

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KERAK TANUR CANGKANG SAWIT DENGAN BAHAN PENGIKAT RETONA BLEND 55 TERHADAP CAMPURAN LASTON AC-WC

Chaira^{1,2}, M. Isya³, Sofyan M. Saleh⁴

¹⁾ Dosen Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

Jl. Kampus Alue Penyareng, Meulaboh Aceh Barat, email: chaira.azcha@yahoo.com

²⁾ Mahasiswa Magister Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala

^{3,4)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111

Abstract: Indonesia is an area that has oil palm plantations are quite extensive. Aceh Barat is one of the districts in the Province of Aceh which is boastful of palm oil industry. Palm oil production generates waste including palm kernel shells and palm pulp; which is used to fuel the furnace/boiler/steam boiler during the extraction process of Crude Palm Oil (CPO). Shells and pulps that has been burned at high temperature ranging between 500°C to 700°C will deform into clinker which is later known as Palm Oil Clinker (POC). This study aims to investigate the physical properties of the POC to use as substitutes of fine aggregate in asphalt concrete mixture. The study also inspects the Marshall characteristics and the performance characteristics of the mixture of Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) constituted of partial replacement of its fine aggregate. Furnace crush will be crushed where the results of the collision must pass the filter 8 (2.36 mm) and retained on a sieve No. 200 in accordance with the specifications for fine aggregate issued by Department of Public Work 2010. Results of the study displays that there are characteristics value of the AC-WC mixture which compliant with the Specification for Asphalt Concrete Mix by Department of Public Work 2010. The highest stability value revealed at 100/0 percentage furnace crust and split variation of the AC-WC mixture; however, this variant bears the lowest flow value with the consequences that the asphalt concrete mix is potentially high in crack failure thus it is unacceptable to use. An array of tests revealed that the ideal value for optimum durability of asphalt concrete mixture is at $\geq 75\%$; therefore, the mixture of AC-WC with 75/25 of percentage furnace crush and split variation is recommended by the study.

Keywords : Palm oil furnace crust, Marshall characteristics, Retona Blend 55

Abstrak: Indonesia merupakan daerah yang memiliki areal perkebunan kelapa sawit yang cukup luas. Aceh Barat adalah salah satu kabupaten di Provinsi Aceh merupakan daerah penghasil minyak kelapa sawit dengan limbah diantaranya cangkang kelapa sawit dan serat buah kelapa sawit. Limbah ini digunakan sebagai bahan bakar *tanur/boiler/ketel uap* yang digunakan dalam proses ekstraksi buah kelapa sawit menjadi *crude palm oil (CPO)*. Cangkang dan serat sawit yang telah digunakan sebagai bahan bakar dapur tungku *tanur* dengan pemanasan 500° – 700° nantinya akan menjadi limbah *tanur* berupa kerak tanur cangkang sawit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisis material alternatif, dan mengetahui karakteristik Marshall serta mengetahui kinerja Campuran aspal beton AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dengan menggunakan material alternatif sebagai pengganti sebagian agregat halus. Kerak tanur akan ditumbuk dimana hasil tumbukan harus lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 sesuai dengan spesifikasi untuk agregat halus yang dikeluarkan oleh Bina Marga. Dari Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai karakteristik pada campuran AC-WC memenuhi persyaratan. Nilai stabilitas tertinggi pada variasi perbandingan persentase penggunaan kerak tanur dan batu pecah 100/0 pada campuran AC-WC, tetapi mempunyai nilai *flow* terendah sehingga campuran beton aspal mudah mengalami keretakan sehingga tidak layak digunakan. Nilai durabilitas untuk campuran aspal beton AC-WC masih memenuhi persyaratan $\geq 75\%$ dan dapat dianjurkan untuk campuran beton aspal AC-WC dengan variasi perbandingan persentase penggunaan kerak tanur dan batu pecah 75/25%, karena memiliki nilai durabilitas tertinggi.

Kata kunci : Kerak Tanur Cangkang Sawit, Karakteristik Marshall, Retona Blend 55

Aceh Barat adalah salah satu kabupaten di Provinsi Aceh merupakan daerah yang memiliki areal perkebunan kelapa sawit yang cukup luas yang menghasilkan minyak kelapa sawit dengan limbah diantaranya cangkang kelapa sawit dan serat buah kelapa sawit.

Limbah ini digunakan sebagai bahan bakar tanur/boiler/ketel uap yang digunakan dalam proses ekstraksi buah kelapa sawit menjadi crude palm oil (CPO). Cangkang dan serat sawit yang telah digunakan sebagai bahan bakar dapur tungku tanur dengan pemanasan $500^{\circ} - 700^{\circ}$ nantinya akan menjadi limbah tanur berupa kerak tanur cangkang sawit.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisis material alternatif, dan mengetahui karakteristik Marshall serta mengetahui kinerja Campuran aspal beton AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) dengan menggunakan material alternatif sebagai penggantisebagian agregat halus.

