

FOAM BITUMEN

SEBAGAI BAHAN PENSTABILISASI PERKERASAN JALAN

DR. Ir. H. R. Anwar Yamin, MSc
B-02164

Puslitbang Jalan dan Jembatan
Jl. A. H. Nasution 264
Bandung

Email : ayplg@yahoo.com

Ir. Agus Bari Sailendra, MSc
B-188

Puslitbang Jalan dan Jembatan
Jl. A. H. Nasution 264
Bandung

Email : absyail@yahoo.com

Ir. Imam Aschuri, MSc
Dokrorat Student Univ. of Ulster
Irelandia

Email : aschuri@yahoo.com

Abstrak

Bahan penstabilisasi (*stabilizer*) telah mulai digunakan untuk konstruksi jalan sejak zaman Romawi, sekitar 2000 tahun yang lalu. Saat ini berbagai jenis *stabilizer* telah banyak digunakan selain untuk meningkatkan daya dukung perkerasan juga untuk meningkatkan durabilitas dan ketahanan perkerasan terhadap pengaruh air dan lingkungan. Material yang distabilisasi dengan menggunakan semen atau kapur akan bersifat semi kaku atau bahkan cenderung getas. Semakin tinggi persentase pemakaian semen atau kapur, semakin getas bahan yang dihasilkan, sehingga bahan yang distabilisasi memiliki daya tahan terhadap retak yang tidak begitu baik. Sedangkan material yang distabilisasi dengan aspal akan menghasilkan bahan yang bersifat lebih fleksibel dibandingkan bila menggunakan semen, tetapi kekuatan yang dihasilkannya jauh di bawah kekuatan stabilisasi dengan menggunakan semen. Agar sifat bahan yang distabilisasi memiliki kekuatan yang relatif tinggi tetapi masih memiliki daya tahan terhadap retak yang baik (cukup fleksibel), maka kedua bahan penstabilisasi ini harus dikolaburasi. *Foam Bitumen* adalah campuran antara udara, air dan bitumen yang dicampur dengan komposisi tertentu. *Foam bitumen* dihasilkan dengan cara menginjeksikan air ke aspal panas di dalam *foaming chamber*. *Foam bitumen* dapat digunakan sebagai bahan penstabilisasi hampir untuk semua jenis material. Penggunaan *foam bitumen* harus dikolaburasi dengan penambahan filler aktif (semen/kapur) pada material yang akan distabilisasi. Banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilan pembuatan dan keberhasilan stabilisasi dengan menggunakan *foam bitumen* ini. Tulisan ini mencoba memberikan gambaran mengenai sifat *foam bitumen*, faktor-faktor yang mempengaruhi pembuatan *foam bitumen*, jenis bahan yang dapat distabilisasi dan kinerja laboratorium campuran yang distabilisasi dengan *foam bitumen*.

Kata Kunci : *Foam bitumen*, parameter yang mempengaruhi, bahan penstabilisasi

1. Latar Belakang dan Tujuan

Bahan penstabilisasi (*stabilizer*) telah mulai digunakan untuk konstruksi jalan sejak zaman Romawi, sekitar 2000 tahun yang lalu. Pada saat itu, stabilisasi dengan metoda *lime treatment* dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan daya dukung perkerasan. Saat ini berbagai jenis stabilizer, baik yang berupa senyawa kimia seperti calcium chloride, long-chain polymers ataupun yang konvensional seperti semen, kapur dan bitumen, telah banyak digunakan selain untuk meningkatkan daya dukung perkerasan juga untuk meningkatkan durabilitas dan ketahanan (*resistance*) perkerasan terhadap pengaruh air dan lingkungan.

Kapur, semen dan campuran kedua bahan ini dengan abu terbang, slag atau material pozolanik lainnya adalah jenis stabilizer konvensional yang umumnya digunakan pada proses stabilisasi. Stabilisasi dengan aspal juga merupakan salah satu cara yang efektif baik untuk meningkatkan kekuatan ataupun ketahanan bahan yang distabilisasi terhadap air. Stabilisasi dengan aspal akan menghasilkan bahan yang bersifat lebih fleksibel dibandingkan bila menggunakan semen, tetapi kekuatan yang dihasilkannya jauh dibawah kekuatan stabilisasi dengan menggunakan semen.

Foam Bitumen atau sering juga disebut *foam asphalt* atau *expanded asphalt* adalah campuran antara udara, air dan bitumen yang dicampur dengan komposisi tertentu. *Foam bitumen*

dihasilkan dengan cara menginjeksikan air ke aspal panas di dalam *foaming chamber*. *Foam bitumen* dapat digunakan sebagai bahan penstabilisasi hampir untuk semua jenis material. Agar material yang distabilisasi memiliki *workabilitas* dan *retained strength* yang tinggi, maka penggunaan *foam bitumen* harus dikolaburasikan dengan penambahan filler aktif (semen/kapur) pada material yang akan distabilisasi. Walaupun menggunakan semen atau kapur, tetapi menurut Ramanujam et al. (2000) stabilisasi dengan menggunakan *foamed bitumen* akan menghasilkan lapisan yang lebih fleksibel dibandingkan dengan bila menggunakan jenis *stabilizer* lainnya.

Banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilan pembuatan dan keberhasilan stabilisasi dengan menggunakan *foam bitumen* ini. Tulisan ini mencoba memberikan gambaran mengenai sifat *foam bitumen*, faktor-faktor yang mempengaruhi pembuatan *foam bitumen*, jenis bahan yang dapat distabilisasi dan kinerja laboratorium campuran yang distabilisasi dengan *foam bitumen*.

