

Artikel Penelitian (Teknik Sipil)

Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Tempurung Kelapa terhadap Stabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course AC-WC

Hamidun Batubara ^{*}, Marwan Lubis, Rahmad Fajri

Fakultas Teknik, Teknik Sipil, Universitas Islam Sumatera Utara, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 31 Januari 2025
Revisi Akhir: 27 April 2025
Diterbitkan Online: 12 Juli 2025

KATA KUNCI

Serbuk Arang Tempurung Kelapa
Asphalt Concrete Wearing Course
Stabilitas

KORESPONDENSI (*)

Phone: +62 813-7041-5787
E-mail: fazri2574@gmail.com

A B S T R A K

Seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan di Indonesia maka repetisi beban yang terjadi pada perkerasan jalan meningkat serta perubahan cuaca yang ekstrim dapat mengakibatkan kerusakan pada lapisan perkerasan jalan khususnya pada tingkat kestabilan (stabilan) terutama pada lapisan paling atas yaitu lapisan AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course). Maka dari itu perlunya meningkatkan kualitas dari perkerasan jalan, salah satunya menginovasikan campuran beraspal dengan menambahkan bahan aditif. Bahan aditif yang ditambahkan dalam penelitian ini yaitu limbah tempurung kelapa yang diolah menjadi arang. Limbah tempurung kelapa di Indonesia sangat mudah ditemukan tetapi pemanfaatannya belum optimal, maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk arang tempurung kelapa dengan kadar 3% terhadap stabilitas campuran beraspal. Selanjutnya benda uji pada setiap kadar serbuk arang tempurung kelapa direndam dengan lama perendaman 1 hari dengan suhu 60°C. Pengaruh penambahan arang tempurung kelapa pada campuran AC-WC ditinjau dari nilai Indeks Stabilitas menunjukkan kehilangan kekuatan yang semakin besar seiring dengan berbedanya kadar persen serbuk arang tempurung kelapa, hal ini dikarenakan serbuk arang tempurung kelapa adalah bahan organik yang rentan terhadap pengaruh air.

PENDAHULUAN

Jalan merupakan suatu infrastruktur sebagai prasarana angkutan darat dalam memperlancar kegiatan perekonomian dari suatu daerah ke daerah lainnya. Kondisi jalan yang baik akan memudahkan mobilitas penduduk dalam mengadakan kegiatan ekonomi maupun kegiatan sosial lainnya. Pentingnya fungsi jalan dalam menunjang kegiatan manusia, maka kelayakan dan kenyamanan jalan perlu diperhatikan dengan meminimalisir terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan.

Kerusakan jalan yang terjadi di Indonesia umumnya terjadi sebelum mencapai umur rencana. Beberapa faktor yang memengaruhi kerusakan dini antara lain akibat peningkatan dan repetisi beban mekanis seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan, kondisi tanah dasar yang tidak stabil, pemadatan di atas lapisan tanah dasar yang tidak optimal, perubahan cuaca, suhu, temperatur, dan konstruksi perkerasan yang belum memenuhi standar spesifikasi. Adanya beberapa hal tersebut maka perlu dilakukan pemeliharaan maupun perbaikan guna mempertahankan kondisi jalan pada tingkat yang layak sehingga dapat memperlambat penurunan kinerja perkerasan jalan

Perubahan cuaca yang tidak pasti terutama pada saat musim hujan menjadi salah satu penyebab kerusakan jalan. Pada saat musim hujan banyak perkerasan jalan yang ada di Indonesia digenangi oleh air akibat tingginya intensitas curah hujan dan kurang memadainya saluran drainase. Akibatnya, kondisi jalan di daerah yang tergenang banyak mengalami kerusakan salah satunya disebabkan karena daya lekat aspal terhadap agregat menjadi lemah karena pengaruh air sehingga terjadi kerusakan pada perkerasan jalan saat dilewati oleh beban lalu lintas. Hal ini dapat memengaruhi kinerja perkerasan aspal, khususnya kemampuan menerima beban.

Stabilitas (stability) ialah kemampuan campuran aspal untuk menjaga integritas strukturalnya dibawah beban dan pengaruh lingkungan. Dengan kata lain, stabilitas campuran aspal mencerminkan daya dukung dan ketahanan campuran terhadap deformasi dan kerusakan akibat lalu lintas kendaraan, beban statis, perubahan suhu dan faktor-faktor lingkungan lainnya.

