

Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Durabilitas Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC)

Alfina Dwi Putri¹⁾

Sasana Putra²⁾

Rahayu Sulistyorini³⁾

Dwi Herianto⁴⁾

Abstract

With the rise in the number of vehicles on Indonesian roads, the frequency of loads that occur on road pavements rises, and extreme weather changes can damage the pavement layer, particularly at the level of durability (durability), particularly at the top layer, namely the AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course). As a result, it is required to improve the quality of road surface, one of which is to add additives to asphalt mixtures. Coconut shell waste, which is converted into charcoal, was used as an additive in this study. Because coconut shell waste is readily available in Indonesia, but its utilization is inefficient, this study intends to assess the effect of adding coconut shell charcoal at levels of 0%, 3%, 6%, and 9% on the durability of asphalt mixtures. Furthermore, the test objects at each level of coconut shell charcoal were submerged for 30 minutes, 1 day, 7 days, and 14 days at a temperature of 60°C. Because coconut shell charcoal is an organic material, it is susceptible to the influence of water, the effect of adding coconut shell charcoal to the AC-WC mixture in terms of the First Durability Index (IDP) and Second Durability Index (IDK) values show a greater loss of strength as the coconut shell charcoal content increases.

Keywords: Coconut shell charcoal, AC-WC, Durability

Abstrak

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 keawetannya (durabilitas) 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 arang tempurung kelapa dengan kadar 0%, 3%, 6% dan 9% terhadap durabilitas campuran beraspal. Selanjutnya benda uji pada setiap kadar arang tempurung kelapa direndam dengan variasi lama perendaman 30 menit, 1 hari, 7 hari dan 14 hari dengan suhu 60°C. Pengaruh penambahan arang tempurung kelapa pada campuran AC-WC ditinjau dari nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan nilai Indeks Durabilitas Kedua (IDK) menunjukkan kehilangan kekuatan yang semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar arang tempurung kelapa, hal ini dikarenakan arang tempurung kelapa adalah bahan organik yang rentan terhadap pengaruh air.

Kata Kunci: *Arang Tempurung Kelapa, AC-WC, Durabilitas*

¹⁾ Mahasiswa pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Surel: alfinadwiputri27@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan suatu infrastruktur sebagai prasarana angkutan darat dalam memperlancar kegiatan perekonomian dari suatu daerah ke daerah lainnya. Pentingnya fungsi jalan dalam penunjang kegiatan manusia, maka kelayakan dan kenyamanan jalan perlu diperhatikan dengan meminimalisir terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan. 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. Hal ini dapat memengaruhi kinerja perkerasan aspal, khususnya kemampuan menerima beban, masalah ketahanan dan keawetan (*durability*). Durabilitas (*durability*) adalah kemampuan aspal dalam menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan, gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta kemampuan dalam menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti air, udara, dan perubahan temperatur (Sukirman, 2016).

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 pada campuran aspal. 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. Menurut Varlyanto dan Purnawan (2016) telah didapatkan data bahwa penambahan arang tempurung kelapa terhadap campuran aspal dapat meningkatkan nilai penetrasi dan menaikkan nilai titik lembek aspal. Maka dari itu campuran aspal menggunakan arang tempurung kelapa ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas dari kinerja perkerasan aspal khususnya dalam keawetan atau durabilitas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan konstruksi yang dipasang langsung di atas tanah dasar badan jalan pada jalur lalu lintas yang bertujuan untuk menerima serta menahan beban langsung dari lalu lintas. Konstruksi perkerasan jalan dibedakan menjadi 3 jenis dilihat dari bahan pengikatnya yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit (Sukirman, 2003). Pada penelitian ini jenis perkerasan yang digunakan yaitu perkerasan lentur yang didefinisikan sebagai perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya.