2. Bahan Penstabilisasi

Kapur, semen dan campuran kedua bahan ini dengan abu terbang, slag atau material pozolanik lainnya adalah jenis *stabilizer* konvensional yang umumnya digunakan pada proses stabilisasi. Fungsi utama dari bahan ini adalah untuk menaikkan kekuatan bahan yang distabilisasi, yaitu dengan menaikkan tahanan gesernya. Untuk tujuan ini, semen atau campuran semen dengan bahan pozolanik lainnya sangat efektif digunakan untuk menstabilisasi bahan yang memiliki nilai Indeks Plastis (IP) lebih kecil dari 10. Untuk bahan yang lebih bersifat plastis, proses stabilisasi akan sangat efektif bila digunakan kapur atau campuran kapur dengan bahan pozolanik lainnya. Material yang distabilisasi dengan menggunakan semen atau kapur akan bersifat semi kaku atau bahkan cenderung getas, semakin tinggi persentase pemakaian semen atau kapur, semakin getas bahan yang dihasilkan, sehingga bahan yang distabilisasi memiliki daya tahan terhadap retak yang tidak begitu baik.

Stabilisasi dengan menggunakan aspal juga merupakan salah satu cara yang efektif baik untuk meningkatkan kekuatan ataupun ketahanan bahan yang distabilisasi terhadap air. Jenis aspal yang dapat digunakan untuk tujuan ini adalah aspal emulsi. Aspal cair (*cut back*) tidak dapat dikelompokkan sebagai *stabilizer* karena proses penyebaran (dispersi) aspalnya relatif sama dengan yang terjadi pada campuran dingin (*cold mix*). Stabilisasi dengan aspal emulsi akan menghasilkan bahan yang bersifat lebih fleksibel dibandingkan bila menggunakan semen, tetapi kekuatan yang dihasilkannya jauh dibawah kekuatan stabilisasi dengan menggunakan semen.

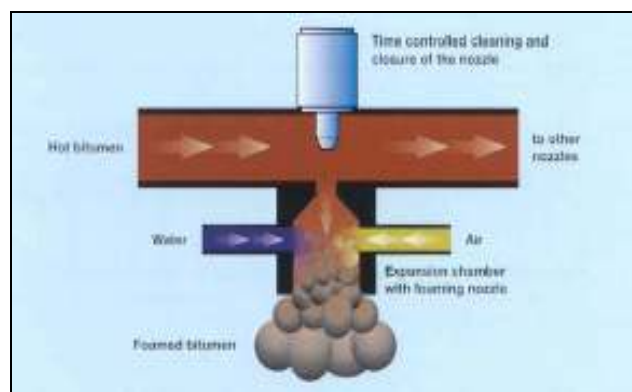
Stabilisasi pada material yang marjinal (sub standar) dengan menggunakan aspal kebanyakan akan dihasilkan bahan dengan nilai kuat tekan ataupun modulus rendaman yang sangat rendah. Untuk menaikkan nilai ini, penambahan filler aktif, (*active filler*) dapat dilakukan. Penambahan filler aktif akan meningkatkan nilai kuat tekan ataupun modulus rendaman secara signifikan dengan tanpa memberikan pengaruh negatif pada ketahanan fatigunya. Selain itu, filler aktif juga berfungsi sebagai *breaking promote* pada aspal emulsi sehingga kekuatan awal dapat diperoleh dengan lebih cepat.

Pekerjaan stabilisasi dengan bitumen tidak mengikuti kaidah campuran beraspal, dimana pada campuran beraspal semua agregatnya harus terselimuti oleh aspal dan aspal berfungsi sebagai adesif kontak (*contact adhesive*). Pada pekerjaan stabilisasi dengan aspal, aspal yang digunakan sebagai *stabilizer* akan terdispersi dan setelah pemadatan lapisan padat yang diperoleh agak bersifat porus karena persentase rongga udara yang dihasilkan umumnya masih di atas 10%. Oleh

sebab itu, material yang distabilisasi dengan menggunakan bitumen hanya cocok digunakan sebagai bahan untuk lapis pondasi perkerasan jalan.

3. Foam Bitumen

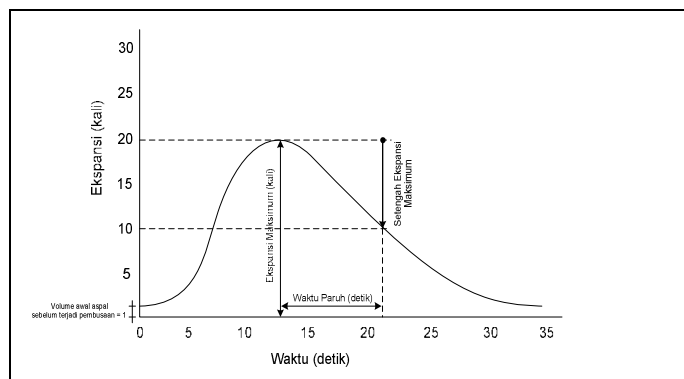
Seperti yang telah didefinisikan sebelumnya bahwa *foam bitumen* atau sering juga disebut *foam aspal* atau *expanded asphalt* adalah campuran antara udara, air dan bitumen. *Foam bitumen* dihasilkan dengan cara menginjeksikan air ke aspal panas di dalam *foaming chamber* (Gambar 1). Pada saat terjadi kontak antara partikel air dengan aspal panas, akan terjadi transfer energi panas dari aspal ke air sehingga air pada saat itu juga akan mencapai titik didihnya dan berubah fasenya dari cair ke uap. Uap air tersebut selanjutnya akan terperangkap dalam gelembung aspal yang berselaput tipis sehingga terjadi pembusaan yang menyebabkan perubahan pada volume aspal.



