

POTENSI PENGGUNAAN LIMBAH KELAPA SAWIT SEBAGAI AGREGAT PENGISI PADA CAMPURAN *HOT ROLLED SHEET-BASE*

Latif Budi Suparma
Jurusan Teknik Sipil dan
Lingkungan, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM,
Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 545675
lbsuparma@mstt.ugm.ac.id

Tunggul W. Panggabean
Dinas Pekerjaan Umum
Kabupaten Pegunungan Bintang,
Provinsi Papua
Jl. Dabolding-Oksibil, Kabupaten
Pegunungan Bintang,
Propinsi Papua, +628124840054
tunggul.panggabean@yahoo.co.id

Sandra Mude
Wiraswasta
Jl. Rajawali 4 No. 45 RT 14,
Kelurahan Sei Pinang Dalam,
Samarinda
+6285250817487
sandramude@gmail.com

Abstract

The development of the oil industry in Indonesia, have an impact on the increase in solid waste generated from the processing of fresh fruit bunches, which can be either fruit fibers and shells. Based on several studies and physical form of ash fiber palm (palm oil fiber ash) and ash shell palm (palm oil shell ash), it is seen have similarities with fly ash which has been widely used as a filler for asphalt mixtures. In this research, further study would be performed whether any potential of oil palm ash to be used in the mix for road pavement, especially in HRS-Base mixture. The study was conducted by varying the oil palm ash as a filler replacement of 0% , 25%, 50%, 75%, and 100%. Furthermore mixture design of each variation was based on the Marshall method. Test characteristics of the mixture are then performed after obtaining the optimum asphalt content by testing the remaining strength based on the Marshall test and indirect tensile test. Results of laboratory design by Marshall method of the HRS - Base utilizing aggregate filler ash palm fiber and ash oil palm shell, it is generally found that the greater the ash content of the oil palm (fiber and shell) resulting in greater the asphalt needed. Test results indicate that there is any possibility of utilizing ash palm oil in HRS-Base mixture. The results also indicated that the HRS-Base mixture utilizing fine filler of ash palm fiber and ash oil palm shell potentially resistant to deformation, however less resistant to cracking due to tensile.

Keywords: palm oil fiber ash, palm oil shell ash, filler replacement, HRS-Base

Abstrak

Perkembangan industri sawit di Indonesia, berdampak pada peningkatan limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan tandan buah segar (TBS), yang dapat berupa serabut buah dan cangkang. Berdasarkan beberapa penelitian dan bentuk fisik abu serat kelapa sawit (*palm oil fibre ash*) dan abu cangkang kelapa sawit (*palm oil shell ash*), terlihat adanya persamaan dengan *fly ash* yang telah banyak digunakan sebagai *filler* untuk campuran beraspal. Pada penelitian ini diteliti potensi abu kelapa sawit untuk digunakan dalam campuran untuk perkerasan jalan, khususnya campuran HRS-Base. Penelitian dilakukan dengan membuat variasi abu kelapa sawit sebagai pengganti *filler* 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Selanjutnya dirancang campuran pada masing-masing variasi dengan Metode Marshall. Uji karakteristik campuran kemudian dilakukan setelah diperoleh campuran rancangan dengan menguji kekuatan sisa berdasarkan uji Marshall dan uji tarik tak langsung. Hasil perancangan laboratorium dengan metode Marshall untuk campuran HRS-Base dengan menggunakan agregat pengisi abu serat kelapa sawit dan abu cangkang kelapa sawit secara umum menunjukkan semakin besar kandungan abu kelapa sawit semakin besar kebutuhan akan aspal. Hasil uji karakteristik campuran menunjukkan bahwa campuran HRS-Base menggunakan agregat pengisi abu serat kelapa sawit dan abu cangkang kelapa sawit berpotensi tahan terhadap deformasi namun kurang tahan terhadap retak karena tarik.