2.2. Campuran Beraspal

Campuran beraspal adalah campuran yang terdiri dari agregat dan aspal. Dalam campuran beraspal, aspal berfungsi sebagai pengikat dan pengisi rongga antar partikel agregat, sedangkan agregat sendiri berperan sebagai tulangan. Salah satu jenis campuran beraspal adalah AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*) yang merupakan campuran laston bergradasi menerus, mempunyai lebih sedikit rongga pada struktur agregatnya. Lapis permukaan (AC-WC) merupakan lapisan paling atas yang berhubungan langsung dengan cuaca dan temperatur.

2.3. Aspal

Aspal adalah material termoplastik yang akan menjadi keras jika temperatur berkurang dan akan menjadi lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Aspal merupakan

material yang paling umum digunakan sebagai bahan pengikat agregat. Di Indonesia umumnya aspal yang biasa digunakan adalah aspal penetrasi 60/70. Dalam penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal modifikasi yaitu aspal minyak yang dibuat dengan mencampur suatu bahan tambahan (aditif) kedalam aspal untuk meningkatkan kinerjanya.

2.4. Agregat

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. Pembagian agregat berdasarkan ukuran butiran dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga), yaitu agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (filler).

2.5. Arang Tempurung Kelapa

Arang tempurung kelapa diperoleh dari proses pembakaran tempurung kelapa hingga menjadi arang. Arang yang dipergunakan dalam campuran beton aspal ini harus digiling terlebih dahulu dan disaring untuk mendapatkan ukuran butir yang diinginkan yaitu lolos saringan No. 200. Kandungan arang tempurung kelapa berupa senyawa karbon pada aspal.

Pemanfaatan arang tempurung kelapa sebagai bahan tambah campuran beraspal telah dilakukan oleh Mashuri (2008) dan diperoleh hasil pencampuran arang tempurung kelapa dalam campuran aspal dapat meningkatkan titik lembek aspal, memperkecil nilai penetrasi aspal dan memperkecil persentase kehilangan berat aspal akibat pemanasan.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Al-Mansob, dkk (2013) didapat bahwa pemakaian tempurung kelapa menunjukkan kinerja yang lebih baik sebagai bahan aditif dengan campuran aspal panas dibandingkan dengan penggunaan tempurung kelapa sawit. Penambahan tempurung kelapa sawit juga tidak meningkatkan modulus ketahanan dari campuran yang dimodifikasi tetapi penambahan tempurung kelapa dapat meningkatkan modulus ketahanan dari campuran yang dimodifikasi.

Varlyanto dan Purnawan (2016) melakukan penelitian juga terkait pemanfaatan arang tempurung kelapa dan didapatkan data bahwa penambahan arang tempurung kelapa terhadap campuran beraspal dapat meningkatkan nilai penetrasi dan menaikkan nilai titik lembek aspal. Hal ini dapat berarti penambahan arang tempurung kelapa dalam campuran perkerasan beton aspal kemungkinan berpotensi meningkatkan stabilitas dan durabilitasnya.

2.6. Durabilitas

Durabilitas atau ketahanan merupakan kemampuan beton aspal untuk menahan gesekan antara permukaan jalan dengan roda kendaraan, menerima beban lalu lintas, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim dan cuaca seperti udara, perubahan temperatur dan air (Sukirman, 2016). Tingkat durabilitas suatu campuran beraspal dapat diukur menggunakan parameter Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK). Ketiga indeks tersebut didapat melalui pengujian *marshall* yaitu berupa nilai stabilitas dan *flow*.

2.6.1. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Nilai IKS yang disyaratkan oleh Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2018) adalah minimum 90%. Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dapat dihitung menggunakan rumus (Hunter, 1994 dalam Ratih, 2017:14):

$$IKS = \frac{S_1}{S_2} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

S1 = nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T1 (Kg)

S2 = nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T2 (Kg)

2.6.2. Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Menurut Craus, 1981 (dalam Ratih, 2017:14) Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$r = \sum_{(i=0)}^{(n-1)} \frac{Si - (Si + 1)}{(ti + 1) - ti} \quad (2)$$

Keterangan:

r = Indeks Penurunan Stabilitas (%)

S_i = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_i (%)

S_{i+1} = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%)

t_i, t_{i+1} = Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

Nilai 'r' yang bernilai positif menunjukkan adanya kehilangan kekuatan sedangkan nilai 'r' bernilai negatif menunjukkan adanya perolehan kekuatan.