Gambar 1. Ilustrasi Cara Pembuatan *Foam Bitumen*

4. Sifat *Foam Bitumen*

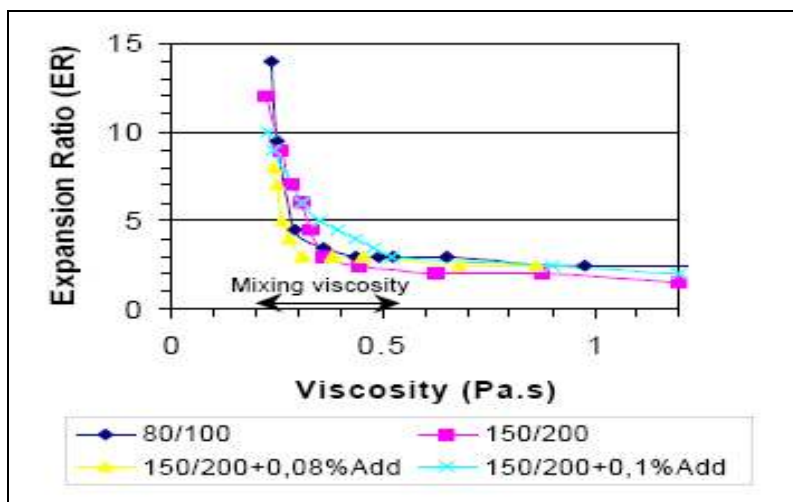
Pada proses pembuatan *foam bitumen*, pembusaan akan segera terbentuk pada saat partikel air kontak dengan aspal panas. Akibat pembusaan ini, volume aspal akan bertambah sampai mencapai suatu batas maksimum, setelah batasan ini tercapai busa ini akan mulai menghilang (*collapse*) yang diikuti dengan penurunan volume. Oleh sebab itu, *foam bitumen* dikarakteristikan dengan dua sifat, yaitu : Rasio Ekspansi (*Expansion Ratio, ER*) dan Umur Paruh (*Half Life, HL*). Kedua sifat ini diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Maksimum Ekspansi (ER) dan Umur Paruh (HL) *Foam Bitumen*

- Rasio Ekspansi (ER) adalah suatu ukuran yang menggambarkan viskositas *foam bitumen*. Besar kecilnya nilai ER akan menentukan seberapa baik *foam bitumen* akan terdispersi di dalam campuran beraspal. ER dihitung sebagai perbandingan dari volume maksimum yang terjadi pada saat pembusaan terhadap volume aspal awal.
- Umur Paruh (*HL*) adalah suatu ukuran yang mengindikasikan tingkat kestabilan busa yang terjadi. Nilai HL dinyatakan dalam satuan detik dan dihitung sebagai lamanya waktu yang dibutuhkan oleh *foam bitumen* untuk menurunkan volumenya yang dihitung sejak volume maksimum tercapai hingga volumenya mencapai setengah dari volume maksimum tersebut.

Jenkins et al. (1999) telah melakukan penelitian untuk mengetahui batas minimum ER yang diizinkan agar *foam bitumen* dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal. Dari studinya didapat grafik hubungan antara ER dengan viskositas bitumen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar ini, menurutnya bila viskositas bitumen untuk pencampuran dengan agregat adalah seperti yang direkomendasikan oleh Shell (1990), yaitu 0,20 – 0,55 Pa.s, maka nilai minimum ER untuk semua jenis *foam bitumen* (dengan atau tanpa *foaming agent*) adalah 4 ($ER \geq 4$). Wirtgen (2004) mengatakan bahwa *foam bitumen* yang terdispersi dengan baik dan memungkinkan untuk digunakan sebagai *stabilizer* bila memiliki nilai ER minimum 8 kali dan nilai HL minimum 6 detik. Walaupun begitu, dengan memperhatikan faktor efektifitas Wirtgen (2004) mensyaratkan nilai minimum ER dan HL masing-masing sebesar 10 kali dan 8 detik. Gambar 4 mengilustrasikan penentuan kadar air optimum pada pembuatan *foam bitumen* mengacu ke nilai ER dan HL tersebut.



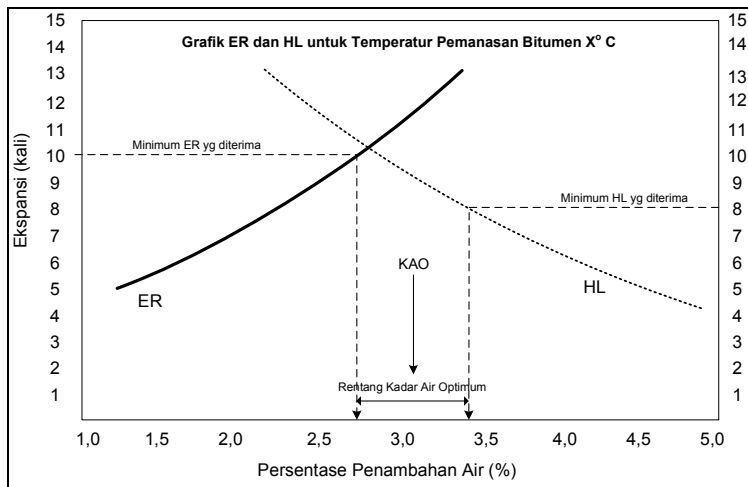
Gambar 3. Hubungan antara Viskositas dengan ER *Foam Bitumen* Dengan dan Tanpa *Foaming Agent* (Jenkins et al.1999)

Studi yang dilakukan oleh Jenkins (2000) menyimpulkan bahwa apabila temperatur material yang akan distabilisasi meningkat (dipanaskan) maka *foam bitumen* dengan nilai ER yang lebih kecil dari 10-pun dapat digunakan (lihat Tabel 1).

Tabel 1. Dispersi *Foam Bitumen* untuk Variasi Temperatur Agregat

Rasio Pembusaan (ER, kali)	Temperatur Agregat ($^{\circ}$ C).		
	<15 $^{\circ}$ C	15 $^{\circ}$ C - 25 $^{\circ}$ C	> 25 $^{\circ}$ C
< 8	Sangat Jelek	Jelek	Sedang
8 – 12	Sedang	Baik	Baik
> 12	Baik	Sangat Baik	Sangat Baik

Catatan : *Foam bitumen* tidak dapat digunakan bila temperatur agregat terlalu rendah (<10 $^{\circ}$ C).