Kata-kata kunci: abu serat kelapa sawit, abu cangkang kelapa sawit, pengganti agregat pengisi, HRS-Base

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas agribisnis di Indonesia yang perkembangannya cukup pesat dan telah menjadi primadona dalam sektor perkebunan. Sumber daya alam yang melimpah ini tersebar di berbagai wilayah, terutama di Sumatera dan Kalimantan. Perkembangan industri sawit yang terus meningkat akan berdampak pada limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan tandan buah segar (TBS). Limbah ini adalah sisa produksi minyak sawit kasar, berupa tandan kosong, sabut, dan batok atau cangkang sawit. Limbah padat berupa serat dan sabut digunakan sebagai bahan bakar ketel untuk menghasilkan energi mekanik dan panas. Masalah yang selanjutnya muncul adalah sisa dari pembakaran pada ketel berupa abu dengan jumlah yang terus meningkat yang sampai sekarang masih belum dimanfaatkan.

Lapis Tipis Beton Aspal atau Hot Rolled Sheet (HRS) adalah lapis perkerasan yang dibangun dari campuran panas aspal-agregat dengan agregat bergradasi senjang. Sesuai dengan Spesifikasi Umum Tahun 2010, campuran HRS ini dikembangkan menjadi dua jenis, yaitu Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) dan Hot Rolled Sheet-Base (HRS-Base). Campuran ini diyakini dapat menghasilkan jalan dengan kelenturan dan keawetan yang cukup baik. Karakteristik utama campuran ini adalah kekuatan campuran ditopang oleh mortar aspal yang merupakan campuran antara agregat halus, agregat pengisi, dan aspal sebagai bahan pengikat agregat. Peran agregat pengisi dalam mortar sangat besar, karena agregat pengisi bercampur dengan aspal akan memodifikasi dan membentuk *binder* dengan viskositas yang lebih tinggi, yang akan memperbaiki karakteristiknya sebagai bahan pengikat dalam campuran. Campuran HRS merupakan campuran yang mempunyai ketahanan terhadap retak yang baik, tetapi campuran ini mempunyai stabilitas yang relatif rendah sehingga sering dijumpai kerusakan berupa perubahan bentuk, seperti timbulnya alur plastis yang tidak dapat dihindarkan. Kerusakan ini semakin parah dan berkembang dengan cepat terutama pada jalan-jalan dengan lalu lintas padat.

Untuk memperbaiki kinerja campuran agregat beraspal dapat dilakukan dengan memodifikasi sifat-sifat fisik aspal, khususnya penetrasi dan titik lembeknya, dengan menggunakan bahan tambahan sehingga diharapkan bisa mengurangi kepekaan aspal terhadap temperatur dan keelastisannya. Penggunaan abu limbah kelapa sawit, yaitu serat dan cangkang, sebagai agregat pengisi pada campuran Hot Rolled Sheet-Base (HRS-Base) dimungkinkan untuk mendapatkan campuran dengan karakteristik yang lebih.

Sentosa (2005) menyatakan bahwa semakin tinggi kadar abu sawit, semakin tinggi kadar aspal. Berdasarkan pengujian di laboratorium diperoleh hasil bahwa sabut kelapa sawit dapat digunakan sebagai agregat pengisi pada campuran beraspal. Komposisi abu serat dan cangkang dalam penelitian itu terlihat pada Tabel 1.

Tujuan Penelitian ini adalah melakukan perancangan laboratorium campuran HRS-Base dengan menggunakan agregat pengisi abu serat kelapa sawit dan abu cangkang

kelapa sawit dan mengetahui pengaruh penggunaan abu serat kelapa sawit dan abu cangkang kelapa sawit sebagai agregat pengisi terhadap karakteristik campuran HRS-Base. Perancangan campuran HRS-Base menggunakan metode Marshall dan didasarkan pada Spesifikasi Umum 2010.

Tabel 1 Komposisi Abu Cangkang dan Serat Kelapa Sawit Hasil Pembakaran

Unsur/Senyawa	Cangkang (%)	Serat (%)
Kalium (K)	9,2	7,5
Natrium (Na)	0,5	1,1
Kalsium (Ca)	4,9	1,5
Magnesium (Mg)	2,3	2,8
Klor (Cl)	2,5	1,3
Karbonat (CaO ₃)	2,6	1,9
Nitrogen (N)	0,44	0,05
Pospat (P)	1,4	0,9
Silika (SiO ₂)	59,1	61

Sumber: Sentosa, 2005.

