1% mineral.

“Asbuton Murni” is liquid substance like pen bitumen and it can be delivered in drums or bulk, so that is a high affectivity is asphalt hot mix and easily used as other asphalt products.

“ Asbuton Murni“ product has a good properties as proved from test results such as penetration, softening point, solubility, ductility, loss on heating, high penetration index (+ 0. 144) compared with conventional asphalt cement (- 1,127) and perfectly suited for heavy traffic with high temperature like Indonesia.

The result of bituminous mixes (hot mix) using “Asbuton Murni” showed superiority compared with hot mix using conventional asphalt cement pen grade 60. Another advantage of using Asbuton Murni in hot mix is high stiffness modulus for any temperature test, therefore, it has better spread loading ability from traffic to subgrade and better resistance to permanent deformation as seen in high dynamic stability or less deformation due to repeated loads. Layer thickness for overlay in asphalt hot mix for various design traffic loading is less compared with conventional asphalt pen grade 60, resulting in significant saving.

The application in Asphalt Mixing Plant (AMP) is simple because of unrequired additional special equipment, is similar to other mixing process with conventional asphalt pen grade.

In short, from the above test results of both bitumen (asphalt) and asphalt mixes, “Asbuton Murni” can be able to meet the need of asphalt shortage nationwide with a better quality.

I. PENDAHULUAN

Pemeliharaan dan pembangunan jalan di Indonesia memerlukan aspal sekitar 1,2 juta ton per tahunnya. Untuk itu kita masih memerlukan

impor aspal dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Di pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara kita punya “rock aspal” sebagai aspal alam, dimana aspal dan mineral pada aspal ini sudah

bercampur menjadi satu kesatuan dengan kandungan aspalnya sekitar 20% dan mineralnya 80%. Kandungan jumlah deposit aspal ini yang lebih dikenal dengan Asbuton diperkirakan antara 200 juta sampai 600 juta ton yang belum dimanfaatkan secara optimal.

Deposit Asbuton ini terletak di dua daerah yang berbeda yaitu Kabungka dan Lawele, dimana aspal dari Kabungka ini bersifat cukup keras, sedangkan untuk daerah Lawele, pada umumnya aspalnya bersifat lebih lunak dimana teknologi untuk mengolah aspal jenis ini dirasa masih sulit selain fasilitas jalan dan dermaga untuk pengangkutannya belum baik.

Sampai tahun 1987 produk Asbuton yang diproduksi dan dipergunakan ialah Asbuton Konvensional yang berupa Asbuton butir dengan ukuran butir maksimum 12,7 mm yang diproduksi dari daerah Kabungka dan dikirim dalam bentuk curah. Pada waktu tersebut, produk Asbuton konvensional banyak digunakan pada campuran beraspal dingin seperti Lasbutag (Lapis Buton Agregat) dan Latasbum (Lapis Tipis Asbuton Murni) yang mempergunakan Flux Oil atau Bunker Oil sebagai bahan peremajanya. Bahan peremaja ini diharapkan bisa masuk dan meresap kedalam butiran Asbuton, dan selanjutnya dapat melunakan dan bahkan mengeluarkan aspal yang ada dalam Asbuton, serta tetap menjaga bitumen Asbuton yang keras itu menjadi lunak sesuai dengan

kebutuhan perkerasan jalan. Akan tetapi hal ini tidak berjalan sebagai mana yang diharapkan, karena bahan pelunak tersebut sulit masuk kedalam butiran Asbuton dan melunakan aspal yang ada didalamnya. Hal ini dikarenakan ukuran butir Asbutonnya sendiri yang masih terlalu besar, sehingga mengakibatkan sulitnya bahan peremaja masuk ke bagian dalam butiran Asbuton tersebut.

Percobaan yang telah dilakukan oleh Dairi (1992) menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan bahan peremaja bisa masuk ke dalam butiran Asbuton adalah 254 hari. Karena itu Purwadi (1998) menyarankan untuk menggunakan bahan peremaja yang lebih encer lagi sehingga lebih mudah masuk kedalam butiran Asbuton tersebut serta melunakan aspal yang ada didalamnya. Percobaan yang dilakukan oleh Zamhari yang disampaikan oleh Purwadi (1998), dimana butiran Asbuton dicampur dengan kerosin pada perbandingan 67% Asbuton dan 33% kerosin, yang kemudian diaduk selama satu jam pada temperatur 90°C, menunjukkan hanya sekitar 60% aspal yang bisa keluar dari butiran tersebut. Hal ini membuktikan bahwa memobilisir bitumen yang ada dalam butiran Asbuton tersebut sangat sulit sekali.

Permasalahan lain yang dihadapi dengan Asbuton Konvensional ini diantaranya ialah kadar air yang tinggi, kadar bitumen yang tidak seragam, diperlukan tempat penampungan yang luas dan

terlindung, dan masih sering didapati ukuran Asbuton yang diterima dalam ukuran bongkahan bongkahan yang cukup besar. Hal ini menyebabkan ketidakberhasilan dan keengganan para pengguna dalam penggunaan Asbuton tersebut, karena perlu penanganan yang cukup berat serta pengolahan kembali Asbuton tersebut sebelum dipergunakan dengan jalan mengeringkannya dulu dan menyaringnya kembali.

Gambar 1 memperlihatkan penyaringan kembali Asbuton Konvensional sebelum dipergunakan pada campuran beraspal.



Gambar 1. Penyaringan kembali Asbuton Konvensional

Pada akhirnya keadaan seperti ini mengakibatkan perkerasan dengan campuran beraspal dengan Asbuton Konvensional ini seringkali menunjukkan kegagalan dibanding keberhasilannya.

Pengembangan teknologi produksi untuk meningkatkan kualitas campuran beraspal dengan menggunakan Asbuton terus dikembangkan, beberapa jenis produk Asbuton butir yang baru telah

dihasilkan antara tahun 1993 sampai 2001 antara lain seperti Asbuton halus, Asbuton Mikro, Buton Granular Aspal dengan membuat ukuran butir menjadi lebih kecil lagi serta pengemasannya telah menggunakan kantong plastik guna menjaga kadar airnya.

Penggunaan jenis produk diatas untuk campuran beraspal dingin (cold mix), campuran beraspal hangat (warm mix) sampai campuran beraspal panas (hot mix). Selain itu dikembangkan juga produk Asbuton berupa liquid binder seperti Butonite Mastic dan Refined Asbuton yang masih mengandung kadar mineral yang cukup tinggi untuk dipergunakan pada campuran beraspal panas.

Penggunaan produk produk Asbuton butir seperti ini dalam campuran beraspal relative sedikit, hal ini dikarenakan pertama, bitumen Asbuton yang terkandung dalam produk tersebut bersifat keras sehingga proporsi penggunaannya harus dibatasi, dan yang kedua kandungan mineral yang masih tinggi dalam Asbuton tersebut akan mempengaruhi jumlah kandungan material halus dalam campuran beraspal, dan jika terlalu banyak akan menyebabkan gradasi agregat yang disyaratkan dalam spesifikasi bisa tidak terpenuhi.

Pada campuran beraspal panas dengan menggunakan produk Asbuton yang berupa *liquid binder* disamping jumlah Asbuton nya sedikit juga dihadapi kendala dalam

pengelolaan di AMP (*Asphalt Mixing Plant*) yaitu ketidak homogenan aspal dikarenakan pengendapan butiran Asbuton dalam tanki aspal serta penyumbatan yang bisa terjadi pada pipa penyaluran aspal dari tanki ke *pugmil*.