Gambar 4. Ilustrasi Penentuan Kadar Air *Optimum Foam Bitumen*

Mengacu pada persyaratan *foam bitumen* di atas, untuk studi ini *foam bitumen* dicoba dibuat di Puslitbang Jalan dan Jembatan dengan menggunakan bitumen Pen 60, dan di *Ulsters University* dengan menggunakan bitumen Pen 150. Alat yang digunakan untuk pembuatan *foam bitumen* ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Dari sekian kali keberhasilan dan kegagalan dalam percobaan pembuatan *foam bitumen* ini, dicoba disimpulkan beberapa faktor yang mempengaruhi sifat *foam bitumen*, yaitu antara lain kuantitas dan temperatur air, sumber dan tipe bitumen, temperatur bitumen dan *foaming chamber*, tekanan yang diberikan pada bitumen dan air, dan bahan tambah.

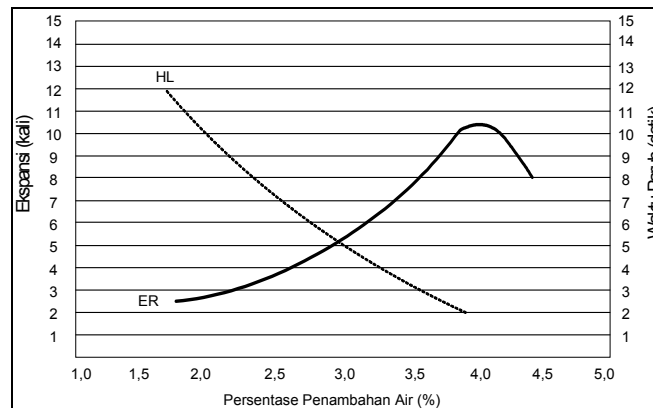


Gambar 5. Alat untuk Pembuatan *Foam Bitumen* di Laboratorium

5. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Sifat *Foam Bitumen*

5.1. Kuantitas dan Temperatur Air

Pada proses pembuatan *foam bitumen*, air diinjeksikan ke bitumen panas, pada saat terjadi kontak antara air dengan bitumen panas pembusaan akan terjadi pada bitumen tersebut. Bila persentase penambahan air sangat sedikit, volume uap air yang terbentuk belum cukup memadai untuk menghasilkan proses pembusaan pada bitumen. Sebaliknya penambahan air yang berlebihan akan menyebabkan uap yang terbentuk akan melebihi volume uap yang dapat diakomodasikan oleh gelembung busa bitumen sehingga uap air akan hilang dan bitumennya akan kehilangan energi panas sehingga pembusaan tidak akan terjadi. Sampai dengan batas tertentu, semakin tinggi persentase air yang diinjeksikan semakin banyak busa yang terbentuk sehingga volume busa yang terjadi akan meningkat pula. Peningkatan volume busa ini akan meningkatkan nilai ER *foam bitumen* tersebut. Semakin besar ukuran gelembung busa, semakin tipis film bitumennya sehingga tingkat kestabilan busa tersebut akan menurunkan. Oleh sebab itu, walaupun peningkatan persentase penginjeksian air akan meningkatkan nilai ER, tetapi hal ini akan menurunkan HL *foam bitumen* tersebut. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai ER berbanding terbalik dengan nilai HL dan hubungannya dengan persentase penginjeksian air seperti yang diilustrasikan pada Gambar 6. Untuk mendapatkan *foam bitumen* dengan nilai ER dan HL yang baik, persentase air yang diinjeksikan ke bitumen adalah dalam rentang 1,5% – 2,5%.



Gambar 6. Ilustrasi Hubungan antara ER, HL *Foam Bitumen* dan Persentase Penambahan Air

Untuk mengetahui pengaruh temperatur air pada ER dan HL *foam bitumen* dilakukan beberapa studi pembuatan *foam bitumen* dengan menggunakan air yang temperaturnya dibuat bervariasi dari yang dingin sampai yang panas. Dari percobaan ini didapat kesimpulan bahwa walaupun persentase pemakaiannya yang sedikit, temperatur air yang digunakan juga memberikan pengaruh pada sifat *foam bitumen*. Semakin dingin air, semakin baik pembusaan yang terjadi tetapi busa yang dihasilkan memiliki kestabilan yang rendah karena air ini akan menyerap energi panas dari bitumen sehingga temperatur bitumen akan menurun. Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa semakin dingin temperatur air yang digunakan, *foam bitumen* yang dihasilkan akan memiliki nilai ER yang semakin besar tetapi semakin kecil nilai HL-nya.

5.2. Sumber dan Tipe Bitumen

Bitumen yang berasal dari sumber yang berbeda akan memiliki komposisi kimia yang berbeda pula. Walaupun dalam proses pembuatan *foam bitumen* reaksi yang terjadi lebih merupakan

reaksi fisika (Stefan et al., 2003), tetapi komposisi kimia bahan-bahan yang digunakan memberikan pengaruh pada sifat *foam bitumen* yang dihasilkan. Menurut Acott (1985), tipe minyak mentah (*crude oil*) dan atau metode yang digunakan untuk memproduksi bitumen juga mempengaruhi sifat *foam bitumen*, sehingga menurut Jenkins et al. (1999) tidak semua jenis dan tipe bitumen dapat memenuhi sifat *foam bitumen* (nilai ER dan HL) yang diinginkan. Apabila bitumen dari sumber yang berbeda digunakan untuk pembuatan *foam bitumen*, maka akan dihasilkan *foam bitumen* dengan sifat yang berbeda pula.