MATERIAL DAN METODOLOGI PENELITIAN

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini baik untuk agregat kasar, agregat halus, dan debu batu sebagai agregat pengisi, yang berasal dari pemecahan batu dari sumber asli di Sungai Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Abu limbah kelapa sawit, baik abu serat kelapa sawit maupun abu cangkang kelapa sawit berasal dari PT Waru Kaltim Plantation. Aspal yang digunakan adalah Aspal Pertamina AC 60/70. Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan terhadap material yang akan digunakan, semua material telah memenuhi persyaratan berdasarkan Spesifikasi Bidang Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Transportasi, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Hasil pemeriksaan laboratorium terhadap bahan, terutama pada agregat pengisi, menunjukkan bahwa berat jenis abu limbah kelapa sawit lebih kecil dibandingkan dengan berat jenis debu batu, seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Berat Jenis Agregat Pengisi

No.	Jenis Agregat Pengisi	Berat Jenis
1.	Debu batu	2,617
2.	Abu serat limbah kelapa sawit	2,052
3.	Abu cangkang kelapa sawit	2,199

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa perbedaan berat jenis antara bahan awal (debu batu) dan bahan pengganti (abu serat dan abu cangkang limbah kelapa sawit) adalah sebesar 0,565 (perbedaan antara debu batu dan abu serat limbah kelapa sawit) dan 0,419

(perbedaan antara debu batu dan abu serat limbah kelapa sawit). Terlihat bahwa perbedaan berat jenis kedua bahan pengganti lebih besar dari 0,20%. Menurut Asphalt Institute (1993), jika terjadi perbedaan berat jenis antara bahan-bahan penyusun campuran lebih dari 0,2% disarankan komposisi bahan penyusun campuran dirancang dengan perbandingan volume. Karena itu dalam penelitian ini perancangan komposisi campuran agregat dirancang dengan perbandingan volume, khususnya pada agregat pengisi. Prinsip yang digunakan adalah perbandingan volume agregat pengisi dalam campuran tetap, namun perbandingan berat antar bahan penyusun campuran akan berubah sehingga gradasi agregatnya juga akan berubah.

Perancangan Campuran

Benda uji dirancang menggunakan gradasi agregat untuk campuran HRS-Base sesuai dengan Spesifikasi Bidang Jalan dan Jembatan Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010. Spesifikasi gradasi HRS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Gradasi Agregat HRS

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Lolos terhadap Total Agregat Campuran	
	WC	Base
19	100	100
12,5	90-100	90-100
9,5	75-85	65-90
2,36	50-723	35-553
0,600	35-60	15-35
0,075	6-10	2-9

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2010.

Perancangan gradasi agregat atau gradasi target dilakukan untuk mendapatkan suatu perbandingan yang tepat antara agregat kasar, agregat halus, dan agregat pengisi sehingga diperoleh suatu campuran yang memenuhi persyaratan. Rancangan gradasi agregat tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

Variasi kadar aspal untuk perancangan campuran ditentukan berdasarkan rumus pendekatan:

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + K$$

dengan:

P_b = perkiraan kadar aspal terhadap campuran (%)

CA = kadar agregat kasar tertahan saringan No. 8 (%)

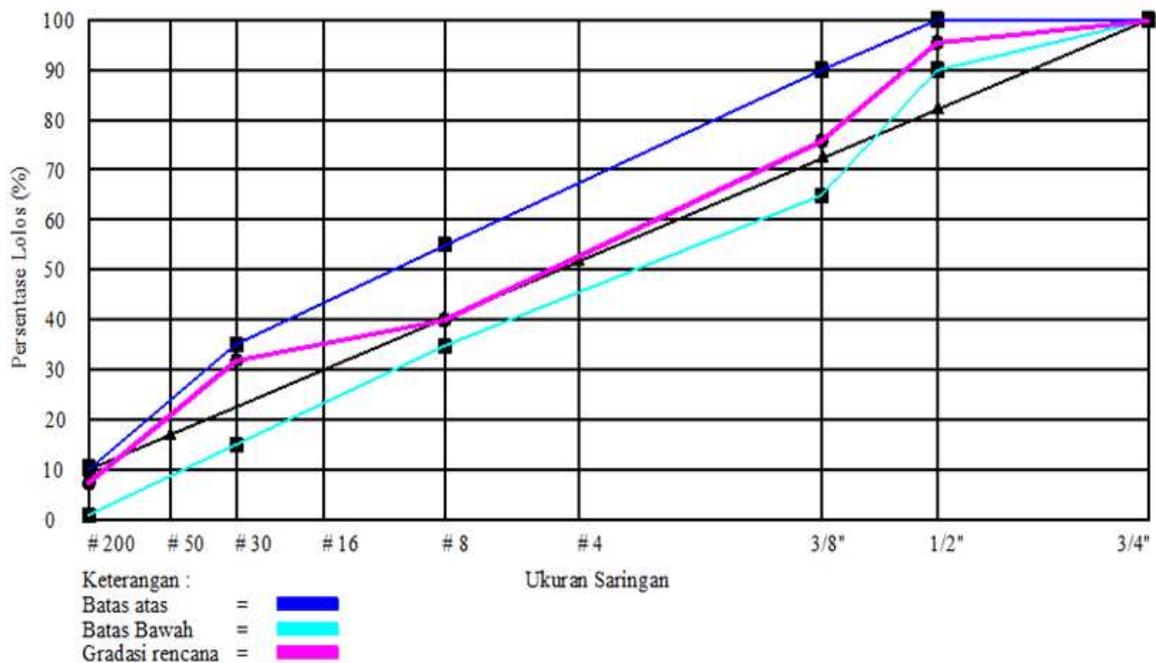
FA = kadar agregat halus lolos saringan N0. 8 dan tertahan saringan No. 200 (%)