Material pengganti sebagian agregat halus berasal dari kerak tanur cangkang sawit yang dihasilkan oleh pabrik pengolahan kelapa sawit PT. Mopoli Raya, Aceh Barat. Material agregat kasar dan agregat halus yang digunakan berupa batu pecah yang berasal dari mesin pemecah batu (stone crusher) PT. Wiratako serta filler yang digunakan yaitu semen Portland type I produksi PT. Semen Andalas. Komposisi agregat halus berupa kerak tanur cangkang sawit dan batu pecah dalam bentuk persen (%) yaitu 25/75%, 50/50%, 75/25% dan 100/0%; dengan bahan pengikat aspal Retona Blend 55.

Pengujian karakteristik material dan aspal berdasarkan pada spesifikasi Campuran Aspal Panas yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Tahun 2010. Standar pengujian karakteristik material dan aspal mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI), dan American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) tahun 1990. Penggunaan material alternatif ini memberikan gambaran tentang pengaruh penggunaan limbah kerak tanur cangkang sawit sebagai campuran beton aspal AC-WC.

KAJIAN KEPUSTAKAAN

Kelapa Sawit

Kelapa sawit adalah tumbuhan industri penting penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (biodiesel). Bagian yang paling populer dari kelapa sawit ini adalah buah. Anonim (2014) menyatakan bagian dari buah kelapa sawit ini adalah sebagai berikut:

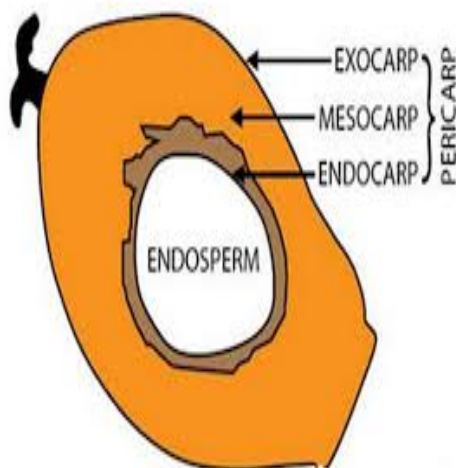
1. *Exocarp*, bagian kulit buah yang berwarna kemerahan dan licin.
2. *Mesocarp*, serabut buah.
3. *Endocarp*, cangkang pelindung.
4. *Endosperm (kernel)*, inti sawit yang memiliki kandungan minyak inti berkwalitas tinggi.

Penggunaan cangkang kelapa sawit sebagai agregat didasarkan kepada zat yang dikandungnya, yaitu zat kersik (SiO_2) (Adlin, 1992 dan Putra, 2003 dalam Ali 2009). Hasil penelitian diperoleh bahwa silika dioksida ini dapat meningkatkan kuat beton, karena dapat

mengurangi susut beton dan meningkatkan daya tahan terhadap keretakan, selain itu pori-pori cangkang kelapa sawit lebih rapat sehingga kaku dan padat (Putra, 2003 dalam Ali 2009). Disamping itu, SiO_2 ini merupakan salah satu unsur kimia terbesar yang terkandung dalam semen portland, sehingga dengan adanya unsur ini akan lebih memungkinkan didapatkannya campuran beraspal yang kuat.



Gambar 1. Tandan Buah segar
Sumber : Anonim (2014)



Gambar 2. Penampang buah kelapa sawit
Sumber : Anonim, 2014

Boiler/Tanur

Menurut Siregar (2008), boiler atau dikenal sebagai ketel uap adalah sebuah bejana yang dipergunakan sebagai tempat memproduksi uap (*steam*), dimana bejana ini berisi bahan bakar dari limbah agrikultur ataupun pertambangan, dalam hal ini pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS) menggunakan cangkang dan serat buah kelapa sawit sebagai bahan bakar boiler.

Cangkang dan serat buah sawit yang sudah terbakar akan menghasilkan sisa-sisa pembakaran yang nantinya akan menjadi limbah daripada boiler atau *furnance* (tungku pembakaran) berupa:

1. Abu, yakni abu yang berada dibawah tungku tepatnya ditempat pengumpulan abu dan abu ini relatif berat;
2. Kerak Cangkang Boiler Kelapa Sawit, yakni kerak yang melekat pada dinding boiler.



Gambar 3. Kerak Tanur Cangkang Sawit
Sumber : PT. Mopoli Raya, Alue Kuyun, Woyla Timur, Aceh Barat

Bahan Campuran Aspal Beton

Agregat

Agregat adalah material berbutir keras

dan kompak, yang termasuk di dalamnya antara lain kerikil alam, agregat hasil pemecahan oleh *stone crusher*; abu batu dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam perkerasan jalan, dimana agregat menempati proporsi terbesar dalam campuran, umumnya berkisar antara 90 - 95 % dari berat total campuran, atau 75 -85 % dari volume campuran (*The Asphalt Institute, 1983*). Mutu, keawetan dan daya dukung perkerasan sangat dipengaruhi oleh karakteristik agregat. Oleh karena itu, sebelum digunakan sebagai bahan campuran dalam perkerasan jalan, harus dilakukan terlebih dahulu pemeriksaan di laboratorium untuk mengetahui karakteristiknya.