2.6.3. Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks daya tahan kedua (a) yaitu rata-rata area kekuatan tertutup antara kurva daya tahan dan garis $S_0=100\%$ yang dihitung menggunakan Persamaan 3:

$$a = \frac{1}{2tn} \sum_{(i=0)}^{(n-1)} (Si - (Si + 1)) \times (ti + (ti + 1)) \quad (3)$$

Keterangan:

S_{i+1} = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%)

S_i = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_i (%)

t_{i+1} = Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

t_n = Total waktu perendaman

3. METODE PENELITIAN

3.1. Penyiapan Material

Material yang dipersiapkan untuk penelitian ini yaitu arang tempurung kelapa, aspal pen 60/70, agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

3.2. Pengujian Material

3.2.1. Material Aspal

Pengujian aspal dilakukan dengan melakukan uji penetrasi, titik lembek, daktilitas dan berat jenis. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal dengan penetrasi 60/70, dimana aspal dimodifikasi dengan menambahkan arang tempurung kelapa yaitu sebanyak 0%, 3%, 6%, dan 9%.

Tabel 1. Hasil Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Satuan	Spesifikasi	Kadar Arang Tempurung Kelapa (%)			
				0	3	6	9
1	Penetrasi	0,1 mm	Min. 40	65	60,8	55,8	53
2	Berat Jenis	gr/cm ³	≥ 1	1,014	1,081	1,101	1,117
3	Titik Lembek	°C	≥ 52	51,5	55,5	56,5	57,5
4	Daktilitas	cm	≥ 100	110	90	75	60

3.2.2. Material Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini perlu melalui beberapa pengujian guna mengetahui sifat-sifat fisik dari masing-masing agregat, yaitu diantaranya uji analisa saringan, uji berat jenis, uji keausan agregat (*los angeles test*), uji kekuatan agregat terhadap tumbukan (*aggregate impact value*), serta uji kekuatan agregat terhadap tekanan (*aggregate crushing value*).

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat

No	Jenis Pengujian	Satuan	Syarat	Hasil
A Agregat Kasar				
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm ³	≥2,5	2,5650
2	Berat jenis SSD	gr/cm ³	≥2,5	2,5933
3	Berat jenis semu	gr/cm ³	≥2,5	2,6771
4	Penyerapan	%	<3	1,9636
B Agregat Butir Tengah				
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm ³	≥2,5	2,5650
2	Berat jenis SSD	gr/cm ³	≥2,5	2,6052
3	Berat jenis semu	gr/cm ³	≥2,5	2,6752
4	Penyerapan	%	<3	1,5721
C Abu batu				
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm ³	≥2,5	2,6273
2	Berat jenis SSD	gr/cm ³	≥2,5	2,6573
3	Berat jenis semu	gr/cm ³	≥2,5	2,7084
4	Penyerapan	%	<3	1,1409
D <i>Aggregate Crushing Volume</i>		%	Maks 30	0,91
E <i>Aggregate Impact Volume</i>		%	Maks 30	6,013
F <i>Los Angeles Abrasion Test</i>		%	Maks 40	15,772

3.3. Pembuatan Benda Uji

3.3.1. Benda Uji KAO (Kadar Aspal Optimum)

Setelah dilakukan pengujian material yang akan digunakan, dilakukannya pengujian *marshall* untuk mendapatkan KAO yaitu sebanyak 15 benda uji berdasarkan nilai Pb (*Kadar Aspal Rencana*) yaitu dua dibawah nilai Pb dan dua diatas nilai Pb dengan interval 0,5%.