Bitumen adalah salah satu produk dari hasil penyulingan minyak mentah. Adakalanya pada proses penyulingan ini digunakan *anti-foaming-agent*. Penggunaan *anti-foaming-agent* ini akan merubah komposisi kimia bitumen, dan bila bitumen ini digunakan untuk pembuatan *foam bitumen* maka akan dihasilkan *foam bitumen* dengan sifat pembusaan yang jelek. Menurut Jenkins et al. (1999) tidak ada korelasi antara komposisi kimia bitumen (aspaltin, maltin dan saturated aromatik resin) dengan sifat *foam bitumen* kecuali bitumen yang menggunakan aditif.

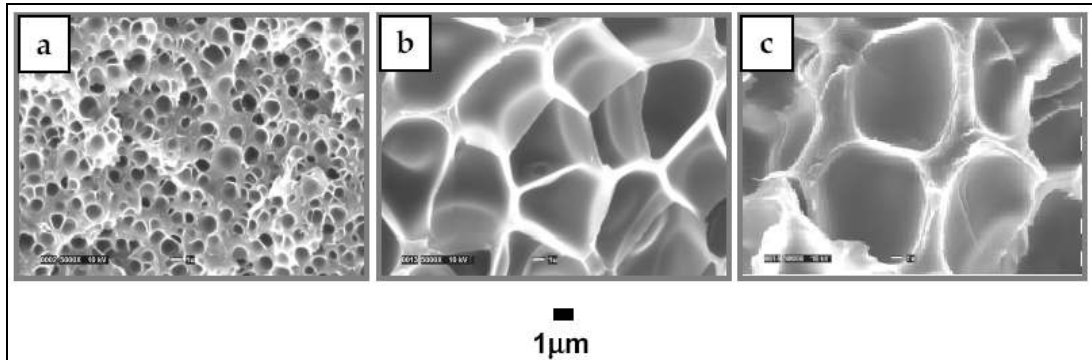
Untuk bitumen yang berasal dari sumber dan proses penyulingan yang sama, tingkat kekerasan (penetrasi/viskositas) bitumen yang digunakan juga akan mempengaruhi sifat *foam bitumen* yang dihasilkan. Bitumen dengan nilai viskositas yang tinggi (keras) akan menghasilkan *foam bitumen* dengan ER dan HL yang kurang baik dari pada bitumen berviskositas rendah. Hal ini disebabkan karena pada temperatur yang sama, bitumen dengan nilai viskositas yang tinggi memiliki energi permukaan (*surface energy*) yang lebih besar dari bitumen yang berviskositas rendah sehingga pembusaan sulit terjadi pada bitumen yang keras. Untuk bitumen dengan nilai penetrasi yang rendah, penambahan minyak diesel dapat dilakukan untuk menurunkan nilai penetrasinya, tetapi karena pada pembuatan *foam bitumen*, bitumennya harus dipanaskan lebih dari 160° C, maka untuk keselamatan kerja cara ini sebaiknya tidak dilakukan. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Brennen et al. (1983), disimpulkan bahwa nilai viskositas bitumen semata tidak cukup memadai untuk menjelaskan hubungan antara tingkat kekerasan bitumen dengan ER dan HT, karena bitumen yang memiliki nilai viskositas yang berbeda tetapi memiliki IP (Indeks Penetrasi) yang sama, akan menghasilkan nilai HT *foam bitumen* yang sama.

5.3. Temperatur Bitumen dan *Foaming Chamber*

Bitumen adalah suatu bahan pengikat yang bersifat viskoelastis. Selain waktu pembebanan, sifat bitumen akan berubah dari elastis ke viskos akibat temperatur. Kenaikan temperatur akan menurunkan viskositas bitumen (semakin encer). Pada proses pembuatan *foam bitumen*, logikanya, semakin encer bitumen semakin besar ukuran gelembung yang terbentuk dan semakin baik pembusaan yang terjadi. Selain itu, karena pada proses pembuatan *foam bitumen* digunakan air, energi panas dari bitumen akan diserap oleh partikel air dan memanaskannya hingga mencapai titik didihnya (100° C) sehingga temperatur bitumen akan menurun. Oleh sebab itu, untuk menghasilkan *foam bitumen* dengan sifat yang memuaskan, temperatur pemanasan bitumen sebelum dilakukan proses pembusaan harus lebih tinggi dari 160° C.

Bitumen dan air memiliki sifat konduktivitas thermal yang rendah, oleh sebab itu gelembung busa yang dihasilkan akan tetap stabil selama periode waktu (dalam detik) tertentu. Setelah itu, campuran akan mendingin dan uap air dalam gelembung busa akan mengalami kondensasi, pada saat itulah busa mulai menghilang (*collapse*) dari *foam bitumen*. Gambar 7 menunjukkan

pengaruh temperatur pada volume pembusaan dan kepadatan busa yang terjadi pada proses pembuatan *foam bitumen*.



Gambar 7. Pengaruh Temperatur Aspal dan *Foaming Chamber* pada Pembentukan Busa pada Proses Pembuatan *Foam Bitumen* (a) 35° C, (b) 100° C, (c) 120° C

Energi (dalam bentuk panas) adalah faktor yang dominan yang mempengaruhi sifat fisik *foam bitumen*, oleh sebab itu keseimbangan energi dalam *foaming chamber* adalah penting untuk keberhasilan pembuatan *foam bitumen* (Accott, 1980). Pada Tabel 2 ditunjukkan pengaruh variasi temperatur bitumen dan *foaming chamber* pada proses pembuatan *foam bitumen* dengan penambahan 2,5% air yang bertemperatur sama dengan temperatur ruang pada temperatur *foam bitumen* dan pembusaan yang dihasilkan. Dari percobaan ini, diketahui bahwa pembusaan tidak akan terjadi bila temperatur *foam bitumen* yang dihasilkan kurang dari 100° C.

