

PENGARUH LINGKUNGAN TROPIS INDONESIA PADA PENUAAN ASPAL DAN MODULUS KEKAKUAN RESILIENT CAMPURAN BERASPAL

R. Anwar Yamin

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil
Institut Teknologi Nasional (Itenas)
Jl. PHH Mustapa 23
Bandung, 40124
(P):022-7272215 (ext 135)
(F):022-7202892

Herman

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil
Institut Teknologi Nasional (Itenas)
Jl. PHH Mustapa 23
Bandung, 40124
(P):022-7272215 (ext 135)
(F):022-7202892
e-mail: herman@itenas.ac.id

Abstrak

Kinerja struktur perkerasan jalan yang merupakan suatu struktur yang tidak terlindung sangat dipengaruhi oleh kondisi klimatik lokasi di mana jalan tersebut dibangun. Kondisi klimatik ini memberikan pengaruh jangka panjang tidak saja pada kinerja struktur perkerasan jalan tetapi juga pada respon struktur perkerasan tersebut terhadap beban karena kondisi klimatik sangat menentukan kecepatan penuaan aspal. Penuaan aspal adalah suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan ini menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan selanjutnya akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal dan akhirnya akan mempengaruhi kinerja campuran tersebut. Studi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lingkungan terhadap penuaan aspal dan pada modulus kekakuan Cement Treated Asphalt Mixture (CTAM) dan Split Mastic Asphalt (SMA) pada iklim tropis Indonesia. Untuk mencapai tujuan tersebut, kedua campuran ini dikondisikan terhadap pengaruh lingkungan dengan cara mengeksposnya secara langsung di udara terbuka selama 0, 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, dan 21 bulan. Uji laboratorium dilakukan pada campuran yang sudah dikondisikan dan pada aspal hasil ekstraksinya. Selain itu, data penuaan aspal kedua campuran yang didapat dari studi ini dibandingkan dengan data sekunder penuaan aspal yang diperoleh dari campuran Hot Rolled Sheet (HRS) yang ada di lapangan.

Kata-kata kunci : Pengaruh klimatik, CTAM, SMA, sifat aspal, modulus kekakuan

PENDAHULUAN

Kerusakan pada lapis permukaan jalan dapat disebabkan oleh faktor lalu lintas, lingkungan, rencana awal, kualitas pekerjaan, atau kombinasi faktor-faktor tersebut. Dari keempat faktor ini, lalu lintas, lingkungan, dan interaksi antara keduanya merupakan penyebab utama kerusakan pada lapis permukaan pada struktur perkerasan beraspal (Turki et al. 1993). Sebagai contoh, kerusakan berupa alur (rutting) dan retak buaya adalah jenis kerusakan yang disebabkan oleh lalu lintas. Sedangkan jenis kerusakan yang disebabkan oleh lingkungan atau yang bukan disebabkan oleh pengaruh lalu lintas adalah retak melintang dan retak memanjang pada permukaan lapis beraspal.

Penuaan aspal adalah suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi (penuaan jangka pendek, short-term aging), serta oksidasi yang progresif (penuaan jangka panjang, long-term aging). Penuaan ini menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal, yang selanjutnya akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal sehingga akan mempengaruhi kinerja campuran tersebut.

Tujuan

Studi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lingkungan pada penuaan aspal dan pada modulus kekakuan Cement Treated Asphalt Mixture (CTAM) dan Split mastic Asphalt (SMA) pada iklim tropis Indonesia. Untuk mencapai tujuan tersebut, studi ini menggunakan dua jenis campuran beraspal, yaitu CTAM dan SMA. Kedua campuran tersebut dikondisikan terhadap pengaruh lingkungan dengan cara mengeksposnya secara langsung di udara terbuka selama 0, 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, dan 21 bulan. Uji laboratorium dilakukan terhadap campuran yang sudah dikondisikan terhadap lingkungan dan terhadap aspal hasil ekstraksinya. Selain itu, data penuaan aspal yang berasal dari kedua campuran yang diperoleh dibandingkan dengan data skunder penuaan aspal yang berasal dari campuran Hot Rolled Sheet (HRS) yang ada di lapangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengaruh Lingkungan terhadap Kinerja Campuran Beraspal

Kinerja struktur perkerasan jalan, yang merupakan suatu struktur yang tidak terlindung, sangat dipengaruhi oleh kondisi klimatik lokasi dimana jalan tersebut dibangun. Kondisi klimatik ini memberikan pengaruh jangka panjang tidak saja pada kinerja struktur perkerasan jalan tetapi juga pada respon struktur perkerasan tersebut terhadap beban (Ullitdz, 1987). Kondisi klimatik yang sangat mempengaruhi kinerja struktur perkerasan adalah kelembaban dan temperatur. Menurut Ullitdz (1987), kelembaban udara akan mempengaruhi kinerja tanah dasar dan lapis pondasi, sedangkan temperatur akan mempengaruhi kinerja lapisan yang menggunakan material dengan bahan pengikat aspal atau semen. Pendapat ini memperkuat hasil studi yang dilakukan oleh Hugo et al (1985) yang membuktikan bahwa kelembaban dan temperatur sangat mempengaruhi kinerja perkerasan beraspal. Studi yang dilakukan oleh Glenn et al (1981) di California juga menunjukkan bahwa pengaruh temperatur dan kelembaban di danau, di gunung, dan di lembah terhadap penuaan aspal relatif sama, tetapi pengaruh temperatur dan kelembaban terhadap penuaan aspal tersebut sangat jauh berbeda dengan yang terjadi di gurun pasir.

