

Pengaruh Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Pengisi (*Filler*) pada Campuran Aspal Lapis AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)

Helmaliana Elvira Putri A'yuni ^a, Ari Widayanti ^b

^a Program Studi D4 Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia.

^b Program Studi D4 Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia.

email: ^a helmaliana.19021@mhs.unesa.ac.id ^b ariwidayanti@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 1 Maret 2023

Revisi 21 Maret 2023

Diterima 31 Maret 2023

Online 1 April 2023

Kata kunci:

Perkerasan Jalan

AC-WC

Filler

Abu Tempurung Kelapa

Karakteristik Marshall

ABSTRAK

Kondisi perkerasan jalan yang baik sangat penting untuk keselamatan pengguna jalan. Ketersediaan material alam semakin terbatas, oleh karena itu perlu adanya inovasi material limbah untuk perkerasan jalan. Penelitian ini memanfaatkan limbah tempurung kelapa sebagai *filler* pada lapisan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Tempurung kelapa berasal dari pasar Wonokromo, pasar Karah Agung, dan gudang kelapa di Pandegiling Surabaya. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh sifat campuran agregat dan aspal, serta mengidentifikasi karakteristik perkerasan dengan *filler* abu tempurung kelapa dengan pengujian Marshall. Metode eksperimen dilakukan dengan pengujian *filler* abu tempurung kelapa, agregat dan aspal, serta karakteristik Marshall pada lapisan AC-WC. Hasil yang diperoleh adalah sifat fisik agregat, aspal, dan abu tempurung kelapa memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga. Penggunaan *filler* abu tempurung kelapa sebesar 3,5% menghasilkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,3%, sedangkan *filler* sebesar 4% menghasilkan KAO sebesar 5,9%. Berdasarkan parameter Marshall, campuran AC-WC dengan *filler* abu tempurung kelapa sebesar 3,5% memenuhi semua standar Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018. Penggunaan abu tempurung kelapa sebagai *filler* dalam campuran perkerasan jalan meningkatkan kekuatan dan keawetan perkerasan jalan.

The Impact Of Utilization Coconut Shell Ash As Filler In Asphalt Mixture AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)

ARTICLE INFO

Keywords:

Pavement

AC-WC

Filler

Coconut Shell Ash

Marshall Characteristics

Style APA dalam menyitasi artikel ini:[Heading sitasi]

Elvira. H. P. A. &

Widayanti. A. (2023)

Pengaruh Pemanfaatan Abu

Tempurung Kelapa Sebagai

Bahan Pengisi (*Filler*) Pada

Campuran aspal lapis AC-

WC MITRANS: Media

Publikasi Terapan

Transportasi, v1(n1), Hal

107- 119

ABSTRACT

Good pavement condition is very important for the safety of road users. The availability of natural materials is increasingly limited, therefore there is a need for waste material innovation for pavement. This study utilizes coconut shell waste as a filler in the AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) layer. Coconut shell comes from Wonokromo market, Karah Agung market, and coconut warehouse in Pandegiling Surabaya. This study aims to obtain the properties of aggregate and asphalt mixture, and identify the characteristics of pavement with coconut shell ash filler by Marshall testing. The experimental method was conducted by testing the coconut shell ash filler, aggregate and asphalt, as well as Marshall characteristics in the AC-WC layer. The results obtained are the physical properties of aggregate, asphalt, and coconut shell ash meet the requirements of the specification of highways. The use of 3.5% coconut shell ash filler resulted in Optimum asphalt content (KAO) of 6.3%, while 4% filler resulted in KAO of 5.9%. Based on Marshall parameters, AC-WC mixture with 3.5% coconut shell ash filler meets all Bina Marga General specification standards in 2018. The use of coconut shell ash as a filler in the pavement mixture increases the strength and durability of the pavement.

© 2023 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

Jalan adalah salah satu aset transportasi darat. Kondisi perkerasan jalan yang baik sangat penting untuk keselamatan pengguna jalan. Kebutuhan perkerasan jalan sangat dibutuhkan sebagai unsur pembangunan infrastruktur jalan, dikarenakan semakin bertambahnya jumlah penduduk yang juga dapat meningkatkan volume kendaraan pada setiap akses jalan dan wilayah padat penduduk. Penggunaan inovasi bahan campuran untuk menghadapi permasalahan kerusakan jalan dengan tujuan meningkatkan karakteristik perkerasan, banyak diidentifikasi para peneliti. Pemanfaatan sampah atau limbah juga bisa digunakan sebagai bahan pencampuran perkerasan jalan. Perkerasan yang baik yaitu perkerasan yang mempunyai tingkat stabilitas tinggi dan kuat menopang beban kendaraan yang melintas. Salah satu upaya yang dilakukan yaitu berupa pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan pengisi. Abu tempurung kelapa diharapkan dapat mengisi rongga-rongga pada campuran beton aspal, sekaligus dapat meningkatkan stabilitas campuran. Penggunaan abu tempurung kelapa sebagai *filler* diharapkan dapat meningkatkan kekuatan dan keawetan perkerasan jalan karena tempurung kelapa mengandung silika (SiO_2) dalam jumlah yang sama dengan semen. Penelitian ini memanfaatkan limbah tempurung kelapa sebagai *filler*, tempurung kelapa yang digunakan berasal dari pasar Wonokromo, pasar Karah Agung, dan gudang kelapa di Pandegiling, Surabaya. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik material *filler* Abu Tempurung Kelapa, agregat, aspal dan mengetahui karakteristik campuran perkerasan dengan *filler* tempurung kelapa pada lapisan AC-WC dengan menggunakan pengujian Marshall.

2. Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian mengenai pengaruh abu tempurung kelapa sebagai *filler* pernah dilakukan sebelumnya. Adapun hal-hal terkait variabel yang digunakan, serta tujuan dari penelitian terdahulu adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian oleh Yacob, Muhammad dan Wesli (2017) dengan tujuan mengetahui variasi perbandingan *filler* abu batu kapur dan abu tempurung kelapa. Bahan dalam penelitian ini yaitu *filler* abu batu kapur dan abu tempurung kelapa, aspal penetrasi 60/70, dan agregat. Variasi perbandingan *filler* abu batu dan abu tempurung kelapa yang digunakan yaitu 100:0, 0:100, 25:75, 50:50, dan 75:25.
- b. Penelitian oleh Meylis, S dan Febrianti, D (2016) dengan tujuan mengetahui pengaruh variasi pada campuran dan karakteristik Marshall. Bahan dalam penelitian ini yaitu: abu tempurung kelapa, retana blend 55, dan aspal. Dengan komposisi *Filler* yang digunakan yakni 4%, 4,5%, dan 5%. Hasil terbaik didapatkan dari persentase *filler* abu sabut kelapa 4,5%.
- c. Penelitian oleh Husnan. F. (2011) dengan tujuan mengetahui persentase kadar penambahan zat additive abu tempurung kelapa dengan tidak ditambah zat additive abu tempurung kelapa. Bahan penelitian ini yaitu abu tempurung kelapa dan aspal. Komposisi *filler* yang digunakan yaitu 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Hasil terbaik didapat dengan penambahan abu tempurung sebanyak 3%.
- d. Penelitian oleh Mashuri (2008) dengan tujuan mengetahui stabilitas nilai Marshall dan durabilitas dengan komposisi persentase *filler* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%. Hasil terbaik didapatkan pada persentase 2%.
- e. Penelitian oleh Putra R.J, Rosli M.H dkk (2019) dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik stabilitas Marshall dengan komposisi variasi abu tempurung kelapa yaitu 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%. Didaptkan hasil terbaik yaitu pada persentase 2% sampai dengan 4%.

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan melaksanakan kegiatan pengujian di laboratorium untuk memperoleh data. Penelitian ini melakukan pengujian terhadap karakteristik *filler* dan karakteristik *Marshall*.

Lokasi penelitian

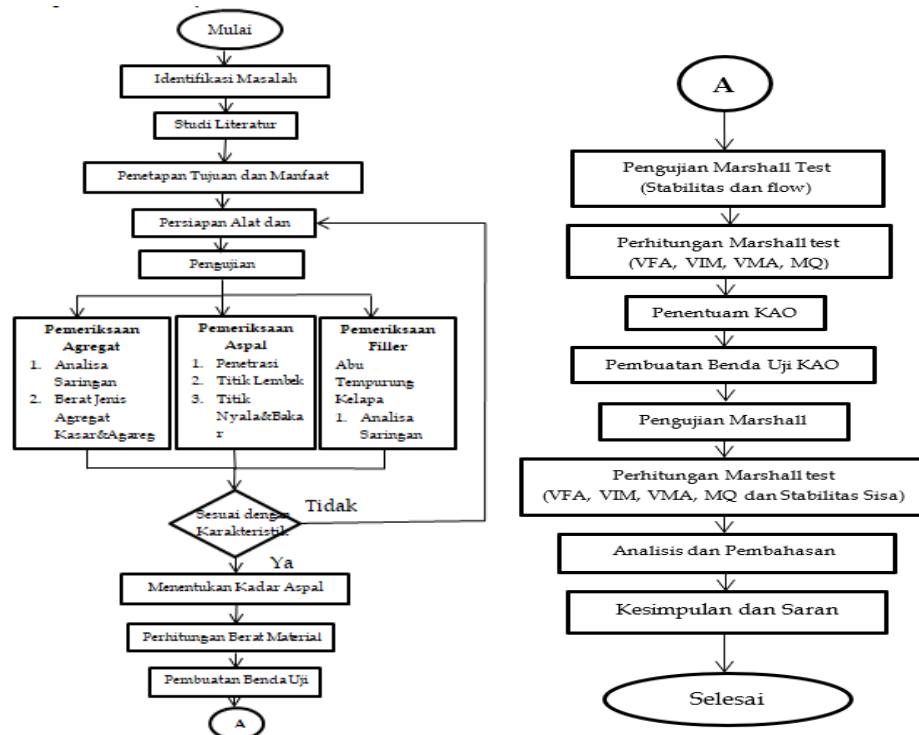
Pengujian campuran, penelitian agregat, penelitian aspal, pembuatan sampel dan pengujian Marshall dilakukan di Laboratorium Jalan dan Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

