

# Analisis Pengaruh Pemanfaatan Cangkang Kemiri Sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar Terhadap Pengujian *Marshall* dan *Indirect Tensile Strength* Pada Campuran (AC-WC)

Samarkandy Rahman<sup>1</sup>, Sri Oktaviani Paneo<sup>2</sup>, Asma Massara<sup>3</sup>, Andi Alifuddin<sup>4</sup>, Salim<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universitas Muslim Indonesia, <sup>2</sup> Universitas Muslim Indonesia, <sup>3</sup> Universitas Muslim Indonesia, <sup>4</sup> Universitas Muslim Indonesia, <sup>5</sup> Universitas Muslim Indonesia

<sup>1</sup>[kandyrachman1@gmail.com](mailto:kandyrachman1@gmail.com), <sup>2</sup>[iinnpaneo@gmail.com](mailto:iinnpaneo@gmail.com), <sup>3</sup>[asma.massara@umi.ac.id](mailto:asma.massara@umi.ac.id),  
<sup>4</sup>[andi.alifuddin@umi.ac.id](mailto:andi.alifuddin@umi.ac.id), <sup>5</sup>[salim.salim@umi.ac.id](mailto:salim.salim@umi.ac.id)

## Abstrak

Peningkatan jumlah kendaraan yang besar namun tidak diikuti dengan kualitas perkerasan jalan yang baik akan menyebabkan jalan banyak mengalami kerusakan. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis. Salah satu komponen alternatif yakni pemanfaatan limbah cangkang kemiri. Cangkang kemiri merupakan suatu potensi baru yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan lebih besar lagi. Hal ini dapat meningkatkan nilai ekonomis cangkang kemiri yang hanya dikenal sebagai bahan buangan dari tanaman kemiri. Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penggunaan cangkang kemiri pada campuran (AC-WC) dengan menggunakan pengujian *Marshall* test dan *indirect tensile strength*. Dari hasil penelitian dengan penggunaan cangkang kemiri terhadap *Marshall* didapatkan nilai optimum pada variasi 10% dengan nilai stabilitas 1003,20 kg. Untuk pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS) test kadar optimum pada variasi cangkang kemiri 10% dimana dapat meningkatkan nilai Regangan sebesar 0,08551 mm, Tegangan 797,77 Kpa, dan Modulus elastis (E) 9317,74 menunjukkan dengan penambahan cangkang kemiri membuat campuran menjadi lebih lentur dan tingkat keawetannya yang baik untuk meningkatkan kualitas campuran lapis aus AC-WC.

Kata Kunci: AC-WC, Cangkang Kemiri, *Marshall* Test, *Indirect Tensile Strength* (ITS).

## Abstract

*large increase in the number of vehicles but not followed by good pavement quality will cause a lot of damage to the road. So that the pavement has adequate carrying capacity and durability, but is still economical. One of the alternative components is the utilization of candlenut shell waste. Candlenut shell is a new potential that can be*

*developed and utilized even greater. This can increase the economic value of candlenut shells, which are only known as waste materials from the candlenut plant. The purpose of this study was to determine the use of candlenut shells in the mixture (AC-WC) by using the *Marshall* test and *indirect tensile strength*. From the results of research with the use of candlenut shells on *Marshall*, the optimum value was obtained at a variation of 10% with a stability value of 1003.20 kg. For the *Indirect Tensile Strength* (ITS) test, the optimum level of the candlenut shell variation is 10% which can increase the Strain value by 0.08551 mm, Stress 797.77 Kpa, and Elastic Modulus (E) 9317.74 shows with the addition of candlenut shells to make a mixture becomes more flexible and has a good level of durability to improve the quality of the AC-WC wear layer.*

Keywords: AC-WC, Candlenut Shell, *Marshall* Test, *Indirect Tensile Strength* (ITS).