Sebagai contoh, penggunaan produk Asbuton butir (bukan Asbuton konvensional) dalam campuran beraspal panas, maksimum yang **dianggap bisa memberikan substitusi** aspal hanya sekitar 1,5 (satu setengah) % dari keperluan aspal pada campuran yang pada umumnya sekitar 6 (enam) %. Begitu juga aspal yang dimodifikasi dengan produk Asbuton, proporsi Asbuton dalam campuran aspalnya sendiri masih sedikit dikarenakan adanya batasan kandungan mineral maksimum dalam campuran aspalnya tidak lebih dari 10% (Spesifikasi Jalan dan Jembatan Departemen Pekerjaan Umum ; Divisi 6 tahun 2003).

Guna mengatasi masalah masalah tersebut, baik dari segi teknis kualitas produk Asbuton, maupun pemenuhan kebutuhan aspal dalam negeri setiap tahunnya maka diperlukan pengembangan teknologi produk Asbuton yang bisa turut memberikan jawaban atas permasalahan tersebut diatas.

II. FUNGSI ASPAL DALAM CAMPURAN BERASPAL

Pada campuran beraspal dikenal temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan, dimana aspal

harus dipanaskan terlebih dahulu (bila diperlukan) sampai mencapai tingkat keenceran tertentu agar dapat dicampur dengan mudah dan menyelimuti seluruh permukaan agregat secara merata serta mengikatnya, maupun mengisi rongga antar agregat itu sendiri. Begitu pula pada waktu pemadatan, aspal masih cukup encer sehingga pemadatan masih dapat dilakukan dengan mudah guna mencapai kepadatan maksimal (*Asphalt Institute, MS -2 Sixth Edition, 1993*). Aspal walaupun penggunaannya sedikit dalam campuran beraspal, sekitar 5 sampai 6 % terhadap berat campuran, namun mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap kinerja campuran tersebut maupun terhadap kinerja perkerasannya sendiri. Karena itu fungsi aspal dalam campuran harus dipenuhi semaksimal mungkin.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan pada penelitian ini ialah berupa percobaan laboratorium dalam mendapatkan bagian aspal yang terkandung pada "rock asphalt" Lawele serta diikuti pengujian laboratorium terhadap sifat sifat teknis dari aspal hasil ekstraksi tersebut maupun campuran beraspalnya. Diikuti dengan analisa keperluan tebal lapisan tambahan

(overlay) suatu lapis perkerasan yang menggunakan campuran beraspal hasil ekstraksi dari Asbuton Lawele ini. Baik pada pengujian sifat aspal serta campurannya maupun analisa keperluan lapis tambah selalu dibandingkan terhadap sifat sifat aspal , campurannya serta keperluan lapis tambahan sekiranya menggunakan aspal minyak biasa.

Kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini , ialah :

1. Kajian pustaka
2. Ekstraksi aspal dari Asbuton
3. Pengujian laboratorium sifat sifat teknis aspal hasil ekstraksi
4. Pengujian laboratorium sifat sifat teknis aspal minyak.
5. Pengujian sifat sifat campuran beraspal, baik yang menggunakan aspal ekstraksi maupun aspal minyak
6. Analisa keperluan tebal lapis tambah (overlay) suatu lapis perkerasan dengan bahan campuran beraspal yang menggunakan aspal ekstraksi dari asbuton Lawele serta dari aspal minyak.

IV. ASBUTON MURNI HASIL PROSES EKSTRAKSI

Untuk mengatasi permasalahan sebagaimana yang disampaikan pada butir pendahuluan tadi serta fungsi aspal dalam campuran beraspal, maka pengembangan produk Asbuton selanjutnya ditujukan pada peningkatan efektifitas Asbuton baik dari segi efektifitas fungsi bitumen dalam campuran beraspal maupun

efektifitas jumlah penggunaan kadar aspal yang ada dalam produk Asbuton tersebut. Untuk mencapai hal tersebut, saat ini tengah dan telah dilakukan produksi Asbuton hasil proses ekstraksi yang dinamakan **Asbuton Murni**.

Prinsip dari pembuatan Asbuton Murni ini ialah bahan dasar Asbuton diekstraksi dengan menggunakan proses dan bahan tertentu sehingga mineralnya terpisah dari aspalnya. Selanjutnya mineralnya dikeluarkan sedemikian rupa sampai kadar mineralnya lebih kecil dari satu persen, dan kemudian cairan yang masih mengandung aspal tersebut di destilasi sedemikian rupa sampai bahan cairan tersebut menguap dan tinggal lah aspal nya yang disebut dengan Asbuton Murni. Bahan Asbuton yang dipergunakan ialah Asbuton dari daerah Lawele yang mempunyai sifat aspal yang lebih lunak dibandingkan aspal Asbuton dari Kabungka sebagai mana telah disebutkan didepan.

Dengan demikian Asbuton Murni ini akan lebih efektif dalam penggunaannya, karena Asbuton Murni ini semuanya terdiri dari aspal saja (kandungan mineralnya lebih kecil dari satu persen) dan dapat menyelimuti agregat dengan lebih mudah dan merata, sebagai mana yang diharapkan dalam suatu campuran beraspal.

Selain itu Asbuton Murni ini lebih efisien dari segi pengangkutannya karena tidak mengangkut mineralnya lagi seperti pada produk Asbuton

butir yang masih mengandung mineral sebesar 80 %. Begitu juga pada proses pembuatan campuran beraspal panas (*hot mix*) di AMP, Asbuton Murni ini tidak akan menyulitkan karena tidak akan terjadi penengendapan atau penyumbatan di pipa penyaluran aspalnya.

V. SIFAT ASBUTON MURNI DAN CAMPURAN BERASPALNYA

5.1 Sifat Asbuton Murni

Ada beberapa sifat utama yang perlu diketahui dalam campuran beraspal, diantaranya ialah sifat aspalnya sendiri serta sifat campuran beraspalnya.

Sifat sifat teknis aspal sangat penting, karena akan menentukan kinerja campuran beraspal nya maupun kinerja perkerasan dilapangan dalam melayani lalu lintas yang melaluinya serta akibat pengaruh iklim dimana campuran beraspal aspal tersebut digelar.

Produk Asbuton Murni ini, mempunyai sifat sifat teknis sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1, dan sebagai gambaran untuk perbandingan dengan aspal minyak yang umum dipergunakan di Indonesia serta aspal yang mempunyai penetrasi yang kurang lebih sama dengan Asbuton Murni, maka pada Tabel 1 juga disajikan pula sifat aspal minyak pen 60 pada umumnya serta persyaratan persyaratan aspal minyak pen 40/50.

Tabel 1.