Prosedur penelitian

1. Tahap pengumpulan bahan atau material
Pengumpulan alat dan bahan meliputi persiapan material dalam campuran aspal untuk benda uji. Bahan yang digunakan adalah:
 - a. Agregat
Agregat didapatkan dari Laboratorium Jalan dan Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
 - b. Aspal
Aspal yang digunakan berasal dari Laboratorium Jalan dan Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
 - c. *Filler*
Tempurung kelapa didapatkan dari pasar tradisional yaitu pasar Karah, Pasar Wonokromo, dan gudang kelapa yang ada di Pandegiling, Surabaya.
2. Pengujian Material
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisis material yang memenuhi spesifikasi yang digunakan yaitu Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu pengujian agregat meliputi: analisa saringan, pengujian kadar lumpur, pengujian berat jenis dan penyerapan.
3. Pengujian perencanaan Kadar Aspal Optimum (KAO)
Tujuan pengujian ini adalah untuk menetapkan jumlah aspal ideal untuk dimasukkan dalam perencanaan campuran benda uji. Pengujian KAO menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18 (\%Filler) + K \quad (1)$$
 Dimana:
 P : kadar aspal tengah.
 CA : agregat kasar tertahan saringan no. 4.
 FA : agregat halus tertahan no. 200 dan lolos saringan no. 4.
 Filler : agregat lolos saringan No. 200.
 K : nilai konstanta
4. Perencanaan campuran
Tahapan dalam merencanakan campuran yaitu menentukan berat material yang diperlukan.
5. Pembuatan Sampel
Sampel yang dibuat sebanyak 30 untuk Kadar Aspal Optimum dari 2 variasi *filler* berbeda, diantaranya yaitu 4,8%, 5,3%; 5,8%; 6,3% dan 6,8% untuk *filler* 3,5% dan untuk *filler* 4% yaitu 4,6%; 5,1%; 5,6%; 6,1% dan 6,6%.
6. Pengujian Marshall
Penentuan karakteristik campuran didapatkan melalui metode Marshall. Parameter Marshall diantaranya yaitu, stabilitas, kelelahan, VIM (*Void In the Mix*), VMA (*Void In Mineral Agregate*), VFA (*Void Filled with Asphalt*), dan MQ (*Marshall Quotient*).

Diagram Alir



Gambar 1 Flowchart

4. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Penelitian Agregat Kasar

Penelitian sifat agregat kasar diantaranya: berat jenis, penyerapan air, berat isi dan kadar lumpur agregat kasar. Hasil penelitian sifat agregat kasar dipaparkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Penelitian Agregat Kasar

Sifat yang diteliti	Hasil	Spesifikasi		Satuan
		Min.	Maks.	
Berat Jenis Bulk	2,521 gr	2,5	-	gr
Berat Jenis SSD	2,548 gr	2,5	-	gr
Berat Jenis Semu	2,592 gr	2,5	-	gr
Penyerapan Air	1,04%	-	3	%
Berat Isi	16,51 gr/cm ³	1	-	gr/cm ³
Kadar Lumpur	1,780%	-	4	%

Sumber: Data Hasil Penelitian Laboratorium (2023)

Berdasarkan Tabel 1, menunjukkan bahwa sifat agregat kasar telah memenuhi persyaratan umum Bina Marga Tahun 2018, sehingga dapat digunakan pada campuran AC-WC.

B. Hasil Penelitian Agregat Halus

Penelitian sifat agregat halus diantaranya: berat jenis, penyerapan air, berat isi dan kadar lumpur agregat halus. Hasil penelitian sifat agregat halus dipaparkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Penelitian Agregat Halus

Sifat yang diteliti	Hasil	Spesifikasi		Satuan
		Min.	Maks.	
Berat Jenis Bulk(Curah)	2,700 gr	2,5	-	gr
Berat Jenis SSD	2,711 gr	2,5	-	gr
Berat Jenis Semu	2,730 gr	2,5	-	gr
Penyerapan Air	0,40%	-	3	%
Berat Isi	18,29 gr/cm ³	1	-	gr/cm ³
Kadar Lumpur	0,460%	-	4	%

Sumber: Data Hasil Penelitian Laboratorium (2023)

Berdasarkan Tabel 2, menunjukkan bahwa sifat agregat halus telah memenuhi persyaratan umum Bina Marga Tahun 2018, sehingga dapat digunakan pada campuran AC-WC.

C. Hasil Penelitian *Filler* Abu Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa yang digunakan sebagai *filler* yaitu sebanyak 8 karung dengan berat 400 kg dan menghasilkan abu tempurung kelapa lolos ayakan pada saringan no. 200 yaitu sebesar 1,780 kg.

Hasil penelitian *Filler* Abu Tempurung Kelapa dipaparkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Penelitian *Filler* Abu Tempurung Kelapa

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil
1.	Berat Jenis	gr/cm ³	0,781 gr/cm ³
2.	Lolos ayakan no. 200	%	90 %

Sumber: Data Hasil Penelitian Laboratorium (2023)

Berdasarkan Tabel 3, pengujian abu tempurung kelapa sebagai *filler* memenuhi persyaratan umum Bina Marga 2018, sehingga dapat digunakan pada campuran AC-WC.