## BAB I. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan yang berkualitas diperlukan untuk menjamin keamanan dan kenyamanan, serta memperlancar kegiatan distribusi barang dan jasa yang menggerakkan roda pembangunan nasional. Peningkatan jumlah kendaraan yang besar namun tidak diikuti dengan kualitas perkerasan jalan yang baik akan menyebabkan jalan banyak mengalami kerusakan, untuk itu diperlukan upaya dalam memilih dan mengelolah material bahan perkerasan jalan agar mendapatkan perbandingan yang tepat dalam suatu campuran. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis.

Salah satu lapisan perkerasan lentur ialah lapisan permukaan yang disebut lapisan aus (AC-WC) merupakan lapisan yang bersentuhan langsung dengan roda kendaraan dan menerima langsung beban dari kendaraan sehingga kerap terjadi kerusakan pada permukaan aspal seperti Retak selip (sippage cracks), Cacat permukaan (disintegration) dan Perubahan bentuk (deformasi), oleh karna itu lapisan AC-WC memiliki peran penting dalam menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga menambah masa pelayanan dari kontruksi perkerasan jalan.

Sehingga untuk mencoba meminimalisir masalah di atas dilakukan penelitian guna mencari alternatif bahan campuran aspal berupa limbah yang biasanya hanya terbuang tanpa adanya upaya untuk memanfaatkan kembali, limbah tersebut adalah limbah cangkang kemiri, dimana cangkang kemiri memiliki sifat permukaan yang kasar, cenderung keras dan cukup tebal.

Kemiri (*Aleurites moluccana* Willd) adalah salah satu jenis tanaman yang sejak lama telah ditanam dan dikembangkan melalui program hutan kemasyarakatan dan hutan rakyat. Di Indonesia tanaman kemiri tersebar hampir di seluruh Nusantara dengan produksi biji 79.137 ton/tahun. Salah satu penghasil kemiri di Indonesia adalah provinsi sulawesi selatan salah satunya di kabupaten enrekang, untuk memanfaatkan keberadaan dari limbah cangkang kemiri ini maka dilakukan penelitian. Selain muda didapat penelitian ini dilakukan untuk meneruskan penelitian terdahulu. Cangkang kemiri ini dapat diperlakukan sebagai pengganti agregat kasar, agregat halus dan filler pada campuran aspal tergantung pada butiran cangkang yang digunakan.

Pemanfaatan cangkang kemiri kelak dapat dimaksimumkan ke jenjang yang lebih tinggi lagi. Pemanfaatan cangkang kemiri selama ini hanya berputar pada hal-hal bersifat tradisional, misalnya sebagai bahan bakar pengganti kayu bakar dan obat nyamuk bakar. Namun kenyataannya potensial dari cangkang dapat dimanfaatkan lebih besar lagi.

Berdasarkan kajian-kajian yang diatas penulis tertarik untuk melanjutkan penelitian terhadap pemanfaatan limbah cangkang kemiri dalam suatu tulisan ilmiah dalam bentuk tugas akhir (skripsi) yang berjudul: “Analisis Pengaruh Pemanfaatan Cangkang Kemiri Sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar Terhadap Pengujian Marshall dan Indirect Tensile Strength Pada campuran AC-WC”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan pada latar belakang yang telah dipaparkan yaitu:

Bagaimana penggunaan cangkang kemiri sebagai bahan substitusi agregat kasar terhadap karakteristik campuran aspal beton Menganalisis pengaruh penggunaan cangkang kemiri sebagai bahan substitusi agregat kasar terhadap karakteristik campuran aspal beton Wearing Coarse (AC-WC).

Bagaimana pengaruh penggunaan cangkang kemiri sebagai bahan substitusi agregat kasar pada campuran aspal beton wearing coarse (AC-WC) terhadap pengujian kuat tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength).

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian yaitu:

1. Menganalisis pengaruh penggunaan cangkang kemiri sebagai bahan substitusi agregat kasar terhadap karakteristik campuran aspal beton Wearing Coarse (AC-WC).
2. Menganalisis pengaruh penggunaan cangkang kemiri sebagai bahan substitusi agregat kasar pada campuran aspal beton wearing coarse (AC-WC) terhadap pengujian kuat tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength).

