



## PENGARUH CAMPURAN ABU KULIT KAKAO TERHADAP KARAKTERISTIK ASPAL

Muhammad Nur Hidayat dan Winsyahputra Ritonga

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

[muhammadnurhidayat@mhs.unimed.ac.id](mailto:muhammadnurhidayat@mhs.unimed.ac.id)

Diterima: April 2022. Disetujui: Mei 2022. Dipublikasikan: Juni 2022

### ABSTRAK

Kerusakan perkerasan jalan sebelum tercapainya umur rencana antara lain disebabkan karena kualitas bahan pengisi (*filler*) perkerasan jalan yang tidak memenuhi ketentuan. Alternative lain yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas aspal sebagai bahan perkerasan jalan adalah menggunakan aspal yang dimodifikasi dengan penambahan abu kulit kakao. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aspal murni setelah dilakukan pengujian sifat fisik aspal dan mengetahui pengaruh campuran aspal dan abu kulit kakao setelah dilakukan pengujian sifat fisik aspal. Kadar abu kulit kakao yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1-5 %. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu eksperimen dengan melakukan pengujian sifat fisik aspal menggunakan alat penetrometer, piknometer, oven kehilangan berat, hotplate titik lembek dan mesin daktilitas. Hasil penelitian didapatkan pengujian sifat fisik aspal yang maksimal untuk campuran abu kulit kakao yang seseuai standar aspal pen 60-70 ialah dengan campuran 1% dan 2% dengan nilai penetrasi aspal pada K2= 61,1 mm, K3= 60,03 mm. Hasil uji titik lembek aspal K2= 49,5°C, K3= 51,0°C. Hasil uji daktilitas aspal K2= 142 cm, K3= 144 cm. Hasil uji berat jenis aspal K2= 1,042 gr/ml, K3= 1,076 gr/ml. Hasil uji kehilangan berat aspal K2= 0,4128%, K3= 0,0183%. Dari hasil penelitian yang didapatkan, abu kulit kakao berpengaruh terhadap karakteristik aspal yaitu stabilitas, fleksibilitas dan ketahanan terhadap kelelahan. Dapat disimpulkan bahwa campuran aspal dengan abu kulit kakao memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.

**Kata kunci:** Abu Kulit Kakao, Karakteristik Aspal, Pengujian Sifat Fisik.

### PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan merupakan salah satu bagian transportasi yang paling banyak digunakan oleh manusia sebagai wadah untuk terjalinnya interaksi sosial serta mempercepat laju pertumbuhan ekonomi dan budaya. Panjang jalan Nasional Indonesia pada tahun 2012 mencapai 38.189.430 Km yang meliputi panjang jalan yang bagus mencapai 31.522.090 Km (82,54%), panjang jalan yang mengalami kerusakan 6.667.34 Km (17,46%) dengan

spesifikasi kerusakan ringan mencapai 48,28% dan kerusakan berat mencapai 51,72% (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2012). Perbaikan jalan tentunya akan mengeluarkan biaya yang besar. Salah satu langkah yang sangat memungkinkan dilakukan untuk menghindari pengeluaran biaya negara adalah dengan mengkaji ketahanan aspal yang berkualitas (Tamrin, 2011)

Salah satu material pembentuk infrastruktur jalan ialah aspal. Aspal merupakan

material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama produksi dan masa pelayanan (Departemen Pekerjaan Umum, 1994).