3.3.2. Benda Uji Durabilitas

Setelah KAO didapat dilakukan pembuatan benda uji durabilitas pada masing-masing kadar arang tempurung kelapa pada suhu 60°C dengan variasi lama perendaman yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Benda Uji untuk Memperoleh Durabilitas

Lama Perendaman	Kadar Arang Tempurung Kelapa				Jumlah Benda Uji
	0%	3%	6%	9%	
0,5 Jam	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	12
1 hari	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	12
7 hari	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	12
14 hari	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	12
Total					48

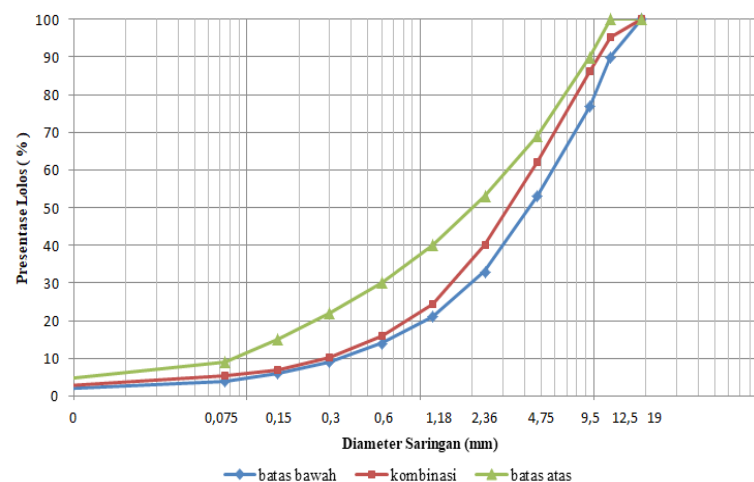
3.3.3. Pengujian Benda Uji

Pengujian yang dilakukan pada benda uji tersebut yaitu uji *Marshall* untuk mengetahui pengaruh perendaman secara menerus terhadap campuran beraspal yaitu berupa nilai karakteristik *marshall*. Kemudian nilai karakteristik *marshall* tersebut digunakan untuk memperoleh durabilitas berupa nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Bahan

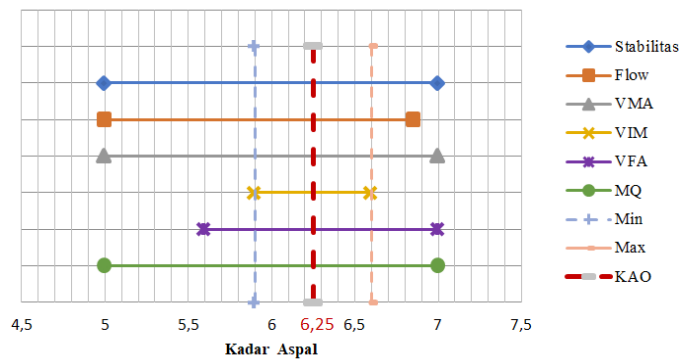
Hasil dari pengujian bahan yang terdiri dari pengujian *properties* aspal dan agregat telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Selanjutnya untuk mengetahui proporsi dari masing-masing agregat diperlukannya uji analisa saringan. Hasil dari sebaran gradasi agregat dapat dilihat pada Gambar 1, yang didapat proporsi dari agregat kasar sebesar 18%, *screening* 25%, abu batu 55% dan *filler* 2%.



Gambar 1. Kurva gradasi campuran

4.2. Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum diperoleh berdasarkan dari pengujian *Marshall* yaitu berupa nilai stabilitas, *flow*, kepadatan, VIM (*void in mixture*) VMA (*void in mineral aggregate*), VFA (*void filled with asphalt*), dan *Marshall Quotient* (MQ). Untuk memperoleh kadar aspal optimum diperlukannya nilai dari kadar aspal rencana (pb) yaitu sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%.