D. Hasil Penelitian Aspal

Aspal pertama Pen. 60/70 didapatkan dari Laboratorium Jalan dan Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Hasil penelitian aspal dipaparkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Penelitian Aspal

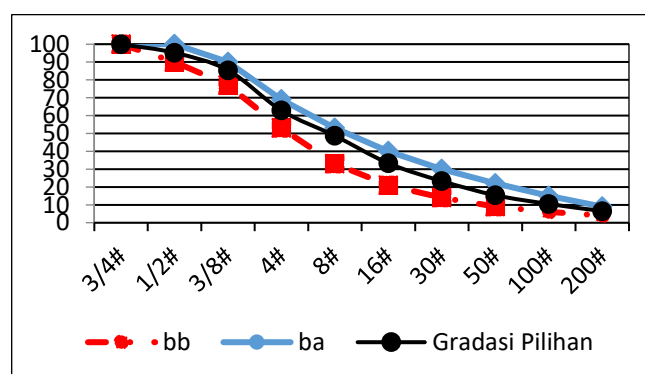
No	Sifat yang diteliti	Persyaratan	Hasil
1.	Penetrasi	60-70	63
2.	Titik Lembek	Min 48°C	52,3
3.	Titik Nyala	Min 232°C	318
4.	Daktilitas	Min.100cm	>140
5.	Berat jenis	Min.1gr/cc	1,036
6.	Titik Bakar	Min.232°C	323

Sumber : Data Hasil Penelitian Laboratorium (2023)

Hasil penelitian aspal menunjukkan bahwa semua hasil memenuhi persyaratan umum Bina Marga 2018, sehingga dapat digunakan pada campuran AC-WC.

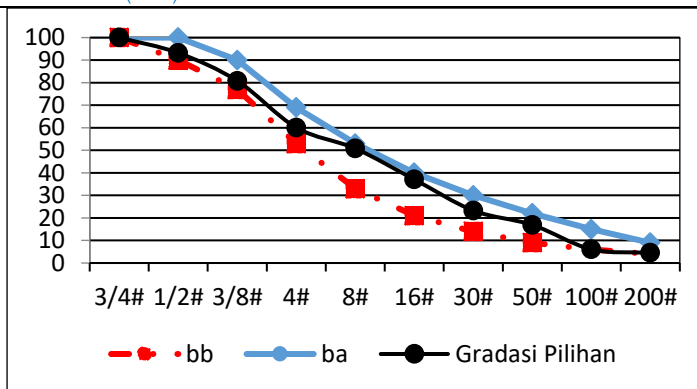
E. Hasil Pengujian Gradasi

Pengujian gradasi dilakukan menggunakan analisis ayakan gradasi menerus sesuai spesifikasi Bina Marga 2018.



Gambar 2 Grafik Gradasi dengan *Filler* Abu Tempurung Kelapa 3,5%

Gradasi dengan *filler* Abu Tempurung kelapa 3,5% memenuhi persyaratan agregat lolos ayakan sesuai persyaratan Bina Marga tahun 2018.



Gambar 3 Grafik Gradasi dengan filler Abu Tempurung Kelapa 4%

Gradasi dengan *filler* Abu Tempurung kelapa 4% memenuhi persyaratan agregat lolos ayakan sesuai persyaratan Bina Marga tahun 2018.

F. Hasil Pemeriksaan Marshall terhadap Penambahan Abu Tempurung Kelapa untuk Penentuan KAO

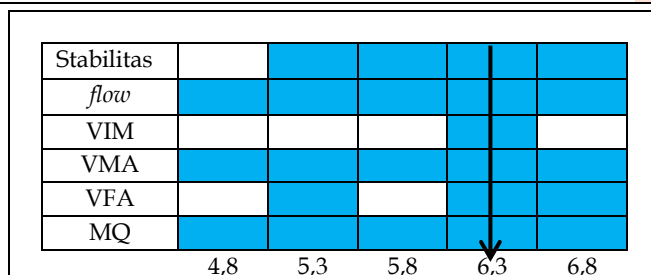
Hasil pengujian Marshall menghasilkan parameter: nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient. Variasi kadar aspal yang digunakan pada komposisi *filler* 3,5% yaitu 4,8%; 5,3%; 5,8%; 6,3%; dan 6,8%. Variasi kadar aspal yang digunakan pada komposisi *filler* 4% yaitu 4,6%; 5,1%; 5,6%; 6,1%; dan 6,6%.

F.1 . Pengujian Marshall untuk Penentuan KAO dengan Penambahan abu tempurung kelapa sebesar 3,5%

Tabel 5 menyajikan hasil pemeriksaan Marshall terhadap Penambahan *Filler* Abu Tempurung Kelapa.

Tabel 5 Hasil pengujian Marshall untuk penentuan KAO dengan variasi *filler* 3,5%

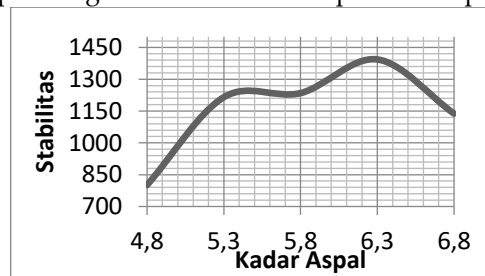
No	Parameter Marshall	Kadar Aspal					Spek
		4,8%	5,3%	5,8%	6,3%	6,8%	
1.	Stabilitas	801,2	1215,4	1234,7	1393,4	1138,0	Min. 800
2.	Kelelahan (<i>flow</i>)	2,7	2,4	3,2	2,0	2,4	2 - 4
3.	VIM	7,2	5,6	6,8	3,2	5,6	3 - 5
4.	VMA	16,7	16,3	16,1	15,4	19,5	Min. 15
5.	VFA	56,8	65,6	57,4	79,4	71,2	Min. 65
6.	MQ	293,8	510,0	390,7	712,1	483,6	Min. 250

Gambar 4 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan variasi *filler* 3,5%

Berdasarkan hasil pengujian Marshall untuk variasi kadar aspal selanjutnya digambarkan pada grafik pada sumbu salib dengan koordinat kadar aspal (sumbu x) dan salah satu parameter Marshall (sumbu y) untuk mempermudah perhitungan analisa tersebut. Grafik menunjukkan bahwa Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan variasi *filler* 3,5% adalah 6,3%.

a) Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai Stabilitas

Nilai stabilitas semakin tinggi menyebabkan lapisan perkerasan menjadi kaku dan cepat mengalami retak, sedangkan nilai stabilitas rendah mengakibatkan perkerasan cenderung lebih fleksibel. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.



