

PENGARUH CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN ASPAL CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)

Andika Nurrazaak Tanjung, Darlina Tanjung, Marwan Lubis

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara

tanjungandikanurrazak@gmail.com; darlinatanjung@yahoo.com; marwanlubis@uisu.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik Marshall campuran (AC-BC) menggunakan limbah cangkang pada sawit sebagai substitusi agregat kasar pada campuran aspal beton lapis AUS (AC-BC) dengan membuat variasi cangkang kelapa sawit 25%, 50%, 75%. Dan menentukan kadar aspal optimum (KAO). Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik campuran AC-BC menggunakan limbah cangkang kelapa sawit sebagai substitusi agregat kasar yang memenuhi spesifikasi pada semua kadar aspal meliputi nilai density (kepadatan), voids in mineral agregat (VMA), stabilitas dan marshall quotient (MQ), Kadar aspal Optimum (KAO) Campuran AC-BC 5%. Hasil yang didapat dari Marshall Test percobaan (1) 1.693,3 kg 2.007,77 kg 1.911,01 kg 2.080,34 kg 1.959,39 kg Percobaan (2) 1.765,87 kg 1.959,39 kg 2.007,77 kg 1.983,58 kg 1.886,82 kg Percobaan (3) 1.644,92 kg 1.693,3 kg 1.765,87 kg 1.572,35 kg 1.451,4 kg. Dan Flow Percobaan (1) 2 mm, 3 mm, 2 mm, 3 mm, 3 mm. Percobaan (2) 2 mm, 3 mm, 3 mm, 2 mm, 2 mm. Percobaan (3) 2 mm, 2 mm, 2 mm, 2 mm, 2 mm. Berdasarkan pengujian marshall stabilitas dan flow pada campuran cangkang kelapa sawit yang masih memenuhi spesifikasi dan layak digunakan dalam perkerasan lentur. Kadar cangkang kelapa sawit sebagai substitusi agregat kasar pada campuran aspal AC-BC yang paling optimal berada pada substitusi penambahan cangkang kelapa sawit 25% dan 50%.

Kata Kunci : Campuran AC-BC, Cangkang, Kelapa Sawit, KAO, Parameter, Marshall

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara yang memiliki kekayaan alam yang begitu luas dari Sumatera hingga Papua, penuh dengan perkebunan kelapa sawit. Di Sumatera sendiri hamparan perkebunan kelapa sawit sangat mudah ditemui, mulai dari provinsi Lampung hingga Nanggroe Aceh Darussalam. Saat ini pemanfaatan cangkang sawit di berbagai industri pengolahan minyak CPO belum begitu maksimal. Padahal cangkang sawit memiliki berbagai macam kegunaan seperti; Cangkang sawit dipakai sebagai peneras jalan/pengganti aspal, khususnya di perkebunan sawit.

Perkembangan konstruksi jalan raya di Indonesia dari waktu ke waktu terus meningkat. Peningkatan tersebut khususnya pada lapisan permukaan. Semakin bagus perkerasan jalan akan semakin mudah pergerakan kendaraan, lalu lintas akan berjalan lancar. Kestabilan dari konstruksi perkerasan jalan raya ditentukan oleh mutu material, komposisi campuran serta cara pelaksanaan pekerjaan. Material dengan mutu yang baik akan menghasilkan konstruksi perkerasan yang memiliki stabilitas tinggi.

Dwina Archenita (2004), juga telah melakukan penelitian dengan memanfaatkan cangkang kelapa sawit ini sebagai pengganti agregat kasar untuk bahan perkerasan jalan pada campuran *Asphaltic Concrete* (AC) dengan metode Marshall. Oleh karena itu perlu dicari suatu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk ini penulis mencoba meninjau Durabilitas Campuran ACBC dengan

menggunakan limbah kerak tanur cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti dan aspal Retona Blend 55 sebagai bahan pengikat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Aspal adalah material perekat berwarna hitam atau coklat tua dengan unsur utama bitumen yang diperoleh dari residu hasil pengilangan minyak bumi berfungsi sebagai pengikat agregat dalam pembuatan jalan. Aspal dipilih untuk konstruksi jalan karena mempunyai sipat pekat (consistency), Tahan terhadap pelapukan yang disebabkan oleh cuaca, derajat pengerasan dan ketahanan terhadap air.