Saat ini banyak teknologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dari lapisan perkerasan jalan, salah satunya melakukan inovasi pada campuran aspal. Aspal dimodifikasi dengan memberikan suatu bahan aditif 3 pada campuran aspal. Bahan aditif yang ditambahkan dalam penelitian ini yaitu limbah serbuk arang tempurung kelapa. Limbah serbuk arang tempurung kelapa di Indonesia sangat mudah ditemukan tetapi pemanfaatannya belum optimal. Menurut Varlyanto dan Purnawan (2016) tentang “Uji Kelayakan Aspal dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Arang Tempurung Kelapa Lolos dan Tertahan Saringan #200” telah didapatkan data bahwa penambahan serbuk arang tempurung kelapa terhadap campuran aspal dapat meningkatkan nilai penetrasi dan menaikkan nilai titik lembek aspal. Maka dari itu campuran aspal menggunakan limbah serbuk arang tempurung kelapa ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas dari kinerja perkerasan aspal khususnya dalam kestabilan..

TINJAUAN PUSTAKA

Jenis beton aspal yang umum di Indonesia saat ini adalah laston atau dikenal dengan nama AC (Asphalt Concrete), yaitu beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Karakteristik aspal beton yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas (Waani, 2013). AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) merupakan salah satu jenis lapis perkerasan pada konstruksi perkerasan lentur, dimana jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Filler yang merupakan bahan pengisi campuran berfungsi untuk meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran lapisan perkerasan (Fithra, 2017).

Bahan pengisi (filler) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0, 075 mm). pengisiannya dilakukan secara terstruktur, jika terlalu banyak bahan pengisi dalam campuran akan menyebabkan aspal beton menjadi sangat kaku dan mudah retak meskipun telah dilakukan penambahan aspal yang lumayan banyak guna memenuhi workability. Sebaliknya kekurangan bahan campuran akan berakibat lentur sehingga mudah terdeformasi oleh roda kendaraan dan menghasilkan jalan yang bergelombang (Gunarto dan Candra, 2019). Macam bahan pengisi yang dapat digunakan seperti; abu batu, portland cement (PC), abu vulkanik, abu terbang (fly ash), debu tanur tinggi pembuat semen, abu sekam padi dan serbuk arang batok kelapa. Pada penelitian ini kadar bahan pengisi adalah 3% dari berat total campuran aspal beton. Jenis bahan pengisi dipilih serbuk arang batok kelapa.

Penggunaan serbuk arang batok kelapa pada campuran beton aspal dapat meningkatkan kinerja stabilitas, kelelahan plastis, dan durabilitas 6 campuran perkerasan aspal beton dengan penambahan serbuk arang batok kelapa sebesar 2% pada campuran yang menggunakan batok kelapa sebagai bahan pengikat dengan skenario jumlah tumbukan 2 x 75 kali. Peningkatan jumlah tumbukan dapat meningkatkan nilai Marshall Quotient (MQ) campuran beton aspal baik tanpa serbuk arang batok kelapa maupun dengan serbuk arang batok kelapa yang berarti aspal semakin kaku dan cenderung getas dan akhirnya mudah hancur. Peningkatan jumlah tumbukan tertentu pada pembuatan benda uji beton aspal dan penambahan serbuk arang batok kelapa diatas 2% dapat mengurangi besarnya nilai stabilitas sisa (durabilitas campuran beton aspal menjadi rendah) (Mashuri, 2011).

Penggunaan serbuk arang batok kelapa sebagai bahan tambah berpengaruh terhadap kinerja beton aspal. Penambahan serbuk arang batok kelapa yang berlebihan cenderung mengalami penurunan nilai stabilitas. Penggunaan arang batok kelapa juga memberikan pengaruh jelek terhadap kinerja beton aspal. Persentase bahan tambah serbuk arang batok kelapa terhadap berat total campuran yang meningkatkan kinerja beton aspal adalah $0.61\% - 2.44\% = 7.33 - 29.32$ gram (Nur dkk., 2017)

Namun berbeda dengan penelitian Putra (2013), penggunaan filler arang batok kelapa memiliki pengaruh yang baik terhadap peningkatan nilai stabilitas campuran aspal meskipun tidak signifikan. Hanya pada kadar aspal 4, 5 % saja angka kenaikan stabilitas yang terjadi tampak signifikan yaitu senilai 800 kg. Nilai rongga udara dalam campuran (VIM) dan kelelahan (flow) juga menurun seiring dengan penggunaan filler arang tempurung kelapa. Dengan demikian arang tempurung kelapa masih bisa digunakan sebagai material filler campuran aspal AC-WC.

