

ANALISIS PEMANFAATAN CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI AGREGAT PADA CAMPURAN ASPAL (AC-BC) TERHADAP NILAI MARSHALL

Marwan Lubis¹⁾, M. Husni Malik Hasibuan²⁾, Priandi Lamhot Sianipar³⁾

^{1,2)}Dosen Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik UISU

³⁾Mahasiswa Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik UISU

marwanlubis@gmail.com; husnihasibuan@ft.uisu.ac.id;

priandisianipar9@gmail.com

Abstrak

Perkerasan jalan raya adalah segala jenis material konstruksi yang dihampar dan dipadatkan di atas lapisan tanah dasar. Kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur asphathenes, resins dan oils. Penggunaan filler pada campuran aspal adalah untuk mengisi rongga dalam campuran aspal, mengikat daya ikat aspal dan untuk meningkatkan stabilitas dari campuran aspal. Penambahan kadar filler akan memperbaiki ketahanan campuran aspal terhadap temperature tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh agregat yang menggunakan cangkang kelapa sawit pada campuran aspal AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) terhadap nilai marshall. Dalam penelitian ini, pengujian dan persyaratan bahan yang digunakan sesuai dengan SNI Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010, Departemen Pekerjaan Umum. Penelitian ini menggunakan empat sampel, yaitu sampel pertama menggunakan campuran cangkang kelapa sawit 30% dengan kadar aspal 5,5%, sampel kedua menggunakan campuran cangkang kelapa sawit 30% dengan kadar aspal 6%, sampel ketiga menggunakan campuran cangkang kelapa sawit 60% dengan kadar aspal 5,5%, dan sampel keempat menggunakan campuran cangkang kelapa sawit 60% dengan kadar aspal 6%. Dari hasil penelitian ini menggunakan tes uji marshall, hanya satu sampel satu, yaitu campuran cangkang kelapa sawit 30% dengan kadar aspal 5,5% yang mampu menahan beban roda lalu lintas dan bisa digunakan dalam perencanaan suatu perkerasan jalan local yang volume lalulintasnya rendah. Sedangkan ketig sampel lainnya tidak kuat menahan beban roda lalu lintas karena pada saat dilakukan pengujian menggunakan tes uji marshall, ketiga sampel lainnya meleleh sehingga tidak bisa digunakan dalam perencanaan perkerasan jalan.

Kata Kunci: Perkerasan Jalan, Filler, Cangkang Kelapa, Campuran, Uji Marshall

I. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan raya adalah segala jenis material konstruksi yang dihampar dan dipadatkan di atas lapisan tanah dasar. Permukaan tanah pada umumnya tidak cukup kuat dan tahan, tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban roda berulang. Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan maka penelitian ini dicoba menggunakan metode kepadatan mutlak.

Derajat kepadatan mutlak (PRD) adalah rasio antara kepadatan uji laboratorium terhadap kepadatan refusal dalam satuan persen. Kepadatan mutlak merupakan pendekatan terhadap kondisi lapangan setelah campuran beraspal dipadatkan secara sekunder oleh lalu lintas selama beberapa tahun umur rencana, tanpa mengalami perubahan bentuk plastis. Dari penelitian ini diharapkan cangkang kelapa sawit dapat dijadikan sebagai agregat pada campuran aspal sehingga cangkang kelapa sawit dapat berguna sebagai alternatif campuran beraspal dan dapat memiliki kinerja yang lebih baik.

Aspal mempunyai sifat visco-elastis dan tergantung dari waktu pembebanan. Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Kandungan aspal terdiri dari 80% karbon 10% belerang dan sisanya oksigen dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel dan vanadium. Aspal terbuat dari minyak mentah melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama material lain.

Agregat adalah butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupakuran besar maupun kecil. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90%-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75%-85% agregat berdasarkan persentase volume.

Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Kelapa sawit adalah salah satu produk perkebunan yang umum dan azim dijumpai di Indonesia. Cangkang kelapa sawit ini memiliki ketersediaan yang cukup banyak, mudah didapat, dan harga yang relatif

murah. Ditinjau dari segi ketersediaan yang cukup banyak dan manfaat dari cangkang kelapa sawit, maka dalam penelitian ini cangkang kelapa sawit dijadikan alternatif sebagai bahan campuran aspal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

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 (*Materi Kuliah PPJ Teknik Sipil UNDIP*). Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (*Silvia Sukirman, 2003*).

2.1 Jenis Konstruksi Perkerasan dan Komponennya

Konstruksi perkerasan terdiri dari beberapa jenis sesuai dengan bahan ikat yang digunakan serta komposisi dari komponen konstruksi perkerasan itu sendiri (*Materi Kuliah PPJ Teknik Sipil UNDIP*), antara lain:

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
 - a. Memakai bahan pengikat aspal
 - b. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
 - c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya rutting
 - d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).
2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
 - a. Memakai bahan pengikat semen Portland (*PC*).
 - b. Sifat lapisan utama (*plat beton*) yaitu memikul sebagian besar beban lalu lintas.
 - c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya retak-retak pada permukaan jalan.
 - d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar, yaitu bersifat sebagai balok di atas permukaan.
3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)
 - a. Kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur.
 - b. Perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.

2.2 Fungsi Lapis Perkerasan

Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat

berlapis-lapis. Lapis paling atas disebut sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Dibawahnya terdapat lapis pondasi, yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan (*Suprpto, 2004*).