2.1 Laston AC-BC (*asphalt concrete-binder course*)

Lapis AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) adalah lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dan di atas lapisan pondasi (*Base Course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu Base dan Sub Grade (Tanah Dasar).

2.2 Perkiraan Awal Kadar Aspal

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

Perkiraan kadar aspal rancangan dapat diperoleh dari rumus dibawah ini :

$$Pb = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + \text{Konstanta} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

Pb = 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 lolos saringan No. 200.

2.3 Pengujian Menggunakan Metode Marshall

Karakteristik campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat Marshall. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal.

2.4 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pon (Sukirman, 1999). Bukhari (2007), menyebutkan stabilitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$S = p \times q \times r \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

S = Stabilitas (kg);

P = kalibrasi alat Marshall;

q = pembacaan dial stabilitas;

r = koreksi benda uji

2.5 Kelelahan Plastis (*Flow*)

Bukhari dkk (2007), menyatakan bahwa kelelahan plastis atau *flow* adalah keadaan perubahan bentuk benda uji campuran aspal beton saat akan runtuh yang didapat dari pembacaan dial flow pada alat Marshall.

-Marshall Quatient

Marshall quotient adalah perbandingan nilai stabilitas dan flow. Bukhari (2007), menyebutkan besarnya nilai Marshall quotient dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$MQ = \frac{S}{FLOW} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

MQ = nilai Marshall quotient (kg/mm);

S = nilai stabilitas Marshall (kg)

Flow = pembacaan dial flow (mm)

III. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengumpulan data yang berguna bagi proses penelitian, data yang dibutuhkan adalah data primer dan data skunder. Data Primer diperoleh dari hasil pengujian sifat-sifat fisis material dan hasil pengujian Marshall benda uji campuran beton aspal, sedangkan data skunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari brosur-brosur produksi material dan

literatur lainnya. Metode pengujian mengikuti prosedur AASTHO tahun 1990 dan standar Departemen Pekerjaan Umum atau standar-standar lain bila tidak ada dalam kedua prosedur tersebut.

3.1 Prosedur Perencanaan Tahap Pembuatan Benda Uji

Adapun Pembahasan dalam penelitian ini sebelum pembuatan benda uji penelitian direncanakan sebagai berikut ini:

1. Agregat dikeringkan pada suhu 150-220^oC sekurang kurangnya selama 24 jam didalam oven. Keluarkan dari alat pengering (oven) dan tunggu sampai dingin.
2. Agregat dipisahkan kedalam fraksi fraksi yang dikendaki sesuai sfek dengan cara penyaringan dengan nomor saringan 1/2,3/8,4,8,16,30,50,100,200,Filler.
3. Bahan disiapkan untuk benda uji yang diperlukan yaitu agregat sebanyak ±1.200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira 8-10 cm.
4. Panci pencampur beserta agregat dipanaskan kira-kira 150^oC
5. Aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan dituangkan sebanyak yang dibutuhkan kedalam agregat yang sudah dipanaskan tersebut, kemudian aduklah dengan cepat, dengan tetap mempertahankan masih didalam rentang suhu pemadatan, sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
6. Persiapkan alat untuk memadatkan dengan cara membersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan cetakan sampai suhu antara 140-150^oC.
7. Cetakan diletakkan diatas landasan pematat dan tahan dengan pemegang cetakan.
8. Letakkan kertas saring atau kertas penghisap yang sudah digunting menurut ukuran cetakan kedalam dasar dan atas cetakan.
9. Seluruh campuran dimasukkan kedalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran 15 kali di sekeliling pinggiran cetakan (mold) dan 10 kali dibagian tengah.
10. Alat pematat disiapkan dan dilakukan pemadatan dengan menumbuk spesimen dengan jumlah tumbukan sebanyak 75 kali untuk satu sisi cetakan (mold).
11. Tumbukan dilakukan dengan tinggi jatuh 457,2 mm dan selama pemadatan harus diperhatikan agar kedudukan sumbu palu pematat selalu tegak lurus pada alas cetakan.
12. Keping alas dilepaskan dan dinginkan sampai diperkirakan tidak akan terjadi perubahan bentuk jika benda uji dikeluarkan dari cetakan (mold). Proses pendinginan biasanya dilakukan sekitar 2-3 jam.
13. Keluarkan benda uji dengan menggunakan alat pengeluar (extruder).