Permukaan agregat yang kasar dan berpori memiliki gaya gesek dan penyerapan terhadap aspal lebih baik (Siswosoebrotho, 1999).

Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 8 (2.36 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 yang terdiri dari batu pecah tersaring atau pasir alam yang bersih, keras dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan dalam Tabel 1. Menurut BS 594 (1985), fungsinya adalah untuk mendukung stabilitas dan mengurangi deformasi permanen. Stabilitas campuran diperoleh melalui ikatan saling mengunci (*interlocking*) dan pergeseran dari partikel. Agregat halus bersama-sama dengan aspal membentuk *matic asphalt*, mengisi rongga-rongga antar butiran kasar sehingga stabilitas meningkat.

Tabel 1. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standart	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50 % untuk SS, HRS dan AC bergradasi halus. Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8 %
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP -33 atau ASTM C1252-93	Min. 40%
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10 cm)		Min. 45 %

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (2010)

Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan bahan campuran yang mengisi ruang antara agregat halus dan kasar yang akan meningkatkan kepadatan, filler adalah bahan yang lolos ayakan no. 200 (75 micron) dan tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Bahan pengisi (*filler*) terdiri dari debu batu kapur (*limestone dust*), abu terbang, semen (PC), abu tanur semen dan abu batu serta harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bahan lain yang mengganggu. (Departemen Pekerjaan Umum, 2010).

Bukhari dkk (2007), gradasi di definisikan secara umum adalah distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat yang saling mengisi sehingga terjadinya suatu ikatan yang saling mengunci (*interlocking*).

Tabel 2. Spesifikasi Gradasi Agregat Laston AC-WC

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos	
		AC WC	
ASTM	(mm)	Agregat Halus	Agregat Kasar
1"	25		
¾"	19	100	100
½"	12,5	90-100	90-100
3/8"	9,5	72-90	72-90
No.4	4,75	54-69	43-63
No.8	2,36	39,1-53	28-39,1
No. 16	1,18	31,6-40	19-25,6
No.30	0,600	23,1-30	13-19,1
No. 50	0,300	15,5-22	9-15,5
No. 100	0,150	9-15	6-13
No.200	0,075	4-10	4-10

Sumber : (Departemen PU,2010)

Aspal retona blend 55

Aspal Retona Blend 55 adalah aspal yang diperkenalkan oleh PT. Olah Bumi Mandiri. Aspal retona blend 55 adalah aspal yang telah dimodifikasi/hasil dari campuran antara aspal minyak pen 60 dan pen 80 dengan asbuton hasil olahan semi ekstraksi (*refinary buton asphalt*).

Perencanaan Campuran Beton Aspal

Menurut Sukirman (2003) perencanaan campuran beraspal bertujuan untuk mendapatkan campuran efektif dari gradasi agregat dan dari aspal. Suatu campuran beraspal sebagai lapis perkerasan harus memiliki karakteristik :

1. Stabilitas (stability);

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur atau bleeding. Kebutuhan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani.

2. Keawetan (durability);

Keawetan adalah kemampuan beton aspal

menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air dan perubahan temperatur.

3. Kelenturan (flexibility);

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi*) dan pergerakan daripondasi atau tanah dasar tanpa terjadi retak.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*);

Ketahanan adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang.

5. Kekesatan/tahanan geser permukaan (*skid resistance*);

Kekesatan permukaan atau ketahanan terhadap gelincir adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga tidak tergelincir atau slip.

6. Kedap air (impermeability);

Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal.

7. Kemudahan dalam proses pelaksanaan (*workability*).

Kemudahan dalam pelaksanaan diartikan sebagai kemampuan campuran tersebut untuk dapat dihamparkan dan dipadatkan serta mencapai kepadatan yang diinginkan tanpa kesulitan.

Sukirman (2003), menyatakan untuk mendapatkan rancangan campuran sesuai dengan spesifikasi agregat campuran, dibutuhkan pencampuran lebih dari dua fraksi agregat.

Rancangan campuran dapat saja diperoleh

melalui proses rancangan campuran dua fraksi agregat secara bertahap, tetapi dapat pula dihitung sekaligus dengan rumus :

$$P = aA + bB + cC \quad (1)$$

Dengan

$$a + b + c = 1$$

dimana :

- a = persentase agregat kasar;
- b = persentase agregat halus;
- c = persentase filler.