Aspal penetrasi 60-70 merupakan salah satu jenis aspal yang banyak digunakan untuk infrastruktur jalan. Dari hasil pengamatan selama ini dilapangan penggunaan aspal penetrasi 60-70 kurang tahan lama atau cepat mengeras dengan manifestasi perkerasan jalan relative cepat retak. Untuk meningkatkan masing-masing mutu aspal penetrasi 60-70 agar menjadi lebih keras, titik lembek yang tinggi, lebih elastic, pelekatan baik dan lebih tahan lama, maka diperlukannya campuran bahan pengisi pada aspal berdasarkan karakteristik yang terdapat pada aspal yaitu stabilitas, keawetan, kelenturan, ketahanan terhadap kelelahan, kekesatan, kedap air dan mudah dilaksanakan. Bahan pengisi adalah bahan yang lolos ukuran saringan No.30 (0,59 mm) dan paling sedikit 65% lolos saringan No.200 (0.075 mm) berdasarkan SNI 03-6723 (Spesifikasi Bahan Pengisi Campuran Beraspal, 2012). Pemilihan bahan pengisi (filler) sangat penting karena filler merupakan bahan pengisi yang sifatnya halus dan dapat mengisi rongga atau pori yang berukuran diameter kecil atau kurang dari 0,002 mm. Filler yang digunakan pada penelitian ini ialah abu dari limbah kulit kakao.

Selama ini pemanfaatan kulit buah kakao hanya keping bijinya sedangkan bagian lain belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan areal lahan 1.774.463 ha maka produksi biji kakao sebesar 740,41 ribu ton dan dapat dihasilkan kulit buah kakao kering 688,09 ribu ton/tahun (Hardjosuwito, 1984). Dengan banyaknya limbah kulit kakao maka seharusnya ini dapat dimanfaatkan lebih.

Abu dari kulit kakao mengandung Silika dan Karbon yang merupakan bahan yang diperlukan pada aspal. Silika (SiO<sub>2</sub>) memiliki daya tahan terhadap temperature, stabilitas termal tinggi (Katsuki, 2005). Berdasarkan penelitian Agusyamdhi (2017) tentang Penggunaan Fly Ash Coklat Sebagai Pengganti Filler Pada Lapisan Aspal AC-WC hasilnya

bahan fly ash coklat/kakao memenuhi syarat teknis sebagai pengganti filler. Hal ini dibuktikan dengan pengujian analisa saringan dan berat jenis. Seiring dengan berkembangnya penelitian yang menggunakan bahan pengisi pada aspal, abu kulit kakao menjadi kajian yang menarik untuk dikembangkan lebih lanjut.

## METODE PENELITIAN

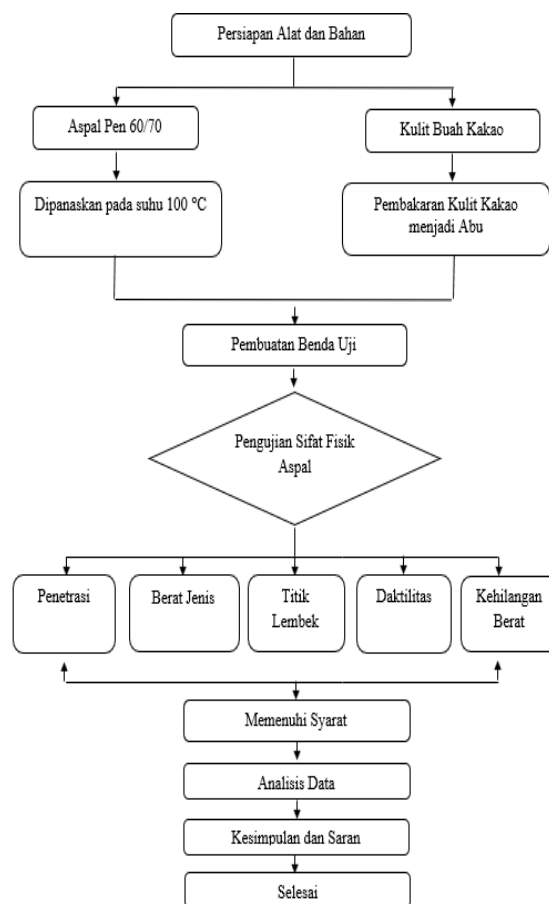
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Polimer Universitas Sumatera Utara untuk pencampuran abu kulit kakao dan aspal kemudian untuk pengujian sifat fisik aspal dilakukan di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional II (BBPJN II), Direktorat Jenderal Bina Marga Sumatera Utara.