Sifat sifat Asbuton Murni, Asmin pen 60 dan persyaratan aspal minyak pen 40/50

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Asbuton Murni	Asmin pen 60	Syarat Aspal pen 40/50	Satuan
1	Penetrasi pada 25C, 100g, 5 detik	SNI 06-2456-91	43,6	61	40-50	0.1mm
2	Titik Lembek	SNI 06-2434-91	57,3	48,5	-	°C
3	Titik nyala (COC)	SNI 06-2433-91	245	335	> 232	°C
4	Daktalitas 25C, Scm/mnt	SNI 06-2432-91	> 140	> 140	> 100	Cm
5	Berat Jenis	SNI 06-2441-91	1.032	1,046	-	-
6	Kelarutan dalam C ₂ HCl ₂	SNI 06-2438-91	99	99,8	>99	%
7	Kehilangan berat (TFOT)	SNI 06-2440-91	0,175	0,014	< 0,8	%
8	Penetrasi setelah TFOT	SNI 06-2456-91	66,51	90,2	>58	% pen asli
9	Titik lembek setelah TFOT	SNI 06-2434-91	60,3	49,5	-	°C
10	Daktalitas setelah TFOT	SNI 06-2432-91	> 140	> 140	-	Cm

Berdasarkan hasil pengujian terhadap Asbuton Murni dan Aspal minyak pen 60 tersebut, terlihat bahwa :

Penetrasi dari Asbuton Murni ini lebih rendah dari aspal minyak pen 60, hal ini menunjukkan Asbuton Murni lebih keras dari aspal minyak pen 60 yang selanjutnya akan mempunyai ketahanan terhadap alur yang lebih baik dibanding aspal minyak pen 60 .

Titik lembek aspal ekstraksi Asbuton ini lebih tinggi dibandingkan dengan aspal minyak pen 60 yang biasa dipergunakan di Indonesia, dimana dalam persyaratan aspal minyak pen 60 titik lembeknya minimum 48°C . Hal ini akan memberikan keuntungan berupa ketahanan terhadap alur akibat lalu lintas berat dan temperatur tinggi, sehubungan dengan penggunaannya untuk daerah dengan iklim yang cukup panas.

Penetration Index (PI) yang menunjukkan "temperature susceptibility" dari aspal, merupakan

fungsi nilai penetrasi dan titik lembek.

Berdasarkan nilai nilai Penetrasi dan Titik Lembek nya tersebut, Asbuton Murni ini mempunyai nilai Penetrasi Index (P.I) sebesar + 0,144 dan – 1,127 untuk aspal pen 60. Nilai P.I yang semakin tinggi, menunjukkan semakin tidak sensitif terhadap pengaruh perubahan temperatur. Berdasarkan nilai nilai tersebut terlihat bahwa Asbuton Murni ini, tidak terlalu terpengaruh oleh perubahan temperatur dibandingkan aspal minyak pen 60, sehingga Asbuton Murni ini lebih tahan dan lebih cocok untuk temperatur panas seperti Indonesia ini.

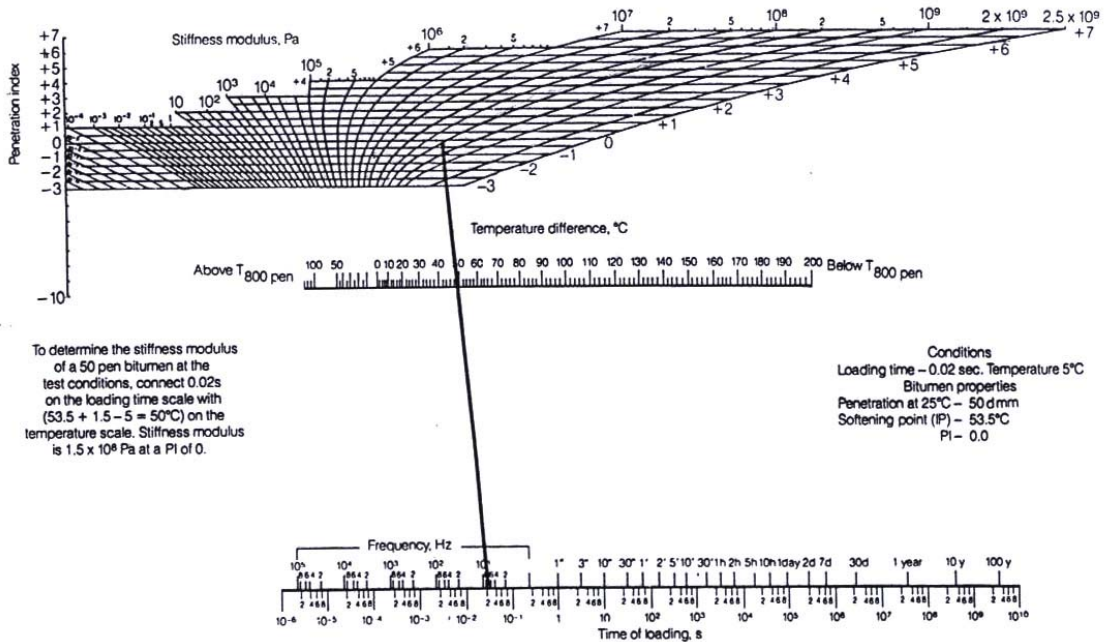
Daktalitas dari Asbuton Murni tersebut menunjukkan nilai lebih besar dari 140 cm, dimana batas minimum untuk aspal minyak 100 cm. Begitu juga sifat daktalitas setelah *Thin Film Oven Test (TFOT)* masih diatas 140 cm. Hal ini memberikan petunjuk bahwa kelenturan Asbuton Murni ini cukup baik.

Kelarutan Asbuton Murni yang dihasilkan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 lebih besar atau sama dengan 99%, hal ini menunjukkan bahwa kelarutanya sudah setara dengan aspal minyak yang biasa dipergunakan. Dengan demikian

Asbuton Murni ini akan lebih efisien dalam pengangkutan dan pencampuran di AMP, karena sudah tidak mengandung mineral lagi dan juga akan bekerja secara efektif dalam suatu campuran beraspal.

Kehilangan berat merupakan suatu indikasi mengenai jumlah kandungan minyak ringan yang terkandung dalam suatu jenis aspal. Kandungan minyak ringan yang terlalu tinggi akan berakibat kurang baik terhadap kinerja perkerasan, karena itu dalam aspal dibatasi tidak boleh lebih besar dari 0,8 %. Kehilangan berat yang terdapat pada jenis produk Asbuton Murni ini jauh lebih kecil dari 0,8%, sehingga pengaruh kandungan minyak ringan terhadap kinerja perkerasan dikemudian hari tidak akan menjadikan masalah.

Stiffness modulus aspal merupakan suatu parameter yang penting, karena akan mempengaruhi ketahanan Fatigue dari aspalnya sendiri dan kemudian mempengaruhi stiffness modulus dari campuran beraspalnya (*Shell Bitumen Handbook*, 1990). Perkiraan stiffness modulus dari aspal dapat dilakukan dengan menggunakan Nomograph dari Van der Poel sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Nomograph untuk menentukan Stiffness Modulus aspal
 (Sumber: Shell Bitumen Handbook)

Berdasarkan nilai PI, titik lembek dari Asbuton Murni dan aspal minyak pen 60 sebagaimana tertera pada Tabel 1 diatas, dengan anggapan waktu pembebanan (time of loading) 0,02 detik dan temperatur pengujian pada 25°C, dengan menggunakan nomograph Van der Poel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, didapat Stiffness Modulus Asbuton Murni sebesar 2×10^7 Pa jauh lebih besar dari Stiffness Modulus aspal minyak pen 60 sebesar 10^7 Pa. Untuk aspal yang sama seperti diatas dengan perbedaan hanya pada temperatur pengujian diambil sebesar 10 °C, didapat Stiffness Modulus Asbuton Murni sebesar $1,75 \times 10^8$ Pa dan Stiffness Modulus aspal minyak pen