Pada temperatur tinggi, umur kelelahan suatu perkerasan jalan menurun drastis sebagai akibat peningkatan regangan tarik yang terjadi. Sementara itu, kekuatan atau stabilitas lapis beraspal akan menurun bila temperatur meningkat, karena adanya penurunan modulus kekakuan campuran beraspal. Penurunan kekuatan ini selanjutnya akan meningkatkan kecenderungan terjadinya deformasi permanen dan alur pada lapis ini. Selain itu, akibat temperatur yang tinggi pada struktur perkerasan beraspal akan terjadi pengalihan tegangan secara berlebihan ke lapisan bawah struktur perkerasan, yang pada akhirnya akan memberikan kontribusi pada distorsi lapisan-lapisan tersebut.

Campuran beraspal merupakan campuran yang peka terhadap temperatur dan waktu pembebanan. Oleh sebab itu campuran beraspal akan melunak pada temperatur tinggi dan atau pada waktu mengalami pembebanan yang relatif lama (Monismith, 1981). Hal ini menunjukkan bahwa kinerja campuran beraspal sangat dipengaruhi oleh temperatur dan waktu pembebanan.

Pengaruh Temperatur terhadap Kecepatan Oksidasi Campuran Beraspal

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Transport Research Laboratory (RN 31, 1993) di daerah tropis menunjukkan bahwa model kegagalan campuran beraspal di daerah ini berbeda dengan model kegagalan yang biasanya terjadi di daerah sub-tropis. Perbedaan ini menunjukkan bahwa iklim sangat mempengaruhi kinerja campuran beraspal.

Akibat panas yang tinggi, pengerasan aspal akibat penuaan lebih cepat terjadi di daerah yang beriklim tropis daripada di daerah sub-tropis. Pengerasan ini terutama terjadi pada permukaan beraspal yang terekspos langsung terhadap lingkungan. Oleh sebab itu keretakan pada lapis permukaan beraspal di daerah tropis akan terjadi dengan cepat dibandingkan dengan keretakan yang terjadi di daerah sub-tropis terjadi (RN 31, 1993).

Penuaan aspal adalah suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal tersebut disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi (penuaan jangka pendek, short-term aging), serta oksidasi yang progresif (penuaan jangka panjang, long-term aging). Penuaan aspal merupakan perubahan tingkat kekerasan (hardening) dan kerapuhan aspal (brittleness) akibat penanganan, proses produksi campuran beraspal, dan masa pelayanan campuran beraspal tersebut di lapangan. Penuaan ini menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan selanjutnya akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal. Semuanya ini berkaitan erat dengan kecepatan terjadinya retak ataupun pelepasan butir pada perkerasan beraspal. Dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa penuaan aspal sangat mempengaruhi kinerja campuran beraspal. Oleh sebab itu, penuaan aspal merupakan suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal.

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui penuaan aspal, misalnya dengan simulasi penuaan di laboratorium, baik dengan cara pengovenan atau dengan cara mengekspos langsung aspal tersebut terhadap lingkungan. Tingkat penuaan yang terjadi pada aspal dapat diketahui melalui pengamatan visual, tetapi informasi yang lebih akurat dan terukur dapat diperoleh melalui pengujian di laboratorium terhadap aspal yang telah dipulihkan (recovery asphalt) hasil ekstraksi dari campuran beraspal yang sudah mengalami penuaan (Millard, 1993).

Pengaruh Temperatur pada Modulus Kekakuan Campuran Beraspal

Klimatologi suatu lokasi merupakan suatu hal yang perlu dikaji dalam tahap perencanaan, pelaksanaan, hingga pemeliharaan struktur perkerasan beraspal. Dalam pertimbangan tersebut temperatur merupakan variabel utama yang harus diperhatikan dibandingkan dengan berbagai variabel lingkungan lainnya. Variasi temperatur harian sampai tahunan memberikan kontribusi yang berbeda-beda dalam kaitannya dengan kegagalan atau kemungkinan keruntuhan suatu struktur perkerasan beraspal.

Variasi temperatur udara tidak berpengaruh banyak pada modulus tanah dasar dan lapis pondasi tanpa bahan pengikat (unbound base layer), kecuali bila terjadi pembekuan (frozen). Namun temperatur sangat menentukan modulus kekakuan aspal, modulus kekakuan campuran beraspal, dan regangan, yang pada akhirnya akan menentukan umur kelelahan campuran beraspal. Shook et al (1969), seperti yang dilaporkan oleh Croney et al (1992), dalam penelitian yang intensif mengenai modulus kekakuan campuran beraspal dengan variasi frekuensi pembebanan,

menyatakan bahwa peningkatan temperatur pengujian dari 4,5°C ke 38°C akan mengakibatkan penurunan modulus kekakuan campuran beraspal kira-kira 12 kali.

PEMBUATAN BENDA UJI CTAM DAN SMA

Benda uji CTAM dibuat dengan menggunakan campuran beraspal gradasi terbuka menggunakan bahan pengikat aspal minyak Pen 60, sehingga menghasilkan campuran beraspal porus. Selanjutnya rongga udara (VIM) dalam campuran ini diisi dengan mortar semen, sehingga menghasilkan campuran komposit agregat-aspal-semen. Jenis gradasi yang digunakan dapat dilihat dalam Yamin (2002.a) dan komposisi mortarnya dalam Yamin et al. (2002, b).