FF = kadar agregat pengisi lolos saringan No. 200 (%)

K = konstanta bernilai 2,0 sampai dengan 3,0 untuk Lataston

Dari gradasi target yang ditentukan (Gambar 1) diperoleh kadar masing-masing ukuran agregat, yaitu CA sebesar 60%, FA sebesar 33%, FF sebesar 7%, dan digunakan K

sebesar 2%, sehingga diperoleh Pb sebesar 6,85% atau dibulatkan menjadi 7,0%. Selanjutnya, 5 variasi kadar aspal untuk perancangan ditentukan sebesar 6,0%, 6,5%, 7,0%, 7,5%, dan 8,0%.



Gambar 1 Gradasi Agregat Rencana

Komposisi agregat pengisi abu batu dan abu limbah kelapa sawit dibuat dalam beberapa variasi. Variasi ini disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 Variasi Abu Limbah Serat Kelapa Sawit

Variasi	Proporsi Debu Batu (%)	Proporsi Abu serat (%)
Variasi 1 POFA-1	100	0
Variasi 2 POFA-2	75	25
Variasi 3 POFA-3	50	50
Variasi 4 POFA-4	25	75
Variasi 5 POFA-5	0	100

Catatan: POFA = Palm Oil Fiber Ash

Tabel 5 Variasi Abu Limbah Cangkang Kelapa Sawit

Variasi	Proporsi Debu Batu (%)	Proporsi Abu Cangkang (%)
Variasi 1 POSA-1	100	0
Variasi 2 POSA-2	75	25
Variasi 3 POSA-3	50	50
Variasi 4 POSA-4	25	75
Variasi 5 POSA-5	0	100

Catatan: POSA = Palm Oil Shell Ash

Perancangan campuran HRS-Base dilakukan dengan menggunakan metode Marshall. Metode ini didasarkan pada optimalisasi terhadap parameter-parameter yang menentukan tingkat kinerja campuran tersebut. Tujuan utama dalam perancangan campuran adalah untuk mendapatkan komposisi campuran yang terdiri atas agregat dan bahan pengikat aspal yang mempunyai kemampuan yang optimum untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada lapis HRS-Base dan mampu bertahan sampai pada umur yang direncanakan.

Parameter-parameter standar yang digunakan untuk melakukan optimalisasi didasarkan pada Spesifikasi Bidang Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum (2010). Ketentuan standar untuk campuran HRS-Base dapat dilihat Tabel 6.

Pengujian karakteristik campuran dilakukan pada kondisi campuran pada kadar aspal optimum (KAO) hasil perancangan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian untuk mengukur kemampuan campuran terhadap kerusakan karena pengaruh air. Untuk itu dilakukan uji perendaman selama 24 jam pada temperatur 60 °C agar diperoleh nilai Stabilitas Marshall Sisa (*Retained Marshall Stability*, RMS), yang merupakan hasil bagi antara stabilitas Marshall setelah dilakukan perendaman dengan stabilitas Marshall standar.