Tabel 2. Pengaruh Temperatur Bitumen dan *Foaming Chamber* pada Temperatur *Foam Bitumen* dan Pembusaan yang Terjadi

Temperatur <i>Foaming Chamber</i> (° C)	Temperatur Bitumen (° C)			
	150	160	170	180
30	83*	88*	95*	100
50	91*	97**	103	109
100	111	117	123	130

Catatan : * Pembusaan tidak terjadi

** Pembusaan yang terjadi sedikit

5.4. Tekanan Bitumen dan Air

Pada pembuatan *foam bitumen*, air dan bitumen diinjeksikan dengan tekanan ke dalam *foaming chamber* melalui nozel dengan diameter lubang yang sangat kecil. Menurut Jenkins et al. (1999), selain persentase dan kualitas air yang digunakan, ukuran lubang nozel dan tekanan yang diberikan juga sangat menentukan keberhasilan pembuatan *foam bitumen*.

Ukuran lubang nozel harus sedemikian kecilnya sehingga partikel bitumen dan air yang keluar memiliki ukuran 100 – 150 µm, bila ukuran partikel air yang dihasilkan lebih besar dari nilai tersebut, tekanan uap yang terdapat di dalam gelembung busa akan melebihi tegangan permukaan film bitumen sehingga gelembung akan pecah dan pembusaan tidak akan terbentuk.

Besar kecilnya tekanan yang diberikan pada air dan bitumen akan mempengaruhi besar kecilnya partikel air dan bitumen yang keluar dari lubang nozel. Semakin tinggi tekanan yang diberikan, semakin terdispersi (*atomise*) partikel air dan bitumen yang dihasilkan. Semakin terdispersinya kedua partikel ini, semakin besar kontak area yang terbentuk sehingga busa yang dihasilkan semakin seragam dengan volume pembusaan yang besar. Untuk itu, pada proses pembuatan *foam bitumen* tekanan minimum yang harus diberikan pada bitumen dan air harus lebih besar dari 3 bars (300 kPa).

5.5. Bahan Tambah

Seperti dikatakan sebelumnya bahwa adakalanya *anti-foaming-agent* digunakan pada saat proses penyulingan minyak bumi untuk menghindari pembusaan yang terjadi. Apabila bitumen yang mengalami proses seperti ini digunakan untuk pembuatan *foam bitumen*, maka pembusaan sulit terjadi. Menurut Jenkins et al. (1999) sifat aditif yang digunakan pada proses produksi bitumen lebih memberikan pengaruh pada sifat *foam bitumen* dari pada sifat bitumen itu sendiri. Untuk itu, *foaming agent* (*typically* 0,5%) perlu ditambahkan.

Kebanyakan *foaming agent* sensitif terhadap panas, oleh sebab itu penambahan bahan ini ke dalam bitumen harus dilakukan pada temperatur rendah tetapi setelah bitumennya cukup encer. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, bitumen yang telah dicampur dengan *foaming agent* hanya dalam waktu beberapa jam harus segera digunakan untuk pembuatan *foam bitumen*.

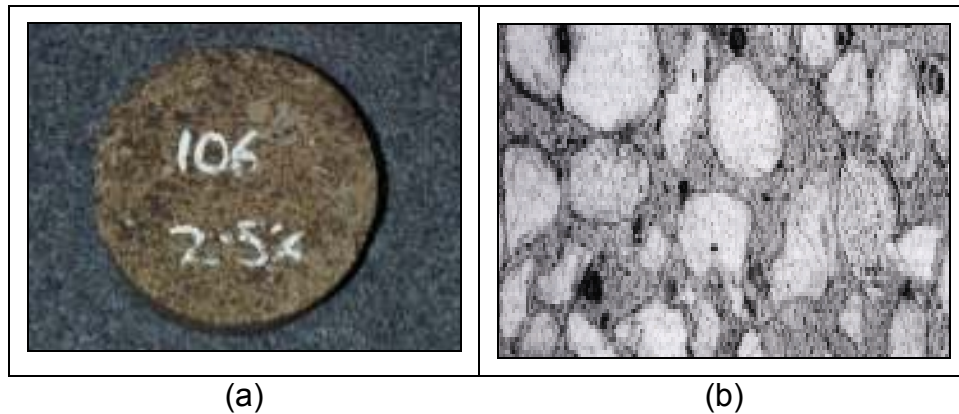
Penambahan aditif dapat juga dilakukan untuk mengurangi tegangan permukaan air. *Super-plasticizer* dapat digunakan untuk tujuan ini. Penambahan *super-plasticizer* pada air akan menyebabkan terjadinya proses molekolisasi pada air tersebut sehingga tegangan permukaannya akan menurun dan dihasilkan partikel air dengan ukuran yang sangat kecil sehingga pembusaan pada *foam bitumen* mudah terjadi. Namun demikian, penggunaan *super-plasticizer* dalam air dapat memberikan pengaruh negatif pada *foaming agent* lainnya yang mungkin digunakan juga dalam bitumen.

6. Bahan yang Dapat Distabilisasi dengan *Foam Bitumen*

Foam bitumen dapat digunakan sebagai bahan penstabilisasi hampir untuk semua jenis material, mulai dari pasir, kerikil, agregat pecah, RAP (*Recycling Asphalt Pavement*) dan bahkan material sub standar lainnya (Ramanujam et al., (1997).