## BAB II. Metode Penelitian

### 2.1 Jenis Penelitian.

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan metode eksperimen Laboraturium terhadap benda uji agregat kasar, agregat halus, dan aspal untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan cangkang kemiri sebagai Bahan Substitusi agregat kasar pada campuran (AC-WC) serta untuk mengetahui pengaruh cangkang kemiri terhadap Karakteristik Marshall dan ITS (Indirect Tensile Strength).

### 2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo KM 5. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan mei 2022.

### 2.3 Metode Pengumpulan data

Metode yang di gunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Data primer adalah data yang di peroleh dari hasil penelitian langsung di laboratorium, yang terdiri dari data pengujian marshall dan pengujian kuat tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength).
2. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari Peraturan pengujian sesuai SNI spesifikasi Bina Marga 2018 dan Studi Literatur data Marshall Test.

## BAB III Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah split ukuran 0,5-1 dan 1-2 yang telah melalui pengujian di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia. Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan

saringan sesuai dengan standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Data yang diperoleh pada pemeriksaan karakteristik agregat dan filler telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 seperti yang tercantum dalam Tabel 1 sampai Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 1 Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar

Jenis Saringan	% Lolos Saringan	
	Agregat 1-2	Agregat 0,5-1
3/4" (19,1 mm)	100	
1/2" (12,7 mm)	56,27	
3/8" (9,52 mm)	14,98	74,00
No. 4 (4,75 mm)	0,00	17,00
No. 8 (2,36 mm)		0,00

Tabel 2. Hasil pemeriksaan karakteristik sifat fisik agregat kasar

Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil Pengujian	
	Maks	Min	Agregat 1-2	Agregat 0,5-1
Berat Jenis (Bulk)	2,9	2,4	2,67	2,58
Berat Jenis (SSD)	2,9	2,4	2,74	2,67
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,9	2,4	2,87	2,83
Water Absorption	3%	-	2,53	3,30
Berat Isi Gembur (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9	1,4	1,426	1,417
Berat Isi Padat (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9	1,4	1,452	1,435
Soundness Test #3/8" (%)	12	-		
Kelekatan Agregat terhadap Aspal	-	95%	96%	96%

### 3.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Data hasil pemeriksaan gradasi agregat halus dapat dilihat pada tabel 3

Jenis Saringan		% Lolos Saringan
Abu Batu		
No. 4 (4,75 mm)		100
No. 8 (2,36 mm)		73,50
No. 16 (1,18 mm)		54,00
No. 30 (0,6 mm)		36,20
No. 50 (0,3 mm)		24,70
No. 100 (0,15 mm)		15,60
No. 200 (0,075 mm)		7,40
PAN		0,00

Data hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4. Hasil pemeriksaan karakteristik sifat fisik agregat halus

Pengujian	Spesifikasi		Hasil Pengujian
	Maks.	Min	

Pengujian	Spesifikasi		Hasil Pengujian
	Maks.	Min	
Berat Jenis (Bulk)	2,9	2,4	2,58
Berat Jenis (SSD)	2,9	2,4	2,73
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,9	2,4	2,49
Water Absorption	3%	-	2,89
Berat Isi Gembur (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9	1,4	1,52
Berat Isi Padat (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9	1,4	1,68
Soundness Test #50 (%)	10	-	

### 3.3 Hasil Pemeriksaan Cangkang Kemiri

Data hasil pemeriksaan cangkang kemiri dapat dilihat pada table 5.

Tabel 5 Hasil pemeriksaan cangkang kemiri

Pengujian	Spesifikasi		Hasil Pemeriksaan
	Maks.	Min	
Berat Jenis (Bulk)	2,9	2,4	2,43
Berat Jenis (SSD)	2,9	2,4	2,47
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,9	2,4	2,49
Water Absorption	3%	-	2,40
Berat Isi Gembur (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9	1,4	1,374
Berat Isi Padat (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9	1,4	1,397
Soundness Test #50 (%)	10	-	
Kausan (Los Angeles)	40%	-	15,32
Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	-	95%	96%

### 3.4 Hasil dan Analisa Pemeriksaan Marshall pada Campuran AC-WC untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum.