Kemudian Letakkan benda uji di atas permukaan air yang rata dan di beri tanda pengenal serta biarkan selama kira-kira 24 jam pada temperature ruang dan seterusnya dibuat sebanyak 15 benda uji dengan variasi kadar aspal : 5% dan variasi kadar cangkang kelapa sawit:25%,50% dan 75%.

3.2 Uji Rendaman Marshall

Pengujian ini dilakukan untuk melihat ketahanan campuran terhadap pengaruh kerusakan air. Air pada campuran beraspal dapat mengakibatkan berkurangnya daya lekat aspal terhadap agregat sehingga dapat melemahkan ikatan antar agregat. Pengujian dilakukan dengan membuat 15 sampel benda uji untuk campuran aspal dengan menggunakan agregat kasar cangkang kelapa sawit dengan kadar 25%,50% dan 75%, dengan kadar aspal 5%. Perendaman sampel dilakukan selama 30 menit dengan suhu 60°C didalam pemanas air (Waterbath) dan lakukan pengujian Marshall. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow) dari campuran cangkang kelapa sawit beraspal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil dalam pembahasan penelitian ini adalah tabel-tabel dan grafik-grafik hasil pemeriksaan dan hasil pengujian material serta hubungan antara masing-masing parameter *Marshall* dengan rentang kadar aspal yang memenuhi semua syarat kriteria campuran beraspal panas lapisan AC-BC serta variasi persentase cangkang kelapa sawit yang diperoleh dari Pt.Nauli Sawit sebagian pengganti agregat kasar dan bahan pengikat berupa aspal.

4.2 Perhitungan Campuran Kerikil, Pasir Dan Cangkang Kelapa Sawit

Pada bagian ini akan dibahas tentang salah satu hasil yang diperoleh dari penelitian dan pengelolaan data yang berupa perhitungan campuran sebelum direncanakan pengujian pada penelitian.

4.3 Batu Kerikil Dan Pasir Dengan Kadar Aspal 5% Dan Campuran Cangkang 25% (Lima Sampel)

1. Kadar Aspal = 5% x 1200 = 60 gr
2. Kadar Agregat = 1200 - 60 = 1140 gr
3. Berat Filler = 7% x 1140 = 79,8 gr
4. Saringan no.200 = 7,2% x 1140 = 82,08 gr
5. Saringan no.100 = 7,2% x 1140 = 82,08 gr
6. Saringan no.50 = 7,2% x 1140 = 82,08 gr
7. Saringan no.30 = 7,2% x 1140 = 82,08 gr

8. Saringan no.16 = 7,2% x 1140 = 82,08 gr
9. Saringan no.8 = 18,35% x 1140 = 209,19 gr - 52,29 gr = 156,9 gr
10. Saringan no.4 = 18,30% x 1140 = 208,62 gr - 52,15 gr = 156,47 gr
11. Saringan no.3/8 = 15,35% x 1140 = 174,99 gr - 43,74 gr
12. Saringan no.1/2 = 5% x 1140 = 57 gr - 14,25 gr

4.4 Percobaan 1 Cangkang Kelapa Sawit 25% Dengan Kadar Aspal 5%

- 1) Kadar Aspal = 5% x 1200 = 60 gram
- 2) Kadar Agregat = 1200 - 60 = 1.140 gram
- 3) Filler = 7% x 1.140 = 79,8 gram

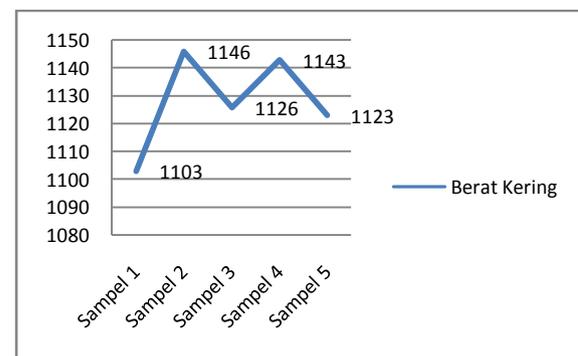
4.5 Pemeriksaan Benda Uji

Data diperoleh setelah dilakukan serangkaian pemeriksaan terhadap bahan yang digunakan untuk benda uji. Pemeriksaan tersebut meliputi pemeriksaan dan pengujian bahan dan pengujian campuran.