1. Lapis Permukaan (*LP*)

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan yaitu:

- a. struktural Ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser). Untuk hal ini persyaratan yang dituntut adalah kuat, kokoh, dan stabil.
- b. on Struktural, dalam hal ini mencakup:
 - 1) Lapis kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
 - 2) Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
 - 3) Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas.
 - 4) Sebagai lapisan aus, yaitu lapis yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti lagi dengan yang baru.

2. Lapis Pondasi Atas (*LPA*) atau *Base Course*

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Tanah Dasar (*TD*) atau *Subgrade*

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanahgalian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.3 Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitampekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal padalapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat (*Kerbs and Walker, 1971*). Selain sebagai bahan ikat, aspal jugaberfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Pada temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastis*, sehingga aspal akanmencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-

10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (*Silvia Sukirman, 2003*).

2.4 Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit (*Palm Kernel Shell*) seringjuga disebut tempurung sawit yang merupakan bagian keras yang terdapat pada buah kelapa sawit yang berfungsi untuk melindungi isi atau kernel dari buah sawit tersebut. Hampir sama dengan tempurung kelapa yang sering kita jumpai sehari-hari.

Penggunaan filler pada campuran aspal adalah untuk mengisi rongga dalam campuran, untuk mengikat daya ikat aspal, dapat meningkatkan stabilitas dari campuran aspal. Filler meningkatkan ketahanan campuran aspal terhadap cuaca. Penguatan oleh filler berarti dapat menambah ketahanan terhadap retak. Ketahanan terhadap retak akan mencegah kerusakan yang disebabkan pemuaian dan kontraksi akibat panas dan penyusutan aspal akibat adanya perubahan reaksi kimia-fisika selama berada dalam pengaruh cuaca. Penambahan kadar filler akan memperbaiki ketahanan campuran aspal terhadap temperatur tinggi.

2.5 AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Concrete*)

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus (*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). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

III. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara. Pelaksanaan tahap penelitian ini meliputi:

1. Pengujian agregat meliputi gradasi agregat batu kerikil, pasir, cangkang kelapa sawit dan filler.
2. Selanjutnya mempersiapkan bahan, yaitu menyaring agregat untuk kebutuhan penelitian.
3. Perencanaan campuran rencana JMF (*Job Mix Formula*). Membuat benda uji marshall.
4. Pengujian benda uji marshall dengan tujuan mendapatkan sifat-sifat seperti stabilitas, flow, berat kering, berat dalam air, berat SSD, diameter dan tinggi.

Pengambilan bahan penelitian ini dilakukan langsung ke lokasi yang berada di Desa Kuala Musam, Kecamatan Batang Serangan, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara.

3.1 Peralatan Untuk Membuat Sampel

Peralatan yang diperlukan untuk pembuatan sampel benda uji adalah sebagai berikut:

1. Thermometer berlapis baja 10°C-205°C, untuk menentukan temperatur agregat, asphalt dan campuran asphalt.
2. Neraca kapasitas 7 Kg dengan nilai akurasi sampai 1 Gr untuk menimbang agregat dan asphalt.
3. Wajan yang digunakan untuk tempat pencampuran agregat dengan asphalt cair.
4. Cetakan (*mold*) dengan kapasitas 1.200 Gr yang digunakan untuk cetakan dari campuran aspal waku penumbukan.
5. Kompor yang digunakan untuk memanaskan agregat dan asphalt sebelum dilakukan pencampuran dan untuk memanaskan campuran supaya suhunya tetap terjaga sebelum dilakukan penumbukan.
6. Alat penumbuk yang digunakan untuk menumbuk campuran yang dilengkapi dengan beban seberat 4,5 Kg dan dirancang sedemikian rupa supaya dapat memberikan beban tumbukan setinggi 457 mm.
7. Extruder yang digunakan untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan (*mold*).
8. Kain lap yang digunakan untuk membersihkan wajan yang telah dipakai untuk pencampuran.
9. Sendok pencampur yang digunakan untuk mencampur agregat dan asphalt panas sebelum dilakukan pencampuran.
10. Cat dan kuas yang digunakan untuk menandai sampe lpercobaan.

3.2 Tahap Pembuatan Benda Uji

Berikut langkah-langkah untuk proses pembuatan/penyiapan benda uji:

1. Agregat dikeringkan pada suhu 150 - 220°C sekurang kurangnya selama 24 jam di dalam oven. Keluarkan dari alat pengering (*oven*) dan tunggu sampai dingin.
2. Agregat dipisahkan ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki (sesuai spek) dengan cara penyaringan.
3. Bahan disiapkan untuk benda uji yang diperlukan yaitu agregat sebanyak ± 1.200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira 8-10cm.
4. Panci penyampur beserta agregat dipanaskan kira-kira 150°C.
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 di dalam 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°C.
7. Cetakan diletakkan di atas landasan pematat

- dan tahan dengan pemegang cetakan.
8. Letakkan kertas saring atau kertas penghisap yang sudah digunting menurut ukuran cetakan ke dalam 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 pemadat 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 pemadat 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*).
 14. Kemudian letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan diberi tanda pengenal serta biarkan selama kira-kira 24 jam pada temperature ruang dan seterusnya dibuat sebanyak 4 benda uji dengan variasi kadar aspal: 5,5%, 6%, dan variasi kadar cangkang kelapa sawit: 30% dan 60% yang masing-masing variasi kadar aspal dibuat 2 buah.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Batu Kerikil, Pasir, dan Cangkang Kelapa Sawit

Pada bagian ini akan dibahas tentang hasil yang diperoleh dari penelitian dan pengelolaan data yang berupa perhitungan campuran aspal, pasir dan cangkang kelapa sawit 30% dan 60% dengan kadar aspal 5,5% dan 6% sebelum direncanakan pengujian pada penelitian.