Menurut Anonim (2008), menghitung perencanaan kadar aspal menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Perkiraan kadar aspal rancangan dapat diperoleh dari rumus dibawah ini :

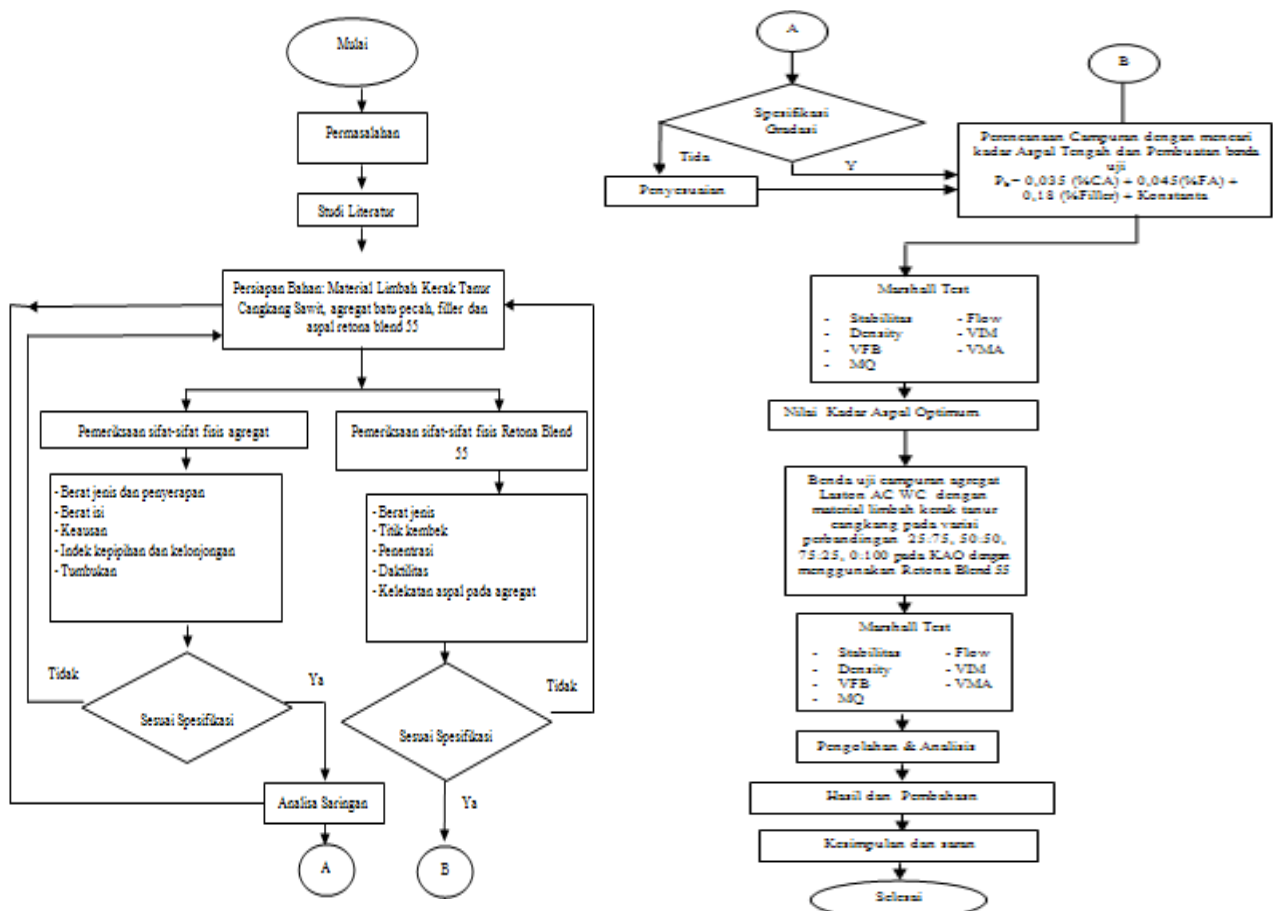
$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA)$$

$$+ 0,18 (\%filler) + \text{Konstanta} \quad (2)$$

Keterangan :

- P_b = Kadar aspal tengah /ideal, persen terhadap berat campuran;
- CA = Agregat kasar tertahan saringan No. 8;
- FA = Agregat halus lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No.200;
- Filler = Filler adalah agregat minimal 75% lolos saringan No. 200;
- Nilai Konstanta sekitar 0,5 untuk penyerapan agregat yang rendah dan 1,0 untuk penyerapan agregat yang tinggi.

2. Benda uji yang digunakan dengan kadar aspal sesuai perkiraan yang dibulatkan menjadi 0,5 dengan dua kadar aspal diatas dan dua kadar aspal dibawah kadar aspal perkiraan awal yang sudah dibulatkan mendekati 0,5%.