4.6 Berat Kering Benda Uji

Berikut adalah data berat kering benda uji penelitian percobaan 1 antara lain :

- Berat Kering Percobaan 1 Kadar aspal 5% cangkang Sawit 25%
Terjadinya penaikan dan penurunan tiap sampel dibawah ini
Sampel 1 = 1103gram
Sampel 2 = 1146gram
Sampel 3 = 1126gram
Sampel 4 = 1143gram
Sampel 5 = 1123gram

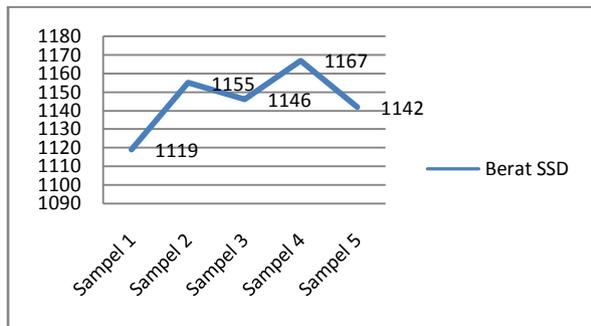


Gambar 1. Grafik Berat Kering Percobaan 1

4.7 Berat SSD

Adapun data penelitian berat SSD dari percobaan 1.

- Berat SSD Percobaan 1 Kadar Aspal 5% Cangkang Sawit 25%
Sampel 1 = 1119gram
Sampel 2 = 1155gram
Sampel 3 = 1146gram
Sampel 4 = 1167gram
Sampel 5 = 1142gram



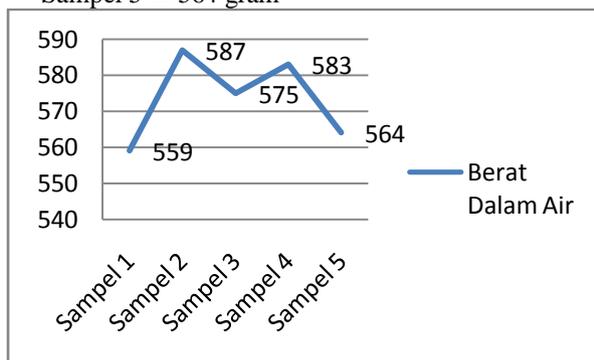
Gambar 2. Grafik Berat SSD Percobaan 1

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Sumatera Utara

4.8 Berat Dalam Air Benda Uji

Adapun pengujian berat dalam air dari percobaan 1 sebagai berikut:

- Berat Dalam Air Percobaan 1 Kadar Aspal 5% Cangkang Sawit 25%
 - Sampel 1 = 559 gram
 - Sampel 2 = 587 gram
 - Sampel 3 = 575 gram
 - Sampel 4 = 583 gram
 - Sampel 5 = 564 gram



Gambar 3. Grafik Berat Dalam Air Percobaan 1

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Sumatera Utara

4.9 Berat Jenis Maksimum Campuran (Max Theory Density) Percobaan 1

Rumus $\frac{100}{\frac{A}{T} + \frac{(100-A)}{V}}$

Dimana :

A = Persen (%) Aspal Terhadap Agregat

T = Berat Jenis Efektif Aspal

V = Berat Jenis Efektif Agregat

Hasil dibawah ini tetap tidak ada kenaikan maupun penurunan setiap sampel

Sampel 1

Maxtheorydensity = $\frac{100}{\frac{5}{1,04} + \frac{(100-5)}{2,71}} = 2,5 \frac{gr}{cm^3}$

Sampel 2

Maxtheorydensity = $\frac{100}{\frac{5}{1,04} + \frac{(100-5)}{2,71}} = 2,5 \frac{gr}{cm^3}$

Sampel 3

Maxtheorydensity = $\frac{100}{\frac{5}{1,04} + \frac{(100-5)}{2,71}} = 2,5 \frac{gr}{cm^3}$