Campuran beraspal yang dihasilkan dengan menggunakan *foam bitumen* ini tidak kelihatan hitam seperti campuran beraspal pada umumnya (Gambar 8.a). Pada saat terjadi kontak antara *foam bitumen* dengan agregat, gelembung busa *foam bitumen* akan pecah dan hampir semua partikel air (dalam bentuk uap) akan hilang dan menyisakan partikel residual bitumen yang memiliki sifat yang sama dengan sifat bitumen aslinya. Partikel residual bitumen ini akan mengikat fraksi halus (< 0,075 mm) sehingga membentuk *bitumen-bound-filler* yang berfungsi sebagai mortar diantara agregat kasar (Gambar 8.b). Oleh sebab itu, walaupun *foam bitumen* dapat digunakan pada hampir semua jenis agregat, namun *foam bitumen* tidak akan memberikan kinerja yang baik untuk material yang mengandung fraksi halus (< 0,075 mm) kurang dari 5% atau lebih dari 20%. Untuk material yang hanya mengandung fraksi halus kurang dari 5%, penambahan semen, kapur, abu batu atau fraksi halus lainnya (100% lolos saringan ukuran 0,075 mm) perlu dilakukan. Menurut Wirtgen (2004), penggunaan natural filler (abu batu) lebih baik dari pada aktif filler (terutama

semen), karena akan membentuk permukaan yang tidak beraturan (*irregular*) yang disebabkan oleh aksi pozolaniknya atau mungkin malah mengikat fraksi halus lainnya. Selain itu, penggunaan semen dengan jumlah yang relatif banyak juga akan memberikan pengaruh yang negatif pada fleksibilitas campuran yang dihasilkan. Oleh karena itu, penggunaan semen pada pekerjaan stabilisasi dengan *foam bitumen* dibatasi maksimum 1,5%. Campuran yang dihasilkan dengan penggunaan semen pada nilai ini, tidak akan mengalami retak susut dan relatif tidak memerlukan perawatan (*curing*).



Gambar 8. Dispersi Partikel *Foam Bitumen* dalam Matrik Campuran Beraspal

Bahan yang distabilisasi dengan menggunakan *foam bitumen* dapat dipadatkan kembali atau dipergunakan kembali hanya dengan menambahkan air sesuai dengan kadar air pemadatan dengan tanpa memberikan pengaruh negatif pada kekuatannya (Wirtgen, 2004). Menurut Merrill et al. (2004) material ini dapat dipergunakan kembali dalam waktu 48 Jam.

7. Kinerja Laboratorium Campuran yang Distabilisasi dengan *Foam Bitumen*

Nilai CBR (*California Bearing Ratio*) telah lama dan banyak digunakan sebagai indikator yang menunjukkan kekuatan natural agregat. Pengujian CBR tidak direkomendasikan digunakan untuk mengetahui kekuatan bahan yang distabilisasi karena jenis pengujian ini tidak begitu sensitif untuk bahan yang memiliki kekuatan yang cukup tinggi (2 – 4 MPa). Untuk bahan seperti ini, pengujian UCS (*Uncompressive Strength*) dan ITS (*Indirect Tensile Strength*) lebih dianjurkan. Pemilihan jenis pengujian, UCS atau ITS, tergantung untuk apa campuran yang diuji tersebut akan digunakan. Apabila campuran yang dibuat diperuntukan sebagai lapisan untuk menahan deformasi maka sifatnya harus diuji dengan pengujian UCS tetapi apabila diperuntukan sebagai lapis leleh maka sifatnya harus diuji dengan ITS. Alternatif lainnya dari pengujian ITS adalah pengujian Marshall, tetapi untuk bahan yang distabilisasi dengan bitumen, Wirtgen (2004) lebih merekomendasikan pengujian ITS dari pada pengujian Marshall. Saat ini, pengujian modulus sangat dianjurkan untuk material yang distabilisasi daripada pengujian ITS, karena selain lebih informatif, data modulus langsung dapat digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan secara mekanistik.

Untuk mengetahui kinerja campuran yang dibuat dengan *foam bitumen* dibuatlah contoh uji dengan variasi persentase *foam bitumen*. Material yang digunakan merupakan campuran RAP dengan batu pecah dengan rasio pemakaian 50 : 50, dan dengan menggunakan semen atau

kapur sebagai tabahan untuk menaikkan persentase fraksi halus dalam campuran tersebut. Hasil pengujian ITS dan modulus dari campuran ini diberikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai ITS Bahan (RAP : Batu Pecah = 50 : 50) yang Distabilisasi dengan *Foam Bitumen* dengan Bahan Tambah Semen dan Kapur

<i>Foam Bitumen</i>	2,0	2,5	3,0	3,5
1 % Semen				
ITS- <i>Unsoaked</i> (kPa)	460	436	390	-
ITS- <i>Soaked</i> (kPa)	353	323	268	-
Rasio ITS (%)	77	74	74	-
Modulus (MPa)	2359	2154	1917	-
2 % Kapur, <i>curing</i> 24 sebelum pencampuran dengan <i>foam bitumen</i>				
ITS- <i>Unsoaked</i> (kPa)	240	250	275	262
ITS- <i>Soaked</i> (kPa)	140	158	190	191
Rasio ITS (%)	58	62	69	73
Modulus (MPa)	857	1045	1381	1467

Dari tabel ini dapat dilihat bahwa untuk benda uji yang dibuat dengan penambahan 1% semen, kadar *foam bitumen* optimum adalah 2%. Pada nilai ini, diperoleh campuran dengan kekuatan dan durabilitas yang paling tinggi.

Sedangkan benda uji yang dibuat dengan menggunakan 2% kapur, kadar *foam bitumen* optimumnya 3,0% atau 3,5% tergantung kriteria campuran yang diinginkan. Bila diinginkan campuran dengan kekuatan yang tinggi tetapi kurang kaku dan kurang durabel, maka dalam hal ini kadar *foam bitumen* optimumnya dipilih 3,0%. Tetapi bila diinginkan campuran yang lebih kaku dan lebih durabel, maka kadar *foam bitumen* optimumnya dipilih 3,5%.