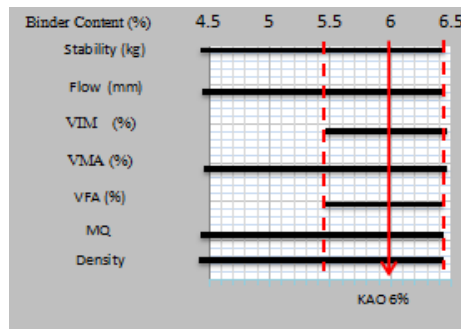
Sebelum melakukan analisis hasil pemeriksaan Marshall dengan menggunakan bahan tambah bulu ayam, terlebih dahulu kita menghitung nilai karakteristik Marshall menggunakan beberapa variasi kadar aspal untuk mendapatkan kadar aspal optimum yang akan digunakan pada campuran dengan bahan tambah cangkang kemiri. Variasi kadar aspal yang digunakan adalah 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0% dan 6,5% pada tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi pengujian karakteristik marshall campuran AC-WC pen. 60/70 untuk kadar aspal optimum (KAO)

Karakteristik Marshall	Hasil Pengujian Kadar Aspal					Spesifikasi
	4,5	5	5,5	6	6,5	
Stabilitas; kg	2,24	2,25	2,26	2,26	2,27	800-1800 kg
Flow; mm	871,45	971,5	1039	1003,2	943,4	2-4 mm
VIM (%)	3,45	3,10	3,05	3,10	3,50	3-5%
VMA (%)	7,82	6,23	4,870	4,23	3,99	≥ 15%

VFA (%)	16,06	15,64	15,45	15,91	16,71	≥ 63%
Density	51,381	60,17	68,50	73,390	76,16	≥ 2.2 kg/mm <sup>3</sup>
MQ; kg/mm	2,229	2,252	2,269	2,2690	2,259	Min. 250 kg/mm

Tabel 6 menunjukkan bahwa kadar aspal rencana sebesar 5,5%, 6%, dan 6,5% memiliki nilai-nilai karakteristik Marshall yang memenuhi spesifikasi. Gambar 1 menunjukkan bahwa komposisi campuran asphalt concrete wearing course (AC-WC) dengan aspal minyak pen 60/70 dengan KAO 6% dapat dinyatakan memenuhi spesifikasi untuk karakteristik Marshall. Nilai kadar aspal optimum dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 1. Grafik kadar aspal optimum (KAO)

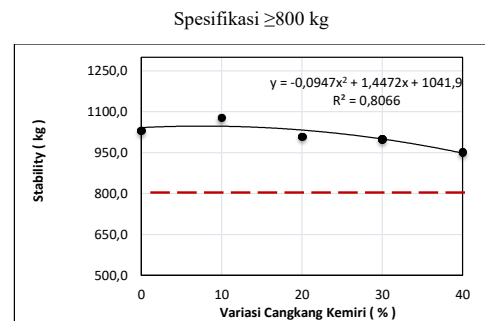
### 3.5 Hasil Analisi Pengujian Marshall Test dengan variasi Cangkang Kemiri

Berikut ini adalah tabel dari hasil pengujian dari Marshall Test terhadap substitusi cangkang kemiri sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kadar aspal optimum yang didapatkan, yaitu sebesar 6%.