Tahapan dalam penelitian ini ialah:

1. Menyiapkan Alat dan Bahan Penelitian
2. Melakukan pengujian sifat fisik aspal yaitu pertama kali pengujian penetrasi dengan metode yang sesuai SNI 06-2456-1991 untuk mengetahui kekerasan aspal dengan cara memanaskan aspal sampai cair kemudian dituang ke cetakan dan dimasukkan ke dalam air bersuhu 25°C. Setelah itu pasang jarum dan letakkan pemberat 50gram diatas jarum untuk memperoleh beban sebesar (100 ± 0,1) gram, turunkan jarum secara perlahan hingga menyentuh permukaan benda uji kemudian lepaskan pemegang jarum dan serentak jalankan stopwatch selama 5-0,1 detik.
3. Melakukan pengujian titik lembek dengan metode yang sesuai SNI 06-2434-1991 untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperature dengan cara 2 tahap yaitu pembuatan benda uji dan tahap pengujian. Air suling yang telah dididihkan 30-80°C gunakan thermometer 15°C temperature pemanasan bejana perendam mulai pada 5-10°C, tempatkan dua bola baja pada dasar bak perendam dengan menggunakan penjepit, agar benda uji memperoleh temperature merata. Panaskan bejana perendam dengan temperature 5°C/menit. Catat temperature pada saat bola yang

diselimuti aspal jatuh menyentuh pelat dasar. Bila perbandingan antara 2 temperature pada saat bola baja yang diselimuti aspal jatuh menyentuh pelat dasar terdapat perbedaan melebihi 1°C.

4. Melakukan pengujian Daktilitas dengan metode yang sesuai SNI 06-2432-1991 untuk mengetahui keelastisitasan aspal dengan cara pembuatan sampel sebanyak 100gram kemudian di dinginkan sample pada suhu ruang selama 30-40 menit lalu pindahkan seluruhnya ke dalam bak perendam. Untuk tahap pengujian, diamkan sample/benda uji pada suhu 25°C dalam bak perendam selama 85-95 menit, kemudian lepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi sisi cetakannya, kemudian pasang benda uji pada alat mesin dan tarik benda uji secara teratur dengan kecepatan 50 mm/menit sampai benda uji putus. Catat jarak antara pemegang benda uji, pada saat benda uji putus(cm), selama percobaan harus terendam sekurangnya 25 mm dalam air dan suhu harus dipertahankan tetap(25°C±0,5°C).
5. Melakukan pengujian berat jenis sesuai SNI 06-2441-1991 untuk mengetahui perbandingan berat aspal dengan berat air pada volume yang sama pada suhu ruang dengan cara isi bejana dengan air suling diatas piknometer yang tidak terendam 40 mm, rendam dan jepit bejana ke dalam bak perendam. angkat bejana dan bak perendam dan piknometer diisi air suling kemudian tutuppiknometer tanpa ditekan. Panaskan contoh bitumen keras sejumlah 100gram sampai menjadi cair dan tuang ke dalam piknometer kemudian tunggu sampai dingin dan terakhir isi piknometer yang berisi benda uji dengan air suling, diamkan agar gelembung udara keluar
6. Setelah pengujian persyaratan fisik aspal maka kemudian lanjut pengolahan data dan analisis data, setelah didapat data maka klasifikasikan pengaruh dari campuran abu kulit kakao terhadap karakteristik aspal apakah sudah sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI). Penelitian dilakukan pada bulan Oktober



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengaruh Abu Kulit Kakao Terhadap Penetrasi Aspal

Berikut merupakan tabel hasil pengujian penetrasi aspal.