Aspal

Aspal merupakan bahan pembentuk lapis permukaan dari perkerasan lentur maupun perkerasan komposit yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam stabilisasi tanah dasar atau lapis pondasi.

Bahan Pengisi (filler)

Filler merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. Filler dalam campuran beton aspal adalah bahan yang 100% lolos saringan No. #100 dan paling kurang 75% lolos saringan No. #200. Fungsi filler yaitu untuk mengisi rongga antar agregat halus dan kasar yang dapat diperoleh dari hasil pemecahan batuan secara alami maupun buatan. Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah abu batu, kapur padam, portland cement (PC), debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya.

Adapun filler yang digunakan pada penelitian dan dijadikan perbandingan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Serbuk Arang Batok Kelapa
Buah kelapa mempunyai hasil sampingan berupa tempurung / batok yang dapat diolah menjadi arang. Namun, selama ini tempurung kelapa hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak atau dibiarkan sebagai limbah.
2. Semen
Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif digunakan sebagai bahan pengikat (Bonding material) yang dipakai bersama batu kerikil, pasir, dan diberi air dan selanjutnya akan mengeras menjadi suatu masa yang padat (Zulfikar dkk., 2014).
3. Agregat
ASTM 1995 mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar atau berupa fragmen-fragmen. Agregat, berdasarkan proses pembentukannya terdiri dari 2 jenis yaitu agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam, berdasarkan proses pembentukannya, terbagi lagi atas batuan endapan, batuan beku dan batuan metamorph. Berdasarkan proses pengolahannya agregat dibedakan atas agregat alam yang mengalami proses pengolahan alami terlebih dahulu dan agregat buatan yang disengaja dibuat untuk tujuan tertentu (Waani, 2013).
 - a. Agregat Kasar
Menurut Bina Marga, (2018) agregat kasar adalah agregat yang lolos pada saringan 3/4" (19, 1 mm) dan tertahan pada saringan No. 4 (4, 75 mm) terdiri dari batu pecah atau koral (kerikil pecah) berasal dari alam yang merupakan batu endapan. Stabilitas mekanis agregat harus mempunyai suatu kekerasan untuk menghindari terjadinya suatu kerusakan akibat beban lalu lintas dan kehilangan kestabilan.
 - b. Agregat Halus
Agregat halus adalah fraksi agregat yang lolos saringan No. 4 (4, 75 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0, 075 mm) terdiri bahan-bahan berbidang kasar bersudut tajam dan bersih dari kotoran atau bahan-bahan yang tidak dikehendaki. Karakteristik agregat halus yang menjadi tumpuan bagi kekuatan campuran aspal terletak pada jenis, bentuk dan tekstur permukaan dari agregat (Bina Marga, 2018).
4. Lapis Aspal Beton (Laston)
Lapis aspal beton (Laston) pada konstruksi jalan raya merupakan lapisan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus (well graded) dengan atau tanpa bahan tambahan. material-material tersebut diangkut ke lokasi, dan kemudian dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu, suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan filler. Jika semen aspal, 14 maka pencampuran umumnya antara 145-155°C sehingga disebut beton aspal campuran panas (hotmix) (Sukirman, 2003).

Ada tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton sebagai berikut:

1. Tahan terhadap tekanan (stability)
2. Keawetan (durability)
3. Kelenturan (flexibility)
4. Ketahanan terhadap kelelahan (fatigue resistance)
5. Kekesatan atau tahanan geser (skid resistance)
6. Kedap air (impermeable)
7. Mudah dilaksanakan (workability)

METODOLOGI

Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data agregat dan campuran untuk perkerasan Asphalt Concrete (AC) dan Wearing Course (WC) dengan kadar serbuk arang batok kelapa 3% terhadap berat total agregat sebagai bahan pengisi (filler) dan kadar aspal yang digunakan 6%.

