

PENGARUH PENAMBAHAN SERABUT KELAPA SAWIT DI TINJAU DARI NILAI PARAMETER MARSHALL TEST TERHADAP CAMPURAN (ASPHALT TREATED BASE)

Marwan Lubis, Darlina Tanjung, Syukran Illahi

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

marwanlubis@uisu.ac.id; darlinatanjung@yahoo.com; Fikr501@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik Marshall campuran (ATB) menggunakan limbah serabut sawit sebagai substitusi agregat halus pada campuran aspal beton (ATB) dengan membuat variasi serabut kelapa sawit 6%, 7%, 8%, 9%, 10%. Dan menentukan kadar aspal optimum (KAO). Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik campuran ATB menggunakan limbah serabut kelapa sawit sebagai substitusi agregat halus yang memenuhi spesifikasi pada semua kadar aspal meliputi nilai density (kepadatan), voids in mineral agregat (VIM), stabilitas dan marshall quotient (MQ), Kadar aspal Optimum (KAO) Campuran ATB 5%. Hasil yang didapat dari Marshall Test percobaan (1) 1.935,2 kg, 2.056,15 kg, 1.935,2 kg, percobaan (2) 2.177,1 kg, 2.298,05 kg, 1.935,2 kg percobaan (3) 2.177,1 kg, 1.693,3 kg, 2.177,1 kg, percobaan (4) 1.814,25 kg, 1.693,3 kg, 1.814,25 kg, percobaan (5) 1.572,35 kg, 1.693,3 kg, 1.451,4 kg. Dan Flow percobaan (1) 3 mm, 3 mm, 2 mm, percobaan (2) 4 mm, 3 mm, 3 mm, percobaan (3) 3 mm, 3 mm, 3 mm, percobaan (4) 2 mm, 2 mm, 3 mm, percobaan (5) 2 mm, 2 mm, 2 mm. Berdasarkan pengujian marshall stabilitas dan flow pada campuran serabut kelapa sawit semakin kecil serabut sawit digunakan maka semakin memenuhi spesifikasi, dan layak digunakan dalam perkerasan lentur. Kadar serabut kelapa sawit sebagai substitusi agregat halus pada campuran aspal ATB yang paling optimal berada pada substitusi penambahan serabut kelapa sawit 6%, dan 7%.

Kata Kunci : Campuran ATB Serabut Kelapa Sawit, KAO, Parameter Marshall

I. PENDAHULUAN

Transportasi darat masih menjadi andalan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan mobilitas, terutama untuk jarak pendek sampai menengah. Hal ini mengakibatkan kebutuhan akan prasarana transportasi darat terutama jaringan jalan senantiasa meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan. Peningkatan kebutuhan ini harus diimbangi dengan peningkatan performa perkerasan jalan agar jalan yang dibangun kuat dan mampu memenuhi umur layannya.

Salah satu jenis dari aspal beton campuran panas yang di gunakan dalam perkerasan jalan adalah campuran *Asphalt Treated Base* (ATB) sebagai lapis pondasi atas yang terletak di bawah lapis permukaan yang khusus di formulasikan untuk meningkatkan keawetan dan ketahanan kelelahan. Campuran ATB pada dasarnya terdiri dari agregat, bahan pengisi dan bitumen dengan proporsi campuran yang telah ditentukan dan harus memiliki sifat-sifat yang memenuhi persyaratan.

Dalam pelaksanaan perkerasan jalan raya jumlah tumbukan dan pemadatan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan aspal. Campuran aspal panas untuk perkerasan lentur diuji dengan menggunakan metode Marshall. Pemadatan mempengaruhi kekuatan campuran aspal terutama dari nilai-nilai parameter uji Marshall, yaitu stabilitas dan *flow* (kelelahan) suatu campuran. Kedua parameter tersebut

berpengaruh besar terhadap kekuatan dan keawetan suatu campuran aspal.

Material dengan mutu yang baik akan menghasilkan konstruksi perkerasan yang memiliki stabilitas tinggi. Dwina Archenita (2004), juga telah melakukan penelitian dengan memanfaatkan serabut kelapa sawit ini sebagai pengganti agregat halus untuk bahan perkerasan jalan pada campuran aspal dengan metode marshall oleh karena itu perlu di cari suatu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif dengan menggunakan limbah serabut kelapa sawit sebagai bahan penambahan agregat halus.