Selain nilai RMS dilakukan pengujian tarik tak langsung *Indirect Tensile Strength* untuk mendapatkan *Tensile Strength Ratio* (TSR), yang diperoleh dari nilai tarik tidak langsung setelah perendaman pada temperatur 60 °C dibagi dengan nilai tarik tidak langsung tanpa perendaman.

Tabel 6 Ketentuan Sifat-sifat Campuran HRS

Sifat-sifat Campuran		Jenis HRS			
		HRS-WC		HRS-Base	
		Senjang	Semi	Senjang	Semi
Kadar aspal efektif (%)	Min.	5,9	5,9	5,5	5,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.			1,7	
Jumlah tumbukan per bidang				75	
Rongga dalam campuran (%)	Min.			4,0	
	Maks.			6,0	
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.		18		17
Rongga terisi aspal (%)	Min.			68	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.			800	
Pelelehan (mm)	Min.			3	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.			250	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah	Min.			90	
Rongga dalam campuran (%) pada	Min.			3	

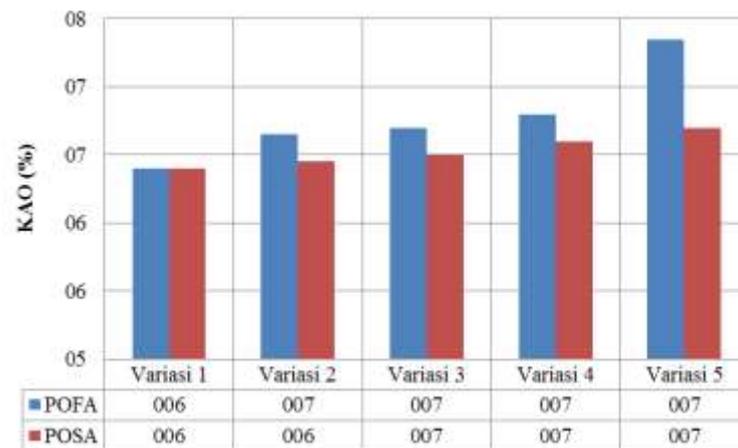
Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2010

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Perancangan campuran dilakukan dengan metode Marshall. Setelah semua material, yaitu agregat, aspal, dan debu serat dan cangkang kelapa sawit, diperiksa dan memenuhi persyaratan sebagai bahan jalan, dipersiapkan spesimen-spesimen.

Spesimen dipersiapkan dengan mencampur bahan yang telah dipersiapkan, yaitu agregat, aspal, serta abu serat dan cangkang kelapa sawit, secara panas dan selanjutnya dipadatkan sesuai persyaratan. Kemudian dilakukan pemeriksaan *volumetric specimen* dan pengujian mekanis. Hasil analisis ini dipergunakan untuk merancang campuran. Kadar aspal optimum untuk semua variasi spesimen disajikan pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa, baik pada POFA maupun pada POSA, kebutuhan aspal meningkat seiring dengan peningkatan kadar abu kelapa sawit. Campuran dengan abu serat (POFA) membutuhkan lebih banyak aspal daripada campuran dengan abu cangkang (POSA). Kebutuhan aspal pada campuran sangat ditentukan oleh gradasi agregat dan sifat kimiawi permukaan agregat. Karena tidak dilakukan pengujian kimiawi terhadap agregat pengisi, dianggap permukaan agregat pengisi abu serat lebih banyak menyerap aspal daripada permukaan agregat pengisi abu cangkang.