Benda uji campuran SMA dibuat dengan menggunakan aspal minyak Pen 60 dengan gradasi agregat ideal menurut spesifikasi gradasi Bina Marga 1996 dan bahan tambah serat selulosa jenis Arbocel dengan kadar pemakaian 0,3% terhadap berat campuran. Benda uji SMA dibuat pada kadar aspal optimum campuran, yaitu 8% terhadap berat total campuran. Benda uji SMA yang dibuat memiliki bentuk dan dimensi yang sama dengan benda uji CTAM. Pencampuran aspal dengan agregat dilakukan pada temperatur 155°C, dan pemadatannya dilakukan pada temperatur 140°C, dengan 2 x 75 tumbukan.

PENINGKONDISIAN DAN UJI LABORATORIUM

Sebelum uji laboratorium dilakukan, semua benda uji, jenis CTAM dan jenis SMA, dikondisikan terhadap penuaan jangka pendek dan jangka panjang. Penuaan jangka pendek SMA dilakukan menurut prosedur SHRP, yaitu dengan cara pengovenan pada temperatur 135°C selama 4 jam (Bell et al., 1995, Leahy et al., 1995). Untuk CTAM, penuaan jangka pendek dilakukan dengan cara yang sama dengan yang digunakan untuk SMA, tetapi karena penuaan jangka pendek ini mensimulasi penuaan aspal pada saat diproduksi dan dihampar, maka penuaan jangka pendek untuk CTAM tidak dilakukan terhadap benda uji CTAM, tetapi terhadap campuran beraspal porusnya.

Untuk penuaan jangka panjang, dengan alasan bahwa faktor lingkungan yang sangat mempengaruhi kinerja perkerasan adalah temperatur dan kelembaban, dan pengaruh keduanya terhadap penuaan aspal baik yang dikondisikan di danau, di gunung, atau di lembah relatif sama, serta pengaruh kelembaban tanah dasar terhadap penuaan campuran beraspal pada struktur perkerasan multi lapis relatif tidak ada (Glenn et al., 1981), maka penuaan jangka panjang yang pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja kedua jenis campuran tersebut akibat pengaruh lingkungan khususnya pada iklim tropis Indonesia dilakukan dengan cara mengekspos langsung semua benda uji dari kedua jenis campuran tersebut yang sudah mengalami penuaan jangka pendek terhadap lingkungan. Caranya adalah dengan meletakkan benda-benda uji di atas lantai beton di ruang terbuka dan membiarkannya mengalami siklus perubahan lingkungan selama 3, 6, 9, 12, 15, 18, dan 21 bulan. Setelah pengkondisian tersebut, benda uji dimasukkan ke dalam ruang temperatur terkendali yang telah diset temperaturnya sesuai dengan temperatur pengujian yang diinginkan, yaitu 25°C, 37,5°C, dan 50°C. Setelah temperatur benda uji mencapai keseimbangan (temperatur pada kulit sama dengan temperatur pada inti benda uji) baru dilakukan uji modulus kekakuan.

Untuk mengetahui perubahan sifat aspal, yang terkandung dalam CTAM dan SMA akibat penuaan, aspal yang terkandung dalam kedua campuran tersebut dipisahkan kembali melalui proses ekstraksi. Untuk menjamin kemurnian aspal yang didapat, proses ekstraksi dilakukan secara bertahap. Pada tahap pertama, aspal yang terkandung dalam campuran beraspal yang sudah dihancurkan dipisahkan dari agregatnya dengan cara melarutkan aspal tersebut dengan menggunakan C_2HCl_3 . Pada tahap kedua, mineral yang terkandung dalam campuran yang tidak tersaring pada tahap pertama dipisahkan dari larutan aspal- C_2HCl_3 . Pemisahan ini dilakukan dengan proses sentrifugal selama 40 menit dengan kecepatan putaran 2500 rpm. Pada tahap ketiga, aspal dipisahkan dari pelarut (recovery) melalui proses evaporasi dengan menggunakan rotavapour. Proses pemisahan ini dilakukan pada temperatur $150^{\circ}C$ selama 120 menit. Setelah melalui ketiga tahapan ini, barulah diperoleh aspal yang telah dipulihkan (Recovered Asphalt, RA). Selanjutnya RA yang diperoleh diperiksa sifat-sifat fisiknya.

HASIL PENGUJIAN

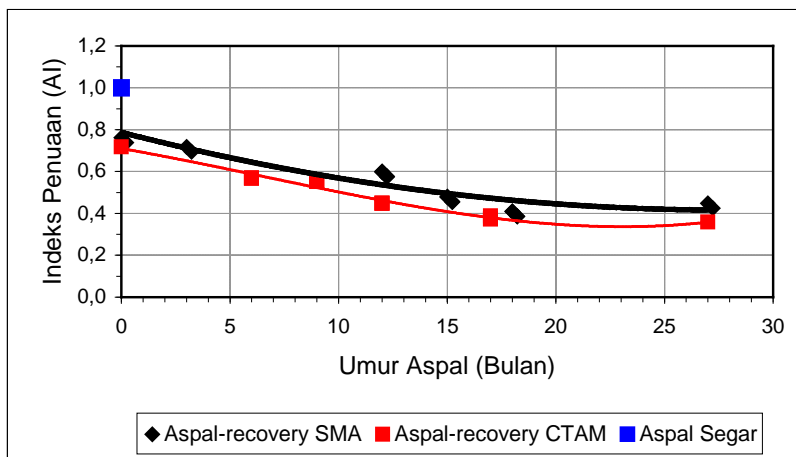
Kinerja Aspal akibat Penuaan CTAM dan SMA