Tabel 1. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal

Sampel	Komposisi Abu Kulit Kakao (%)	Hasil Penetrasi (mm)
K1	0	62,5
K2	1	61,1
K3	2	60,03
K4	3	56,45
K5	4	53,55
K6	5	53,45

Pada Tabel 1. diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi persentase penambahan abu kulit kakao yang dicampurkan pada aspal mengakibatkan terjadinya perubahan nilai

penetrasi aspal. Nilai penetrasi yang semakin rendah menandakan aspal semakin keras, kental serta tahan terhadap perubahan suhu. Penambahan abu kulit kakao yang masuk ke dalam syarat/spesifikasi umum aspal pen 60-70 yaitu sampel 2 dan 3 dengan penambahan abu kulit kakao sebesar 1 % dan 2 % dengan nilai penetrasi yaitu 61,1 mm dan 60,03 mm dibawah aspal murni tanpa campuran abu kulit kakao

Nilai penetrasi sangat ditentukan oleh suhu, untuk kondisi lingkungan yang bersuhu dingin maka sebaiknya menggunakan aspal dengan nilai penetrasi yang rendah, karena aspal yang berpenetrasi rendah mempunyai sifat yang tidak terpengaruh oleh suhu dan lebih kaku. Sedangkan untuk lingkungan yang suhunya relative rendah/normal dengan volume lalu lintas yang tinggi maka diijinkan untuk menggunakan aspal dengan penetrasi yang tinggi, ini dikarenakan agar menambah kekuatan pada lapisan pekerasan jalan.

Sampel penetrasi pada penelitian ini yang memenuhi syarat penetrasi SNI 06-2456-2011 yaitu K1 (murni), K2 (1% abu kulit kakao) dan K2 (2% abu kulit kakao) dengan masing-masing nilai 62,5 mm, 61,1 mm, dan 60,03 mm.

## 2. Pengaruh Abu Kulit Kakao Terhadap Titik Lembek Aspal

Berikut merupakan tabel hasil pengujian titik lembek aspal.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal

Sampel	Komposisi Abu Kulit Kakao (%)	Hasil Titik Lembek (°C)
K1	0	48,0
K2	1	49,5
K3	2	51,0
K4	3	51,5
K5	4	52,0
K6	5	50,5

Dari Tabel 2. dapat dilihat bahwa Titik Lembek aspal campuran abu kulit kakao (Aspal Modifikasi) yang dihasilkan berkisar antara 49,5 °C sampai 52 °C. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan abu kulit kakao berhasil meningkatkan titik lembek pada aspal modifikasi. Berdasarkan grafik diatas, terlihat bahwa nilai titik lembek tertinggi adalah sampel 4 yang ditambahkan abu kulit kakao sebanyak

4%, yang nilainya 52 °C, kemudian nilai titik lembek sampel 3 yakni aspal campuran abu kulit kakao 3% bernilai 51,5 °C, lalu nilai titik lembek yang terendah adalah sampel 2 dengan penambahan abu kulit kakao 1% dengan nilai 49,5 °C, sedangkan untuk aspal murni (tanpa campuran) bernilai 48 °C.

Berdasarkan hasil analisis pengaruh campuran abu kulit kakao dengan aspal terhadap nilai titik lembek maka semakin tinggi kadar abu kulit kakao dalam campuran aspal maka semakin tinggi nilai titik lembeknya. Hal tersebut disebabkan semakin banyak kadar abu dalam aspal, maka semakin banyak partikel yang memenuhi ruang-ruang antar partikel aspal. Ada suatu hubungan yang berbanding terbalik antara nilai penetrasi dengan nilai titik lembek. Apabila nilai penetrasi aspal menurun, maka nilai titik lembek akan meningkat. Sebaliknya, apabila nilai penetrasi meningkat, maka nilai titik lembek akan menurun.

Seluruh sampel aspal memenuhi standar berdasarkan nilai titik lembek. Berdasarkan SNI 06-2434-2011 menyatakan bahwa nilai minimum titik lembek aspal adalah 48 °C, maka seluruh hasil sampel memenuhi standar.