Sampel I Campuran Aspal, Pasir dan Cangkang Kelapa Sawit 30% dengan Kadar Aspal 5,5%

$$\begin{aligned} \text{Kadar Aspal} &= 5,5\% \times 1.200 = 66 \text{ gr} \\ \text{Kadar Agregat} &= 1.200 - 66 = 1.134 \text{ gr} \\ \text{Berat Filler} &= 7\% \times 1.134 = 79,38 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 200} &= 81,648 - 24,494 \\ &= 57,154 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 100} &= 81,648 - 24,494 \\ &= 57,154 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 50} &= 81,648 - 24,494 \\ &= 57,154 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 30} &= 81,648 - 24,494 \\ &= 57,154 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 16} &= 81,648 - 24,494 \\ &= 57,154 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 8} &= 208,089 - 62,426 \\ &= 145,663 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 4} &= 207,522 - 62,256 \\ &= 145,266 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 3/8} &= 174,069 - 52,220 \\ &= 121,849 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\text{Saringan No. } \frac{1}{2} = 56,7 - 17,01 = 39,69 \text{ gr}$$

Sampel II Campuran Aspal, Pasir dan Cangkang Kelapa Sawit 30% dengan Kadar Aspal 6%

$$\begin{aligned} \text{Kadar Aspal} &= 6\% \times 1.200 = 72 \text{ gr} \\ \text{Kadar Agregat} &= 1.200 - 72 = 1.128 \text{ gr} \\ \text{Berat Filler} &= 7\% \times 1.128 = 78,96 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 200} &= 81,216 - 24,364 \\ &= 56,852 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 100} &= 81,216 - 24,364 \\ &= 56,852 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 50} &= 81,216 - 24,364 \\ &= 56,852 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 30} &= 81,216 - 24,364 \\ &= 56,852 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 16} &= 81,216 - 24,364 \\ &= 56,852 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 8} &= 206,988 - 62,096 \\ &= 144,096 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 4} &= 206,424 - 61,927 \\ &= 144,497 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 3/8} &= 173,148 - 51,944 \\ &= 121,204 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. } \frac{1}{2} &= 56,4 - 18,92 = 37,48 \text{ gr} \end{aligned}$$

Sampel III Campuran Aspal, Pasir dan Cangkang Kelapa Sawit 60% dengan Kadar Aspal 5,5%

$$\begin{aligned} \text{Kadar Aspal} &= 5,5\% \times 1.200 = 66 \text{ gr} \\ \text{Kadar Agregat} &= 1.200 - 72 = 1.134 \text{ gr} \\ \text{Berat Filler} &= 7\% \times 1.134 = 79,38 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 200} &= 81,648 - 48,988 \\ &= 32,660 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 100} &= 81,648 - 48,988 \\ &= 32,660 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 50} &= 81,648 - 48,988 \\ &= 32,660 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 30} &= 81,648 - 48,988 \\ &= 32,660 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 16} &= 81,648 - 48,988 \\ &= 32,660 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 8} &= 208,089 - 124,853 \\ &= 83,236 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 4} &= 207,522 - 124,513 \\ &= 83,009 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. 3/8} &= 174,069 - 104,441 \\ &= 69,628 \text{ gr} \\ \text{Saringan No. } \frac{1}{2} &= 56,7 - 34,02 = 22,68 \text{ gr} \end{aligned}$$

Sampel IV Campuran Aspal, Pasir dan Cangkang Kelapa Sawit 60% dengan Kadar Aspal 6%

1. Kadar Aspal = $6\% \times 1.200 = 72 \text{ gr}$
2. Kadar Agregat = $1.200 - 72 = 1.128 \text{ gr}$
3. Berat Filler = $7\% \times 1.128 = 78,96 \text{ gr}$
4. Saringan No. 200 = $81,216 - 48,729 = 32,487 \text{ gr}$
5. Saringan No. 100 = $81,216 - 48,729 = 32,487 \text{ gr}$
6. Saringan No. 50 = $81,216 - 48,729 = 32,487 \text{ gr}$

- 7. Saringan No. 30 = 81,216 – 48,729 = 32,487 gr
- 8. Saringan No. 16 = 81,216 – 48,729 = 32,487 gr
- 9. Saringan No. 8 = 206,988 – 124,192 = 82,796 gr
- 10. Saringan No. 4 = 206,424 – 123,854 = 82,570 gr
- 11. Saringan No. 3/8 = 173,148 – 103,888 = 69,260 gr
- 12. Saringan No. ½ = 56,4 – 33,84 = 22,56 gr

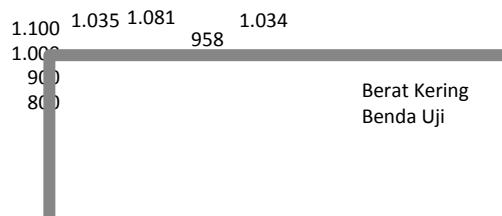
4.2 Data

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap keempat sampel pada penelitian ini diperoleh data sebagai berikut:

1. Berat Kering Benda Uji

Berikut adalah data berat kering dari keempat sampel benda uji penelitian pada campuran kerikil, pasir dan cangkang kelapa sawit 30% san 60% dengan kadar aspal 5,5% dan 6% yaitu antara lain:

- a. Sampel I = 1.035 gr
- b. Sampel II = 1.081 gr
- c. Sampel III = 958 gr
- d. Sampel IV = 1.034 gr

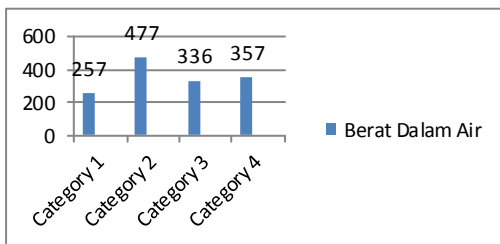


Grafik 1. Berat Kering Benda Uji
Sumber: Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara Medan

2. Berat Dalam Air

Berikut adalah data berat dalam air dari keempat sampel benda uji penelitian pada campuran kerikil, pasir dan cangkang kelapa sawit 30% san 60% dengan kadar aspal 5,5% dan 6% yaitu antara lain:

- a. Sampel I = 257 gr
- b. Sampel II = 477 gr
- c. Sampel III = 336 gr
- d. Sampel IV = 357 gr

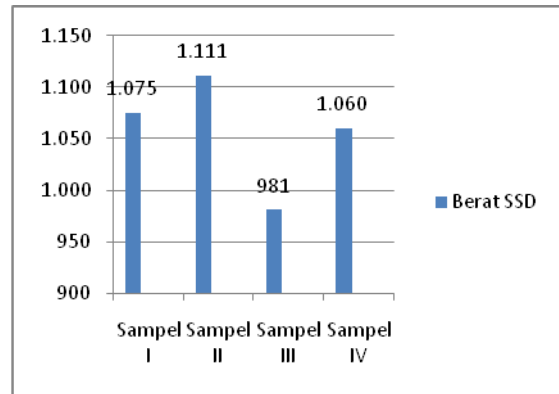


Grafik 2. Berat Dalam Air

3. Berat SSD

Berikut adalah data berat SSD dari keempat sampel benda uji penelitian pada campuran kerikil, pasir dan cangkang kelapa sawit 30% san 60% dengan kadar aspal 5,5% dan 6% yaitu antara lain:

- a. Sampel I = 1.075 gr
- b. Sampel II = 1.111 gr
- c. Sampel III = 981 gr
- d. Sampel IV = 1.060 gr

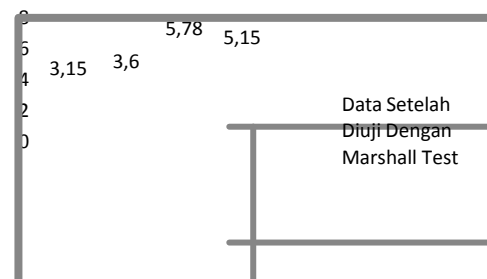


Grafik 3. Berat SSD

4. Data Setelah Diuji Dengan Marshall Test

Berikut adalah data setelah diuji dengan marshall test dari keempat sampel benda uji penelitian pada campuran kerikil, pasir dan cangkang kelapa sawit 30% san 60% dengan kadar aspal 5,5% dan 6% yaitu antara lain:

- a. Sampel I = 3,15 mm
- b. Sampel II = 3,6 mm
- c. Sampel III = 5,78 mm
- d. Sampel IV = 5,15 mm



Grafik 4. Setelah Diuji Dengan Marshall Test
Sumber: Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Sumatera Utara Medan

5. Saringan

Saringan digunakan untuk menentukan pembagian butiran gradasi agregat. Pelaksanaan penentuan gradasi dilakukan pada agregat kasar dan halus. Prosedur pembagian butiran gradasi agregat menggunakan saringan sebagai berikut:

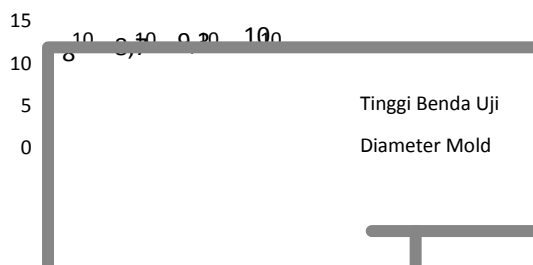
- 1) Bersihkan agregat yang akan diuji kemudian keringkan dalam oven dengan suhu 150-220 derajat celcius kurang lebih selama 24 jam kemudian keluarkan dari dalam oven dan tunggu sampai dingin.

- 2) Bersihkan juga masing-masing saringan yang akan digunakan kemudian susun saringan dimulai dari saringan yang paling besar, lalu curahkan agregat yang akan diuji pada perangkat saringan dan diguncang kurang lebih selama 15 menit.
- 3) Setelah diguncang, masing-masing saringan ditimbang kembali dan akan diperoleh berat agregat yang tertahan pada masing-masing saringan.