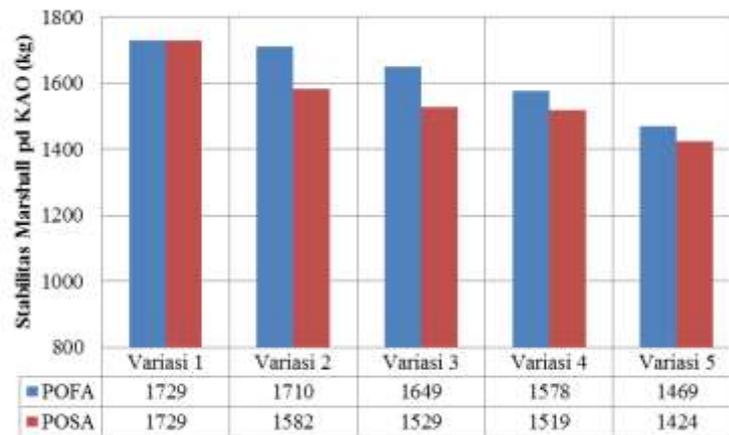


Gambar 2 Kadar Aspal Optimum (KAO) pada Campuran HRS-Base pada Berbagai Variasi

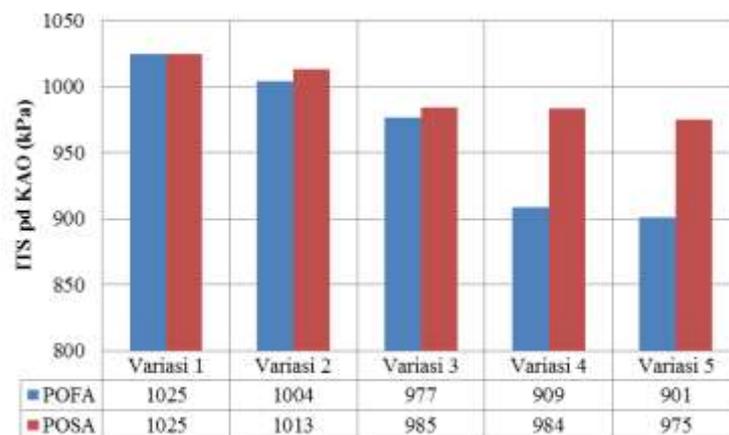
Karakteristik campuran dilakukan setelah diperoleh kadar aspal optimum (KAO) untuk masing-masing variasi. Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan campuran dalam kondisi KAO terhadap beban dan tegangan tarik. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yaitu pada kondisi standar dan pada kondisi dengan perendaman dengan temperatur 60 °C selama 24 jam.

Hasil uji Marshall, berupa *Marshall Stability* (MS), disajikan pada Gambar 3. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai MS pada campuran dengan abu serat dan abu cangkang kelapa sawit lebih rendah dibandingkan dengan nilai MS campuran kontrol (Variasi 1) dan semakin besar kadar abu serat dan abu cangkang kelapa sawit semakin rendah nilai MS-nya, yang berarti semakin rendah kemampuan menahan beban. Tetapi semua nilai MS pada semua campuran jauh lebih besar daripada nilai minimum yang disyaratkan, yaitu 800 kg. Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran HRS-Base dengan kandungan agregat pengisi abu serat kalapa sawit mempunyai kemampuan

menahan beban lebih baik daripada campuran dengan kandungan agregat pengisi abu cangkang kelapa sawit.



Gambar 3 Nilai Stabilitas Marshall Campuran HRS-Base

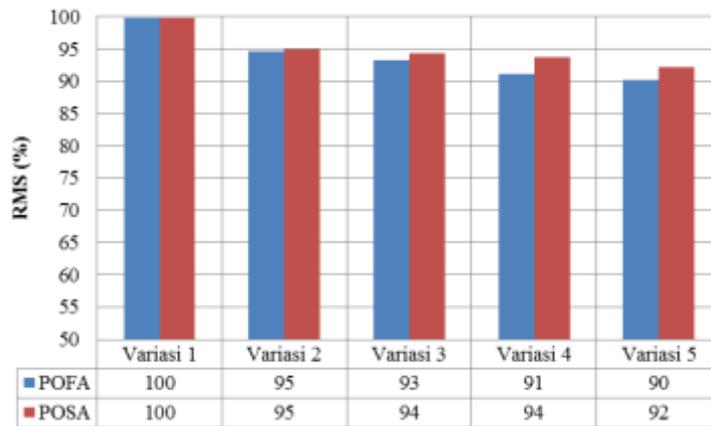


Gambar 4 Nilai *Tensile Strength* Campuran HRS-Base

Kekuatan tarik campuran diperoleh dari hasil pengujian tarik tak langsung (ITS). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tarik campuran semakin kecil seiring dengan semakin besarnya kandungan agregat pengisi abu, serat, dan cangkang kelapa sawit.