Sifat-sifat campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi
	0%	10%	20%	30%	40%	
Stabilitas; kg	1003,20	1077,36	1009,64	1000,86	951,88	800-1800 kg
Flow; mm	3,10	3,27	3,37	3,53	3,60	2-4 mm
VIM (%)	4,23	4,554	4,975	5,711	6,125	3-5%
VMA (%)	15,91	16,195	16,565	17,211	17,574	≥ 15%
VFA (%)	73,390	71,901	69,971	66,819	65,151	≥ 63%
Density	2,2690	2,262	2,252	2,234	2,224	≥ 2.2 kg/m <sup>3</sup>

MQ; kg/mm	324,24	329,810	300,088	283,365	257,465	Min. 250 kg/m
-----------	--------	---------	---------	---------	---------	---------------

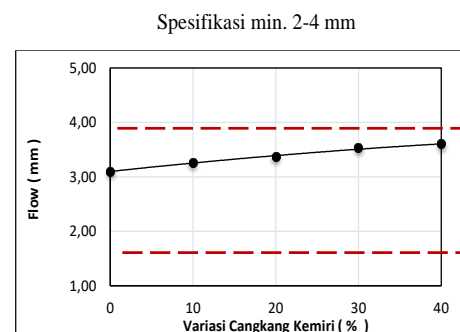
### 3.5.1 Hasil Analisi Stabilitas terhadap Cangkang Kemiri



Gambar 2. Grafik hubungan stabilitas terhadap Cangkang Kemiri

Dari hasil analisis grafik diatas menunjukkan bahwa benda uji tanpa menggunakan substitusi cangkang kemiri atau 0% mempunyai nilai stabilitas 1003,20 Kg. Benda uji dengan menggunakan substitusi cangkang kemiri sebesar 10% mengalami peningkatan.

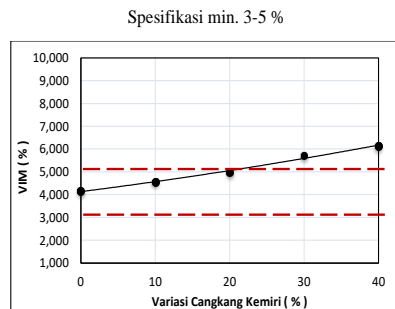
### 3.5.2 Hasil Analisi Flow terhadap Cangkang Kemiri



Gambar 3. Grafik hubungan Flow terhadap Cangkang Kemiri

Dari hasil analisis grafik diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan substitusi Cangkang Kemiri maka semakin tinggi nilai kelelahan atau keruntuhan (flow) campuran. Pada penambahan substitusi cangkang kemiri 10% nilai kelelahan (flow) campuran naik hingga presentase substitusi cangkang kemiri 40%.

### 3.5.3 Hasil Analisa VIM terhadap Cangkang Kemiri

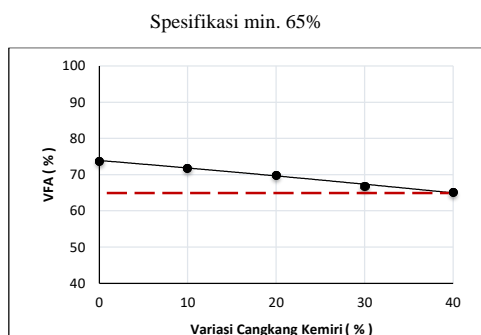


Gambar 4. Grafik hubungan VIM terhadap Cangkang Kemiri

Dari hasil analisis grafik diatas menunjukkan bahwa nilai VIM pada campuran mengalami peningkatan dengan bertambahnya substitusi cangkang kemiri dari 0% hingga 40%.

### 3.5.4 Hasil Analisa VFA terhadap Cangkang Kemiri

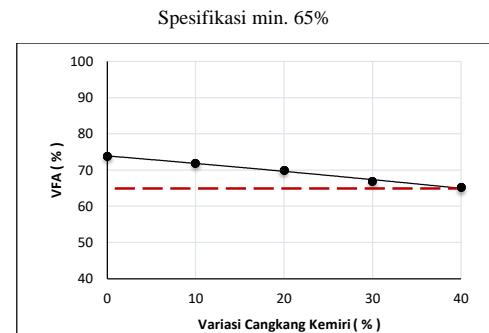
Hasil analisa grafik dibawah menunjukkan bahwa semakin besar substitusi cangkang kemiri maka nilai Void Filled with Asphalt (VFA) semakin menurun dari 0% hingga 40%. Penurunan nilai VFA disebabkan oleh aspal yang mengisi rongga lebih sedikit karena volume cangkang kemiri yang besar. Semakin kecil nilai VFA pada campuran menunjukkan bahwa semakin kecil pula rongga yang dapat terisi aspal.