Campuran material perkerasan jalan sangat menentukan kualitas pada lapisan perkerasan aspal, material perkerasan jalan harus memenuhi persyaratan tertentu yang di tetapkan oleh peraturan seperti yang di tetapkan Bina Marga seperti berat jenis, kadar penyerapan, kepipihan dan lain-lain. Penelitian ini memanfaatkan limbah serabut kelapa sawit sebagai bahan penambah agregat halus pada campuran ATB (*Asphalt Treated Base*) mengingat tumpukan limbah serabut kelapa sawit semakin banyak serta belum di optimalkan semaksimal mungkin.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Sukirman (2003), Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan

tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yaitu berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

-Laston ATB (Asphalt Treated Base)

Asphalt treated base (ATB) adalah beton aspal campuran panas (hot mix) yang berfungsi sebagai lapis pondasi. ATB tersusun dari fraksi-fraksi material berbutir (agregat) dan aspal sebagai bahan pengikat sesuai dengan spesifikasi campuran yang telah ditentukan.

Merupakan suatu konstruksi lapis pondasi yang dapat ditempatkan di bawah lapis permukaan beraspal maupun lapis beton semen. Sifat campuran ATB mempunyai rongga udara dan permeabilitas yang cukup besar seperti AC-BC (*Asphalt Concrete - Binder Course*).

-Spesifikasi ATB (Asphalt Treated Base)

ATB (*Asphalt Treated Base*) mempunyai arti lapis aspal beton atas yang disingkat laston atas, terdiri dari campuran aspal dengan bermacam fraksi, baik fraksi agregat kasar, fraksi agregat halus dan bahan pengisi dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas dan diletakkan di atas lapis pondasi atas. ATB berfungsi untuk mendukung dan menyebarkan beban ke bagian konstruksi jalan di bawahnya serta tempat meletakkan lapis permukaan yang kedap air.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pengumpulan data yang berguna bagi penelitian, data yang di butuhkan adalah data primer dan sekunder. Data Primer di peroleh dari hasil pengujian sifat-sifat fisis material dan hasil pengujian marshall benda uji campuran beton aspal, sedangkan sekunder merupakan data pendukung yang di peroleh dari brosur produksi material dan literatur lainnya. Metode pengujian mengikuti prosedur AASTHO tahun 1990 dan standar Departemen pekerjaan umum.

Lokasi penelitian berada di Laboratorium Universitas Islam Sumatra Utara dan pengujian Marshall di lakukan di Labpratorium PT. Adhi karya.

3.1 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan perencanaan yaitu dengan penelitian laboratorium sebagai berikut :

1. Pengadaan alat dan penyediaan bahan yang akan digunakan untuk melakukan penelitian.
2. Pemeriksaan terhadap bahan material yang akan digunakan untuk melakukan penelitian.

3. Merencanakan contoh campuran lapis aspal beton ATB.
4. Merencanakan contoh campuran dengan pembuatan sampel benda uji.
5. Melakukan pengujian dengan alat Marshall test.
6. Analisa hasil pengujian sehingga diperoleh hasil dari pengujian.

3.2 Tahapan Pembuatan Benda Uji

1. Merupakan tahap persiapan bahan dan alat yang di gunakan . Menentukan persentase masing-masing butiran campuran.
2. Pisahkan agregat ke dalam fraksi-fraksi yang sudah ditentukan dengan cara penyaringan dan lakukan penimbangan.
3. Pencampuran benda uji.
 - Untuk setiap benda uji diperlukan agregat dan aspal sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$ ($2,5 \pm 0,05 \text{ inc}$).
 - Panaskan agregat hingga suhu 150°C
 - Tuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan, kemudian aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
4. Pematatan benda uji
 - Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara $90^\circ \text{C} - 150^\circ \text{C}$.
 - Letakan cetakan di atas landasan pematat dan ditahan dengan pemegang cetakan.
 - Letakkan kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai ukuran dasar cetakan
 - Masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali sekeliling pinggirannya dan 10 kali bagian tengahnya.
 - Letakkan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan
 - Padatkan campuran dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan dengan jumlah tumbukan 75 kali untuk sisi atas dan 75 kali untuk sisi bawah.
 - Setelah kira-kira temperatur hangat keluarkan benda uji dari cetakan dengan menggunakan Extruder dan letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan beri tanda pengenal serta biarkan selama 24 jam pada temperatur ruang.