Gambar 2. Kurva kadar aspal yang memenuhi

Kadar Aspal Optimum (KAO) ditentukan berdasarkan rentang terkecil yang memenuhi, maka diambil dari nilai VIM yaitu pada rentang 5,9% - 6,6%. Nilai rentang terkecil tersebut kemudian dijumlahkan lalu dibagi dua, maka di dapatlah nilai KAO yaitu sebesar 6,25%.

4.3. Hasil Pengujian Marshall

Pengujian marshall dilakukan untuk mengetahui kinerja campuran beraspal berdasarkan variasi lama perendaman dan variasi kadar arang tempurung kelapa yang ditambahkan, ditinjau dari beberapa karakteristik yaitu nilai stabilitas dan nilai *flow*. Hasil pengujian *marshall* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Rendaman Menerus Terhadap Stabilitas

Kadar ATK	Lama Perendaman (Jam)			
	0,5	1x24	7x24	14x24
0%	1.148,5	1.136,8	1.033,7	1.002,3
3%	1.246,7	1.192,5	1.060,9	946,0
6%	1.346,9	1.286,5	1.013,7	920,2
9%	1.398,7	1.318,7	995,8	891,1

Tabel 5. Hasil Pengujian Rendaman Menerus Terhadap *Flow*

Kadar ATK	Lama Perendaman (Jam)			
	0,5	1x24	7x24	14x24
0%	3,9	4,0	6,0	7,0
3%	3,7	3,8	5,7	7,5
6%	3,4	3,6	6,6	7,8
9%	3,1	3,4	7,2	8,2

4.4. Hasil Perhitungan Durabilitas

Nilai durabilitas didapat dari nilai parameter Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

4.4.1. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

IKS (Indeks Kekuatan Sisa) diperoleh melalui pengujian terhadap sifat mekanik benda uji yang diperoleh dari uji *marshall* (stabilitas dan *flow*). IKS yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah minimum 90%.

Tabel 6. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Kadar ATK	Indeks Kekuatan Sisa (IKS)
0%	98,98
3%	95,65
6%	95,52
9%	94,28
Spesifikasi	≥ 90

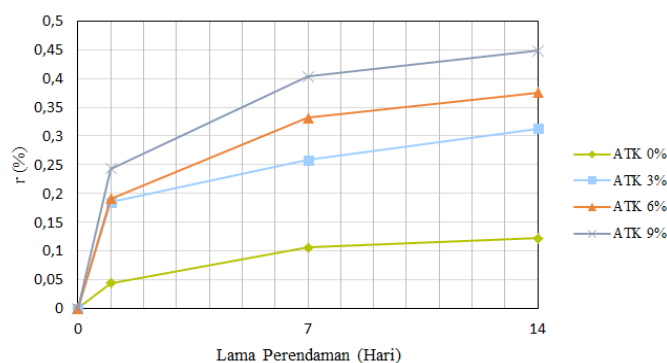
Nilai IKS dari campuran beraspal yang dimodifikasi dengan menambahkan arang tempurung kelapa mengalami penurunan seiring dengan semakin banyaknya arang tempurung kelapa, tetapi masih memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh Bina Marga (2018) yaitu minimal sebesar 90%. Hal ini menunjukkan bahwa perendaman selama satu hari pada campuran beraspal yang dimodifikasi dengan arang tempurung kelapa maupun tidak masih dapat menahan kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh suhu dan air.

4.4.2. Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama (IDP) yang dinyatakan dalam (r) atau penurunan stabilitas Nilai ' r ' yang bernilai positif menunjukkan adanya kehilangan kekuatan sedangkan nilai ' r ' bernilai negatif menunjukkan adanya perolehan kekuatan. Hasil perhitungan dari Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 3.