Gambar 5. Grafik hubungan VFA terhadap Cangkang Kemiri

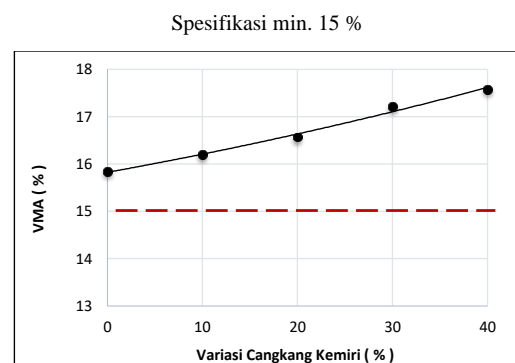
### 3.5.4 Hasil Analisa VFA terhadap Cangkang Kemiri

Hasil analisa grafik dibawah menunjukkan bahwa semakin besar substitusi cangkang kemiri maka nilai Void Filled with Asphalt (VFA) semakin menurun dari 0% hingga 40%. Penurunan nilai VFA disebabkan oleh aspal yang mengisi rongga lebih sedikit karena volume cangkang kemiri yang besar. Semakin kecil nilai VFA pada campuran menunjukkan bahwa semakin kecil pula rongga yang dapat terisi aspal.



Gambar 5. Grafik hubungan VFA terhadap Cangkang Kemiri

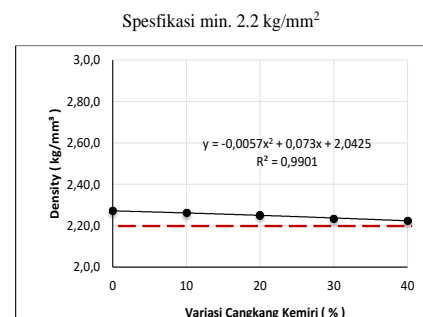
### 3.5.5 Hasil Analisa VMA terhadap Cangkang Kemiri



Gambar 6. Grafik hubungan VMA terhadap Cangkang Kemiri

Dari hasil analisis grafik diatas menunjukkan bahwa, benda uji dimulai dari penambahan substitusi cangkang kemiri 0% nilai VMA terus mengalami peningkatan hingga 40%. Hal ini menunjukkan semakin tinggi persentase substitusi cangkang kemiri maka nilai VMA (Void In Mineral Agregat) semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin besar penambahan kadar aspal yang dapat membuat selimut aspal menjadi lebih tebal pada campuran, sehingga tebalnya selimut aspal mempengaruhi meningkatnya nilai VMA.

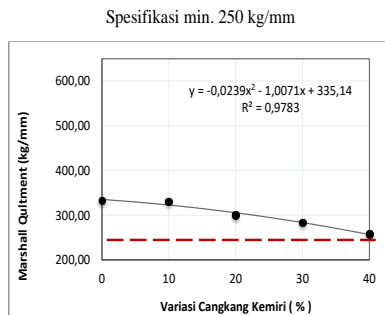
### 3.5.6 Hasil Analisa Density terhadap Cangkang Kemiri



Gambar 7. Grafik hubungan density terhadap Cangkang Kemiri

Dari hasil analisis grafik diatas menunjukkan bahwa semakin besar substitusi cangkang kemiri maka semakin rendah nilai density atau kepadatan yang dihasilkan dari 0% hingga 40%. Nilai density yang tinggi akan meningkatkan kemampuan aspal menahan beban yang berat.