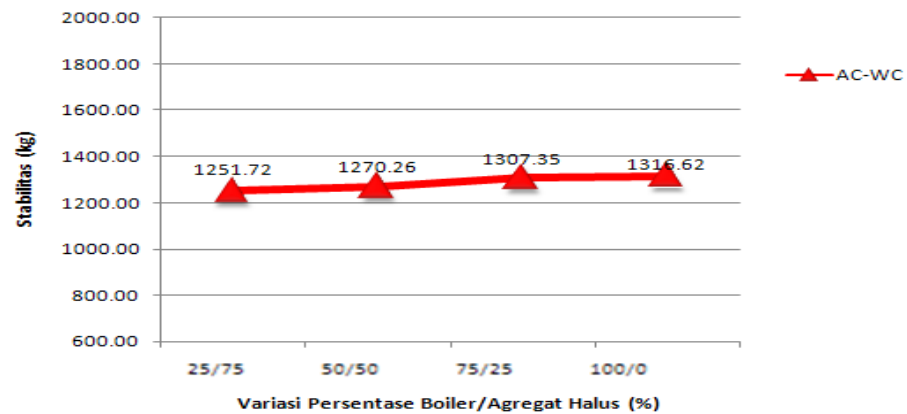


Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

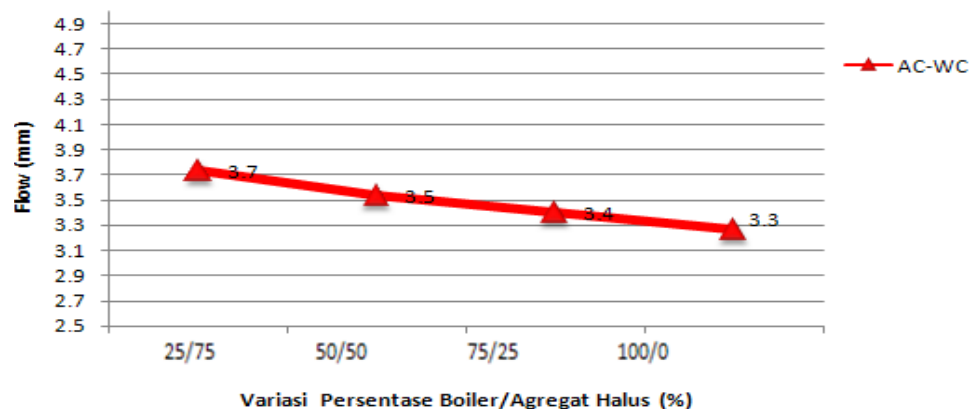
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian marshall untuk untuk variasi campuran material batu pecah dan material kerak tanur cangkang sawit pada KAO

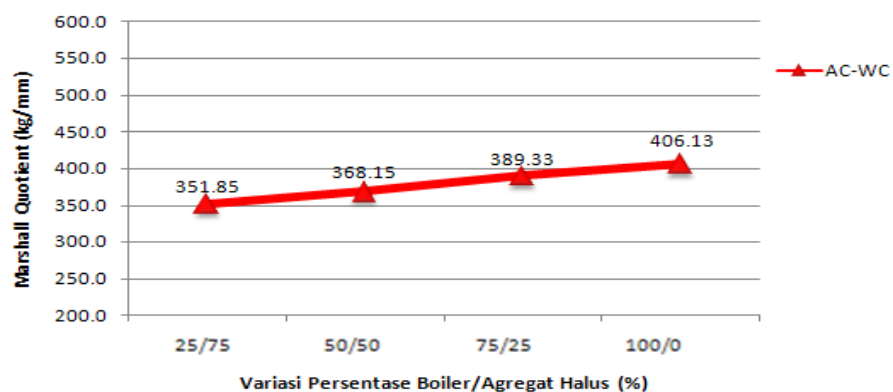
Hasil pengujian parameter Marshall untuk campuran AC-WC dengan variasi pencampuran material batu pecah dan material kerak tanur cangkang sawit pada kadar aspal optimum (KAO) disajikan pada pada Gambar 6 hingga Gambar 13.



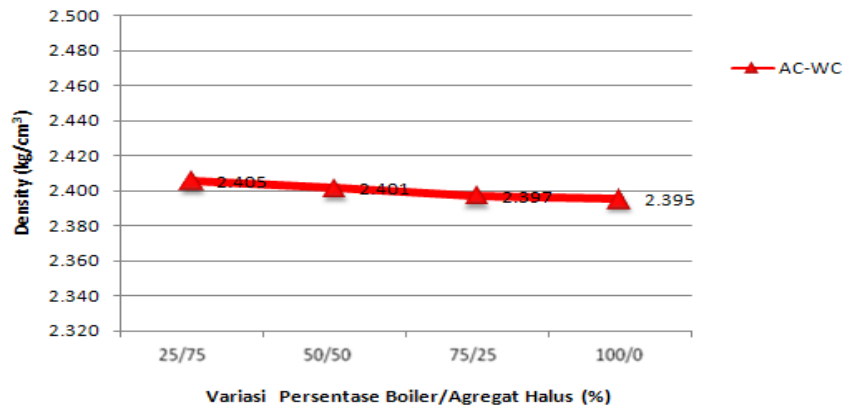
Gambar 6. Variasi persentase kerak tanur cangkang sawit dan agregat halus terhadap Nilai Stabilitas