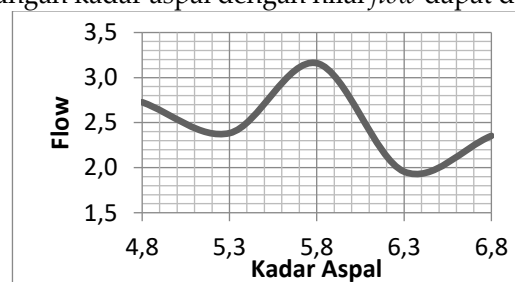
Gambar 5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium (2023)

Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan nilai stabilitas mengalami peningkatan pada kadar aspal 4,8% sampai dengan 5,3% dan kadar aspal 5,8% sampai dengan kadar aspal 6,3%.

b) Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai Kelelahan (*flow*)

Flow menunjukkan besarnya penurunan pada perkerasan jalan akibat beban yang diterima selama menjadi pelayanan lalu lintas. Nilai *flow* rendah mempunyai sifat kecenderungan mudah retak, sebaliknya dengan nilai *flow* tinggi, campuran memiliki kecenderungan sifat mampu menopang beban dengan kuat. Grafik hubungan kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 6.



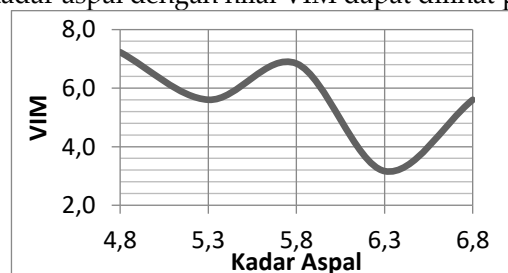
Gambar 6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *flow*

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium (2023)

Berdasarkan Gambar 6, nilai *flow* menunjukkan tingkat fleksibilitas dari perkerasan. Nilai *flow* mengalami penurunan pada kadar 4,8% sampai dengan kadar aspal 5,3% dan 5,8% sampai dengan kadar aspal 6,3%. Kemudian mengalami kenaikan pada kadar aspal 5,3% sampai dengan kadar aspal 5,8% dan kadar aspal 6,3% sampai dengan 6,8%.

c) Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai VIM

Nilai VIM yang kecil akan meningkatkan potensi terjadinya *bleeding* dikarenakan mampu meningkatkan kedekatan campuran terhadap udara dan air. Sebaliknya dengan nilai VIM yang besar campuran akan mudah diresapi oleh air, sehingga menimbulkan terjadinya kurang kedap terhadap air. Grafik hubungan kadar aspal dengan nilai VIM dapat dilihat pada Gambar 7.



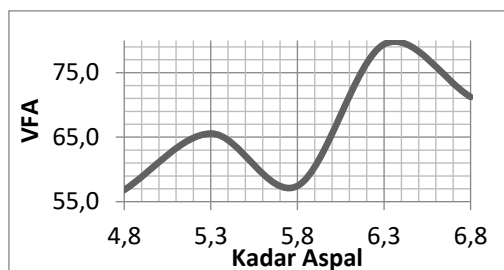
Gambar 7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium (2023)

Berdasarkan Gambar 7, nilai VIM mengalami kenaikan dan penurunan. Nilai VIM dengan kadar aspal 4,8% sampai dengan 5,3% mengalami penurunan kemudian terjadi peningkatan pada kadar aspal dengan presentase 5,8%, dan terjadi penurunan pada kadar aspal 5,8% sampai dengan 6,3%.

d) Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai VFA

Nilai VFA yang tinggi mempunyai kedapatan campuran terhadap air dan udara semakin baik, namun mengakibatkan terjadinya *bleeding*. Sebaliknya jika nilai VFA rendah maka rongga pada campuran cukup besar, sehingga kedapatan air dan udara semakin rendah dan keawetan menjadi berkurang. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VFA dilihat pada Gambar 8.

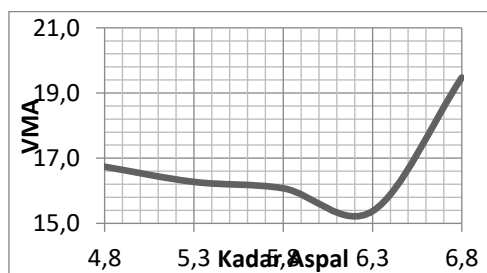


Gambar 8 Grafik hubungan kadar aspal dengan VFA
Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium (2023)

Berdasarkan gambar 8, nilai FVA mengalami kenaikan pada kadar aspal 4,8% sampai dengan 5,3% dan kadar aspal 5,8% sampai dengan kadar aspal 6,3%. Kemudian nilai VFA mengalami penurunan pada kadar aspal dengan presentase 5,3% sampai dengan 5,8% dan kadar aspal 6,3% sampai dengan kadar aspal 6,8%.

e) Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai VMA

Nilai VMA menunjukkan banyaknya rongga diantara butir-butir agregat didalam campuran. Nilai VMA akan mengalami peningkatan yang disebabkan oleh rongga antar agregat yang semakin besar. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 9.