### 3.5.7 Hasil Analisis Marshall Qoutient terhadap Cangkang Kemiri



Gambar 8. Grafik hubungan MQ terhadap Cangkang Kemiri

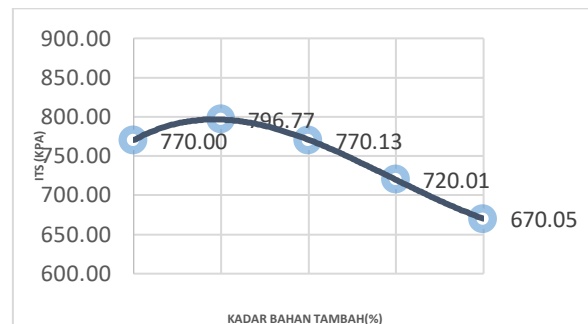
Dari hasil analisis grafik dibawah nilai Marshall Quotient yang tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki nilai stabilitas yang tinggi dengan tingkat kelelahan rendah yang dapat mengakibatkan campuran aspal menjadi lebih kaku dan mudah retak. Sebaliknya, nilai MQ yang rendah menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki nilai stabilitas rendah dengan tingkat kelelahan tinggi yang dapat mengakibatkan campuran aspal menjadi sangat plastis dan mudah mengalami deformasi. Berdasarkan grafik tersebut peningkatan nilai MQ bisa terjadi karna nilai stabilitas dan kelelahan yang meningkat. Dan penurunan nilai MQ bisa terjadi akibat nilai stabilitas dan kelelahan yang menurun.

### 3.5.8 Hasil Analisi Pemeriksaan Indirect Tensile Strenggth (ITS)

Komposisi Campuran	Diameter	ITS	Poisson Ratio	Defor mmas i	Defor masi	Regangan	Modulus Elastis E
			Rati o	Verti kal	Horis ontal	(ε)	
	Mm	Kpa	μ	mm	mm		Kpa
0	10,33	770,00	0,153	2,3	0,81	0,07841	9819,88
10	10,33	796,77	0,213	2,45	0,88	0,08551	9317,74
20	10,33	770,13	0,266	2,46	0,78	0,07519	10243,06
30	10,33	720,01	0,514	2,07	0,61	0,05866	12273,44
40	10,33	670,05	0,430	2,34	0,49	0,04776	14030,30
Rata-rata						0,11122	11949,63

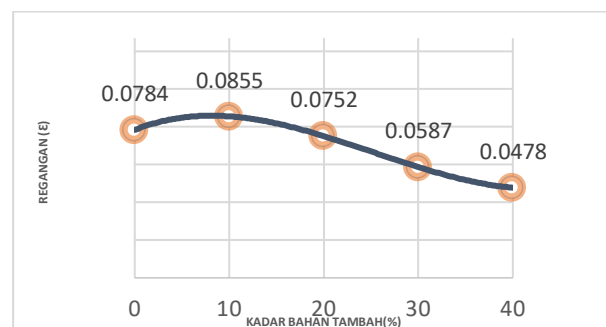
Tabel 8 .Hasil Rekapitulasi ITS

Memvariasikan kadar bahan substitusi dalam pengujian ini untuk melihat pengaruh perlakuan kuat tarik terhadap karakteristik campuran AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course) berdasarkan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang telah di dapatkan. Variasi Cangkang Kemiri yang digunakan yaitu persentase 0%,10%, 20% , 30% dan 40%.



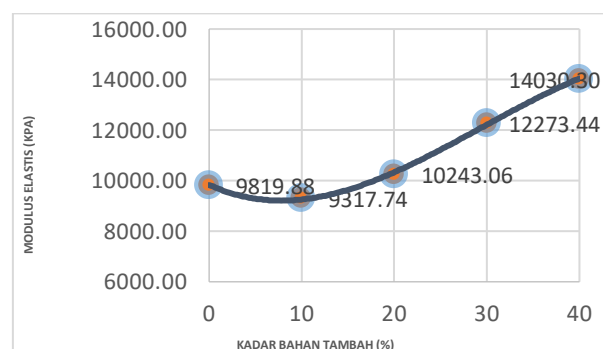
Gambar 9. Grafik hubungan tegangan terhadap substitusi cangkang kemiri

Berdasarkan Grafik diatas pada tegangan mengalami penurunan pada variasi 20% 40% . lalu pada variasi 10% mengalami peningkatan.