Akibat penuaan yang dialaminya, aspal akan mengalami perubahan sifat. Salah satu sifat yang mengalami perubahan, yang biasanya digunakan untuk mengetahui tingkat penuaan aspal, adalah nilai penetrasinya. Pada studi ini nilai penetrasi aspal hasil ekstraksi benda-benda uji CTAM dan SMA yang sudah mengalami penuaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perubahan Sifat Aspal Akibat Penuaan

Sifat Aspal	Lama Waktu Penuaan (bulan)								
	Segar	0	3	6	9	12	17	18	27
	CTAM								
Penetrasi, 100 grm, $25^{\circ}C$, 5 dtk	67	48	-	38	37	30	25	-	23
Titik Lembek, $^{\circ}C$	48,2	-	-	54,8	56,4	58	58,4	-	-
	SMA								
Penetrasi, 100 grm, $25^{\circ}C$, 5 dtk	67	51	48	-	-	40	32	-	30
Titik Lembek, $^{\circ}C$	48,2	50,8	53,8	-	-	55	57	-	57

Tingkat penuaan aspal pada studi ini dinyatakan dengan Indeks Penuaan (Aging Index, AI), yang merupakan perbandingan antara sifat reologi aspal (umumnya diwakili oleh nilai penetrasi atau nilai viskositas aspal) setelah penuaan (Recovered Asphalt, RA) dengan sifat reologi awal aspal (Shell, 1990). Tingkat penuaan aspal yang terkandung dalam kedua jenis campuran, CTAM maupun SMA, yang diakibatkan oleh proses penuaan jangka pendek dan jangka panjang ditunjukkan pada Gambar 1.



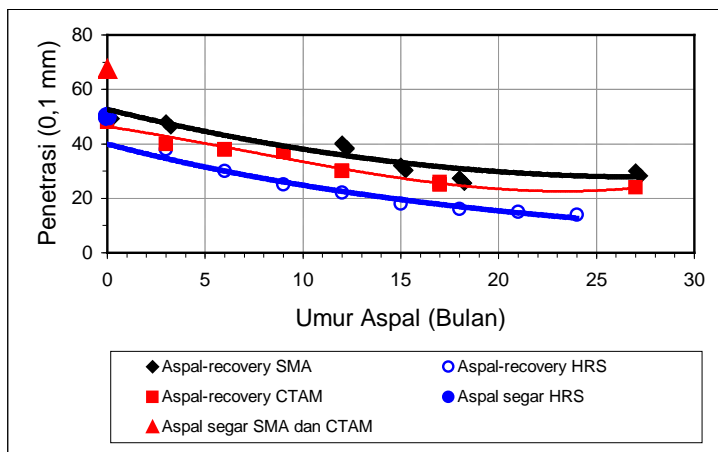
Gambar 1 Hubungan AI terhadap Waktu Penuaan

Pada Gambar 1 tersebut terlihat bahwa sedikitnya kandungan aspal (4%) dan besarnya persentase kandungan rongga udara (25%) yang terkandung dalam campuran beraspal porus CTAM menyebabkan penuaan awal yang terjadi pada CTAM cukup besar, yang ditunjukkan oleh besarnya penurunan AI aspalnya, yaitu dari 1 ke 0,7. Sedangkan pada SMA, penurunan AI aspal (dari 1 ke 0,8) yang terjadi akibat penuaan jangka pendek tidak sebesar yang terjadi pada CTAM. Hal ini disebabkan karena 8% aspal dalam campuran SMA akan menghasilkan film aspal yang lebih tebal daripada film aspal yang dihasilkan oleh 4% aspal yang terkandung dalam campuran beraspal porus CTAM. Penelitian lebih lanjut pada RA yang didapat dari CTAM (umur 1 bulan, VIM 5%) yang mengalami penuaan jangka pendek menunjukkan bahwa tingkat penuaan RA tersebut tidak jauh berbeda dengan tingkat penuaan RA yang didapat dari campuran beraspal porus yang mengalami penuaan jangka pendek. Oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa kecilnya persentase kandungan rongga udara relatif tidak memberikan pengaruh dalam menghambat proses penuaan jangka pendek aspal dalam campuran. Dalam proses penuaan jangka pendek ini tebal film aspal lebih berperan penting, yang sangat menentukan kecepatan penuaan aspal, dibandingkan dengan rongga udara dalam campuran.

Walaupun pada penuaan jangka pendek aspal yang terkandung dalam campuran beraspal porus untuk CTAM bersifat lebih tua daripada aspal yang terkandung dalam campuran SMA, tetapi kecenderungan penuaan jangka panjang aspal yang terkandung dalam CTAM (campuran beraspal porus yang telah diinjeksi dengan mortar semen) relatif sama dengan yang terjadi pada aspal yang terkandung dalam SMA (lihat Gambar 1). Dilihat dari kecenderungan ini, penuaan aspal yang terkandung dalam CTAM maupun yang terkandung dalam campuran SMA memiliki kecepatan penuaan yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa penuaan jangka panjang aspal dalam suatu campuran beraspal relatif tidak dipengaruhi oleh jumlah kandungan aspal yang terdapat dalam campuran, tetapi lebih dipengaruhi oleh tingginya kandungan rongga yang terdapat dalam campuran tersebut. Dari kenyataan ini dapat disimpulkan bahwa pada campuran beraspal dengan kandungan rongga yang relatif sama, kecepatan penuaan aspal akibat proses penuaan jangka panjang yang terjadi pada aspal yang terkandung didalamnya (CTAM maupun SMA) adalah relatif

sama pula. Pada proses penuaan jangka panjang persentase rongga udara dalam campuran lebih berperan dan sangat mempengaruhi kecepatan penuaan aspal dibandingkan dengan tebal film.