Sebelum penelitian dilakukan ada beberapa tahapan-tahapan yang harus dilalui, mulai dari persiapan, pemeriksaan, mutu bahan/materian (agregat, aspal, filler), perencanaan campuran sampai dengan tahap pelaksanaan pengujian menggunakan metode marshall. Berdasarkan persyaratan dan spesifikasi yang telah ditentukan dan dilakukan terhadap pengujian, sehingga diperoleh nilai-nilai Stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFB dan MQ. Alat yang digunakan dalam pengujian penelitian ini yaitu marshall sebagai alat uji tekan aspal. Pengambilan data pada alat marshall dilakukan dengan mencatat besarnya gaya yang didapat dari menghancurkan benda uji tersebut.

Spesifikasi yang digunakan adalah Bina Marga 2018, sebelum melakukan pengujian akan dikumpulkan data total dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal dengan total 1200gr. Variasi filler yang digunakan ialah kadar aspal 6% dan kadar presentase serbuk arang batok kelapa 3% (Spesifikasi Bina Marga 2018).

Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian dan uji coba dimulai tanggal 17 Nov 2023 sampai tanggal 1 Des 2023. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Teknik Sipil Universitas Islam Sumatra Utara (UISU).

Jenis Data

Data Primer

Data primer adalah data pertama kali yang dikumpulkan oleh peneliti melalui upaya pengambilan data di lapangan langsung, misalnya dengan 15 melakukan penelitian atau pengujian secara langsung yang dilakukan sendiri dengan mengacu pada petunjuk manual yang ada. Karena inilah data primer disebut sebagai data utama atau data pertama. Dalam penelitian ini yang termasuk data primer adalah pengujian berat jenis filler serbuk arang batok kelapa, pengujian gradasi filler serbuk arang batok kelapa, dan hasil uji marshall.

Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara. Hal tersebut berarti bahwa peneliti berperan sebagai pihak kedua, karena tidak didapatkan secara langsung. Data sekunder dalam penelitian ini adalah data pemeriksaan agregat, data gradasi agregat dan data hasil pemeriksaan karakteristik aspal yang diperoleh dari Laboratorium Material Jalan Raya Teknik Sipil Universitas Islam Sumatra Utara (UISU).

Bahan

Agregat

Agregat yang digunakan berasal dari Sungai Deli, Lombok. Terdiri dari, agregat (1), sampai dengan agregat (#200). Hasil pemeriksaan agregat merupakan data sekunder yang diperoleh dari Laboratorium Material Jalan Raya Teknik Sipil Universitas Islam Sumatra Utara (UISU).

Aspal

Aspal penetrasi 60/70 produksi PT.Adhi Karya yang diperoleh dari Laboratorium Bahan dan Jalan, Balai Pengujian Material Konstruksi, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Sumatra Utara.

Filler

Filler adalah suatu mineral agregat dari fraksi halus yang sebagian besar (75%) lolos saringan nomor 200 (0,075 mm). Penelitian ini menggunakan filler serbuk arang yang berasal dari limbah batok kelapa yang diambil dan warga setempat Jalan Sempurna Sisingamaraja.

Pembuatan Benda Uji

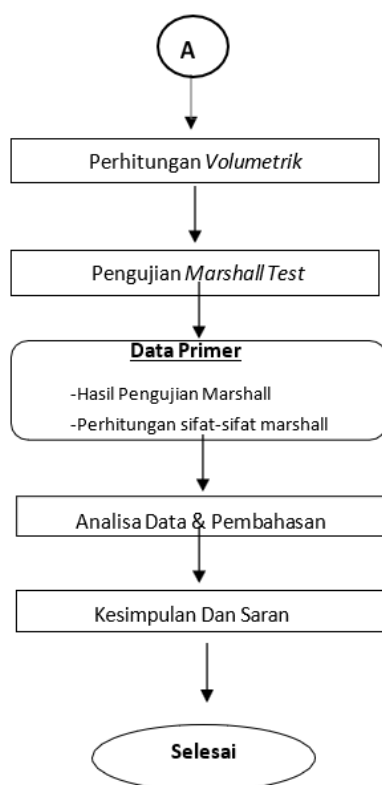
Sebelum pembuatan benda uji diadakan pembuatan rancang campur (mix design). Perencanaan rancang campur meliputi perencanaan gradasi agregat, penentuan aspal dan pengukuran komposisi masing-masing fraksi baik agregat, aspal, dan

filler. Gradasi yang digunakan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan menggunakan gradasi rencana campuran spesifikasi.