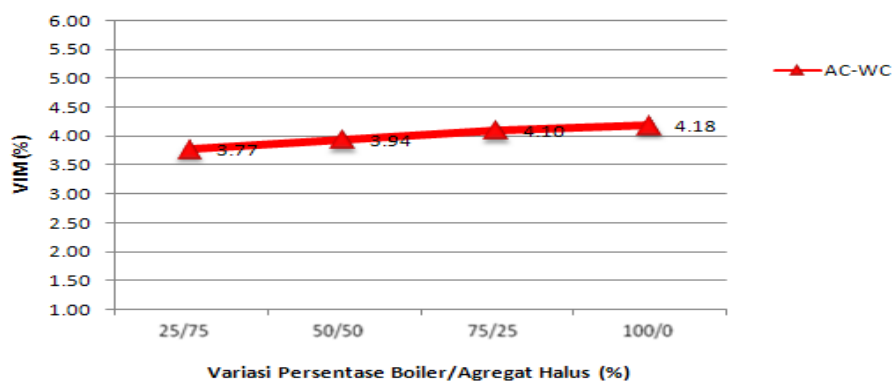
Gambar 7. Variasi persentase kerak tanur cangkang sawit dan agregat halus terhadap Nilai Flow



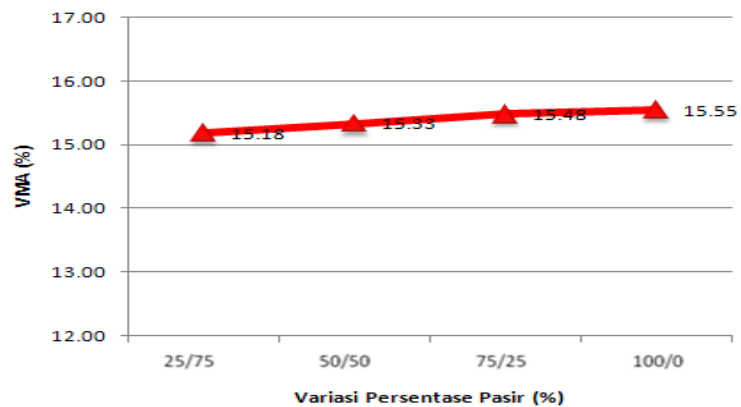
Gambar 8. Variasi persentase kerak tanur cangkang sawit dan agregat halus terhadap Nilai Marshall Quotient



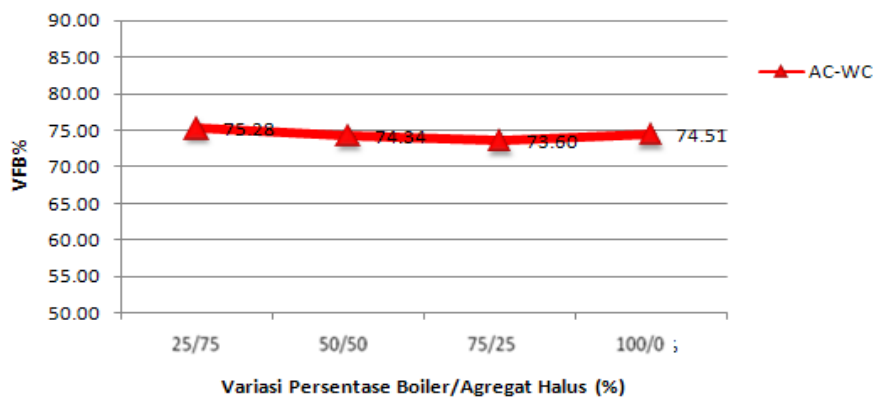
Gambar 9. Variasi persentase kerak tanur cangkang sawit dan agregat halus terhadap Nilai Density



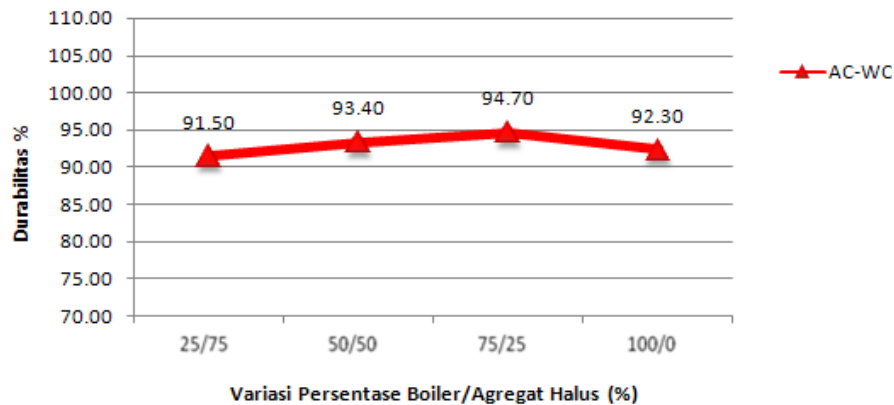
Gambar 10. Variasi persentase kerak tanur cangkang sawit dan agregat halus terhadap Nilai VIM



Gambar 11. Variasi persentase kerak tanur cangkang sawit dan agregat halus terhadap Nilai VMA



Gambar 12. Variasi persentase kerak tanur cangkang sawit dan agregat halus terhadap Nilai VFB



Gambar 13. Variasi persentase kerak tanur cangkang sawit dan agregat halus terhadap Nilai Durabilitas

Berdasarkan Gambar 6 diatas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas campuran AC-WC pada semua variasi persentase memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga yaitu ≥ 1000 kg. Semakin banyak persentase kerak tanur cangkang sawit maka stabilitas yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini disebabkan kerak tanur cangkang sawit memiliki daya serap air yang kecil dan pori-pori yang kecil.