Corne (1986) telah menyelidiki tingkat penuaan aspal yang terkandung dalam campuran beraspal jenis Hot Rolled Sheet (HRS) yang dihampar pada iklim tropis di Indonesia (di Jawa Tengah). Bila data yang didapat dari penelitian ini dan data penuaan aspal hasil ekstraksi yang dilakukan oleh Corne (1986) pada campuran HRS dengan kandungan VIM 5% (relatif sama dengan nilai VIM untuk kedua campuran CTAM dan SMA pada penelitian ini) diplotkan dalam grafik yang sama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, maka dapat diketahui bahwa kecenderungan penurunan nilai penetrasi aspal yang terkandung dalam CTAM dan SMA memiliki kecenderungan yang sama dengan penuaan aspal yang terkandung dalam campuran HRS yang terjadi di lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan kondisi penuaan (CTAM dan SMA dituakan di atas teras gedung dan HRS dituakan pada kondisi yang sebenarnya di lapangan) relatif tidak memberikan perbedaan pada kecepatan penuaan jangka panjang yang terjadi pada campuran-campuran beraspal tersebut.

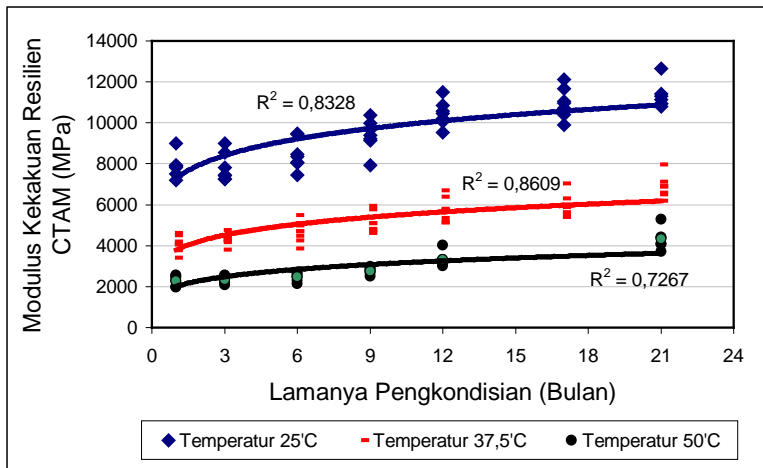


Gambar 2 Hubungan Nilai Penetrasi Aspal terhadap Waktu Penuaan

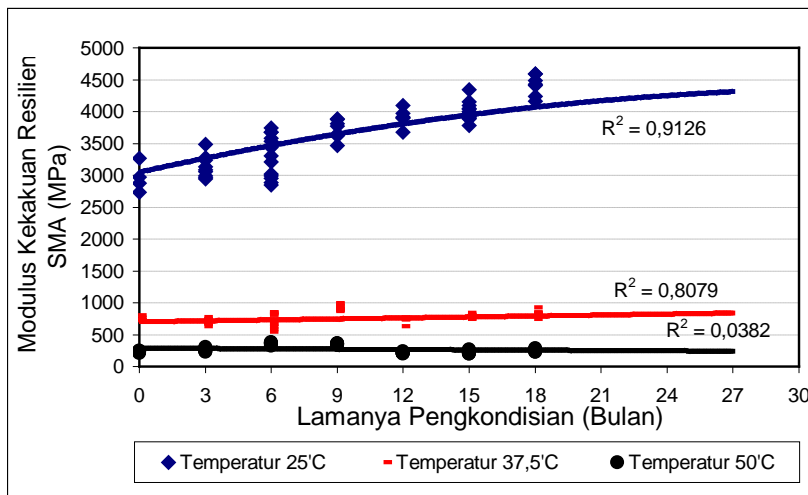
Kinerja Modulus Kekakuan Resilien CTAM dan Campuran SMA

Pengujian modulus kekakuan resilien untuk benda uji CTAM dan SMA dilakukan pada kondisi yang sama. Perubahan nilai rata-rata modulus kekakuan resilien untuk CTAM dan campuran SMA akibat penuaan pada iklim tropis di Indonesia yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Pada Gambar 3 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa akibat penuaan yang dialami oleh CTAM dan campuran SMA, akan terjadi peningkatan kekakuan kedua campuran tersebut, yang ditunjukkan oleh naiknya nilai modulus kekakuan resiliennya. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa akibat penuaan yang dialaminya modulus kekakuan resilien CTAM akan naik sejalan dengan lamanya waktu penuaan dan tingkat kenaikannya relatif sama untuk ketiga variasi temperatur pengujian (25°C; 37,5°C; dan 50°C), yang ditunjukkan dengan hampir samanya gradien garis hubungan antara perubahan modulus kekakuan resilien CTAM dengan lamanya waktu penuaan yang dialaminya.