Menentukan Komposisi masing-masing bahan campuran yang nantinya semua komposisi tersebut akan di campur menjadi satu, penelitian hasil menggunakan serbuk arang batok kelapa dengan filler 3% dan kadar aspalnya 6%.

Langkah uji coba:

1. Memanaskan aspal Penetrasi 60/70
2. Menuang *fresh aggregate* dalam wajan dan memanaskan sampai suhu percampuran
3. Menuangkan aspal yang telah dipanaskan de dalam wajan berisi campuran *fresh aggregated* di atas timbangan,lalu diaduk sampai homogen dan diangin-anginkan hingga suhunya turun mencapai suhu pemadatan di bawah suhu hotmix
4. Menumbuk benda uji masing-masing 75 kali dalam kedua sisi (atas dan bawah)benda uji secara bergantian,mengeluarkan benda uji dari *mould* dengan menggunakan dongkrak hidroliis



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Bahan dan Perencanaan Aspal

Sebelum digunakan sebagai bahan pada campuran Aspal laston AC- WC, semua material atau bahan penyusun dalam pembuatan Aspal laston AC- WC harus melakukan pengujian karakteristiknya terlebih dahulu. Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah material yang digunakan telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Devisi 6 dan dan seksi 6.3 dalam hal tersebut mengacu juga dengan Standar Nasional Indonesia (SNI, ASTM dan AASHTO).

Hasil Pengujian Agregat

Sebelum melakukan pengujian pada karakteristik Marshall Test, terlebih dahulu melakukan pengujian pada agregat kasar, agregat halus dan Filler abu batu. Pengujian agregat yang dilakukan meliputi analisa saringan, berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan agregat halus.

Hasil dari pengujian yang dilakukan ini harus memenuhi spesifikasi dan sesuai standar yang digunakan yaitu Spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6 dan seksi 6.3 dalam hal tersebut mengacu juga dengan Standar Nasional Indonesia (SNI, ASTM dan AASHTO).

Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pada pembuatan Aspal Laston AC-WC maka komponen utama pembentuknya adalah aspal dan agregat. Untuk menentukan suatu gradasi agregat pada lapisan Aspal Laston AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course) maka agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan ukuran $\frac{3}{4}$, agregat medium $\frac{1}{2}$, adalah campuran batu pecah dan pasir, agregat halus dan pasir, sedangkan untuk bahan pengisi adalah pasir dan filler sebagai pengganti. Untuk memperoleh Aspal Laston AC-WC yang baik maka gradasi dari agregat harus memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6 dan seksi 6.3 dengan acuan (SNI 03-1968-1990).

Hasil Pemeriksaan Abu Tempurung Kelapa

Pemeriksaan abu tempurung kelapa hanya difokuskan pada analisa saringan saja. Analisa saringan terhadap abu tempurung kelapa dilakukan pada saringan no. 16, no. 30, no. 50, no. 100, no. 200 dan filler. Analisa ini dilakukan untuk melihat jumlah abu tempurung kelapa yang lolos saringan no. 200. Abu tempurung kelapa yang lolos saringan no. 200 tersebut akan digunakan sebagai filler dalam campuran aspal beton pada penelitian ini. Abu tempurung kelapa yang tidak lolos saringan no. 20 dapat dilakukan perlakuan khusus yaitu dengcara ditumbuk agar kemudian dapat lolos saringan no. 200. Hasil analisa saringan abu tempurung kelapa dapat dilihat pada

Tabel 1. Hasil Analisa Saringan Abu Tempurung Kelapa

No	Ukuran Saringan	Berat Tertahan (gr)	Persen Tertahan (%)
1	No. 16	20,6	10,30
2	No. 30	57,4	28,70
3	No. 50	32,8	16,40
4	No. 100	48,0	24,00
5	No. 200	20,9	10,45
6	Filler	12,9	6,45
7	Persen Hilang	7,4	3,70
Jumlah		200,00	100,00

Hasil Pengujian Aspal

Dalam penelitian ini, aspal yang digunakan untuk bahan ikat pada pembuatan benda uji aspal keras pertamina 60/70 adalah data sekunder. Yaitu data hasil pemeriksaan karakteristik aspal keras yang telah dilakukan perusahaan PT. Adhi Karya dan di uji di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan diperoleh hasil nya seperti pada tabel.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan karakteristik aspal pertamina Pen 60/70 (PT. Adhi Karya)

No	Jenis Pengujian	Hasil Uji	Metode Pengujian	Satuan
1	Penetrasi 25°C	64,80	SNI 06-2456-2011	0,1mm
2	Titik Lembek	52,5	SNI 06-2434-2011	°C
3	Daktalitas pada 25°C, 5cm/menit	135	SNI 06-2432-2011	cm
4	Titik Nyala	295	SNI 06-2433-2011	°C
5	Berat Jenis	1,029	SNI 06-2441-2011	gr/ml

Sumber : PT. Adhi Karya

Marshall Test

Stabilitas Marshall Test merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (rutting), maupun mengalami bleeding.