60 sebesar 10^8 Pa. Hal ini menunjukkan bahwa Asbuton murni akan memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap Stiffness Modulus campuran beraspal (S_{mix}) dan selanjutnya juga akan memberikan sumbangan yang lebih besar terhadap ketahanan deformasi permanen pada campuran beraspal akibat lalu lintas dibandingkan campuran beraspal yang sama dengan menggunakan aspal minyak pen 60. Uraian diatas ini dapat dilihat dari rumus (2) dan rumus (3) sebagai berikut, dimana Stiffness Modulus campuran beraspal (S_{mix}) sebanding dengan Stiffness Modulus aspal (S_{bit}), sedangkan besar deformasi berbanding terbalik dengan S_{mix} yang

berarti juga berbanding terbalik dengan Stiffness modulus aspal (S_{bit}) :

$$S_{mix} = k (S_{bit})^n \dots\dots\dots (2)$$

Sedangkan untuk ketahanan terhadap deformasi :

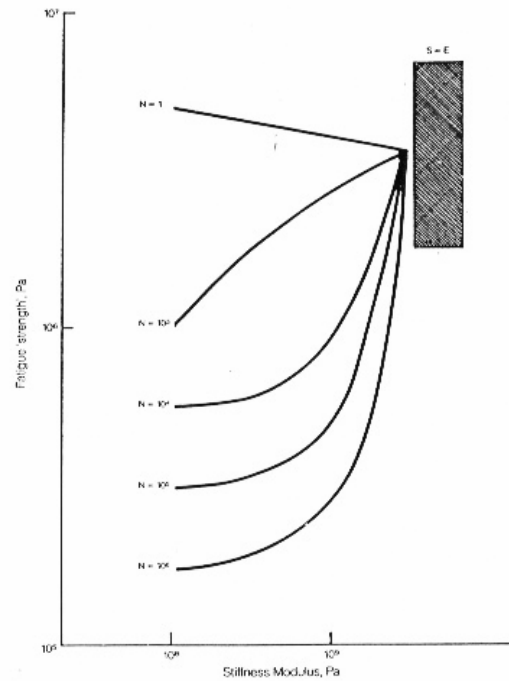
$$\text{Deformasi} = k \times (1/S_{mix}) \dots\dots\dots (3)$$

Fatigue (ketahanan terhadap kelelahan) aspal merupakan parameter lainnya yang penting. Kekuatan aspal akan berkurang akibat adanya beban berulang, sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 3. Kekuatan *fatigue (fatigue strength)* tergantung pada *Stiffness Modulus* aspal dan jumlah pengulangan beban yang diinginkan, semakin tinggi *Stiffness Modulus* aspal, semakin besar "*fatigue strength*" nya untuk jumlah pengulangan beban yang sama. Karena Asbuton Murni mempunyai *Stiffness Modulus* yang lebih besar dari *Stiffness Modulus* aspal minyak pen 60 sebagai mana disebutkan didepan, maka Asbuton Murni mempunyai nilai "*fatigue strength*" yang lebih besar untuk jumlah pengulangan beban yang sama dibandingkan dengan aspal minyak pen 60. (lihat Gambar 3)

Dari Tabel 1 diatas, bila dibandingkan antara sifat sifat Asbuton Murni hasil pengujian di laboratorium dengan persyaratan aspal minyak pen 40 / 50 ini yang diambil dari *AASHTO Specifications Part 1 A; 2004*, terlihat bahwa Asbuton Murni ini memenuhi

persyaratan aspal minyak pen 40 / 50.

Selain itu dilakukan pula pengujian sifat Aspal minyak pen 60 yang dicampur Asbuton Murni dengan perbandingan (dalam berat) antara Asbuton Murni dan Aspal minyak 80 : 20 (ASM 80) serta 70 : 30 (ASM 70). Hasil pengujian tersebut diperlihatkan pada Tabel 2



Gambar 3. *Fatigue strength* sebagai fungsi dari *Stiffness Modulus* aspal. (Sumber : Shell Bitumen Handbook)

Dari hasil pengujian terhadap campuran Aspal minyak dengan Asbuton Murni sebagai mana diperlihatkan pada Tabel 2, penambahan Asbuton Murni akan menurunkan nilai penetrasi,

menaikan titik lembek bila dibandingkan dengan sifat yang sama pada aspal minyak pen 60, serta daktilitasnya masih tetap diatas 140 cm.

Kehilangan berat dari campuran aspal tersebut masih tetap memenuhi persyaratan dan daktilitas setelah TFOT masih diatas 140 cm. Nilai *Penetration Index (PI)* dari campuran aspal ASM 80 dan ASM 70 ialah masing masing + 0,070 dan - 0,286 dan ini jauh diatas dari nilai *Penetration Index (PI)* aspal minyak pen 60.

Tabel 2.

Sifat sifat campuran Aspal minyak dengan Asbuton Murni

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	ASM 80	ASM 70	Satuan
1	Penetrasi pada 25C, 100g, 5 detik	SNI 06-2456-91	45	47	0.1mm
2	Titik Lembek	SNI 06-2434-91	56,6	54,5	°C
3	Daktilitas 25C, 5cm/mnt	SNI 06-2432-91	> 140	> 140	Cm
4	Kelarutan dalam C ₂ HCl ₃	SNI 06-2438-91	99	99,8	%
5	Kehilangan berat (TFOT)	SNI 06-2440-91	0,131	0,122	%
6	Penetrasi setelah TFOT	SNI 06-2456-91	64,4	63,8	% pen asli
7	Titik lembek setelah TFOT	SNI 06-2434-91	63,2	61,3	°C
8	Daktilitas setelah TFOT	SNI 06-2432-91	> 140	> 140	Cm

Catatan: ASM 80 ialah campuran Asbuton Murni 80% dan aspal minyak pen 60, 20%.
ASM 70 ialah campuran Asbuton Murni 70% dan aspal minyak pen 60, 30%

Hal ini menunjukkan bahwa penambahan Asbuton Murni akan meningkatkan sifat aspal minyak pen 60, seperti ketahanan terhadap temperatur tinggi dan meningkatkan Stiffness Modulus nya yang pada akhirnya akan menaikkan kinerja campuran beraspalnya.

5.2 Campuran Beraspal Dengan Menggunakan Asbuton Murni

Guna mengetahui kinerja campuran beraspal yang menggunakan Asbuton Murni, maka dilakukan pembuatan benda uji Marshall di laboratorium dari campuran beraspal Asbuton Murni dan dari campuran beraspal aspal minyak pen 60 dengan gradasi agregat yang sama.

Spesifikasi yang diacu untuk percobaan ini ialah " Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Departemen Pekerjaan Umum, April 2005", dengan memilih jenis Asphalt Concrete - Wearing Course (AC - WC).