Pada Gambar 7 dapat dilihat, nilai flow semakin menurun seiring meningkatnya persentase kerak tanur cangkang sawit, menurunnya nilai flow disebabkan oleh pengaruh besarnya persentase kerak tanur cangkang sawit sehingga campuran akan lebih padat tetapi semua variasi persentase kerak tanur cangkang sawit memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu ≥ 3 mm.

Nilai Marshall quotient (gambar 8) pada semua variasi persentase kerak tanur cangkang sawit dan agregat halus batu pecah juga masih memenuhi persyaratan yaitu lebih besar dari 300 kg/mm. Nilai Marshall quotient ini dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan nilai flow dari campuran. Nilai Marshall Quotient berkorelasi negatif dengan nilai flow, penurunan nilai flow mengakibatkan nilai

Marshall Quotient semakin meningkat dan bila nilai flow semakin tinggi, maka Marshall Quotient semakin rendah. Nilai Marshall Quotient paling tinggi diperoleh pada variasi campuran 100% kerak tanur cangkang sawit, karena nilai flownya paling rendah.

Untuk nilai density (Gambar 9) terjadi penurunan nilai diikuti dengan penambahan persentase kerak tanur cangkang sawit. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya persentase kerak tanur cangkang sawit, maka volume benda uji semakin besar karena sukar dipadatkan sedangkan berat keringnya tidak berubah. Semakin besar volume disebabkan oleh kepadatannya yang kurang maka semakin berkurang sifat plastisnya. Namun hasil perhitungan menunjukkan nilai density pada semua campuran memenuhi persyaratan yaitu lebih besar dari 2 gr/cm³.

Pada Gambar 10 menunjukkan semakin besar persentase kerak tanur cangkang sawit pada campuran, maka semakin tinggi rongga dalam campuran (VIM). Hal ini disebabkan oleh semakin sulit butiran material pada saat dipadatkan disebabkan oleh Retona Blend 55 yang terkandung dalam kerak tanur cangkang sawit telah berkurang sifat kimianya,

akibatnya rongga yang terbentuk semakin besar. Untuk jenis campuran AC-WC dengan variasi persentase semua memenuhi persyaratan yaitu 3,5 - 5,5%.

Pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa nilai VMA mengalami peningkatan diikuti oleh meningkatnya persentase kerak tanur cangkang sawit. Ini disebabkan butiran material semakin sulit merapat karena aspal dalam campuran telah kehilangan sifat kimianya, akibatnya rongga antar agregat (VMA) semakin besar. Dari Gambar 11 terlihat bahwa nilai VMA memenuhi persyaratan yaitu $\geq 15\%$.

Untuk nilai VFB (Gambar 12) menunjukkan semakin meningkatnya persentase jumlah kerak tanur cangkang sawit maka nilai VFB semakin kecil. Hal ini disebabkan karena Retona Blend 55 mempunyai sifat viskositas yang rendah, sehingga aspal lebih mudah menyelimuti butiran agregat dan mengisi ruang-ruang antar pori agregat. Nilai VFB

untuk semua jenis campuran beton aspal memenuhi persyaratan nilai VFB yang disyaratkan adalah lebih besar dari 65%.

Nilai durabilitas (Gambar 13) dari variasi persentase campuran kerak tanur cangkang sawit tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Nilai Durabilitas campuran AC-WC dari variasi persentase campuran kerak tanur cangkang sawit memenuhi persyaratan yang diisyaratkan oleh Bina Marga yaitu $> 75\%$.

Nilai Durabilitas

Berdasarkan KAO dari masing-masing perlakuan dengan spesifikasi gradasi yang sama dibuat 3 (tiga) buah benda uji pada masing-masing variasi percampuran agregat halus dan material kerak tanur cangkang sawit dengan perendaman 30 menit dan perendaman 24 jam pada suhu 60°C . Nilai durabilitas diperoleh dari perbandingan antara stabilitas normal dengan stabilitas rendaman 24 jam.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall pada rendaman 30 menit

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal Optimum (KAO %) 5,22				Spesifikasi Dept. PU
		25/75	50/50	75/25	100/0	
1.	Stabilitas (kg)	1251,72	1270,26	1307,35	1316,62	>1000
2.	Flow Plastis (mm)	3,7	3,5	3,4	3,3	3-6
3.	<i>MQ</i> (Kg)	351,85	368,15	389,33	406,13	>300
4.	<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,41	2,40	2,40	2,40	>2
5.	VIM (%)	3,77	3,94	4,10	4,18	3,5-5,5
6.	<i>VMA</i> (%)	15,18	15,33	15,48	15,56	>15
7.	<i>VFB</i> (%)	75,28	74,34	73,60	74,51	>65