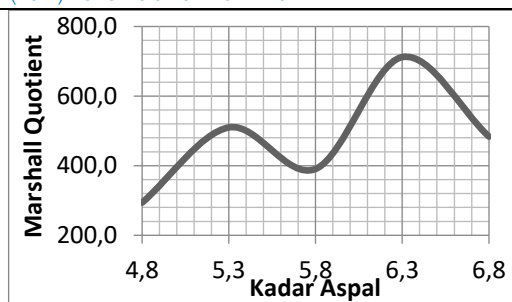


Gambar 9 Grafik hubungan kadar aspal dengan VMA
Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium (2023)

Berdasarkan Gambar 9, nilai VMA mengalami penurunan pada kadar aspal 5,8% sampai kadar aspal 6,3% kemudian mengalami peningkatan pada kadar aspal 6,3% sampai dengan kadar 6,8%.

f) Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai Marshall Qoutient (MQ)

Nilai MQ yang besar menunjukkan bahwa kekakuan pada lapis perkerasan tinggi dan mengakibatkan mudah retak, sebaliknya jika nilai MQ rendah menunjukkan lapis perkerasan mengalami deformasi yang besar ketika menerima beban lalu lintas. Grafik hubungan kadar aspal dengan Marshall Qoutient dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Grafik hubungan kadar aspal dengan Marshall Qoutient
Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium (2023)

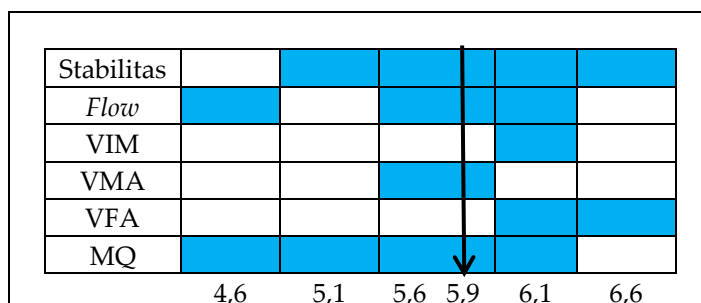
Berdasarkan Gambar 10, nilai MQ mengalami peningkatan pada kadar aspal 4,8% sampai dengan kadar aspal 5,3%. Kemudian mengalami penurunan pada kadar aspal 5,3% sampai dengan 5,8%, terjadi peningkatan kembali dengan kadar aspal 5,8% sampai dengan 6,3%.

F.2. Pengujian Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan penambahan abu tempurung kelapa sebesar 4%

Tabel 6 Hasil pengujian Marshall untuk penentuan KAO dengan variasi filler 4%

No	Parameter Marshall	Kadar Aspal					Spek
		4,6%	5,1%	5,6%	6,1%	6,6%	
1.	Stabilitas	1021,9	1451,5	1068,3	1045,1	1203,8	Min. 800
2.	Kelelehan (<i>flow</i>)	2,2	1,4	4,0	3,4	5,5	2 - 4
3.	VIM	7,0	5,1	6,5	4,1	0,3	3 - 5
4.	VMA	13,0	12,8	14,9	13,2	12,0	Min. 15
5.	VFA	45,4	59,7	56,6	68,8	97,7	Min. 65
6.	MQ	462,4	1075,2	264,9	303,2	218,9	Min. 250

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium (2023)

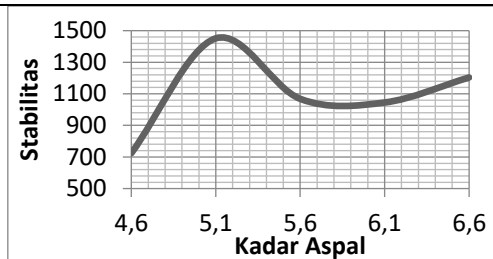


Gambar 11 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan variasi filler 4%

Berdasarkan hasil pengujian Marshall untuk variasi kadar aspal selanjutnya digambarkan pada grafik pada sumbu salib dengan koordinat kadar aspal (sumbu x) dan salah satu parameter Marshall (sumbu y) untuk mempermudah perhitungan analisa tersebut. Grafik menunjukkan bahwa Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan variasi *filler* 4% adalah 5,9%.

a) Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai Stabilitas

Nilai stabilitas semakin tinggi menyebabkan lapisan perkerasan menjadi kaku dan cepat mengalami retak, sedangkan nilai stabilitas rendah mengakibatkan perkerasan cenderung lebih fleksibel. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 12.

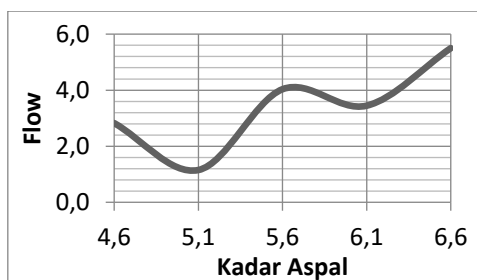


Gambar 12 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas
Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium (2023)

Berdasarkan gambar 12 menunjukkan nilai stabilitas mengalami peningkatan atau nilai tertinggi pada kadar aspal 5,1%. Nilai stabilitas mengalami peningkatan pada kadar aspal 4,6% sampai dengan kadar aspal 5,1%. Kemudian mengalami penurunan pada kadar aspal 5,1% sampai dengan 6,6%.

b) Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai Kelelehan (*flow*)

Flow menunjukkan besarnya penurunan pada perkerasan jalan akibat beban yang diterima selama menjadi pelayanan lalu lintas. Nilai *flow* rendah mempunyai sifat kecenderungan mudah retak, sebaliknya dengan nilai *flow* tinggi, campuran memiliki kecenderungan sifat mampu menopang beban dengan kuat. Grafik hubungan kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 13.