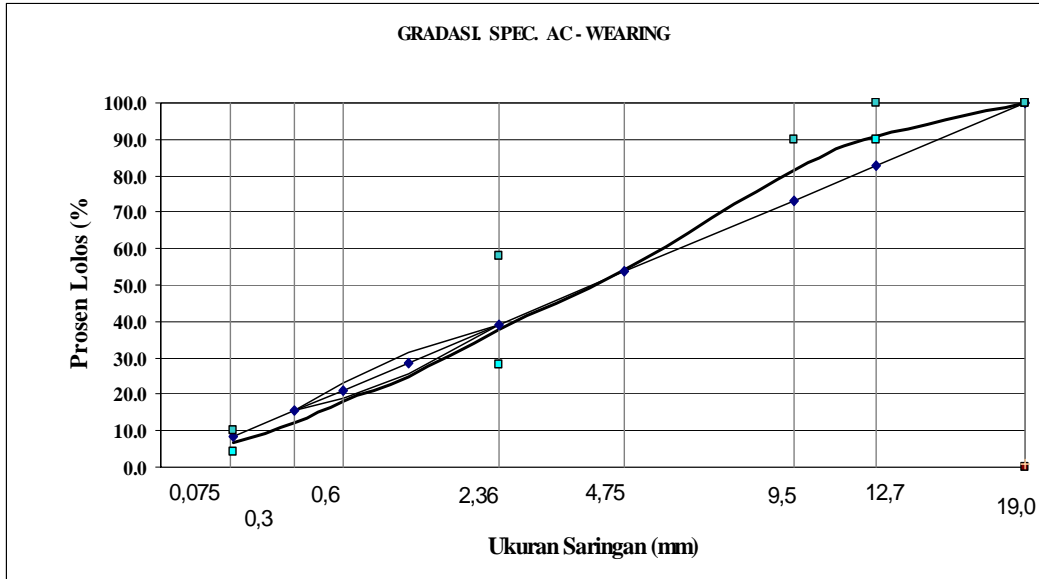
Berdasarkan penggabungan agregat dari sumber yang ada didapat gradasi agregat campuran seperti yang terlihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Dari hasil pengujian benda uji dengan alat Marshall, didapat karakteristik campuran yang optimal, baik yang menggunakan Asbuton Murni maupun yang menggunakan aspal minyak pen 60, sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 3.

Gradasi agregat gabungan

No Saringan	Gradasi Gabungan	Gradasi Fuller	Daerah Larangan	Titik kontrol
¾ "	100	100		100
½ "	90,6	82,2		90 - 100
3/8"	81,5	73,2		Maks 90
No 4	54,2	53,6		
No 8	37,7	39,1	39,1	28 - 58
No 16	25,0	30,1	31,6 - 25,6	
No 30	17,9	21,1	19,1 - 23,1	
No 50	12,3	15,5	15,5	
No 100	9,6	11,9		
No 200	6,8	8,3		4 - 10



Gambar 4. Gradasi agregat gabungan untuk AC – WC

Tabel 4.
Karakteristik campuran beraspal

No	Karakteristik Campuran	Unit	Syarat*	Jenis Campuran	
				Aspal minyak pen 60	Asbuton Murni
1	Kadar aspal (%)	%	-	5,85	5,9
2	Stabilitas (kg)	Kg	Min 1000	1110	1230
3	Pelelehan (mm)	mm	3-5	3,25	3,7
4	Marshall Quotient	kg/mm	Min 300	341,6	347
5	Stabilitas sisa (%)	%	Min 75	92,7	91,8
6	Stabilitas dinamis	lint/mm	Min 2500	1953	5250

* Ketentuan sifat campuran Laston dimodifikasi (WC); Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan , Departemen Pekerjaan Umum, April 2005.

Dari hasil percobaan Marshall diatas terlihat bahwa:

- Kadar aspal optimum dari campuran dengan Asbuton Murni dapat dikatakan sama dengan kadar aspal optimum dari campuran aspal minyak pen 60.
- Stabilitas campuran beraspal Asbuton Murni lebih besar dibanding stabilitas campuran beraspal dengan aspal minyak pen 60.
- Stabilitas sisa masih jauh diatas persyaratan minimum sebesar 75 %.

Berdasarkan rumusan campuran optimum yang didapat dari percobaan Marshall sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 4, dibuatkan benda uji dan dilakukan pengujian ketahanan campuran beraspal terhadap deformasi dengan menggunakan alat Whell Tracking Test, besaran Stiffness Modulus dan ketahanan terhadap deformasi (regangan yang terjadi akibat beban berulang) pada campuran beraspal dengan alat UMATA (Universal Machine Testing Apparatus) .

5.3 Ketahanan Campuran Beraspal Terhadap Deformasi

Salah satu sifat campuran beraspal yang diperlukan sehubungan dengan ketahanan terhadap pembebanan lalu lintas ialah ketahanan terhadap alur, yang bisa dinyatakan dengan besar total deformasi atau besar total regangan regangan (accumulatif strain) akibat beban berulang. Hal ini bisa dilihat dari pengujian ketahanan

terhadap alur dengan menggunakan alat Wheel Tracking dan pengujian besar regangan akibat beban dinamis dengan menggunakan alat UMATA pada berbagai temperatur campuran beraspal.

5.3.1 Pengujian dengan alat Wheel Tracking

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan campuran beraspal terhadap alur akibat beban roda tertentu. Benda uji terbuat dari campuran beraspal berukuran 30 x 30 x 5 cm yang telah dipadatkan dengan pemadat khusus untuk keperluan ini. Selanjutnya benda uji ditempatkan pada alat Wheel Tracking dan kemudian beban berupa roda berdiameter 200 mm dengan tebal roda karet 50 mm, lebar 50 mm serta tekanan sebesar 6,4 kg/cm² dijalankan maju – mundur diatasnya dengan dengan kecepatan 42 lintasan / menit. Selama pengujian, kedalaman alur yang terjadi dibagian tengah benda uji diukur dan dicatat secara otomatis. Pengujian ini dilakukan selama 60 menit pada temperatur pengujian 60°C. Gambar Alat Wheel Tracking ini diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5a. Alat pemadat dan pencampur untuk pembuatan benda uji Wheel Traking



Gambar 5 b. Alat Wheel Tracking

Parameter hasil pengujian Wheel Tracking ini, ialah Stabilitas dinamis (*Dynamic Stability*) dan kecepatan deformasi (*Rate of Deformation*) yang didapat dari rumus dan rumus dibawah ini (Japan Road Association, 1980):

$$\text{Stabilitas dinamis} = 42 (d_2 - d_1) / (t_2 - t_1) \text{ lint/mm} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Kecepatan deformasi} = (t_2 - t_1) / (d_2 - d_1) \text{ mm/ menit} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

$d_2; d_1$ = deformasi ditengah benda uji, pada waktu pengujian setelah t_2 dan t_1

$t_2; t_1$ = waktu pengujian setelah 45 menit (t_2) dan 30 menit (t_1)

Stabilitas dinamis dari hasil pengujian terhadap campuran beraspal Asbuton Murni serta campuran beraspal dengan aspal minyak pen 60 dengan alat Wheel Tracking mempunyai nilai masing masing sebesar 5250 dan 1953 lintasan / mm sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 4. Hal ini memperlihatkan bahwa campuran beraspal Asbuton Murni mempunyai

ketahanan terhadap deformasi yang lebih baik serta memenuhi persyaratan ketahanan terhadap deformasi untuk lalu lintas berat sebagaimana diminta pada spesifikasi Laston AC – WC yang dimodifikasi (min 2500 lint/mm) dari Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan , Departemen Pekerjaan Umum, April 2005.