Dari tabel di atas dapat juga dilihat bahwa pemilihan bahan yang digunakan untuk menaikkan persentase fraksi halus bahan yang akan distabilisasi dengan *foam bitumen* sangat mempengaruhi kekuatan, kekakuan, durabilitas dan persentase kadar *foam bitumen* optimumnya. Pada masing-masing kadar *foam bitumen* optimumnya, campuran yang dibuat dengan menggunakan 1% semen memberikan kinerja yang jauh lebih baik dan kadar *foam bitumen* optimumnya lebih kecil dari pada campuran yang dibuat dengan menambahkan 2% kapur. Bahkan pada kadar *foam bitumen* yang sama (3%, kadar *foam bitumen* optimum campuran yang menggunakan 2% kapur), kinerja campuran yang dibuat dengan menggunakan 1% semen masih jauh lebih baik dari pada yang menggunakan 2% kapur.

8. Kesimpulan

- Nilai ER *foam bitumen* berbanding terbalik dengan nilai HL-nya. Peningkatan persentase penginjeksian air akan meningkatkan nilai ER, tetapi hal ini akan menurunkan HL *foam bitumen* tersebut. Untuk mendapatkan *foam bitumen* dengan nilai ER dan HL yang baik, persentase air yang diinjeksikan ke bitumen adalah dalam rentang 1,5% – 2,5%.

- Temperatur air juga mempengaruhi sifat *foam bitumen* yang dihasilkan. Semakin dingin temperatur air yang digunakan, *foam bitumen* yang dihasilkan akan memiliki nilai ER yang semakin besar tetapi semakin kecil nilai HL-nya.
- Tingkat kekerasan bitumen yang digunakan lebih memberikan pengaruh pada sifat *foam bitumen* yang dihasilkan dari pada komposisi kimia bitumen kecuali bitumen yang menggunakan *anti-foaming-agent* pada proses penyulingannya.
- Pembusaan tidak akan terjadi bila temperatur *foam bitumen* yang dihasilkan kurang dari 100° C. Oleh sebab itu, untuk menghasilkan *foam bitumen* dengan sifat yang memuaskan temperatur pemanasan bitumen dan *foaming chamber* sebelum dilakukan proses pembusaan masing-masing harus lebih tinggi dari 160° C dan 100° C.
- Temperatur pemanasan yang memberikan sifat pembusaan yang baik untuk bitumen pen 150 dan pen 60 adalah 180° C. Dan dari kedua tipe bitumen ini, bitumen pen 150 memberikan sifat pembusaan yang lebih baik dari bitumen pen 60.
- Pembusaan dapat terjadi bila ukuran partikel air dan bitumen yang dihasilkan lebih kecil dari 100 µm – 150 µm. Untuk menghasilkan partikel dengan ukuran tersebut, nozel harus memiliki lubang yang sangat kecil dan diberikan tekanan minimum sebesar 300 kPa.
- Untuk membantu terjadinya pembusaan, *foaming agent* dapat digunakan pada pembuatan *foam bitumen*. Penambahan bahan ini harus dilakukan pada temperatur rendah tetapi setelah bitumennya cukup encer. Bitumen yang telah dicampur dengan *foaming agent* harus segera digunakan untuk pembuatan *foam bitumen*.
- Penggunaan *super-plasticizer* dalam air dapat meningkatkan pembusaan yang terjadi pada *foam bitumen*, *super-plasticizer* memberikan pengaruh negatif pada *foaming agent* lainnya yang mungkin digunakan juga dalam bitumen.
- *Foam bitumen* tidak akan memberikan kinerja yang baik untuk material yang mengandung fraksi halus (< 0,075 mm) kurang dari 5% atau lebih dari 20%.
- Pemilihan bahan yang digunakan untuk menaikkan persentase fraksi halus bahan yang akan distabilisasi dengan *foam bitumen* sangat mempengaruhi kekuatan, kekakuan, durabilitas dan persentase kadar *foam bitumen* optimumnya.
- Penggunaan semen pada pekerjaan stabilisasi dengan *foam bitumen* dibatasi maksimum 1,5%.

DAFTAR PUSTAKA

Acott, SM, (1980), "*The Stabilisation of a Sand by Foamed Bitumen – A Laboratory and Field Performance Study*", MSc Dissertation Natal Univ.

Brennen, M., Tia, M., Altschaefl, A., and Wood, LE., (1983), "*Laboratory Investigation of the Use of Foamed Bitumen for Recycled Bituminous Pavement*", TRR 911.

Jenkins. KJ., MFC. Van de Ven and JLA. De Groot, (1999), "*Characteristic of Foamed Bitumen*", The 7th.Conference of Asphalt Pavements for South Africa.

Jenkins, KJ., (2000), "*Mix Design Consideration for Cold and Half-warm Bituminous Mixes Emphasis on Foamed Bitumen*", PhD Dissertation, Stellenbosch Univ., South Africa.

Merrill, D., Nunn, M., and I Carswell, (2004), "*A Guide to the Use and Specification of Cold Recycled Materials for the Maintenance of Road Pavement*", TRL Report, TRL611.

Ramanujam, JM., and Fernando, DP, (1997), "*Foamed Bitumen Recycling*" – Initial Findings.

Ramanujam, JM., and Jones, JD., (2000), "*Characterisation of Foamed Bitumen Stabilisation*", Road System and Engineering Technology Forum, Australia.

Shell Bitumen, (1990), "*Shell Bitumen Hand Book*", Shell Bitumen, U.K.

Stefan, A. Romanoschi, Mustaque H., Michael, H., Andrew, J. Gisi, (2003), "*Foamed Asphalt Stabilized Reclaimed Asphalt Pavement : A Promising Technology for Mid-Western Road*", Proc.of the 2003 Mid-Continent Transportation Research Symposium, Ames, Iowa State Univ., Iowa.

Wirtgen, (2004), "*Wirtgen Cold Recycling Manual*", 2th Edition, Germany.