3.3 Pengujian Stabilitas dan Flow

Setelah penentuan berat bulk specific gravity benda uji, pengujian stabilitas dan flow

dilaksanakan dengan menggunakan alat uji Marshall sebagai berikut:

1. Rendamlah benda uji dalam penangas air selama 30 – 40 menit dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji.
2. Untuk mengetahui indeks perendaman, benda uji direndam dalam pemanas air selama 24 jam dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
3. Permukaan dalam testing head dibersihkan dengan baik. Suhu head harus dijaga dari 21°C - 37°C dan digunakan bak air apabila perlu. Guide road dilumasi dengan minyak tipis sehingga bagian atas head akan meluncur tanpa terjepit. Periksa indikator proving ring yang digunakan untuk mengukur beban yang diberikan. Pada setelah dial proving ring di stel dengan jarum menunjukkan angka nol dengan tanpa beban.
4. Sampel percobaan yang telah direndam dalam water bath diletakkan ditengah bagian bawah dari test head. Flow meter diletakkan diatas tanpa guide road dan jarum petunjuk dinolkan.
5. Pasang bagian atas alat penekan uji Marshall di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji Marshall.
6. Pasang arloji pengukur pelelehan pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (sleeve) dipegang teguh pada bagian atas kepala penekan.
7. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji
8. Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
9. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal tidak sama dengan 63,5 mm, beban harus dikoreksi dengan factor pengali.
10. Catat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

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 ATB serta variasi persentase serabut kelapa sawit yang diperoleh dari Pt.Nauli Sawit sebagian pengganti agregat halus dan bahan pengikat berupa aspal. Selanjutnya disajikan

berbagai variasi percampuran aspal dalam bentuk tabel dan grafik yang menghubungkan antara variasi campuran dengan parameter *Marshall* dan durabilitas.

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (Stabilitas) terhadap kelelahan (*Flow*) dari campuran aspal ketahanan (Stabilitas) adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam Kg ,kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm.

4.1 Perhitungan Campuran Kerikil, Pasir Dan Serabut Sawit

Pada bagian ini akan dibahas tentang salah satu hasil yang diperoleh dari penelitian dari pengolahan data perhitungan campuran sebelum di rencanakan pengujian pada penelitian.

-Batu Kerikil Dan Pasir Dengan Kadar Aspal 5% Dan Campuran Serabut 6%

1. Kadar Aspal = $5\% \times 1200 = 60$ gr
2. Kadar Agregat = $1200 - 60 = 1140$ gr
3. Filler = $7\% \times 1140 = 79,8$ gr
4. Saringan 200 = $7,2\% \times 1140 = 77,16$ gr
= 4,92 gr
5. Saringan 100 = $7,2\% \times 1140 = 77,16$ gr
= 4,92 gr
6. Saringan 50 = $7,2\% \times 1140 = 77,16$ gr
= 4,92 gr
7. Saringan 30 = $7,2\% \times 1140 = 77,16$ gr
= 4,92 gr
8. Saringan 16 = $7,2\% \times 1140 = 77,16$ gr
= 4,92 gr
9. Saringan 8 = $7,2\% \times 1140 = 209,19$ gr
10. Saringan 4 = $7,2\% \times 1140 = 208,62$ gr
11. Saringan 3/8 = $7,2\% \times 1140 = 174,99$ gr
12. Saringan 1/2 = $7,2\% \times 1140 = 57$ gr

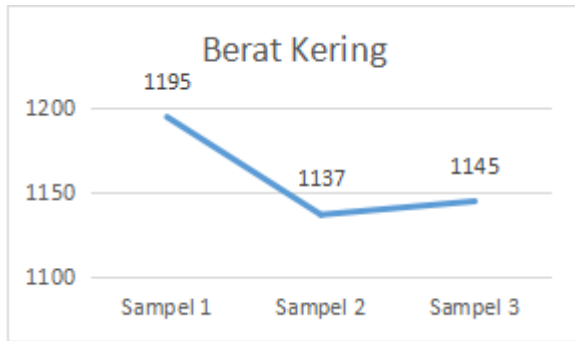
4.2 Pemeriksaan Benda Uji

Data di peroleh setelah dilakukan serangkaian pemeriksaan terhadap bahan yang digunakan untuk benda uji, pemeriksaan tersebut meliputi pengujian bahan dan pengujian campuran.