Tabel 7. Indeks Durabilitas Pertama (IDP %)

Kadar ATK	Lama Perendaman (Jam)			
	0,5	1x24	7x24	14x24
0%	0	0,04	0,11	0,12
3%	0	0,19	0,26	0,31
6%	0	0,19	0,33	0,38
9%	0	0,24	0,40	0,45



Gambar 3. Kurva hubungan penambahan ATK dengan IDP

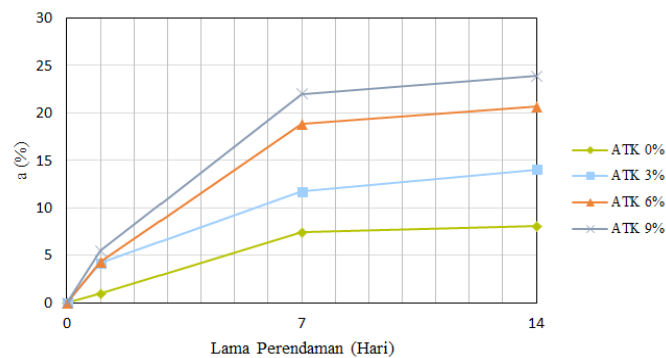
Hasil dari nilai indeks durabilitas pertama (r) pada keempat kadar arang tempurung kelapa menunjukkan nilai yang positif, hal ini menandakan bahwa adanya kehilangan kekuatan seiring dengan bertambahnya lama perendaman. Campuran beraspal tanpa tambahan arang tempurung kelapa menunjukkan nilai IDP atau penurunan stabilitas yang tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan campuran beraspal yang dimodifikasi dengan menambahkan arang tempurung kelapa.

4.4.3. Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks Durabilitas Kedua (IDK) atau besarnya nilai kehilangan kekuatan dinyatakan dalam (a) dan nilai kekuatan sisa (Sa) dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 8. Indeks Kehilangan Kekuatan (a %)

Kadar ATK	Lama Perendaman (Jam)			
	0,5	1x24	7x24	14x24
0%	0	0,99	7,40	8,08
3%	0	4,19	11,73	14,04
6%	0	4,32	18,81	20,68
9%	0	5,51	22,00	23,87

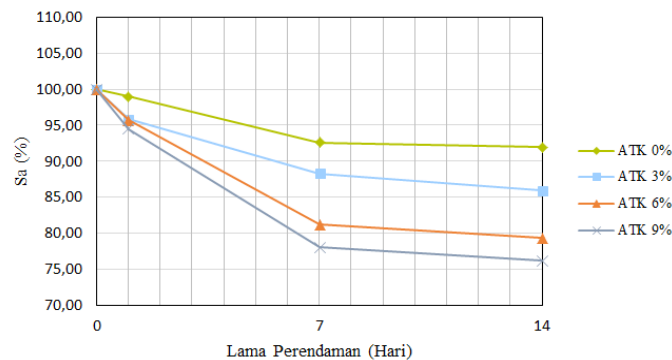


Gambar 4. Kurva hubungan penambahan ATK dengan kehilangan kekuatan (a)

Nilai kehilangan kekuatan terkecil terjadi pada campuran beraspal yang tidak dimodifikasi (ATK 0%). Pada perendaman 7 hari campuran beraspal yang dimodifikasi dengan kadar arang tempurung kelapa 6% dan 9% mengalami kenaikan yang cukup signifikan dibandingkan dengan penambahan kadar arang tempurung kelapa sebanyak 3%. Hal ini menunjukkan bahwa selama perendaman 7 hari pengaruh suhu dan air sudah mampu untuk memengaruhi campuran beraspal sehingga campuran beraspal mengalami penurunan kekuatan.

Tabel 8. Indeks Kekuatan Sisa (Sa %)

Kadar ATK	Lama Perendaman (Jam)			
	0,5	1x24	7x24	14x24
0%	100	99,01	92,60	91,92
3%	100	95,81	88,27	85,96
6%	100	95,68	81,19	79,32
9%	100	94,49	78,00	76,13



Gambar 5. Kurva hubungan penambahan ATK dengan kekuatan sisa (S_a)

Nilai kekuatan sisa (S_a) semakin menurun seiring dengan bertambahnya kadar arang tempurung kelapa dan lama perendaman. Pada perendaman 7 hari dan 14 hari campuran beraspal yang dimodifikasi menunjukkan nilai kekuatan sisa di bawah 90% yang berarti tidak memenuhi spesifikasi yang berlaku.