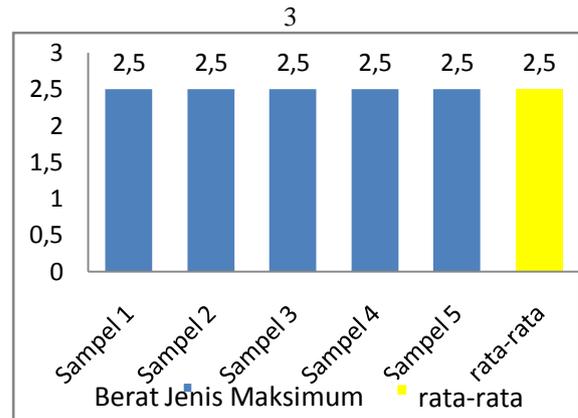
Sampel 4

Maxtheorydensity = $\frac{100}{\frac{5}{1,04} + \frac{(100-5)}{2,71}} = 2,5 \frac{gr}{cm^3}$

Sampel 5

Maxtheorydensity = $\frac{100}{\frac{5}{1,04} + \frac{(100-5)}{2,71}} = 2,5 \frac{gr}{cm^3}$

Rata-rata = $(2,5 + 2,5 + 2,5 + 2,5 + 2,5) = 12,5 : 5 = 2,5 \frac{gr}{cm^3}$



Gambar 4. Grafik Berat Jenis Maksimum Percobaan 1,2 Dan 3

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Sumatera Utara

4.10 Persen Volume Efektif Asphalt Concrete Percobaan 1 Kadar Aspal 5% Cangkang Sawit 25%

Persen Volume Efektif Asphalt Concrete

Rumus = $\frac{(A+H)}{T}$

Dimana :

A = Persen (%) Aspal Terhadap Agregat

H = Berat isi Benda Uji Rata-Rata

T = Berat Jenis Efektif Aspal

Hasil dibawah ini tetap tidak ada kenaikan maupun penurunan setiap sampel

▪ Sampel 1

Persen vol efektif asphalt concrete = $\frac{(5+2,102)}{1,04} = 6,82\%$

▪ Sampel 2

Persen vol efektif asphalt concrete = $\frac{(5+2,102)}{1,04} = 6,82\%$

▪ Sampel 3

Persen vol efektif asphalt concrete = $\frac{(5+2,102)}{1,04} = 6,82\%$

▪ Sampel 4

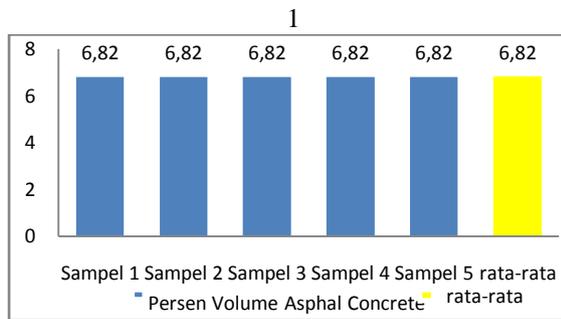
Persen vol efektif asphalt concrete = $\frac{(5+2,102)}{1,04} = 6,82\%$

▪ Sampel 5

Persen vol efektif asphalt concrete = $\frac{(5+2,102)}{1,04} = 6,82\%$

▪ Rata-rata

= $(6,82\% + 6,82\% + 6,82\% + 6,82\% + 6,82\%) = 34,1 : 5 = 6,82\%$



Gambar 5. Grafik Persen Volume Asphalt Concrete Percobaan 1

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Sumatera Utara

Persen Volume Agregat Percobaan 1 Kadar Aspal 5% Cangkang Sawit 25%

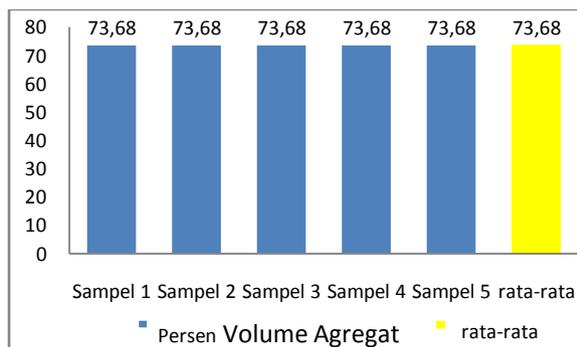
Rumus = $\frac{(100-A) \times H}{V}$

Dimana:
 A= Persen (%) asfalt terhadap agregat
 H = Berat isi benda uji rata-rata
 V = Berat jenis efektif agregat