- Berat Kering Benda Uji

Beriku adalah data berat kering benda uji penelitian percobaan :

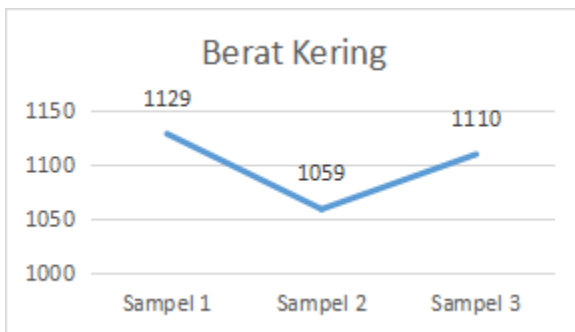
- Berat Kering Percobaan 1 Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 6%
Sampel 1 = 1196 gr
Sampel 2 = 1137 gr
Sampel 3 = 1145 gr



Gambar 1. Grafik Berat Kering

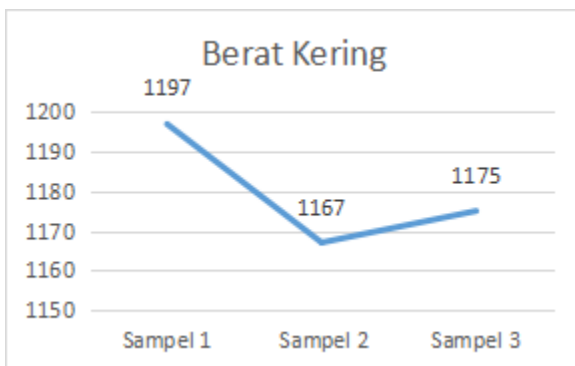
Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Sumatera Utara

- Berat Kering Percobaan 2 Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 7%
Sampel 1 = 1129 gr
Sampel 2 = 1059 gr
Sampel 3 = 1110 gr



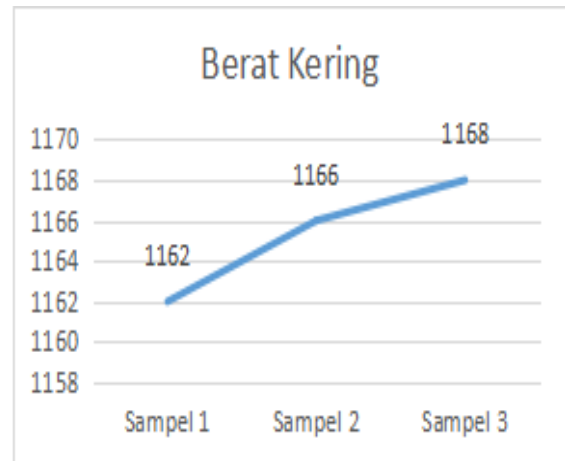
Gambar 2. Grafik Berat Kering
Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Sumatera Utara

- Berat Kering Percobaan 3 Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 8%
Sampel 1 = 1197 gr
Sampel 2 = 1167 gr
Sampel 3 = 1175 gr



Gambar 3. Grafik Berat Kering
Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Sumatera Utara

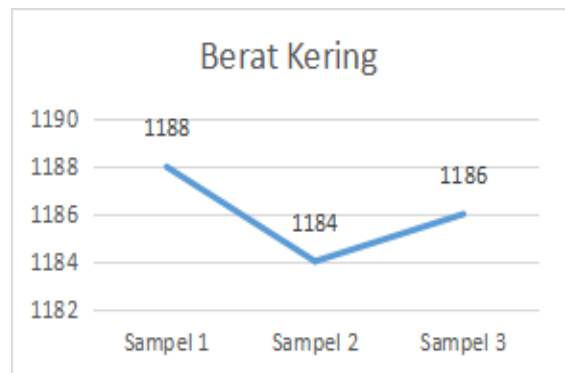
- Berat Kering Percobaan 4 Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 9%
Sampel 1 = 1162 gr
Sampel 2 = 1166 gr
Sampel 3 = 1168 gr