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall pada rendaman 24 jam

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal Optimum (KAO %) 5,22				Spesifikasi Dept. PU
		25/75	50/50	75/25	100/0	
1.	Stabilitas (kg)	1145,09	1186,82	1237,81	1214,63	>1000
2.	Flow Plastis (mm)	4,2	3,8	3,6	3,3	3-6
3.	<i>MQ</i> (Kg)	280,78	311,55	353,63	371,88	>300
4.	<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,40	2,39	2,39	2,38	>2
5.	VIM (%)	3,82	4,40	4,56	4,89	3,5-5,5
6.	<i>VMA</i> (%)	15,23	15,74	15,88	16,17	>15
7.	<i>VFB</i> (%)	75,18	72,12	71,31	70,06	>65

Tabel 5. Pengujian Durabilitas pada lapisan AC-WC

No.	Variasi Campuran kerak tanur, batu pecah dan Retona Blend 55	Stabilitas Rendaman 30 Menit	Stabilitas Rendaman 24 Jam	Nilai Durabilitas (%)
A	B	c	D	e=d/c
1.	25% Tanur dan 75% Batu Pecah (Retona Blend 55)	1251,72	1145,09	0,92
2.	50% Tanur dan 50% Batu Pecah (Retona Blend 55)	1270,26	1186,82	0,93
3.	75% Tanur dan 25% Batu Pecah (Retona Blend 55)	1307,35	1237,81	0,95
4.	100% Tanur dan Batu Pecah 0% (Retona Blend 55)	1316,62	1214,63	0,92

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dari *stone crusher* PT.Wiratako Mitra Mulia sebagian besar telah memenuhi spesifikasi, kecuali indeks kepipihan tidak dapat memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 10%, namun masih dapat digunakan sebagai bahan campuran AC-WC. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal Retona Blend memenuhi spesifikasi sedangkan pemeriksaan sifat-sifat fisis kerak tanur cangkang sawit tidak memenuhi spesifikasi;
2. Hasil pengujian Marshall untuk campuran AC-WC pada rendaman 30 menit dengan variasi 25% / 75%, 50% / 50%, 75% / 25%, 100% / 0% semuanya memenuhi persyaratan;
3. Pengujian Marshall pada campuran AC-WC untuk semua variasi pada rendaman 24 jam memenuhi persyaratan kecuali nilai *Marshall Quotient* pada variasi 25/75;
4. Nilai durabilitas pada campuran AC-WC untuk semua variasi campuran kerak tanur cangkang sawit dan material batu pecah memenuhi persyaratan yaitu > 80%

Saran

Dalam penelitian ini, untuk campuran AC-WC dengan variasi kerak tanur cangkang sawit dan material batu pecah tidak menggunakan bahan pengikat aspal pen 60/70. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk dilakukan variasi yang berbeda dengan bahan pengikat Retona Blend 55 maupun dengan bahan pengikat aspal pen 60/70, sehingga dapat diketahui perbandingan bahan pengikat yang berbeda dengan variasi persentase agregat yang memenuhi parameter Marshall.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- AASHTO, 1990, Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, 15th ed, AASHTO, Washington, DC.
- Anonim, 2008, Buku Petunjuk Praktis Penggunaan AspaRetona Blend 55 Dalam Campuran Beraspal Panas, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen PU, Jakarta.
- Anonim, 2010, Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen PU, Jakarta.
- Anonim 2014, Wikipedia Kelapa Sawit, Jakarta.

- Archenita, Dwina, 2004, Pemanfaatan Limbah Cangkang sebagai Agregat untuk Campuran Aspal Beton, Politeknik Negeri Padang.
- Asphalt Institute, 1983, Asphalt Technology and Construction Practices, Instructor's Guide Edycational Series No. I (ES-I), Second Edition, The Asphalt Institute.
- Bukhari, 2004, Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan Jalan Raya, Bidang Studi Teknik Transportasi Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.
- Putra, F. Elsa, 2003, Penggunaan Cangkang Sawit sebagai Campuran Beton, Lab. Material dan Struktur, FT. Universitas Andalas, Sumatra Barat.
- SNI, 1991, Metode Pengujian Sifat Fisis Aspal Padat, <http://www.pu.go.id/satminkal/balitbang/sni/buat%20web/RSNI%20CD/ABSTRAKS/UMU/M/ASPAL/METODE/SNI>.
- Siregar, P, 2008, Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Campuran Semen Pada Beton, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara.
- Siswosoebrotho, 1999, Bahan Perkerasan Jalan, ITB, Bandung.
- Sukirman, S, 2003, Campuran Beraspal Panas, Penerbit Granit, Bandung.