Nilai Stabilitas Marshall Test dapat dipengaruhi oleh kohesi atau penetrasi aspal, kadar aspal, gesekan (internal friction), sifat saling mengunci (interlocking) dari partikel-partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan, serta gradasi agregat.

Nilai Parameter Marshall Test diperoleh dengan melakukan perhitungan terhadap hasil percobaan di Laboratorium Jalan Raya. Perhitungan nilai karakteristik Marshall Test mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2018.

Berat Jenis Aspal (Hasil Pengujian)	= 1.03
Berat Jenis Agregat (Hasil Pengujian)	= 2.50
Kalibrasi Alat Proving Ring	= 26.69 KN/(6000Lbf)
Kadar aspal Variasi	= 6%

Perhitungan untuk sampel dengan filler ATK 60%

Kadar Aspal Dalam Agregat (a)	= 6%
Kadar Aspal Dalam Campuran (b)	= $1200 * 6\% / (1200 + (1200 * 6\%)) = 5.66\%$
Berat Kering Benda Uji (Hasil Penelitian) (c)	= 1074 gr
Berat SSD Benda Uji (Hasil Penelitian) (d)	= 1074 gr
Berat Air Benda Uji (Hasil Penelitian) (e)	= 500 gr
Volume Benda uji (f)	= $d - e = 574 \text{ ml}$
Berat Isi Benda uji (g)	= $c / f = 1074 / 574 = 1.87 \text{ gr/ml}$
Berat Jenis Maksimum (h)	= $100 / ((100 - b) / \text{Berat Jenis Agregat}) + (b / \text{Berat Jenis Aspal})$ = 2.31
Persentase Volume Aspal (i)	= $(b * g) / \text{Berat Jenis Aspal} = 10.27\%$
Persentase Volume Agregat (j)	= $((100 - b) * g) / \text{Berat Jenis Agregat} = 70.56\%$

Persentase Kandungan dalam rongga (k)	$= 100 - i - j$
	$= 100 - 10.27\% - 70.56\%$
	$= 19.17\%$
Persen Rongga Terhadap Agregat	$= 100 - j$
(VMA) (L)	$= 100 - 70.56 = 29.44\%$
Persen Rongga Terisi Aspal	$= 100 \times \frac{i}{L}$
(VFA) (m)	$= 100 \times \frac{10.27}{29.44} = 34.88\%$
Persen Rongga Terhadap Campuran	$= 100 - (100 \times \frac{a}{1^{h,87}})$
(VIM) (n)	$= 100 - (100 \times \frac{2.31}{2.31})$
	$= 19.05\%$
Pembacaan Dial Stabilitas (o)	$= 157 \text{ kg}$
Nilai stabilitas (p)	$= (0) \times \text{Proving Ring Alat}$
	$= 157 \times 26.69 = 4190.3$
Koreksi Stabilitas (Q)	$= p \times \text{Angka Kolerasi}$
Benda Uji	$= 4190.3 \times 0.94$
	$= 3938.9$
Nilai Flow dari Pembacaan dial ®	$= 3.60 \text{ mm}$
QM (s)	$= \frac{q}{r}$
	$= \frac{3938.9}{3.60}$
	$= 1094.13 \text{ kg}$

Tabel 3. Tabel hasil akhir perhitungan Marshall Test filler Serbuk arang tempurung kelapa dan filler lolos saringan No.200 dengan kadar Aspal 6%

Sampel ATK	Hasil Perhitungan (kg)	Sampel Lolos Saringan No.200	Hasil Perhitungan (kg)
0%	609,76 kg	100%	894,2 kg
50%	539,2 kg	50%	361,53 kg
60%	1094,13 kg	40%	931,31 kg
70%	782,1 kg	30%	512,92 kg
80%	869,23 kg	20%	760,90 kg