Gambar 4. Grafik Berat Kering

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Sumatera Utara

- Berat Kering Percobaan 5 Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 10%
Sampel 1 = 1188 gr
Sampel 2 = 1184 gr
Sampel 3 = 1186 gr



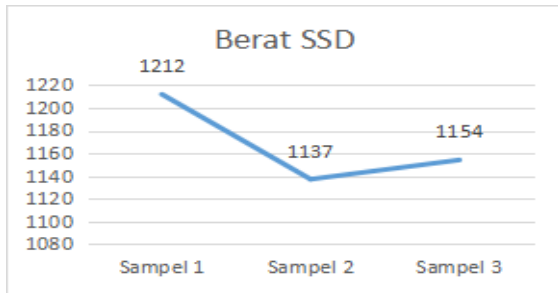
Gambar 5. Grafik Berat Kering

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil FT. UISU

-Berat SSD Benda Uji

Adapun data penelitian berat SSD dari percobaan 1 sebagai berikut :

- 5 Berat SSD Percobaan 1 Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 6%
Sampel 1 = 1212 gr
Sampel 2 = 1137 gr
Sampel 3 = 1154 gr

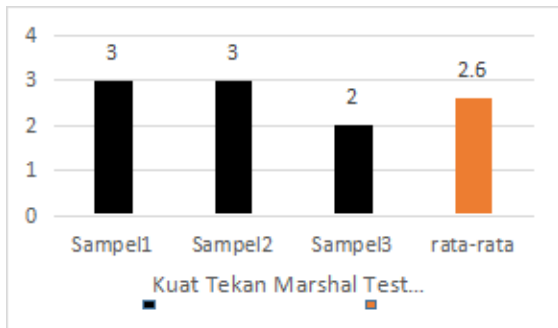


Gambar 6. Grafik Berat SSD
 Sumber : Laboratorium Teknik Sipil FT. UISU

6 Pengujian Dengan Marshall Test

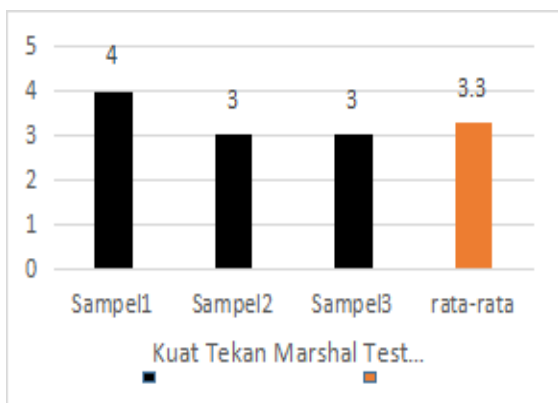
Hasil Kuat Tekan Marshall Test Dengan Nilai Flow Sebagai Berikut :

- Percobaan 1 Dengan Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 6%
 Sampel 1 = 3 mm
 Sampel 2 = 3 mm
 Sampel 3 = 2 mm
 Rata-rata (S) = 2,6 mm



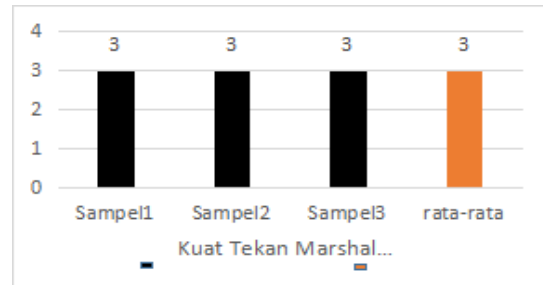
Gambar 7. Grafik Kuat Tekan Marshall Test
 Sumber : Laboratorium PT.Adhi Karya

- Percobaan 2 Dengan Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 7%
 Sampel 1 = 4 mm
 Sampel 2 = 3 mm
 Sampel 3 = 3 mm
 Rata-rata (S) = 3,3 mm



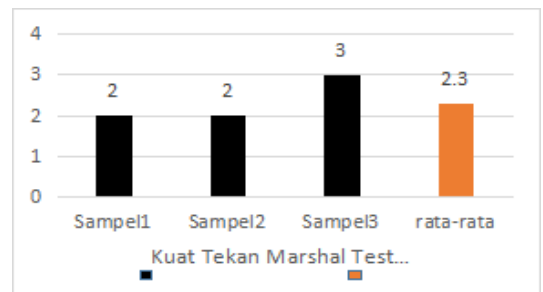
Gambar 8. Grafik Kuat Tekan Marshall Test
 Sumber : Laboratorium PT.Adhi Karya