## 3. Pengaruh Abu Kulit Kakao Terhadap Daktilitas Aspal

Berikut merupakan tabel hasil pengujian daktilitas aspal.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Daktilitas Aspal

Sampel	Komposisi Abu Kulit Kakao (%)	Daktilitas (cm)
K1	0	141
K2	1	142
K3	2	144
K4	3	131
K5	4	102
K6	5	83

Pengujian daktilitas aspal yaitu untuk menentukan keplastisan suatu aspal. Apabila digunakan nantinya aspal tidak mudah retak, dilakukan dengan cara menarik benda uji berupa aspal pada suhu 25 °C dengan kecepatan 5 cm/menit. Sifat rheologi daktilitas digunakan untuk mengetahui ketahanan aspal terhadap retak dalam penggunaannya karena lapisan perkerasan mengalami perubahan suhu yang

cukup tinggi. Pada pengujian daktilitas disyaratkan jarak terpanjang benda uji yang ditarik minimum 100 cm dengan panjang bak penguji yaitu 152 cm.

Dari Tabel 3. dapat dilihat bahwa daktilitas aspal yang dihasilkan berkisar 83 cm sampai 144 cm. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan abu kulit kakao mempengaruhi nilai daktilitas aspal. Berdasarkan nilai daktilitas pada grafik di atas, terlihat bahwa nilai daktilitas aspal yang tertinggi yaitu pada sampel 3 dengan komposisi abu kulit kakao 2% bernilai 144 cm, kemudian nilai daktilitas aspal sampel 2 dengan komposisi abu kulit kakao 1% bernilai 142 cm dan nilai daktilitas terendah adalah sampel 6 dengan komposisi abu kulit kakao 5% bernilai 83 cm sedangkan untuk aspal murni (tanpa campuran) nilai daktilitasnya yaitu 141 cm.

Berdasarkan hasil analisis pengaruh campuran abu kulit kakao dengan aspal terhadap daktilitas aspal maka kenaikan nilai daktilitas aspal meningkat pada campuran 1% dan 2% abu kulit kakao sedangkan pada campuran 3%, 4 % dan 5% mengalami penurunan nilai daktilitas aspal. Hal tersebut disebabkan semakin tinggi kadar abu kulit kakao pada aspal maka semakin banyak yang memenuhi ruang antar partikel aspal. Daktilitas sangat diperlukan pada campuran perkerasan jalan dengan aspal sebagai perekat agregat. Semakin tinggi nilai daktilitas aspal maka akan semakin baik mutu aspal tersebut sebagai bahan perekat /pengikat campuran pekerasan jalan.

Sampel aspal memenuhi standar berdasarkan nilai daktilitas kecuali pada sampel 6 dengan komposisi 5% abu kulit kakao dengan nilai daktilitas yaitu 83 cm. Berdasarkan SNI 06-2432-2011 menyatakan bahwa nilai minimum daktilitas aspal adalah 100 cm, maka sampel 1 sampai sampel 5 memenuhi standar sedangkan pada sampel 6 tidak memenuhi standar.

#### 4. Pengaruh Abu Kulit Kakao Terhadap Berat Jenis Aspal

Berikut merupakan tabel hasil pengujian berat jenis aspal.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal.

Sampel	Komposisi Abu Kulit Kakao (%)	Berat Jenis (gr/ml)
K1	0	1,038
K2	1	1,042
K3	2	1,076
K4	3	1,909
K5	4	1,196
K6	5	1,038

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu 25°C. Berat jenis aspal berguna untuk mencari berat jenis campuran aspal dan agregat. Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga aspal dengan penetrasi 60-70 harus memiliki berat jenis aspal sebesar  $\geq 1$  gr/ml.