Ditinjau dari nilai kehilangan kekuatan (a) dan nilai kekuatan sisa (S_a) maka campuran beraspal yang tidak dimodifikasi dengan menambahkan arang tempurung kelapa lebih baik digunakan dibandingkan dengan aspal yang dimodifikasi. Hal ini dikarenakan campuran beraspal yang dimodifikasi mengalami kehilangan kekuatan yang signifikan seiring dengan bertambahnya arang tempurung kelapa dan lamanya perendaman.

Berdasarkan hal tersebut maka pengaruh dari perendaman terhadap campuran beraspal yang dimodifikasi dengan menambahkan arang tempurung kelapa rentan terhadap pengaruh air dan suhu serta dapat mengurangi kinerja dibandingkan dengan campuran beraspal yang tidak dimodifikasi dengan arang tempurung kelapa. Hal tersebut seperti yang dikatakan Mashuri (2008) pada penelitiannya yaitu kinerja terbaik campuran beraspal yang ditambahkan arang tempurung kelapa terjadi pada kadar 2% yang menunjukkan bahwa penambahan arang tempurung kelapa yang terlalu banyak mengakibatkan penurunan kinerja pada campuran beraspal. Hal ini mengindikasikan bahwa campuran beraspal yang dimodifikasi dengan menambahkan arang tempurung kelapa tidak efektif jika dipakai pada lapisan AC-WC dikarenakan lapisan ini merupakan lapisan yang paling atas sehingga berhubungan langsung dengan cuaca dan temperatur serta beban yang melintasinya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Durabilitas terbaik ditinjau dari nilai IKS, IDP dan IDK terjadi pada campuran beraspal yang tidak dimodifikasi dengan arang tempurung kelapa. Kehilangan kekuatan semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar arang tempurung kelapa. Penambahan arang tempurung kelapa mengakibatkan campuran beraspal rentan terhadap pengaruh suhu dan air, hal ini menunjukkan bahwa campuran beraspal yang dimodifikasi tidak efektif jika dipakai pada lapisan AC-WC dikarenakan lapisan ini merupakan lapisan yang paling atas sehingga berhubungan langsung dengan cuaca dan temperatur serta beban yang melintasinya.

5.2. Saran

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan metode rendaman menerus pada air dingin atau payau sebagai pembanding tingkat durabilitas campuran beraspal yang dimodifikasi dengan menambahkan arang tempurung kelapa.
- b. Perlu dilakukan studi lebih lanjut dengan meninjau tipe gradasi campuran AC-WC yang berbeda untuk mengetahui tingkat durabilitasnya.
- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan arang tempurung kelapa pada lapisan perkerasan jalan yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca yaitu salah satunya lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete - Binder Course*).

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Mansob, R. A., Ismail, A., Algorafi, M. A., Hafezi, M. H., & Baghini, M. S. 2013. Comparasion between Mixtures of Asphalt with Palm Oil Shells and Coconut Shells. *Jurnal Kejuruteraan*, 25 (1), 25–31.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Mashuri. 2008. Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa dan Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Karakteristik Campuran Beton Aspal. *Majalah Ilmiah Mektek*, 1(Januari), 49–60.
- Ratih, W. A. W. 2018. Kajian Komparatif Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Bahan Pengikat yang Berbeda. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung. 52 hlm.
- Sukirman, Silvia. 2003. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Nova, Bandung. 241 hlm.
- Sukirman, Silvia. 2016. Beton Aspal Campuran Panas. Institut Teknologi Nasional, Bandung. 167 hlm.
- Varlyanto, D. dan Purnawan. 2016. Uji Kekakuan Aspal Menggunakan Bahan Tambah Abu Arang Tempurung Kelapa Lolos dan Tertahan Saringan #200. Universitas Andalas, 117–124.