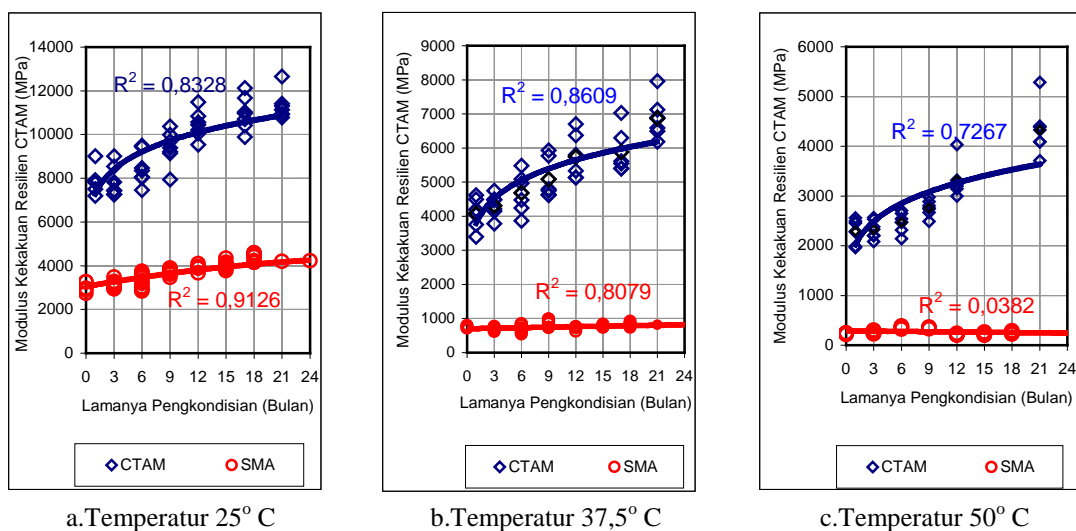
Gambar 3. Perubahan Modulus Kekakuan Resilien CTAM Akibat Penuaan



Gambar 4 Perubahan Modulus Kekakuan Resilien SMA Akibat Penuaan

Sedangkan untuk campuran SMA, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, walaupun tingkat kekakuan campuran naik sejalan dengan lamanya waktu penuaan, tetapi tingkat kenaikan kekakuannya tidak sama untuk ketiga variasi temperatur pengujian (25°C; 37,5°C; dan 50°C). Semakin tinggi temperatur pengujian semakin rendah perbedaan kenaikan modulus kekakuan resilien campuran akibat proses penuaan yang dialaminya. Hal ini disebabkan karena akibat pembebanan dan pengujian yang dilakukan pada temperatur 37,5°C dan 50°C kondisi benda uji campuran SMA sudah dalam kondisi viskos, walaupun akibat proses penuaan yang dialaminya titik lembek aspal dalam campuran SMA mengalami kenaikan sampai melebihi temperatur 50°C (lihat Tabel 1). Walaupun aspal yang terkandung dalam CTAM juga mengalami peningkatan titik lembek yang sama (lihat Tabel 1), tetapi karena adanya mortar yang berfungsi sebagai tulangan dalam campuran tersebut, maka CTAM masih dalam kondisi elastis. Dengan perkataan lain, akibat pembebanan dan temperatur pengujian 37,5°C dan 50°C CTAM belum mengalami perubahan dari kondisi elastis ke kondisi viskos, seperti yang terjadi pada campuran SMA.

Akibat penuaan, kenaikan tingkat kekakuan CTAM pada semua temperatur pengujian lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat kenaikan kekakuan yang terjadi pada campuran SMA, seperti yang ditunjukkan pada yang ditunjukkan pada Gambar 5. Pada Gambar 5 ini dapat dilihat bahwa kenaikan tingkat kekakuan CTAM akibat penuaan lebih tinggi daripada yang terjadi pada campuran SMA. Hal ini disebabkan karena selain nilai penetrasi aspal yang terkandung dalam CTAM akibat penuaan jangka pendek (umur nol bulan) lebih rendah daripada yang terkandung dalam campuran SMA (lihat Gambar 1) juga karena adanya kontribusi pengerasan mortar yang terkandung dalam CTAM tersebut. Walaupun pada penuaan jangka panjang ini tingkat kenaikan kekerasan aspal pada CTAM dan pada campuran SMA relatif sama (lihat Gambar 1), tetapi karena adanya kontribusi pengaruh pengerasan mortar pada modulus kekakuan resilien CTAM maka setelah umur tertentu tingkat kekakuan CTAM masih menunjukkan kecenderungan kenaikan yang berarti. Sedangkan pada campuran SMA kenaikan tingkat kekakuannya hampir mendekati konstan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kontribusi peningkatan kekerasan mortar yang terkandung dalam CTAM pada kenaikan tingkat kekakuan CTAM lebih besar daripada kontribusi pengerasan aspal yang juga terkandung dalam campuran tersebut.