Berdasarkan grafik diatas 6 sampel memiliki berat jenis  $\geq 1$  gr/ml. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan abu kulit kakao mempengaruhi nilai berat jenis pada aspal. Berdasarkan nilai berat jenis pada grafik di atas, terlihat bahwa berat jenis aspal yang tertinggi yaitu pada sampel 4 dengan komposisi abu kulit kakao 3% bernilai 1,909 gr/ml, kemudian berat jenis aspal sampel 5 dengan komposisi abu kulit kakao 4% bernilai 1,196 gr/ml dan nilai berat jenis terendah adalah sampel 6 dengan komposisi abu kulit kakao 5% bernilai 1,083 gr/ml sedangkan untuk aspal murni (tanpa campuran) nilai berat jenisnya yaitu 1,083 gr/ml.

Seluruh sampel aspal memenuhi standar berdasarkan nilai berat jenis nya. Berdasarkan SNI 06-2441-2011 menyatakan bahwa nilai minimum berat jenis aspal adalah 1 gr/ml, maka seluruh hasil sampel memenuhi standar.

#### 5. Pengaruh Abu Kulit Kakao Terhadap Kehilangan Berat Aspal

Berikut merupakan tabel hasil pengujian kehilangan berat aspal.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Kehilangan Berat Aspal.

<b>Sampel</b>	<b>Komposisi Abu Kulit Kakao (%)</b>	<b>Kehilangan Berat (%)</b>
<b>K1</b>	0	0,0115
<b>K2</b>	1	0,4128
<b>K3</b>	2	0,0183
<b>K4</b>	3	0,0081
<b>K5</b>	4	0,0248
<b>K6</b>	5	0,0283

Kehilangan berat adalah selisih berat sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal tertentu pada suhu 163°C selama 5 jam dilakukan terhadap aspal dengan mencari besaran kehilangan berat minyak dan aspal dengan cara lapisan tipis. Hasil pengujian ini digunakan untuk mengetahui stabilitas aspal setelah pemanasan.

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga aspal dengan penetrasi 60-70 memiliki nilai kehilangan berat aspal sebesar  $\leq 0,08\%$  dari nilai setelah pemanasan

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa dari semua sampel memiliki nilai kehilangan berat dibawah 0,8 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan abu kulit kakao mempengaruhi nilai kehilangan berat pada aspal. Berdasarkan nilai kehilangan berat pada grafik di atas, terlihat bahwa kehilangan berat aspal yang tertinggi yaitu pada sampel 2 dengan komposisi abu kulit kakao 1% bernilai 0,4128 %, ini disebabkan karena massa pada cawan aspal yang tidak sama dan tidak stabilnya suhu pada oven saat dibuka sehingga menyebabkan suhu yang seharusnya 163°C menjadi 150 dan membutuhkan waktu 30 menit menjadi 163°C kembali. Kehilangan berat aspal sampel 6 dengan komposisi abu kulit kakao 5% bernilai 0,0283 dan nilai kehilangan berat terendah adalah sampel 4 dengan komposisi abu kulit kakao 3% bernilai 0,0081 % dibawah aspal murni (tanpa campuran) yang kehilangan beratnya yaitu 0,0115 %. Pada sampel 4 menunjukkan nilai kehilangan berat yang sangat kecil dibawah nilai kehilangan berat aspal murni. Ini

menunjukkan bahwa semakin kecil nilai kehilangan berat pada campuran aspal maka stabilitas aspal tersebut sangat baik.