- Percobaan 3 Dengan Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 8%
 Sampel 1 = 3 mm
 Sampel 2 = 3 mm
 Sampel 3 = 3 mm
 Rata-rata (S) = 3 mm



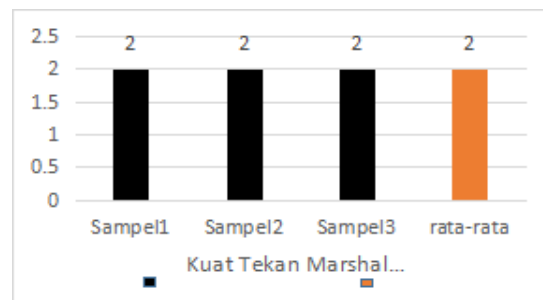
Gambar 9. Grafik Kuat Tekan Marshall Test
 Sumber : Laboratorium PT.Adhi Karya

- Percobaan 4 Dengan Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 9%
 Sampel 1 = 2 mm
 Sampel 2 = 2 mm
 Sampel 3 = 3 mm
 Rata-rata (S) = 2,3 mm



Gambar 10. Grafik Kuat Tekan Marshall Test
 Sumber : Laboratorium PT.Adhi Karya

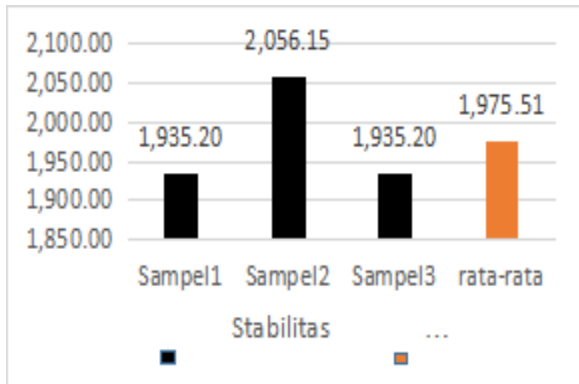
- Percobaan 5 Dengan Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 10%
 Sampel 1 = 2 mm
 Sampel 2 = 2 mm
 Sampel 3 = 2 mm
 Rata-rata (S) = 2 mm



Gambar 11. Grafik Kuat Tekan Marshall Test
 Sumber : Laboratorium PT.Adhi Karya

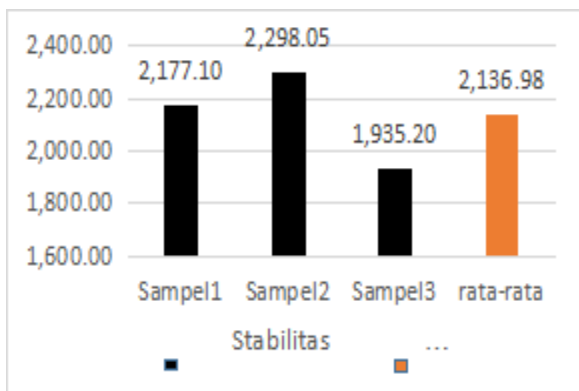
7 Hasil Kuat Tekan Marshall Test Dengan Nilai Stabilitas Sebagai Berikut :

- Percobaan 1 Dengan Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 6%
 Sampel 1 = 1.935,2 gr
 Sampel 2 = 2.056,15 gr
 Sampel 3 = 1.935,2 gr
 Rata-rata (S) = 1.975,51 gr



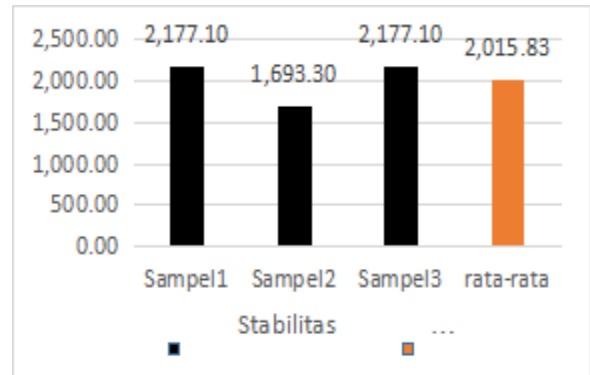
Gambar 12. Grafik Stabilitas
 Sumber : Laboratorium PT.Adhi Karya