Sumber : Lab.Jalan Raya FT.UISU

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah mengungkapkan beberapa hasil yang signifikan mengenai pengaruh penambahan serbuk arang tempurung kelapa terhadap stabilitas campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). Dari hasil penelitian, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut: Dari hasil pengujian karakteristik sifat marshall Test pada campuran

Asphalt Concrete -Wearing Course (AC-WC) dengan menggunakan serbuk arang batok kelapa dengan kadar aspal 6% didapatkan hasil akhir dengan filler 0% = 609,76 kg, filler 50% = 539,2 kg, filler 60% = 1094,13 kg, filler 70% = 782,1 kg dan filler 80% = 869,23 kg. Berdasarkan hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal, diperoleh bahwa hasil pemeriksaan aspal masih memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Devisi 6 dan seksi 6.3. Campuran Laston lapis aus (AC-WC) menggunakan filler arang tempurung kelapa (ATK) berpengaruh terhadap parameter marshall. Hal ini dapat dilihat pada komposisi terbaik yaitu: 60% dimana nilai stabilitas 1094,13 kg dengan kadar aspal 6%.

Dari hasil selama penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Sumatra Utara timbul beberapa saran yang perlu dipertimbangkan sebagai berikut: Diperlukannya ketelitian pada saat melakukan penelitian di Laboratorium. Perlu ketelitian pada saat pengujian Marshall Test untuk memperkecil terjadinya kesalahan pada hasil penelitian tersebut. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk memperluas cakupan analisis terhadap berbagai variasi konsentrasi serbuk arang batok kelapa serta metode aplikasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bina Marga Pekerjaan Umum Spesifikasi Umum 2018 Devisi 6 seksi 6.3
- [2] Anonymous, (1983), Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton, Juklak
- [3] Laston No. 13/PT/B/ 1983, Departemen Pekerjaan Umum, Bina Marga, Indonesia
- [4] Anonymous, (1987), SNI No. 1737 – 1989-F. Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- [5] Anonymous, (1996), Manual Penelitian Bahan Jalan No. 01/ MN/ BM/1976, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta Arifin, Syamsul, (2004), Kinerja Stabilitas AC Yang Diperkuat BP-a® Pada Kondisi KAMax, KAO, dan KAMin, Menggunakan Variasi Metode Pencampuran, Usulan Proposal Program Penelitian Dasar di Perguruan Tinggi tahun anggaran 2005, Universitas Tadulako, Palu
- [6] Atkins, N., Harold, (1997), Highway Material, Soils, and Concrete, Third Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio. Berry, C., UPT dan Gunawan, D., (1999), Filler Arang Tempurung Kelapa (ATK) dalam Campuran “Hot Rolled Sheet” Makalah Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil ITB
- [7] British Standard Institution, BS 812 Part 1, Part 2, Part 3, dan Part 4 (1985) Method for Sampling dan Testing of Material Aggregates, Sands, dan Filler.
- [8] Mashuri (2006), Sifat-sifat Mekanis Aspal yang Ditambahkan Serbuk Arang Tempurung Kelapa, Jurnal Media Komunikasi Teknologi Edisi Januari 2006, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu
- [9] [Rifki Maimun A., Arifin M. Zainul, Djafar Ludfi, (2004), Kajian Laboratorium Pemanfaatan Agregat Slag Baja Sebagai Komponen Campuran Aspal Beton Dengan Variasi Filler, Makalah disampaikan pada Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi (FSTPT – VII) 4 September 2004, Universitas Katolik Parahiyangan, Bandung
- [10] Sebayang Nusa, Nainggolan Togi H., (2004), Kajian Laboratorium Pemanfaatan Pasir Vulkanik Untuk Rancangan Campuran Beton Aspal, Makalah disampaikan pada Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi (FSTPT – VII) 4 September 2004, Universitas Katolik Parahiyangan, Bandung Forum Transportasi Antar Perguruan Tinggi II, (1999), Menuju Sistem Transportasi Yang Efisien dan Akrab Lingkungan, Kumpulan Makalah FSTPT II, Graha 10 Nopember ITS, Surabaya
- [11] Manshuri.(2007) Pemanfaatan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambahan Untuk Meningkatkan Kinerja Beton Aspal (AC).Tugas Akhir Universitas Tadakula, Sulawesi Tengah