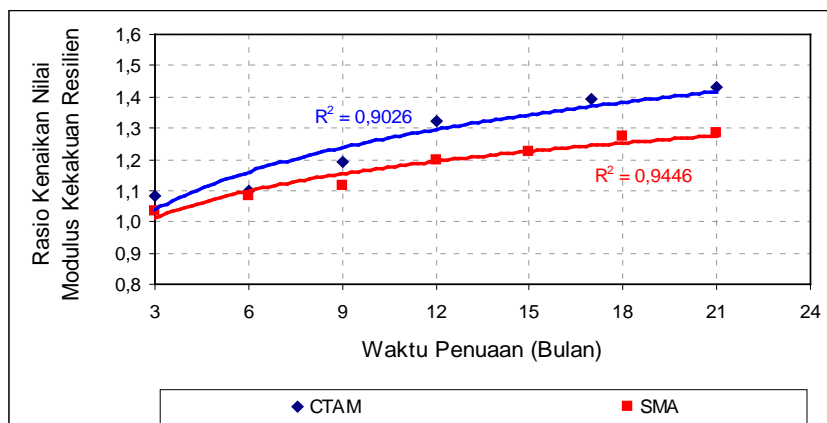
Gambar 5 Perubahan Modulus Kekakuan CTAM dan SMA Akibat Penuaan

Pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5 dapat dilihat juga bahwa pada campuran SMA terjadi perubahan gradien garis hubungan antara modulus kekakuan resilien dengan lamanya waktu penuaan akibat perubahan temperatur dari 25°C ke 50°C. Sedangkan pada CTAM perubahan ini tidak begitu tampak. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kekakuan CTAM kurang peka terhadap perubahan temperatur dibandingkan dengan tingkat kekakuan campuran SMA. Pada Gambar 5.c ditunjukkan bahwa nilai modulus kekakuan resilien campuran SMA pada temperatur 50°C sangat rendah (< 500 MPa) dan hubungannya dengan lama waktu penuaan memiliki korelasi yang sangat rendah pula ($R^2 = 0,038$). Hal ini disebabkan karena pada temperatur tinggi 50°C aspal yang berfungsi sebagai pengikat (binder) dalam campuran SMA telah mengalami perubahan sifat dari elastis ke viskos. Selain itu, akibat proses penuaan yang telah dialami oleh campuran SMA, aspal yang terkandung dalam campuran tersebut mengalami perubahan daya ikat terhadap agregat,

sehingga terjadi penurunan daya kohesi antara aspal dengan agregat yang terkandung dalam campuran SMA tersebut, yang pada akhirnya menurunkan tingkat kekakuan campuran. Hal yang sama juga dilaporkan oleh SHRP (1997) yang didasarkan pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Kim et al. (1995) pada campuran beraspal yang dituakan melalui uji oksidasi.

Sedangkan pada CTAM hal tersebut tidak terjadi. Pada temperatur yang sama (50°C) CTAM masih memiliki tingkat kekakuan yang cukup tinggi (> 2000 MPa, setara dengan modulus kekakuan resilien SMA pada temperatur 25°C) dan memiliki korelasi yang baik dengan lama waktu penuaan (dengan nilai $R^2 = 0,73$). Hal ini menunjukkan bahwa mortar yang terkandung dalam CTAM, yang bersama-sama dengan aspal berfungsi sebagai pengikat dalam campuran tersebut, mampu mereduksi pengaruh sifat viskos elastis aspal pada temperatur tinggi (50°C). Kenyataan ini merupakan suatu indikasi bahwa CTAM sangat baik untuk digunakan pada daerah bertemperatur tinggi, untuk menanggulangi masalah deformasi permanen dan deformasi plastis.

Tidak banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui kinerja campuran beraspal akibat penuaan (SHRP, 1997). Suatu studi mengenai penuaan pada campuran beraspal dilakukan oleh Kim et al. (1995) terhadap campuran beraspal yang dituakan melalui uji oksidasi dan diuji perubahan modulus kekakuan resiliennya. Tingkat penuaan yang terjadi pada campuran beraspal dinyatakan oleh Kim et al. (1986) sebagai rasio antara modulus kekakuan resilien campuran beraspal yang dituakan dengan modulus kekakuan resilien campuran beraspal segar. Dengan menggunakan definisi ini, dicari hubungan antara rasio perubahan modulus kekakuan resilien dengan periode penuaan di lapangan untuk kedua jenis campuran, yaitu CTAM dan campuran SMA. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Rasio Kenaikan Nilai Modulus Kekakuan Resilien CTAM dan SMA pada Temperatur 25° C Akibat Penuaan

Pada Gambar 6 tersebut terlihat bahwa terdapat korelasi yang nyata antara rasio perubahan modulus kekakuan resilien dengan periode penuaan untuk kedua jenis campuran yang diuji. Makin lama waktu penuaan yang diberikan, makin tinggi rasio modulus kekakuan resilien yang dihasilkan. Walaupun aspal yang terkandung dalam CTAM dan yang terkandung dalam campuran SMA memiliki kecenderungan penuaan yang sama (lihat Gambar 1), tetapi kenaikan rasio

perubahan modulus kekakuan resilien CTAM akibat penuaan yang dialaminya lebih besar daripada yang diberikan oleh campuran SMA. Hal ini disebabkan karena masih adanya peningkatan kekuatan mortar yang terkandung dalam CTAM tersebut. Makin lama waktu penuaan, makin tinggi kekuatan mortar, sehingga makin besar pula perbedaan perubahan rasio modulus kekakuan resilien CTAM dengan yang terjadi pada campuran SMA.