6. Tinggi Benda Uji

Berikut adalah data tinggi benda uji dari keempat sampel benda uji penelitian pada campuran kerikil, pasir dan cangkang kelapa sawit 30% san 60% dengan kadar aspal 5,5% dan 6% yaitu antara lain:

- a. Sampel I= 8 cm
- b. Sampel II = 8,7 cm
- c. Sampel III = 9,3 cm
- d. Sampel IV = 10 cm
- e. Diameter Mold = 10 cm

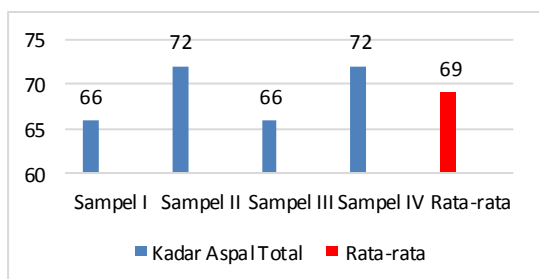


Grafik 5. Tinggi Sampel dan Diameter
Sumber: Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Sumatera Utara Medan

7. Kadar Aspal Total

Berikut adalah data kadar aspal total dari keempat sampel benda uji penelitian pada campuran kerikil, pasir dan cangkang kelapa sawit 30% san 60% dengan kadar aspal 5,5% dan 6% yaitu antara lain:

- a. Sampel I = 5,5% x 1.200 gr = 66 gr
- b. Sampel II = 6% x 1.200 gr = 72 gr
- c. Sampel III = 5,5% x 1.200 gr = 66 gr
- d. Sampel IV = 6% x 1.200 gr = 72 gr
- e. Rata-rata = (66 + 72 + 66 + 72) : 4 = 69 gr



Grafik 6. Kadar Aspal Total

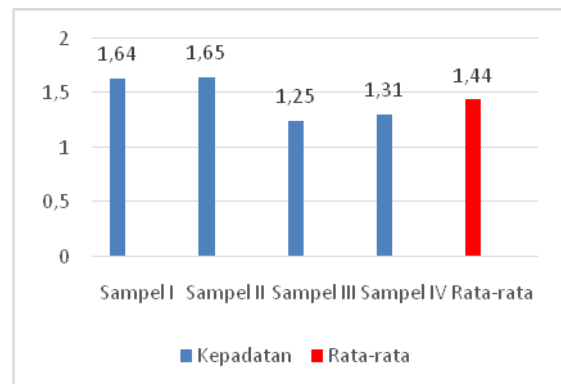
Sumber: Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara Medan

8. Kepadatan

Berikut adalah data kepadatan dari keempat sampel benda uji penelitian pada campuran kerikil, pasir dan cangkang kelapa sawit 30% san 60% dengan kadar aspal 5,5% dan 6% yaitu antara lain:

Kepadatan = berat benda uji : volume benda uji

- a. Sampel I = 1.035 : 628 = 1,64 gr/cm³
- b. Sampel II = 1.081 : 651,55 = 1,65 gr/cm³
- c. Sampel III = 958 : 761,45 = 1,25 gr/cm³
- d. Sampel IV = 1.034 : 785 = 1,31 gr/cm³
- e. Rata-rata = (1,64 + 1,65 + 1,25 + 1,31) : 4 = 1,44 gr/cm³



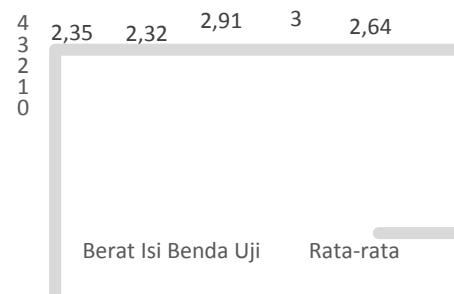
Grafik 7. Kepadatan

9. Berat Isi Benda Uji

Berikut adalah data berat isi benda uji dari keempat sampel benda uji penelitian pada campuran kerikil, pasir dan cangkang kelapa sawit 30% san 60% dengan kadar aspal 5,5% dan 6% yaitu antara lain:

Berat isi benda uji = berat ssd : berat dalam air

- a. Sampel I = 1.075 : 457 = 2,35 gr
- b. Sampel II = 1.111 : 477 = 2,32 gr
- c. Sampel III = 981 : 336 = 2,91 gr
- d. Sampel IV = 1.060 : 353 = 3 gr
- e. Rata-rata = (2,35 + 2,32 + 2,91 + 3) : 4 = 2,64 gr



Grafik 8. Berat Isi Benda Uji

Sumber: Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara Medan

10. Berat Jenis Maksimum Campuran (Max Theory Density)

Berat jenis maksimum campuran pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk

menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum campuran dapat dihitung dengan rumus:

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

Dimana:

A = persen (%) aspal terhadap agregat

V = berat jenis efektif aspal

T = berat jenis efektif agregat

a. Sampel I Max Theory Density

$$= \frac{100}{\frac{5,5}{1,04} + \frac{(100-5,5)}{2,71}} = 2,49 \text{ gr/cm}^3$$

b. Sampel II Max Theory Density

$$= \frac{100}{\frac{6}{1,04} + \frac{(100-6)}{2,71}} = 2,47 \text{ gr/cm}^3$$

c. Sampel III Max Theory Density

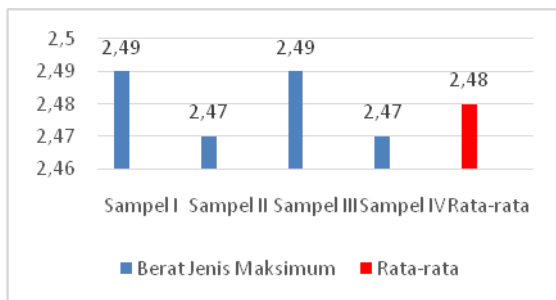
$$= \frac{100}{\frac{5,5}{1,04} + \frac{(100-5,5)}{2,71}} = 2,49 \text{ gr/cm}^3$$