Hasil dibawah ini tetap tidak ada kenaikan maupun penurunan setiap sampel

- Sampel 1
 Persen Vol agregat = $\frac{(100-5) \times 2,102}{2,71}$
 = 73,68%
- Sampel 2
 Persen Vol agregat = $\frac{(100-5) \times 2,102}{2,71}$
 = 73,68%
- Sampel 3
 Persen Vol agregat = $\frac{(100-5) \times 2,102}{2,71}$
 = 73,68%
- Sampel 4
 Persen Vol agregat = $\frac{(100-5) \times 2,102}{2,71}$
 = 73,68%
- Sampel 5
 Persen Vol agregat = $\frac{(100-5) \times 2,102}{2,71}$
 = 73,68%

Rata-rata
 = $\frac{73,68\% + 73,68\% + 73,68\% + 73,68\%}{5}$
 = 73,68%

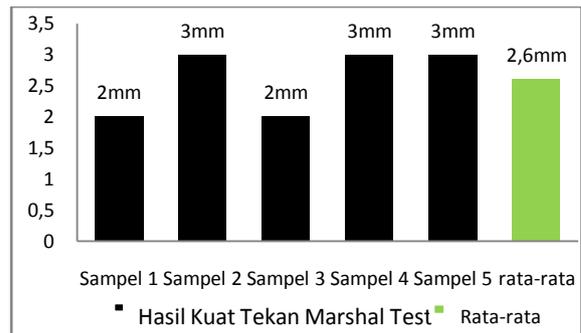


Gambar 6. Grafik Persen Volume Agregat Percobaan 1

4.11 Pengujian Dengan Marshall Test

Hail Kuat Tekan Dengan Marshal Test Dengan Nilai Flow Sebagai Berikut:

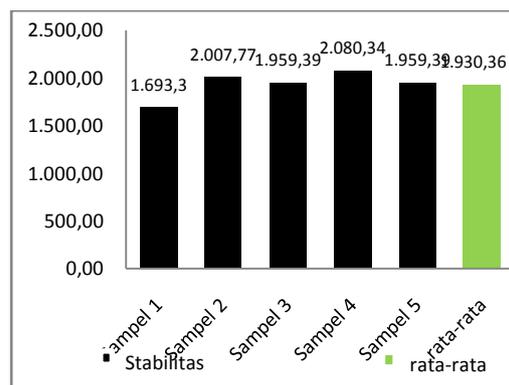
- ❖ Percobaan 1 Dengan Kadar Aspal 5% Cangkang Sawit 25%
- Terjadinya penurunan maupun kenaikan tiap sampel dibawah ini
- Sampel 1 = 2 mm
 - Sampel 2 = 3 mm
 - Sampel 3 = 2 mm
 - Sampel 4 = 3 mm
 - Sampel 5 = 3 mm
 - Rata-rata (S) = 2,6 mm



Gambar 7. Grafik Kuat Tekan Marshall Test Percobaan 1

- Hail Kuat Tekan Dengan Marshal Test Dengan Nilai Stabilitas Sebagai Berikut:

- Percobaan 1 Dengan Kadar Aspal 5% Cangkang Sawit 25%
- Terjadinya penurunan maupun kenaikan tiap sampel dibawah ini
- Sampel 1 = 1.693,3 gram
 - Sampel 2 = 2.007,77 gram
 - Sampel 3 = 1.911,01 gram
 - Sampel 4 = 2.080,34 gram
 - Sampel 5 = 1.959,39 gram
 - Rata-rata (R) = 1.930,36 gram



Gambar 8. Grafik Stabilitas Percobaan 1

4.12 Marshall Quatient

Merupakan hasil bagi antara Stabilitas dan Flow yang diperoleh dari uji tekan dengan metode Marshall.