KESIMPULAN

Dari studi ini dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini:

- (1) Penuaan aspal yang terkandung dalam CTAM maupun dalam campuran SMA memiliki kecepatan penuaan yang sama. Pada CTAM maupun SMA dengan nilai VIM yang relatif sama, kecepatan penuaan aspal akibat pengaruh lingkungan relatif sama.
- (2) Tebal film aspal lebih memberikan pengaruh pada penuaan aspal akibat proses penuaan jangka pendek, sedangkan VIM lebih memberikan pengaruh pada penuaan jangka panjang.
- (3) Perbedaan kondisi penuaan (CTAM dan SMA dituangkan di atas teras gedung dan HRS di lapangan) relatif tidak memberikan perbedaan pada kecepatan penuaan jangka panjang yang terjadi pada campuran beraspal.
- (4) Akibat penuaan, kenaikan tingkat kekakuan CTAM pada semua temperatur pengujian lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat kenaikan kekakuan yang terjadi pada campuran SMA.
- (5) Nilai modulus kekakuan resilien SMA pada temperatur 50°C sangat rendah (< 500 MPa) dan memiliki korelasi yang sangat rendah ($R^2 = 0,038$) dengan waktu penuaan. Sedangkan pada temperatur yang sama (50°C), CTAM masih memiliki tingkat kekakuan yang tinggi (> 2000 MPa, setara dengan modulus kekakuan resilien SMA pada temperatur 25°C) dan memiliki korelasi yang baik dengan waktu penuaan (nilai $R^2 = 0,73$). Kenyataan ini merupakan suatu indikasi bahwa CTAM sangat baik untuk digunakan pada daerah bertemperatur tinggi, untuk menanggulangi masalah deformasi permanen dan deformasi plastis yang terjadi di daerah tersebut.
- (6) Kenaikan tingkat kekerasan mortar yang terkandung dalam CTAM memberikan kontribusi yang lebih besar pada kenaikan tingkat kekakuan CTAM daripada yang diberikan oleh kenaikan tingkat kekerasan aspal yang juga terkandung dalam campuran tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1996. *General Specifications Vol. 3, for Additional Package, Road Rehabilitation Project III*. OECF IP-409, Direktorat Bina Teknik, Jakarta.
- Bell, C. A., M. J. Fellin and A. Wieder. 1995. *Field Validation of Laboratory Aging Procedures for Asphalt Aggregate Mixtures*. Proceeding of Association of Asphalt Paving Technologies, Vol. 63. pp.45-72, St. Louis, MO.
- Corne. C. P. 1986. *High Bitumen Content Philosophy, Development in Highways and Transportation Technology*. Pascasarjana Workshop, Vol. 2. Bandung, Indonesia.
- Cronney, D, and Cronney, P. 1992. *The Design and Performance of Road Pavement*. McGraw – Hill Book Company. New York, NY.

- Glenn, R. Kemp and Nelson, H. Predoehl. 1981. *A Comparasion of Field and Laboratory Environments on Asphalt Durability*. Proceeding of Association of Asphalt Paving Technologies, Vol. 50. pp. 492-537. San Diego, CA.
- Hugo, F and T. W. Kennedy. 1985. *Surface Cracking on Asphalt Mixtures in Southern Africa*. Proceeding of Association of Asphalt Paving Technologies, Vol. 54. pp. 454-501.
- Kim Richard, Y and Lee Yung-Cjien. 1995. Interrelationship among Stiffness Modulus of Asphalt-Aggregate Mixtures. APT, *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologies*, Vol. 64. pp. 575-609, Portland, OR.
- Leahy, R. B., R. G. Hicks, C. L. Monismith and F. N. Finn. 1995. Framework for Performance-Based Approach to Mix Design and Analysis. APT, *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologies*, Vol. 64. pp. 340- 366, Portland, OR.
- Monismith, C. L. 1981. *Fatigue Characteristics of Asphalt Paving Mixtures and Their Use in Pavement Design*. Proceeding of the 18th Paving Conferance University of New Mexico, Albuquerque. NM
- Millard, R. S. 1993. *Road Building in the Tropics – State of the Art Review 9*. Transport Research Laboratory, Department of Transport, UK.
- Transport Research Laboratory. 1993. *A Guide To The Structural Design of Bituminous-Surfaced Roads in Tropical and Sub-tropical Countries*, RN 31, Crow Thorne, London, UK.
- Shell Bitumen. 1990. *The Shell Bitumen Handbook*, UK.
- Shook , J. F. and B. F. Kallas. 1969. *Factors Influencing Dynamic Modulus of Asphalt Concrete*. Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologies, Vol. 38, Los Angeles. CA.
- SHRP. 1997. *Laboratory Aging of Asphalt – Aggregate Mixtures: Field Validation*. SHRP-A-390. National Research Council, Washington, DC.
- Turki, I., Al-Suleiman, Adnan, A, Basma and Khaled Ksaibati. 1993. *Examination of Pure Environmental Effects on Pavement Condition*. TRR. No.1388, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC.
- Ullidtz, P. 1987. *Pavement Analysis*. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.
- Valkering, C. P, Stapel, F. D. R and Lijzenga, J. 1992. *The Shell Pavement Design Method on Personal Computers*. Seventh International Conference on Asphalt Pavements, Vol. 1, pp. 351 – 375, Nottingham, UK.
- Yamin, R. Anwar dan Siswosoebrotho B.I. 2002.a. Modifikasi Marshall Dalam Perencanaan Campuran Aspal Porus untuk Cement Treated Asphalt Mixture. *Jurnal Puslitbang Jalan*, No.19. Vol. 3. Bandung.
- Yamin, R. Anwar dan Siswosoebrotho B.I. 2002.b. Karakteristik Mortar Semen untuk Cement Treated Asphalt Mixture. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, No.3. Vol. 9. Bandung.