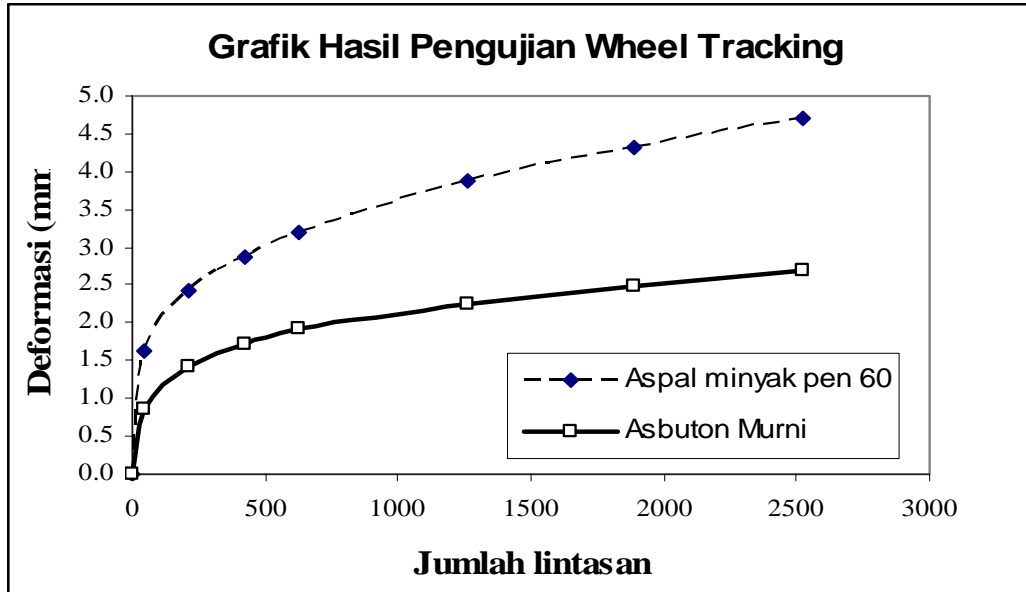
Grafik ketahanan terhadap deformasi dan kedalaman alur yang terjadi pada benda uji setelah pengujian dengan alat Wheel Tracking terhadap campuran beraspal Asbuton Murni maupun campuran beraspal dengan aspal minyak pen 60 diperlihatkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Terlihat pada Gambar 6 bahwa deformasi atau alur yang terjadi pada campuran beraspal Asbuton Murni selalu lebih kecil dari pada yang terjadi pada campuran beraspal dengan aspal minyak pen 60. Selanjutnya terlihat pula kemiringan grafik pada campuran beraspal Asbuton Murni lebih datar dibandingkan dengan campuran beraspal dengan aspal minyak pen 60, hal ini menunjukkan kecepatan deformasi dari campuran beraspal Asbuton Murni lebih baik dari pada campuran beraspal dengan aspal minyak pen 60.



(a) Alur yang terjadi akibat densifikasi

(b) Alur selanjutnya akibat gaya geser

Gambar 6. Benda uji setelah mengalami pengujian Wheel Tracking



Gambar 7. Grafik hasil pengujian deformasi dengan alat Wheel Tracking

5.3.2 Pengujian ketahanan terhadap regangan dengan alat UMATA

Pengujian ketahanan terhadap deformasi / regangan akibat beban dinamis juga dilakukan dengan menggunakan alat UMATA yang dikenal dengan istilah *Repeated Uni Axial Load Strain Test*. Prinsip dari pengujian ini, ialah mengukur regangan yang terjadi pada benda uji

campuran beraspal akibat beban axial yang diberikan secara berulang. Benda uji berupa bricket Marshall yang dibuat dengan menggunakan alat pemadat Marshall, diletakan secara horizontal (bidang muka contoh yang dipadatkan menghadap ke atas dan ke bawah) pada tempatnya dan selanjutnya piringan besi seukuran diameter benda uji

yang berfungsi sebagai pendistribusi beban diletakan diatas permukaan contoh tersebut. Beban axial secara berulang diberikan pada pusat piringan besi tersebut tadi dan selanjutnya diukur regangan yang terjadi pada contoh secara otomatis melalui perangkat komputer. Gambar alat *Repeated Uni Axial Load Strain Test* ini diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Alat *Repeated Uni Axial Load Strain Test*

Pengujian ini dilakukan dengan tekanan sebesar 200 kPa, *pulse period* 2000 ms serta *pulse width* 500 ms pada temperatur pengujian 35 °C dan 55 °C.

Hasil pengujian pada benda uji campuran beraspal Asbuton Murni dan campuran beraspal dengan aspal minyak pada temperatur pengujian 35°C dan 55°C diperlihatkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

Terlihat bahwa ketahanan terhadap deformasi atau regangan yang terjadi

pada campuran beraspal Asbuton Murni lebih kecil dari campuran beraspal yang menggunakan aspal minyak pen 60, untuk jumlah pengulangan beban yang sama, baik pada temperatur pengujian 35°C maupun 55°C.

Hal ini berarti bahwa "umur terhadap keruntuhan" dari campuran beraspal akibat beban berulang ditinjau dari segi ketahanan terhadap deformasi atau regangan pada campuran dengan Asbuton Murni akan lebih lama dari pada campuran dengan aspal minyak, serta mempunyai ketahanan .

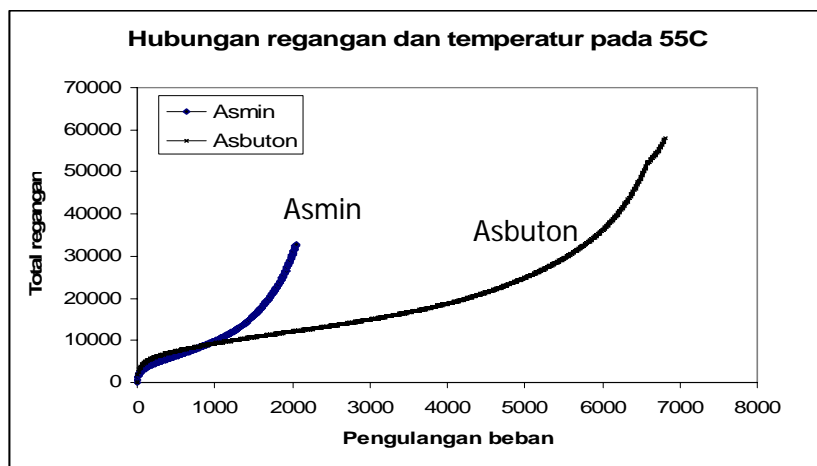
Hasil ini sejalan dengan hasil pengujian menggunakan Wheel Tracking sebagaimana diuraikan didepan.