- Percobaan 2 Dengan Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 7%
 Sampel 1 = 2.177,1 gr
 Sampel 2 = 2.298,05 gr
 Sampel 3 = 1.935,2 gr
 Rata-rata (S) = 2.136,98 gr



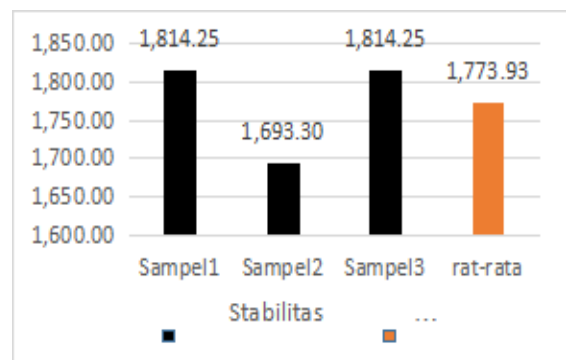
Gambar 13. Grafik Stabilitas
 Sumber : Laboratorium PT.Adhi Karya

- Percobaan 3 Dengan Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 8%
 Sampel 1 = 2.177,1 gr
 Sampel 2 = 1.693,3 gr
 Sampel 3 = 2.177,1 gr
 Rata-rata (S) = 2.015,83 gr



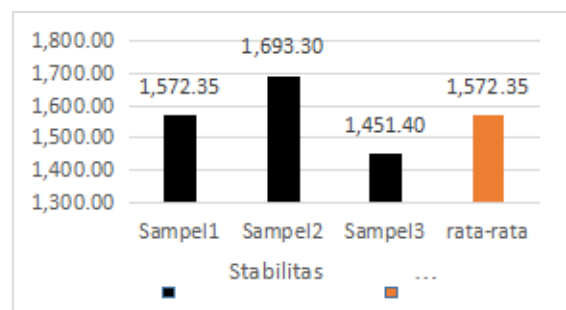
Gambar 14. Grafik Stabilitas
 Sumber : Laboratorium PT.Adhi Karya

- Percobaan 4 Dengan Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 9%
 Sampel 1 = 1.814,25 gr
 Sampel 2 = 1.693,3 gr
 Sampel 3 = 1.814,25 gr
 Rata-rata (S) = 1.773,93 gr



Gambar 15. Grafik Stabilitas
 Sumber : Laboratorium PT.Adhi Karya

- Percobaan 5 Dengan Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 10%
 Sampel 1 = 1.572,35 gr
 Sampel 2 = 1.693,3 gr
 Sampel 3 = 1.451,4 gr
 Rata-rata (S) = 1.572,35 gr



Gambar 16. Grafik Stabilitas

8 Marshall Quatient

Merupakan hasil bagi antara Stabilitas dan Flow yang di peroleh dari uji tekan metode Marshall.

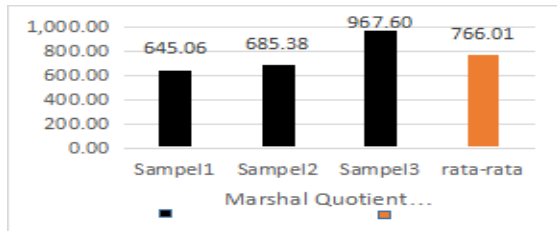
- Percobaan 1 Dengan Kadar Aspal 5% Serabut Sawit 6%