d. Sampel IV Max Theory Density

$$= \frac{100}{\frac{6}{1,04} + \frac{(100-6)}{2,71}} = 2,47 \text{ gr/cm}^3$$

e. Rata-rata Max Theory Density

$$= (2,49 + 2,47 + 2,49 + 2,47) : 4 = 2,48 \text{ gr/cm}^3$$



Grafik 9. Berat Jenis Maksimum

Sumber: Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara Medan

11. Persen Volume Efektif Asphalt Concrete

Berikut adalah data persen volume efektif asphalt concrete dari keempat sampel benda uji penelitian pada campuran kerikil, pasir dan cangkang kelapa sawit 30% san 60% dengan kadar aspal 5,5% dan 6% dengan rumus:

$$\text{Rumus: } \frac{(A \times H)}{T}$$

Dimana:

A = persen (%) aspal terhadap agregat

H = berat isi benda uji rata-rata

T = berat jenis efektif aspal

a. Sampel I Persren Volume Efektif

$$= \frac{(5,5 \times 2,64)}{1,04} = 13,961\%$$

b. Sampel II Persren Volume Efektif

$$= \frac{(6 \times 2,64)}{1,04} = 15,230\%$$

c. Sampel III Persren Volume Efektif

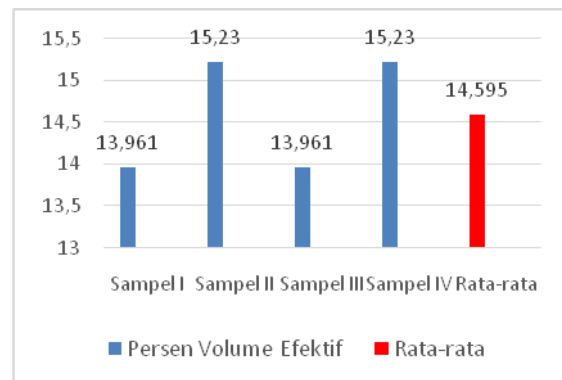
$$= \frac{(5,5 \times 2,64)}{1,04} = 13,961\%$$

d. Sampel IV Persren Volume Efektif

$$= \frac{(6 \times 2,64)}{1,04} = 15,230\%$$

e. Rata-rata = (13,961 + 15,230 + 13,961 +

$$15,230) : 4 = 14,595\%$$



Grafik 10. Persen Volume Efektif Asphalt Concrete

Sumber: Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara Medan

12. Persen Volume Agregat

Berikut adalah data persen volume agregat dari keempat sampel benda uji penelitian pada campuran kerikil, pasir dan cangkang kelapa sawit 30% san 60% dengan kadar aspal 5,5% dan 6% dengan rumus:

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

Dimana:

A = persen (%) aspal terhadap agregat

H = berat isi benda uji rata-rata

V = berat jenis efektif agregat

a. Sampel I Persen Volume Agregat

$$= \frac{(100-5,5) \times 2,64}{2,71} = 92,052\%$$

b. Sampel II Persen Volume Agregat

$$= \frac{(100-6) \times 2,64}{2,71} = 91,571\%$$

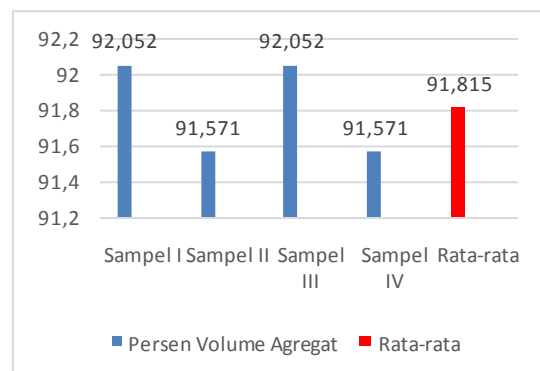
c. Sampel III Persen Volume Agregat

$$= \frac{(100-5,5) \times 2,64}{2,71} = 92,052\%$$

d. Sampel IV Persen Volume Agregat

$$= \frac{(100-6) \times 2,64}{2,71} = 91,571\%$$

e. Rata-rata = (92,052 + 91,571 + 92,052 + 91,571) : 4 = 91,815%



Grafik 11. Persen Volume Agregat

Sumber: Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara Medan

13. Persen Rongga Dalam Agregat Mineral

Persen rongga dalam agregat mineral adalah rongga udara antar agregat pada campuran aspal, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total campuran. Persen rongga dalam agregat mineral dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Rumus: } 100 - \frac{(H \times B)}{V}$$

Dimana:

B = persen aspal terhadap campuran

H = berat isi benda uji rata-rata

V = berat jenis efektif agregat

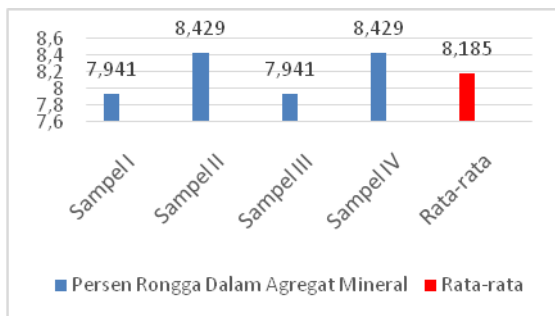
a. Sampel I Persen Rongga Dalam Agregat Mineral = $100 - \frac{(2,64 \times 94,5)}{2,71} = 7,941\%$

b. Sampel II Persen Rongga Dalam Agregat Mineral = $100 - \frac{(2,64 \times 94)}{2,71} = 8,429\%$

c. Sampel III Persen Rongga Dalam Agregat Mineral = $100 - \frac{(2,64 \times 94,5)}{2,71} = 7,941\%$

d. Sampel IV Persen Rongga Dalam Agregat Mineral = $100 - \frac{(2,64 \times 94)}{2,71} = 8,429\%$

e. Rata-rata = $(7,941 + 8,429 + 7,941 + 8,429) : 4 = 8,185\%$



Grafik 12. Persen Rongga Dalam Agregat Mineral
Sumber: Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara Medan

14. Persen Rongga Dalam Campuran (Persen Void In Mix)

Persen rongga dalam campuran adalah persen rongga yang terdapat dalam total campuran aspal mempunyai pengaruh terhadap umur lapis perkerasan, dimana semakin tinggi nilainya menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat *pourous*. Persen rongga dalam campuran dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Rumus: } \frac{(D - C)}{D}$$

Dimana:

D = kadar aspal

C = berat isi benda uji

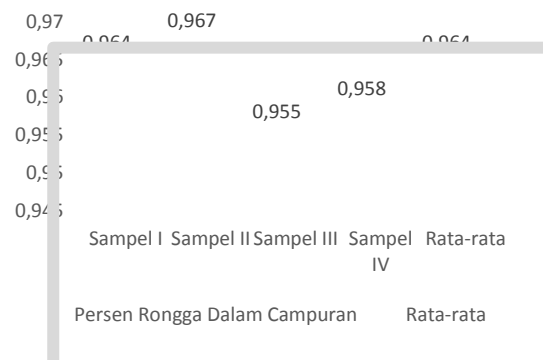
a. Sampel I Persen Rongga Dalam Campuran = $\frac{(66 - 2,35)}{66} = 0,964\%$

b. Sampel II Persen Rongga Dalam Campuran = $\frac{(72 - 2,32)}{66} = 0,967\%$

c. Sampel III Persen Rongga Dalam Campuran = $\frac{(66 - 2,91)}{66} = 0,955\%$

d. Sampel IV Persen Rongga Dalam Campuran

e. Rata-rata = $\frac{(0,964 + 0,967 + 0,955 + 0,958)}{4} = 0,964\%$



Grafik 13. Persen Rongga Dalam Campuran
Sumber: Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara Medan

15. Persen Rongga Yang Berisi Aspal (Persen Void Filled With Asphalt)

Persen rongga yang berisi aspal merupakan persen rongga yang terisi aspal pada campuran setelah dipadatkan. Persen rongga yang berisi aspal dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Rumus: } 100 \times \frac{(G - H)}{G}$$

Dimana:

G = persen rongga dalam mineral

H = persen rongga dalam campuran

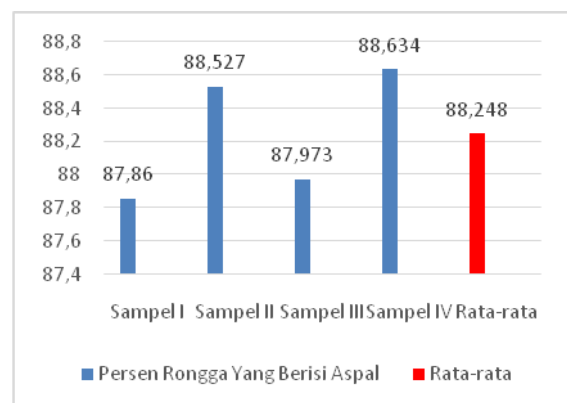
a. Sampel I Persen Rongga Yang Berisi Aspal = $100 \times \frac{(7,941 - 0,964)}{7,941} = 87,860\%$

b. Sampel II Persen Rongga Yang Berisi Aspal = $100 \times \frac{(8,429 - 0,967)}{8,429} = 88,527\%$

c. Sampel III Persen Rongga Yang Berisi Aspal = $100 \times \frac{(7,941 - 0,955)}{7,941} = 87,973\%$

d. Sampel IV Persen Rongga Yang Berisi Aspal = $100 \times \frac{(8,429 - 0,958)}{8,429} = 88,634\%$

e. Rata-rata = $(87,860 + 88,527 + 87,973 + 88,634) : 4 = 88,248\%$

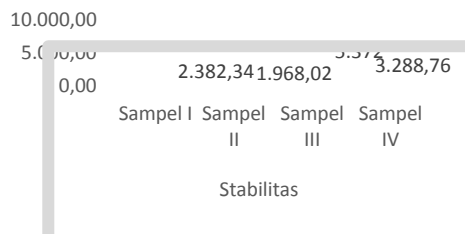


Grafik 14. Persen Rongga Yang Berisi Aspal
Sumber: Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara Medan

16. Stabilitas

Hasil kuat tekan dengan marshall test dengan nilai stabilitas sebagai berikut:

- a. Sampel I Stabilitas = 2.382,34 gr
- b. Sampel II Stabilitas = 1.968,02 gr
- c. Sampel III Stabilitas = 5.372,05 gr
- d. Sampel IV Stabilitas = 3.288,76 gr
- e. Rata-rata (R) = $(2.382,34 + 1.968,02 + 5.372,05 + 3.288,76) : 4 = 3.252,79$ gr



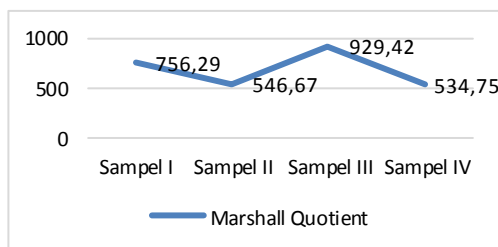
Grafik 15. Stabilitas

Sumber: Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara Medan

17. Marshall Quotient

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan flow. Nilai MQ (*Marshall Quotient*) menyatakan sifat kekakuan suatu campuran, nilai dari MQ (*Marshall Quotient*) akan sangat berpengaruh terhadap kualitas aspal. Apabila nilai MQ (*Marshall Quotient*) terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung keras dan kaku sehingga aspal akan mudah retak. Sebaliknya bila nilai MQ (*Marshall Quotient*) terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil. Berikut ini adalah hasil perhitungan nilai MQ yaitu:

- a. Sampel I Marshall Quotient = $3.282,34 : 3,15 = 756,29$ gr/mm
- b. Sampel II Marshall Quotient = $1.968,02 : 3,60 = 546,67$ gr/mm
- c. Sampel III Marshall Quotient = $5.372,05 : 5,78 = 929,42$ gr/mm
- d. Sampel IV Marshall Quotient = $3,288,76 : 6,15 = 534,75$ gr/mm
- e. Rata-rata (R) = $(756,29 + 546,67 + 929,42 + 534,75) : 4 = 696,52$ gr/mm



Grafik 16. Marshall Quotient

Sumber: Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara Medan

4.3 Kesimpulan Data

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

1. Kadar aspal total = 69 gr
2. Kadar aspal pada campuran = 5,75%
3. Spesifikasi volume rata-rata = 707,5 cm³
4. Kadar aspal total rata-rata = 69 gr
5. Kepadatan rata-rata = 1,44 gr/cm³
6. Berat isi benda uji rata-rata = 2,64 gr
7. Berat jenis maksimum campuran rata-rata = 2,48 gr/cm³
8. Persen volume efektif asphalt concrete rata-rata = 14,595%
9. Persen volume agregat rata-rata = 91,815%
10. Persen rongga dalam agregat mineral rata-rata = 8,185%
11. Persen rongga dalam campuran rata-rata = 0,964%
12. Persen rongga yang berisi aspal rata-rata = 88,248%
13. Stabilitas rata-rata = 3.252,79 gr
14. Marshall quotient rata-rata = 696,52 gr/mm

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Dari hasil pengujian tes Uji Marshall terhadap ke empat sampel campuran aspal menggunakan cangkang kelapa sawit, hanya sampel 1 yaitu campuran aspal menggunakan kadar aspal 5,5% dengan kadar cangkang kelapa sawit 3 0% yang mampu menahan beban roda lalu lintas dan bisa digunakan dalam perencanaan suatu perkerasan jalan lokal yang volume lalu lintasnya rendah.
2. Sedangkan ketiga sampel yang lain tidak kuat menahan beban roda lalu lintas karena pada saat dilakukan pengujian menggunakan tes Uji Marshall, ketiganya meleleh sehingga tidak bisa digunakan dalam perencanaan suatu perkerasan jalan.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian didapat bahwasannya acampuran aspal AC-BC dengan menggunakan campuran cangkang kelapa sawit kurang baik digunakan karena memiliki banyak rongga dan tidak padat sehingga aspal kurang melekat. Dan bila digunakan dalam perkerasan jalan raya, aspal akan mudah hancur karena tidak mampu menahan beban yang bekerja diatas aspal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Direktorat Jenderal Bina Marga, 1976, *Manual Pemeriksaan Bahan Jalan* No.01/MN/BM/1976, Jakarta
- [2.] Ahmad M., 2010, *Kajian Karakter Indirect Tensile Strength Aspal Concrete Recycle dengan Campuran Aspal Penetrasi 60/70 dan Residu Oli pada Campuran Hangat*, Skripsi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [3.] Ditjen Bina Marga, 2010, *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas pada Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- [4.] Fauzi Y., dkk., 2008, *Kelapa Sawit*, Penebar Swad
- [5.] Badan Standarisasi Nasional, 2008, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, BSN, Jakarta.
- [6.] SNI03-1968-1990, *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*.
- [7.] SNI 1969: 2008, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar dan Halus*.
- [8.] SNI 2432:2011, *Cara Uji Penetrasi Aspal*.
- [9.] Sukirman,S,1 999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Granit,Bandung.
- [10.] Sukirman,S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Bandung
- [11.] Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Spesifikasi umum bidang jalan dan Jembatan (revisiIII) badan penelitian dan pengembangan PU*, Departemen Pekerjaan Umum,Jakarta
- [12.] American Society for Testing and materials, 1989, *Marshal Stability Test Apparatus*, ASTM designation:D-1559-62 T, philadelphia,P A.
- [13.] Saodang, H, 2004, *Perencanaan Perkerasan Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.