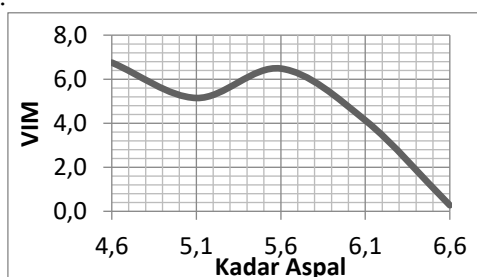


Gambar 13 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan flow
Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium (2023)

Berdasarkan gambar 13, nilai *flow* menunjukkan tingkat fleksibilitas dari perkerasan. Nilai *flow* mengalami penurunan pada kadar 4,6% sampai dengan kadar aspal 5,1% dan 5,6% sampai dengan kadar aspal 6,1%. Kemudian mengalami kenaikan pada kadar aspal 5,1% sampai dengan kadar aspal 5,6% dan kadar aspal 6,1% sampai dengan 6,6%.

c) Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai VIM

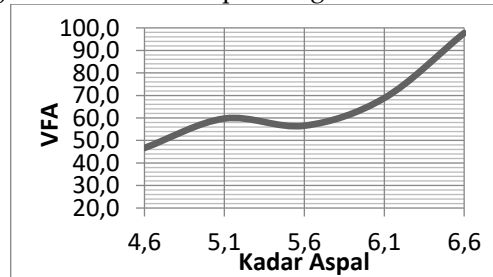
Nilai VIM yang kecil akan meningkatkan potensi terjadinya *bleeding* dikarenakan mampu meningkatkan kedekatan campuran terhadap udara dan air. Sebaliknya dengan nilai VIM yang besar campuran akan mudah diresapi oleh air, sehingga akan terjadinya kurang kedap terhadap air. Hal tersebut mengakibatkan turunnya tingkat keawetan campuran dan dapat terjadinya kerusakan pada perkerasan. Grafik hubungan kadar aspal dengan nilai VIM dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM
Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium (2023)

Berdasarkan gambar 14, nilai VIM mengalami kenaikan dan penurunan. Nilai VIM dengan kadar aspal 4,6% sampai dengan 5,1% mengalami penurunan kemudian terjadi peningkatan pada kadar aspal dengan presentase 5,6%, dan terjadi penurunan pada kadar aspal 5,6% sampai dengan 6,6%.

- d) **Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai VFA**
 Nilai VFA yang tinggi mempunyai kekedapan campuran terhadap air dan udara semakin baik, namun mengakibatkan terjadinya bleeding. Sebaliknya jika nilai VFA rendah maka rongga pada campuran cukup besar, sehingga kekedapan air dan udara semakin rendah dan keawetan menjadi berkurang. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VFA dilihat pada Gambar 15.



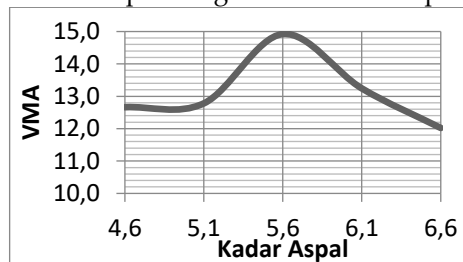
Gambar 15 Grafik hubungan kadar aspal dengan VFA

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium (2023)

Berdasarkan gambar 15, nilai FVA mengalami kenaikan pada kadar aspal 4,6% sampai dengan 5,1% dan kadar aspal 5,6% sampai dengan kadar aspal 6,6%. Kemudian nilai VFA mengalami penurunan pada kadar aspal dengan presentase 5,1% sampai dengan 5,6%.

- e) **Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai VMA**

Nilai VMA akan mengalami peningkatan yang disebabkan rongga antar agregat yang semakin besar. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 16.



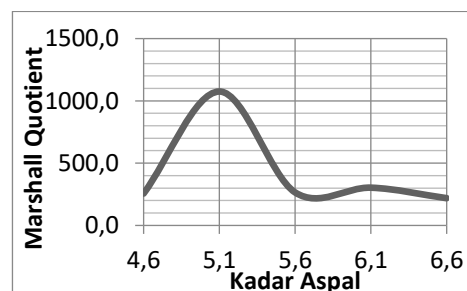
Gambar 16 Grafik hubungan kadar aspal dengan VMA

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium (2023)

Berdasarkan Gambar 16, nilai VMA mengalami penurunan pada kadar aspal 4,6% sampai kadar aspal 5,1%, kemudian mengalami peningkatan pada kadar aspal 5,6% dan terjadi penurunan pada kadar 6,1% sampai dengan kadar 6,6%.