5.4 *Stiffness Modulus* campuran beraspal

Stiffness Modulus merupakan salah satu sifat campuran beraspal yang sangat penting, dimana hal ini akan mempengaruhi penyebaran tegangan akibat beban kendaraan ke lapisan tanah dasar dibawahnya. Semakin besar nilai *Stiffness Modulus* campuran beraspal semakin besar pula daerah penyebaran tegangan ke bagian dibawahnya sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 11 (Brown, 1995)



Gambar 9. Ketahanan regangan campuran beraspal pada temperatur 35° C



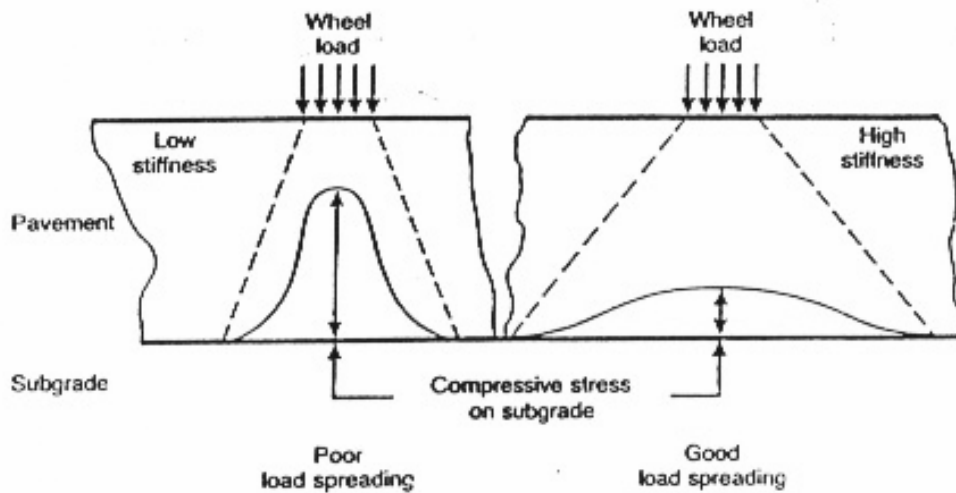
Gambar 10. Ketahanan regangan campuran beraspal pada temperatur 55° C

Ketebalan rencana lapisan perkerasan juga dipengaruhi oleh *Stiffness Modulus* campuran beraspal, dimana *Stiffness Modulus* yang tinggi akan memberikan ketebalan lapisan yang lebih tipis untuk beban lalu lintas yang sama. Pada percobaan ini pengujian *Stiffness Modulus* campuran beraspal dilakukan mengikuti metoda *Indirect Tensile Stiffness Modulus (ITSM)* dengan menggunakan alat *UMATTA*.

Prinsip dari pengujian ini ialah mengukur besar regangan horizontal yang terjadi pada benda uji akibat beban dinamis vertikal (berupa beban garis) yang diberikan pada benda uji, serta selanjutnya menghitung *Stiffness Modulus* nya dengan jalan membagi tegangan tarik horizontal yang terjadi dengan regangan horizontal yang terjadi. Pengujian, pengukuran tegangan dan regangan serta perhitungan *Stiffness Modulus*

dilakukan secara otomatis dengan menggunakan perangkat komputer. Untuk melihat pengaruh temperatur terhadap besaran *Stiffness Modulus* campuran beraspal, baik campuran dengan Asbuton Murni maupun aspal minyak pen 60, maka pengujian dilakukan pada temperatur 35 °C, 45 °C serta 55 °C.

Hasil pengujian *Stiffness Modulus* dengan berbagai temperatur pengujian baik untuk campuran beraspal Asbuton Murni maupun campuran beraspal dengan aspal minyak pen 60 diperlihatkan pada Tabel 5 dan Gambar 15.

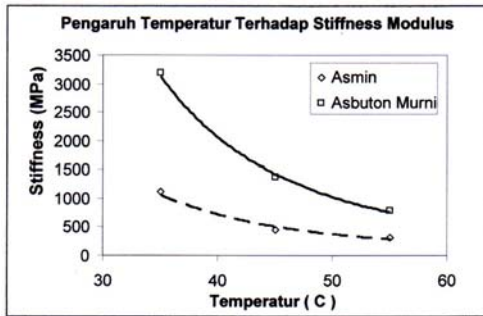


Gambar 11. Pengaruh kekakuan perkerasan (*Stiffness*) terhadap penyebaran beban (Sumber; Brown, 1995)

Tabel 5. Pengaruh temperatur terhadap *Stiffness Modulus* campuran beraspal

Temperatur pengujian (°C)	<i>Stiffness Modulus</i> campuran beraspal (MPa)	
	Aspal minyak Pen 60	Asbuton Murni
35	1124	3189
45	449	1373
55	304	774

Dari Tabel 5 serta Gambar 13 tersebut terlihat, *Stiffness Modulus* campuran beraspal yang menggunakan Asbuton Murni selalu lebih tinggi / diatas dari *Stiffness Modulus* campuran beraspal yang menggunakan aspal minyak pen 60, untuk setiap temperatur pengujian.



Gambar 13. Pengaruh temperatur terhadap *Stiffness Modulus*

Hal ini sejalan dengan sifat sifat dari aspal minyak pen 60 dan Asbuton Murni, yaitu nilai titik lembek dan penetrasi indek (PI) yang lebih tinggi dari Asbuton Murni sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 didepan, memberikan nilai *Stiffness Modulus* campuran beraspal yang lebih tinggi juga untuk berbagai temperatur pengujian.

Sifat campuran beraspal yang menggunakan Asbuton Murni ini sangat menguntungkan untuk daerah dengan temperatur tinggi seperti Indonesia, karena akan mempunyai kemampuan penyebaran beban dari roda kendaraan yang lebih baik dibandingkan campuran dengan aspal minyak pen 60, dan juga untuk daerah dengan beban lalu -lintas

berat. Keuntungan lainnya ialah tebal lapisan beraspal yang dibutuhkan dari campuran beraspal Asbuton Murni, akan lebih tipis dibandingkan dengan ketebalan lapisan yang diperlukan seandainya menggunakan campuran beraspal dengan aspal minyak pen 60, untuk beban lalu lintas dan kondisi perkerasan yang sama.

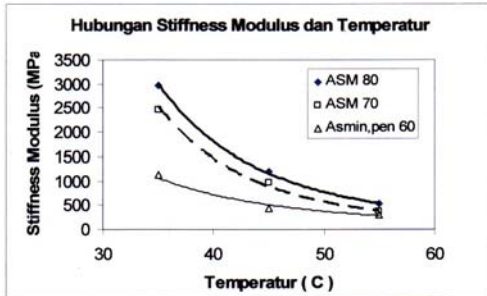
Stiffness Modulus campuran beraspal dari aspal minyak pen 60 yang dicampur dengan Asbuton Murni dengan perbandingan Asbuton Murni dan Aspal minyak pen 60 sebesar 80 : 20 (ASM 80) dan 70 : 30 (ASM 70) diperlihatkan pada Tabel 6 dan Gambar 14.

Dari hasil pengujian ini terlihat bahwa *stiffness modulus* campuran beraspal yang menggunakan aspal campuran antara aspal minyak dan Asbuton Murni selalu lebih tinggi dari *stiffness modulus* campuran beraspal dengan aspal minyak pen 60. Semakin besar proporsi Asbuton Murni dalam campuran aspal semakin besar *stiffnes modulus* campuran beraspalnya.

Tabel 6.

Pengaruh temperatur terhadap *Stiffness Modulus* campuran beraspal yang menggunakan campuran aspal minyak dan Asbuton Murni

Temperatur pengujian (°C)	<i>Stiffness Modulus</i> campuran beraspal (MPa)		
	Aspal minyak Pen 60	ASM 70	ASM 80
35	1124	2461	2960
45	449	956	1203
55	304	368	525



Gambar 14. Pengaruh temperatur terhadap stiffness modulus campuran beraspal ASM 70 dan ASM 80

VI. ANALISA TEBAL LAPIS TAMBAH (OVERLAY) DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN BERASPAL ASBUTON MURNI

Untuk mengetahui efektifitas ketebalan lapisan overlay yang diperlukan pada suatu ruas jalan dengan menggunakan campuran beraspal Asbuton Murni, maka dilakukan analisa perencanaan berdasarkan metoda KENLAYER dan sekaligus dibandingkan dengan ketebalan lapis tambah yang diperlukan seandainya menggunakan campuran beraspal dengan aspal minyak pen 60 yang umum dipergunakan di Indonesia.