Sampel 1 = $1.935,2 : 3 = 645,06$ gr/mm

Sampel 2 = $2.056,15 : 3 = 685,38$ gr/mm

Sampel 3 = $1.935,2 : 2 = 967,6$ gr/mm

Rata-rata(S)= $2.298,04 : 3 = 766,01$ gr/mm



Gambar 17. Grafik Marshall Quatient

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari kelima persentase antara campuran serabut sawit 6%, 7%, 8%, 9%, 10% dalam pengujian tes Uji Marshal campuran aspal dengan 5% menggunakan serabut kelapa sawit dapat di katakan semakin kecil persentase sawit maka semakin bagus.
2. Substitusi persentase serabut kelapa sawit yang besar menyebabkan nilai stabilitas semakin meningkat dan menurunkan nilai yang terjadi terhadap Flow, semakin besar penggunaan serabut kelapa sawit maka benda uji semakin tidak tahan terhadap kelelahan sehingga membuat nilai Marshal Quatient menjadi tinggi seiring menurunnya nilai Flow.
3. Nilai pengujian Marshall antara Stabilitas dan Flow yang di dapat percobaan 1 dan 2 hampir memenuhi spesifikasi yang telah di tetapkan.
4. Sampel-sampel tersebut tidak mampu menahan beban roda lalu lintas karena pada saat di lakukan pengujian menggunakan tes uji Marshall meleleh sehingga tidak bisa di gunakan dalam perencanaan suatu pekerasan jalan.

5.2 Saran

1. Penggunaan serabut sawit terhadap aspal tidak baik untuk digunakan, sebaiknya menggunakan agregat halus. Di karenakan serabut tidak bersifat butiran seperti pasir.
2. Penggunaan serabut sawit terhadap aspal tidak baik di gunakan karena dengan 5 kali percobaan dengan campuran 6%, 7%, 8%, 9%, 10% hasilnya jauh dan berbeda di setiap persentase campuran.

3. Agar di peroleh sampel benda uji yang baik perlu diperhatikan pada saat pengadukan dan pemadatan, karena apabila dalam pemadatan dilakukan secara tidak teliti maka sampel benda uji akan mengalami kerusakan sehingga akan mengurangi kekuatan benda uji yang telah di rencanakan.
4. Dari hasil pengujian benda uji harus perlu diperhatikan selanjutnya dengan variasi persentase serabut sawit dengan nilai persentase lebih rendah lagi agar mendapatkan hasil yang memuaskan dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ari Edoyanto, 2011. *Morphologi Penampang Kelapa sawit*
- [2]. Hadi Rendra Dwi Kurniawan. 2020. *Pengaruh Penambahan Serat serabut Kelapa Pada Campuran Asphalt Treated Base(ATB) Ditinjau Dari Uji Marshall*, Jawa Timur : Institut Teknologi Nasional Malang, Malang
- [3]. P.Eliza Purnamasari, 2007, *Pengaruh Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Dengan Filler Serbuk Bentonit Pada HRS-BASE DAN HRS- WC*, Jawa Tengah : Universitas Atmajaya Yogyakarta
- [4]. Ridwan Fahlih N,M , Zainul Arifin , Hendi Bowoputro. *Pengaruh Variasi Kadar Dan Panjang Serabut Kelapa Terhadap Karakteristik Marshall Pada Aspal Porus*. Jawa Timur : Universitas Brawijaya
- [5]. Zainul Rohman. 2010. *Pengaruh bahan tambah serat serabut kelapa pada perkerasan jalan HRS-BASE dan HRS-WC* yang menggunakan filler abu batu kapur. Jawa Timur Universitas Negeri Jember.
- [6]. Badan Standarisasi Nasional. 1991. *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall*. Sni 06-2489-1991, 1, 7.
- [7]. Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 03-1968-1990 : *Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar*. Badan Standardisasi Nasional,
- [8]. Kurniasari, F. D., Sugiarto, S., Sipil, M. T., Teknik, F., Kuala, S., Aceh, B., Sipil, J. T., Teknik, F., Kuala, U. S., & Aceh, B. 2018. *Pengaruh Filler Abu Ampas Tebu (Aat) Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60 / 70 Pada Campuran Laston AC-WC*. 1(4), 69–78. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i1.12457>
- [9]. Sukirman, S. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

- [10]. Syafpoetri, N. A. D. I., Djauhari, Z., & Olivia, M. 2018. *Karakteristik Mortar Dengan Campuran Dalam Rendaman Nacl*. 14(1), 63–72
- [11]. Tarmizi, T., Saleh, S. M., & Isya, M. 2018. *Pengaruh Substitusi Semen Portland Dan Fly Ash Batubara Pada Filler Abu Batu Terhadap Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*. Jurnal Teknik Sipil, 1(3), 749–760. <https://doi.org/10.24815/jts.v1i3.10036>
- [12]. *American Society for Testing and materials*, (1989) *Marshal Stability Test Apparatus*, ASTM designation: D-1559-62 T, philadelphia, PA.