Gambar 10. Grafik hubungan regangan terhadap substitusi cangkang kemiri

Berdasarkan Grafik diatas peningkatan nilai regangan terjadi pada substitusi cangkang kemiri pada variasi 10%, sedangkan pada variasi 20-40% mengalami penurunan.



Gambar 11. Grafik Modulus Elastis terhadap substitusi cangkang kemiri

Berdasarkan Grafik diatas dapat dilihat bahwa hubungan modulus elastis terhadap Substitusi cangkang kemiri pada variasi 20% hingga 30% nilai modulus.

#### BAB IV Kesimpulan

1. Stabilitas, flow, MQ, VIM, VFA, VMA, dan density pada karakteristik Marshall memenuhi spesifikasi yang sudah di tetapkan. Dari hasil analisis substitusi cangkang kemiri dengan menggunakan variasi campuran cangkang kemiri yaitu 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% dengan hasil pengujian Marshall Test, persentase substitusi cangkang kemiri mengalami peningkatan nilai untuk stabilitas terjadi hanya pada variasi cangkang kemiri yaitu 10%. Penambahan persentase substitusi cangkang kemiri pada campuran dapat dilihat dari nilai stabilitas dimana semakin tinggi nilai stabilitas, maka kinerja campuran aspal mengalami peningkatan dan bgitupun sebaliknya apabila nilai stabilitas turun maka kinerja campuran aspal mengalami penurunan dan hal ini terjadi pada substitusi cangkang kemirir 20% sampai 40%. Meskipun nilai stabilitas menurun, semua persentase substitusi cangkang peningkatan kemudian pada variasi 10% mengalami penurunan. Apabila bahan tambah yang digunakan berlebihan, maka nilai modulus elastis akan semakin meningkat. Kemiri masih memenuhi nilai spesifikasi Bina Marga 2018.
2. Untuk variasi substitusi cangkang kemiri dengan menggunakan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% di simpulkan bahwa hasil analisis pengaruh penggunaan cangkang kemiri didapatkan nilai kuat tarik tidak langsung nilai tegangan pada persentase substitusi cangkang kemiri 10% mengalami peningkatan dan penurunan pada regangan, sedangkan pada modulus elastis di mana modulus elastis berbanding terbalik dengan regangan sehingga pada presentase cangkang kemiri 10% menurun.

#### REFERENSI

- Anonim, 2010, Spesifikasi Umum 2010, Divisi 5 *Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton aspal*, Direktorat Jendral Bina Marga. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 13/PT/B/1993, Pelaksanaan Lapis Aspal Beton, Indonesia.
- Departement Pekerjaan Umum, *Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standard Nasional Indonesia, Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*, SNI 03-1968-1990.
- Jati Purwanti dan Tripuji Lestari Indra, 2015. *Pengaruh Penggunaan Cangkang Kemiri dan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Untuk Meningkatkan Stabilitas Campuran AC-BC*, Politeknik Negeri Sriwijaya.

- Mashuri, 2006, *Sifat-sifat Mekanis Aspal Yang Ditambahkan Serbuk Arang Tempurung Kelapa*, Jurnal Media Komunikasi Teknologi Edisi Januari 2006, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu
- Meidia Refiyanni dan Muhammad Ikhsan, 2017. *Pemanfaatan Limbah Cangkang Kemiri dan Terak Tanur sebagai Pengganti Agregat Halus pada Campuran AC-WC*, Universitas Teuku Umar.
- Zainal Safariska dan Febrina Dian Kurniasari, 2020. *Pengaruh Abu Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Halus (Filler) Terhadap Campuran Lapisan AC-WC*, Universitas Iskandar Muda.