Seluruh sampel memenuhi standar berdasarkan nilai kehilangan beratnya. Berdasarkan SNI 06-2441-1991 menyatakan bahwa nilai maksimum kehilangan berat aspal adalah 0,8 %, maka seluruh sampel memenuhi standar.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian Pengaruh Campuran Abu Kulit Kakao Terhadap Karakteristik Aspal, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Aspal murni 60-70 memenuhi standar spesifikasi perkerasan jalan dengan dilihat dari pengujian sifat fisik yaitu penetrasi memenuhi standar, titik leleh memenuhi standar, daktilitas memenuhi standar, kehilangan berat memenuhi standar dan berat jenis memenuhi standar.
2. Penambahan campuran abu kulit terhadap aspal memenuhi SNI pada masing-masing pengujian sifat fisik aspal dengan nilai komposisi maksimum yang memenuhi yaitu campuran abu kulit kakao 2%.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan seperti diatas, maka saran yang tepat untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Perlu dikaji lebih luas pengaruh abu kulit kakao terhadap berbagai jenis aspal dengan variasi yang berbeda
2. Suhu saat pemanasan dan pencampuran saat berpengaruh terhadap nilai setiap pengujian, untuk mendapatkan suhu yang akurat perlu digunakan thermometer digital
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan pengujian Marshall Test untuk mendapatkan nilai stabilitas, densitas dan flow
4. Saat ingin menggunakan alat pengujian pastikan dalam keadaan sudah di kalibrasi agar hasil lebih akurat

DAFTAR PUSTAKA

- Agusyamdhi, S. (2017). *Penggunaan Fly Ash Coklat Sebagai Pengganti Filler Pada Lapisan Aspal AC-WC*. Universitas Bossowa Makassar. Makassar
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2012). *Pembangunan Daerah Dalam Angka 2012*. Kementerian Pembangunan Nasional. Jakarta.
- Darunifah, N. (2007). *Pengaruh Bahan Tambahan Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*, Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2010). *Divisi VI Spesifikasi*. Jakarta. Direktorat Jenderal Bina Marga
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2013). *Statistik Perkebunan Indonesia 2010-2012 Kakao (P.57)*. Jakarta. Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Harsini, T. Dan Susilowati. (2010). Pemanfaatan Kulit Buah Kakao Dari Limbah Perkebunan Kakao Sebagai Bahan Baku Pulp Dengan Proses Organosol. *Jurnal Ilmiah Teknik lingkungan*. 2(2).
- Katsuki, H. (2005). ZSM-5 Zeolite /Porous Carbon Composite Conventional and Microwave-Hydrothermal Synthesis of Forsterite Powder from Zeolite Precursors. *Croatia Chemica Acta*. 1(2): 203-208.
- Laili. (2010). *Pengaruh Penambahan Silika Sekam Padi Terhadap Sifat Fisik Dan Struktur Fasa Aspal*. Skripsi, FMIPA, Universitas Lampung. Lampung
- Mulyazmi. (2015). Pemanfaatan Abu Kulit Kakao Untuk Pembuatan Batu Bata. *J. Ris. Kim*. 8(2): 14-18.
- Ritonga, W. (2013). *Modifikasi Aspal Dengan Menggunakan Karet Alam Siklik*. Tesis, FMIPA, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- SNI 03-6723. *Spesifikasi Bahan Pengisi untuk Campuran Beraspal*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 06-2432-1991. *Metode Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 06-2434-1991. *Metode Pengujian Titik Lembek Aspal*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 06-2440-1991. *Metode Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 06-2441-1991. *Metode Pengujian Berat Jenis Aspal*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 06-2456-1991. *Metode Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Soehartono, (2015). *Teknologi Aspal Dan Penggunaannya Dalam Konstruksi Perkerasan Jalan*. CV Andi Offset. Yogyakarta.
- Sudarno, S.,&Pangemanan, S. (2018). *Modul Praktikum Lab Uji Material* Jurusan Teknik Sipil. Politeknik Negeri Manado
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit. Jakarta.
- Sukirman, S. (2012). *Beton Aspal Campuran Panas*. Edisi Kedua, Itenas. Bandung.
- Tamrin. (2011). *Peningkatan Limbah Hasil Alam Dan Daur Ulang Limbah Melalui Proses Kimia Fisika*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap Dalam Bidang Ilmu Kimia Fisika.