- f) **Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai Marshall Qoutient (MQ)**

Nilai MQ yang besar menunjukkan bahwa kekakuan pada lapis perkerasan tinggi dan mengakibatkan mudah retak, sebaliknya jika nilai MQ rendah menunjukkan lapis perkerasan mengalami deformasi yang besar ketika menerima beban lalu lintas. Grafik hubungan kadar aspal dengan *Marshall Qoutient* dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Grafik hubungan kadar aspal dengan Marshall Qoutient
Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium (2023)

Berdasarkan Gambar 17, nilai MQ mengalami peningkatan pada kadar aspal 4,6% sampai dengan kadar aspal 5,1% kemudian mengalami penurunan pada kadar aspal 5,1% sampai dengan 5,6%, terjadi peningkatan kembali dengan kadar aspal 5,6% sampai dengan 6,6%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik campuran lapisan AC-WC, berikut adalah kesimpulan berdasarkan penambahan abu tempurung kelapa menggunakan variasi *filler* 3,5 dan 4%:

1. Hasil pengujian material agregat, aspal, dan abu tempurung kelapa sebagai *filler* memenuhi standar dan layak digunakan pada campuran lapisan AC-WC.
2. Penambahan *filler* 3,5% menghasilkan KAO sebesar 6,3%, sedangkan penambahan *filler* 4% menghasilkan KAO sebesar 5,9%.
3. Campuran laston lapis AC-WC dengan abu tempurung kelapa sebanyak 3,5% dan kadar aspal 6,3% menghasilkan campuran yang lebih baik. Hal ini dikarenakan penggunaan aspal lebih banyak, ikatan antara agregat dan filler semakin baik, campuran AC WC lebih kuat dan stabil.

6. Ucapan Terima Kasih

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa sehingga oleh karena-Nya penulis dapat menyelesaikan artikel dalam Jurnal MITRANS ini dengan lancar. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ibu Dr. Ari Widayanti, S.T, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberi arahan serta masukan dalam penyusunan artikel ini. Terima kasih juga kepada Dekan dan Kepala Laboratorium, Kasub dan teknisi Lab Jalan dan Transportasi Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk melakukan penelitian sehingga penulis dapat menyusun artikel ini dengan lancar.

7. Referensi

- Direktorat Jenderal Bina Marga.2018. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (*General Specifications of Bina Marga 2018 for Road Work and Bridges*).
- Fitria, M.N. Iskak, E.I, Prajitno, A. 2017. "Pemanfaatan Serbuk Arang Batok Kelapa sebagai Bahan Tambah Dengan Filler Abu Batu Untuk Meningkatkan Kinerja Karakteristik Beton Aspal (AC-WC)" dalam *jurnal Sondir*, Vol. 1. 2017. Malang:ITN Malang.
- Hardiyatmo, H.C. 2017. Pemeliharaan Jalan Raya. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Husnan, F. 2011. "Pengaruh Abu Tempurung Kelapa Sebagai Additive terhadap Karakteristik Marshall pada Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)" . *Tugas Akhir*, Agustus 2011. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Isnanda, Saleh. M.S, Isya. M, 2018, *Pengaruh Substitusi Polystyrene (PS) Dan Abu Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Campuran AC-WC*, *Jurnal Teknik 106 Sipil*, Universitas Syiah Kuala, Vol. 1, No. 3, Januari 2018.
- Mashuri. 2008. "Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa dan Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Karakteristik Campuran Beton Apal" dalam *Jurnal Mektek*, No.1 Januari 2008. Palu: Universitas Tadulako.
- Meylis, S & Febrianti, D. 2016." Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Sabut Kelapa Sebagai Filler pada Campuran Aspal Retona Blend 55". *Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar*, Vol. 2, No. 2, Oktober 2016. Aceh: Universitas Teuku Umar.
- O.Emmanuel. E, Etuk E. 2021. "Effect of Coconut Shell Ash as Void Filler on Durability and Elastic Modulus of Asphalt Concrete". *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, Vol. 11, Issue 5, May 2021. *International Organization of Scientific Research*.
- Putra R.J, Rosli M.H, Azman K.M, Duraisamy, Y, Shaffie, E. 2019. "Performance of Charcoal Coconut Shell Ash in the Asphalt Mixture under Long Term Aging" *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, Vol. 8, November 2019. *Published By: Blue Eyes Intelligence Engineering & Sciences Publication*.
- Sukirman, Silvia. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. *Nova*, Bandung.
- Totomihardjo. S, 2004, Bahan dan Struktur Jalan Raya, Biro Penerbit KMTS ITS, FT UGM, Yogyakarta.
- Towheed A.M, Shing.S. 2022. "Experimental Investigation of Cococnut Shell Charcoal Ash in Bitumen Concrete". *ICASF. Publishing: IOP*.

- Utomo, N&Furqoni C.S. 2019. "Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Material Pengisi Pada Campuran Perkerasan Jalan" dalam *Jurnal Envirotek*, Vol 11, No.1, April 2019. Jawa Timur: Universitas Pembangunan Nasional Jawa Timur.
- Widayanti, A., Soemitro, R.A.A., Ekaputri, J.J., Suprayitno, H. 2018. "Kinerja Campuran Aspal Beton dengan Reclaimed Asphalt Pavement dari Jalan Nasional di Provinsi Jawa Timur" dalam *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, Vol. 2, No.1, Maret 2018. ISSN 2615-1839.
- Yacob, M&Wesli. 2017. "Pengaruh Kadar *Filler* Abu Tempurung Kelapa Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton AC-BC" dalam *Teras Jurnal*, Vol 7, No.1, Maret 2017. Aceh: Universitas Malikussalleh.