Anggap suatu ruas jalan lama dua lajur dengan tebal lapisan perkerasan dan karakteristik perkerasanya sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7 berikut :

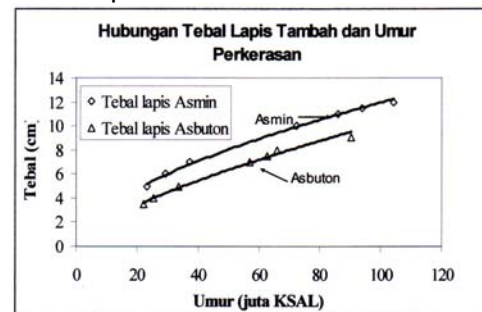
Tabel 7.

Contoh susunan dan karakteristik perkerasan lama

Lapisan	Tebal (cm)	Modulus (Mpa)
Lapis aspal 1	7	2600
Lapis aspal 2	7	2100
Pondasi, material berbutir	20	380
Tanah dasar	-	119

Jalan tersebut pada lajur rencananya menerima beban lalu lintas sebesar 5,5 juta SAL per tahunnya. Dengan menggunakan program KENLAYER dihitung beban lalu lintas (umur) yang dapat dipikulnya untuk berbagai tebal lapis tambah dari campuran beraspal Asbuton Murni dengan dan campuran beraspal aspal minyak pen 60.

Hasil perhitungan diplot, sebagaimana terlihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Hubungan antara tebal lapis tambah dan umur (KSAL)

Analisa ekonomis dari penggunaan campuran beraspal dengan Asbuton Murni ini harus didasarkan pada umur pelayanan yang bisa diberikan (*Life cycle cost*) serta harga dari campuran beraspal nya sendiri, jadi bukan hanya dari perbandingan harga bahan dasar Asbuton Murni nya saja

ataupun perbandingan harga dasar campuran beraspalnya saja.

Dengan anggapan harga campuran beraspal dengan Asbuton Murni dapat bersaing dengan harga aspal minyak pada umumnya, maka dengan demikian perbedaan harga untuk suatu umur rencana lapis tambah yang sama dapat dikatakan hanya tergantung dari perbedaan ketebalan lapisan yang diperlukan.

Dari Gambar 15, terlihat bahwa tebal lapis tambah dengan Asbuton Murni memberikan penghematan sekitar 15% – 25% bila dibandingkan dengan ketebalan yang diperlukan sekiranya menggunakan campuran beraspal aspal minyak pen 60 untuk beban lalu lintas yang sama.

VII. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan diatas, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa Asbuton Murni hasil ekstraksi mempunyai kualitas dan konsistensi yang tinggi.
- b. Asbuton Murni dapat bekerja secara efektif, baik dari fungsinya sebagai perekat agregat maupun efektifitas jumlah penggunaan kadar aspal yang bekerja dalam campuran.
- c. Asbuton Murni mempunyai *Stiffness Modulus* yang lebih tinggi dan ketahanan terhadap perubahan temperatur serta

ketahanan terhadap deformasi yang lebih baik, sehingga cocok untuk daerah beriklim panas seperti Indonesia.

- d. Pencampuran Asbuton Murni dengan aspal minyak konvensional bisa meningkatkan kinerja dari aspal minyak konvensional.
- e. Penggunaan Asbuton Murni bisa meningkatkan kinerja perkerasan jalan dan cocok untuk daerah yang beriklim panas seperti Indonesia.
- f. Penggunaan campuran beraspal dengan Asbuton Murni akan memberikan penghematan dibandingkan dengan penggunaan campuran beraspal menggunakan aspal minyak pen 60
- g. Asbuton Murni mempunyai kemudahan dalam pelaksanaan dan pengangkutan, karena sudah tidak mengandung mineral lagi.
- h. Penggunaan produksi Asbuton Murni akan meningkatkan kemampuan Indonesia dalam pemenuhan kebutuhan aspal dalam negeri dan sekaligus menghemat devisa negara.

DAFTAR PUSTAKA

1. AASHTO (2003) "Standard Specification for Transportation Materials and Method of Sampling and Testing", Part I specification.

2. Affandi, F. (2000) "Permanent Deformation of Asphaltic Concrete Containing Natural Rock Asphalt" Fourth Postgraduate Research Conference, Faculty Engineering, University of Ulster at Jordanstown.
3. Asphalt Institute MS(1993) "Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types" – 2 Sixth Edition.
4. Brown, S. (1994) " Properties of Road Layer", Bituminous Mixtures in Road Construction, Edited by Hunter,R.
5. Dairi, G. (1992) Review pemanfaatan Asbuton sebagai bahan perkerasan jalan" (Review of Asbuton as roads materials), Research Report, Institute of Road Engineering, Bandung, Indonesia.
6. Huang, Yang H (1993) "Pavement Analysis and Design"
7. James, E.M. (1996) "The Use of Asbuton in Roads Construction and Life Time Cost Implications", Proceeding of One day Seminar on Asbuton Technology, Volume 1.
8. Kadarsin, K., Lisminto and Zamhari,K.A. (1998) "Blend of Retona 60 and petroleum Bitumen, its characteristics, properties & impact to asphalt industry in Indonesia", Proceedings of the 9th , Road Engineering Association of Asia and Australia Conference (REAAA), Volume I, Wellington New Zealand.
9. Kreamers, J.W. (1989) "Asbuton resources of Buton Island, Feasibility study for refining of Asbuton", Alberta research and council, Edmonton, Canada.
10. Lees, G. (1982) "Properties, design and testing of bituminous", University of Birmingham, Internatioanal publication.
11. Nottingham Asphalt Tester Manual. (1994) "NAT Manual", Windows Software; 1st Version.
12. O'Flaherty, C.A. (1988). Highways – Highway Engineering", Volume 2, Third Edition.
13. Purwadi, A., Zamhari, K., Akoto,B. (1998) " Review of technical /economic of natural asphalt" Agency for Research and Development, Institute of Road Engineering, Indonesia.
14. Republik Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum. "Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi 6 – Perkerasan Aspal"
15. Standard Institution (1995) BS 598 Part 111: "Method for determination of resistance to permanent deformation of bituminous mixtures subject to unconfined uniaxial loading", Sampling and examination of

- bituminous mixture for roads and other paved areas.
16. Universal Testing Machine. "Software Platform Version 2. Industrial Process Controls Ltd, Australia.
 17. Wallace, D.(1989) "Physical and chemical characteristics of Asbuton", Alberta research council, Edmonton, Canada.
 18. Whiteoak, D. (1990) "The Shell bitumen hand book".
 19. Woodside,A.R; Woodward,W.D.H and Affandi,F. "Use of Refined Asbuton Bitumen to Reduce Permanent Deformation of Asphalt Concrete in Indonesia", Proceeding of The Asphalt Yearbook 2001, The Institute of Asphalt Technology.

Penulis :

Furqon Affandi; Ahli Peneliti Utama,
Puslitbang Jalan dan Jembatan;
Balitbang Departemen Pekerjaan
Umum