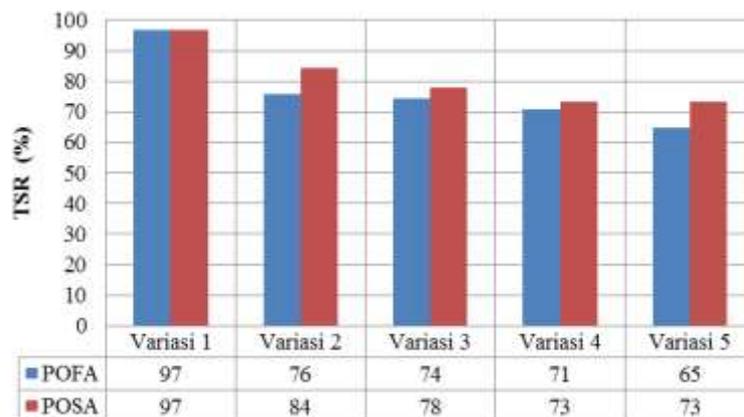
Kemampuan campuran terhadap kerusakan akibat pengaruh air dapat dilihat dari perilaku campuran setelah dilakukan perendaman dengan temperatur perendaman 60 °C selama 24 jam. Karakteristik campuran selanjutnya dilihat dengan membandingkan Stabilitas Marshall setelah dan sebelum perendaman. Nilai rasio yang diperoleh disebut sebagai *Retained Marshall Stability* (RMS). Hasil RMS disajikan pada Gambar 5. Semakin banyak kandungan abu kelapa sawit sebagai agregat pengisi, semakin kecil nilai RMS, walaupun nilai-nilai RMS masih memenuhi persyaratan minimum, yaitu 90%. Penurunan

kemampuan campuran dengan abu serat kelapa sawit (POFA) tampak lebih besar dibandingkan dengan campuran dengan abu cangkang kelapa sawit (POSA).



Gambar 5 RMS Campuran HRS-Base

Kemampuan campuran menahan kerusakan akibat air dapat juga diuji dengan uji tarik tak langsung yang dilakukan pada *unconditioned* dan *conditioned*, sebagaimana yang dilakukan pada pengujian Marshall kemudian dihitung perbandingan antara nilai ITS-*conditioned* dengan ITS-*unconditioned*, atau disebut TSR (*tensile strength ratio*), seperti terlihat pada Gambar 6. Di Indonesia, tidak ada standar yang mensyaratkan nilai TSR ini. Jika dirujuk pada Asphalt Institute SP-2 (2001), maka persyaratan nilai TSR adalah sebesar 80%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran yang menggunakan abu serat kelapa sawit (POFA) mempunyai kuat tarik lebih kecil dibandingkan dengan campuran yang menggunakan abu cangkang (POSA), yang berarti campuran POFA mempunyai kemampuan menahan tarik lebih kecil daripada campuran POSA sehingga lebih mudah mengalami retak.



Gambar 6 TSR Campuran HRS-Base

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian terhadap potensi penggunaan abu serat kelapa sawit dan abu cangkang kelapa sawit dalam campuran HRS-Base adalah sebagai berikut:

1. Semakin besar kandungan abu kelapa sawit (serat dan cangkang) mengakibatkan kebutuhan akan aspal semakin besar. Karena itu untuk memanfaatkan abu kelapa sawit ini, baik abu serat maupun abu cangkang, dalam campuran HRS-Base perlu dilakukan kajian ekonomi.
2. Pada kadar aspal optimum karakteristik campuran HRS-Base yang menggunakan agregat pengisi abu serat kelapa sawit dan abu cangkang kelapa sawit mempunyai potensi untuk digunakan. Kemampuan menahan beban dan kemampuan bertahan terhadap kerusakan karena pengaruh air melebihi nilai-nilai yang disyaratkan. Tetapi campuran yang menggunakan agregat pengisi abu serat kelapa sawit atau menggunakan abu cangkang kelapa sawit kurang mampu untuk menahan tegangan tarik atau kurang tahan terhadap retak karena tegangan tarik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asphalt Institute. 1993. *Mix Design Methods For Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types*. Manual Series No. 2 (MS-2), Six Edition. Lixington, KY.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. *Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan*. Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta.
- Sentosa, L. 2005. *Kinerja Laboratorium Campuran Hot Rolled Asphalt dengan Abu Sawit sebagai Filler*. Simposium VIII Forum Studi Transportasi Antar-Perguruan Tinggi (FSTPT). Palembang: Universitas Sriwijaya.