❖ Percobaan 1 Kadar Aspal 5% Cangkang Sawit 25%

Terjadinya penurunan maupun kenaikan tiap sampel dibawah ini

Sampel 1 = 1.693,3 : 2 = 846,65 gr/mm

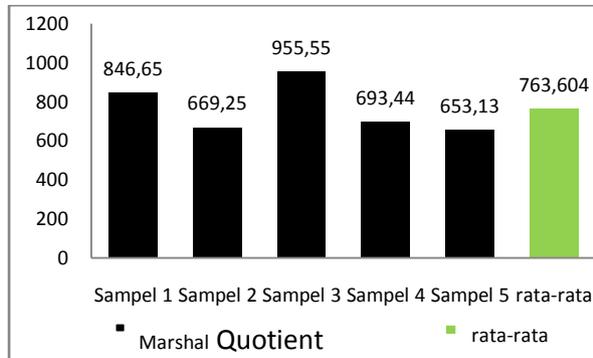
Sampel 2 = 2.007,77 : 3 = 669,25 gr/mm

Sampel 3 = 1.911,01 : 2 = 955,55 gr/mm

Sampel 4 = 2.080,34 : 3 = 693,44 gr/mm

Sampel 5 = 1.959,39 : 3 = 653,13 gr/mm

R/S = 3.818,02 : 5 = 763,604 gr/mm



Gambar 9. Grafik Marshal Quotient Percobaan 1

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari ketiga persentase antara campuran cangkang sawit 25%,50%,75% dalam pengujian tes Uji Marshall campuran aspal dengan 5% menggunakan cangkang kelapa sawit yang mampu menahan roda lalu lintas dan bisa digunakan dalam perencanaan suatu perkerasan jalan lokal yang volume lalu lintas nya rendah ialah Percobaan 25% dan 50% .
2. Substitusi persentase cangkang kelapa sawit yang besar menyebabkan nilai stabilitas semakin meningkat dan menurunkan nilai yang terjadi pada flow,semakin besar penggunaan cangkang kelapa sawit maka benda uji semakin tidak tahan terhadap kelelahan sehingga membuat nilai marshall quotient menjadi tinggi seiring menurunnya nilai flow.
3. Sampel yang tidak mampu menahan beban roda lalu lintas karena pada saat dilakukan pengujian menggunakan tes Uji Marshall. Terjadi kelelahan sehingga tidak bisa digunakan dalam perencanaan suatu perkerasan jalan.
4. Dari semua pengujian sifat-sifat fisis material agregat didapat bahwa cuma percobaan 1 dengan kadar aspal 5% dan cangkang sawit 25%, Percobaan 2 dengan kadar aspal 5% dengan cangkang sawit 50% yang telah memenuhi spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum dan dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal.
5. Nilai pengujian marshall antara Stabilitas dan Flow yang didapat percobaan 1 dan 2 memenuhi sfesifikasi yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anonim, 1999, Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas dengan Pendekata Kepadatan Mutlak,Direktorat Jenderal Bina Marga,Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- [2]. Aonim, 2004, Pedoman Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [3]. Anonim, 2010, Spesifikasi Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pek Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [4]. Bina Marga (2010) Spesifikasi Umum 2010 Rev 3, Campuran Beraspal Panas
- [5]. Bukhari dkk, 2007, Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan Jalan Raya, Fakultas Tenik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- [6]. H. Oglesby, Clarkson. 1999, Teknik Jalan Raya (ahli bahasa) Jilid 1
- [7]. RSNI.M-01-2003, Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall.
- [8]. Saodang, H, 2004, Perencanaan Perkerasan Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.
- [9]. SNI 03-1968-1990, Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar.
- [10]. SNI 1969:2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar dan Halus.
- [11]. SNI 2432:2011, Cara Uji Penetrasi Aspal.
- [12]. Sukirman,S, 1999, Perkerasan Lentur Jaln Raya, Penerbit Granit, Bandung.
- [13]. Sukirman,S, 2003, Beton Aspal Campuran Panas, Penerbit Granit, Bandung
- [14]. Departemen Pekerjaan Umum (2010), Spesifikasi umum bidang jalan dan Jembatan(revisiIII) badan penelitian dan pengembangan PU,Departemen Pekerjaan Umum,Jakarta
- [15]. *American Society for Testing and materials*,(1989)*Marshal Stability Test Apparatus*,ASTM designation:D-1559-62 T,philadelphia,PA.