



PENGARUH ABU CANGKANG PALA SEBAGAI SUBSTITUSI FILLER TERHADAP CAMPURAN LAPISAN AC-WC

**Nurhayati Doda*¹ & *Faturrahman*²

^{1,2}*Fakultas Teknik, Universitas Gorontalo, Indonesia*

Email, * yati.doda@gmail.com Faturrahmanisilly@gmail.com

Abstrak : Pengaruh Abu Cangkang Pala Sebagai Substitusi *Filler* Terhadap Campuran Lapisan AC – WC). Latar belakang penelitian ini bertitik tolak dari permasalahan yang berada dilapangan. Penulis melihat bahwasannya kejadian dilapangan yang sangat kritis karena disebabkan oleh semakin berkurangnya bahan pengisi (*filler*). Dari hal ini penulis tergerak untuk memanfaatkan cangkang pala sebagai substitusi bahan pengganti (*filler*) agar supaya dapat menghambat berkurangnya penurunan bahan tambah (*filler*). Tujuan penelitian kali ini adalah untuk mencari dan membuktikan bahwa apakah abu cangkang pala bisa mengganti atau mensubstitusi *filler* terhadap campuran lapisan AC-WC dengan melewati beberapa proses penelitian seperti mencari hasil dari pemeriksaan sifat-sifat fisis material sampai pada pengujian *Marshall Test*. Penelitian yang penulis lakukan disini adalah penelitian didalam laboratorium yang bersifat eksperimen. Penelitian ini penulis lakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Gorontalo. Dipenelitian kali ini, penulis membuat beberapa variasi untuk *filler* abu cangkang pala yaitu 0%, 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Hasil dari penelitian kali ini yaitu semua variasi yang diuji telah memenuhi spesifikasi dari setiap pengujian. Pengujian yang dimaksud adalah stabilitas, kelelahan (*flow*), *Void In the Mix* (VIM), *Void in Mineral Agregat* (VMA), *Void Filled with Aspalt* (VFA), *Marshall Quotient* (MQ).

Kata Kunci : *Filler; Abu Cangkang Pala; Substitusi filler.*

Abstract: The Effect of Nutmeg Shell Ash as Filler Substitution on AC-WC Layer Mixture. The background of this research is based on the problems in the field. The author sees that the incident in the field is very critical because it is caused by the decrease in filler material. From this, the author was moved to use nutmeg shells as a substitute for fillers in order to prevent the decrease in the decrease in fillers. The purpose of this study is to find and prove that whether nutmeg shell ash can replace or substitute filler for the AC-WC layer mixture by going through several research processes such as looking for results from examining the physical properties of the material to the Marshall Test. The research that the author is doing here is an experimental research in a laboratory. This research was conducted at the Integrated Laboratory of the University of Gorontalo. In this study, the authors made several variations for the nutmeg shell ash filler, namely 0%, 10%, 25%, 50%, 75%, and 100%. The results of this study are all variations tested have met the specifications of each test. The tests in question are stability, melt (*flow*), *Void In the Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled with Asphalt* (VFA), *Marshall Quotient* (MQ).

Keywords: *Filler; Nutmeg Shell Ash; filler Substitution.*

History & License of Article Publication:

Received: 23/05/2022 *Revision:* 27/06/2022 *Published:* 02/07/2022

DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.v10i1.263>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Pala adalah tumbuhan berupa pohon yang asli berasal dari Negara Indonesia tepatnya dari kepulauan Banda, Maluku. Sejak masa Romawi, pala yang dibuat menjadi rempah-rempah menjadi komoditas perdagangan yang bernilai tinggi. Buah pala terdiri dari daging buah (77,8%), fuli (4%), tempurung (5,1%), dan biji (13,1%) (Nanan Nurdjannah, 2007). Tidak semua bagian pala dimanfaatkan oleh masyarakat untuk dijual. Biji, fuli dan daging buah pala merupakan bagian ekonomis, sedangkan bagian lainnya yaitu cangkang biji pala belum dimanfaatkan dengan baik.

Oleh karena belum dimanfaatkannya dengan baik, cangkang pala menjadi target sebagai substitusi sebagian *filler*. *Filler* merupakan hasil alam seperti semen dan abu batu yang jumlahnya kian terbatas dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Untuk itu perlu adanya inovasi dengan menggunakan alternative bahan pengganti berupa limbah seperti abu cangkang pala dalam upaya mendapatkan bahan pengganti yang lebih ekonomis dan jumlahnya dilapangan masih banyak.

Pemilihan bahan tersebut karena harganya lebih murah dari bahan *filler* yang lain. Selain itu abu cangkang pala mudah ditemukan pada para petani kebun pala, hal ini dikarenakan belum dimanfaatkannya cangkang pala dengan baik oleh para petani pala. Selain itu abu cangkang pala dapat lolos pada saringan no 200, sebagai syarat utama material *filler*. Cangkang pala biasa hanya digunakan sebagai bahan pembakaran untuk pembuatan sate, ikan bakar, dan lain-lain. Ada beberapa penelitian yang relevan mengenai bahan substitusi *filler* diantaranya adalah “Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Bahan Pengganti Filler Pada Lapisan Aus (AC-WC) disusun oleh (Baiq Fitria Annisya Wijaya, 2021). “Pengaruh Substitusi Polystyrenne (PS) dan Abu Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filter Terhadap Karakteristik Campuran AC-WC oleh (Isnanda dkk, 2018).

Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian bagaimana hasil dari pemeriksaan sifat-sifat fisis material cangkang pala berdasarkan spesifikasi yang disyaratkan serta dapat digunakan sebagai bahan campuran AC-WC? serta Apakah nilai – nilai karakteristik Marshall pada kadar aspal optimum dengan *filler* sebagian abu cangkang pala telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan? sehingga itu dilakukan penelitian untuk mengetahui sifat-sifat material cangkang pala untuk lapisan AC-WC dan mengetahui nilai-nilai karakteristik marshall berdasarkan spesifikasi yang disyaratkan.

Penelitian ini sangat bermanfaat karena apabila abu cangkang pala berhasil memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dan memenuhi spesifikasi maka pemanfaatan cangkang pala yang dulunya hanya sekedar bahan bakar dirumah makan, akan lebih dikembangkan didunia keteknik sipil sebagai pengganti *filler*. Selain itu, cangkang pala sangat mudah ditemukan diwilayah Provinsi Gorontalo dan Sulawesi Utara.

MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

Aspal

Aspal ialah bahan hidro karbon yang bersifat melekat (*adhesive*), berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, dan viskoelastis. Aspal sering juga disebut bitumen merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan lapis perkerasan lentur. Aspal berasal dari alam atau dari pengolahan minyak bumi. Aspal atau

bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. (Utami et al., 2020)

Agregat

Menurut (Cahya et al., 2018) jumlah agregat pada perkerasan jalan berkisar 90% sampai 95% dari presentase berat, atau 75% sampai 85% dari presentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. (Sipil, 2013)

Agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. Agregat merupakan komponen utama dari perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan presentase berat, atau 75-85% berdasarkan presentase volume, (Susanto, 2020)

Agregat adalah suatu partikel yang berwujud butiran-butiran yang penggunaannya merupakan salah satu dari kombinasi dengan berbagai macam tipe yaitu mulai dari material di semen sebagai bahan untuk membuat beton, pada lapisan pondasi jalan. Agregat diartikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang padat dan keras. ASTM mengartikan agregat yaitu sebagai bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fregmen-fregmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan presentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan presentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari hasil campuran material lainnya dengan campuran sifat agregat dan hasil campuran agregat (Utami et al., 2020)

Agregat Kasar

Fraksi Agregat kasar untuk rancangan campuran adalah ayakan No. 8 (2.36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan. Agregat yang digunakan dalam lapisan perkerasan jalan ini adalah agregat yang memiliki diameter agregat antara 2.36 mm sampai 19 mm. Berikut ini adalah table yang berisi spesifikasi dari aspal keras penetrasi 60/70. (Isnanda et al., 2018)

Tabel 1. Ketentuan agregat kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417-2008	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%

Angularitas (kedalaman permukaan air <10cm)	DoT's Pennsylvania	95/90 ¹
Angularitas (kedalaman permukaan air ≥10cm)	Test Method, PTM No 621	80/75 ¹
Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5	Maks. 10%
Material lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga 2014

Agregat Halus

(Situmorang, Antonius; Pratomo, Priyo; Herianto, 2016) digunakan merupakan pasir atau pengayakan batu pecah (abu bata) yang lolos No. 8 (2.36). Dalam pencampuran aspal presentase maksimum agregat halus yang disarankan untuk Laston (AC) adalah 15%.

Tabel 2. Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No.200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks. 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33	Min. 45

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga 2014

Abu Cangkang Pala Sebagai *Filler*

Menurut spesifikasi BM.2005, bahan pengisi (*filler*) adalah bahan pengisi yang lolos saringan No. 200 tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya dan mempunyai sifat non plastis. *Filler* biasanya dipakai bahan-bahan seperti abu batu, kapur padaman, semen (PC), dan bahan non plastis lainnya, (Situmorang, Antonius; Pratomo, Priyo; Herianto, 2016) *Filler* yang artinya sebagai bahan pengisi dapat dipergunakan debu, batu kapur, debu kapur padam, semen atau mineral yang bersal dari asbuton yang sumbernya disetujui oleh direksi pekerjaan, (Utami et al., 2020). *Filler* adalah abu mineral tembus ayakan No. 200. Jenis bahan *filler* secara umum terdiri dari debu batu kapur, debu domilit, semen Portland, abu laying atau *fly ash*, atau bahan mineral tidak plastis lainnya



Sumber: Google Image

Gambar 1. Cangkang Pala

Tanaman pala adalah salah satu tanaman Indonesia terutama didaerah Banda dan sekitarnya, serta di Irian Jaya. Tidak ada data prasejarah yang dapat memastikan mulai kapan adanya tanaman pala didaerah tersebut. Akan tetapi pala yang akan dijadikan sebagai bahan penelitian adalah pala yang berasal dari Minahasa Utara, Sulawesi Utara.

Buah pala terdiri dari daging buah (77.8%), fuli (4%), tempurung (5.1%) dan biji (13.1%) (Nanan Nurdjannah, 2007). Sama halnya dengan tanaman pada umumnya, pala juga memiliki waktu panen sampai pada waktu 9 bulan. Setelah panen pala akan dipilah menjadi 2, yaitu pala tua dan pala muda. Perbedaan antara dua pala ini dapat terlohat dari warna kulitnya. Pala tua berwarna kecoklat-coklatan sedangkan pala muda berwarna coklat keputih-putihan.

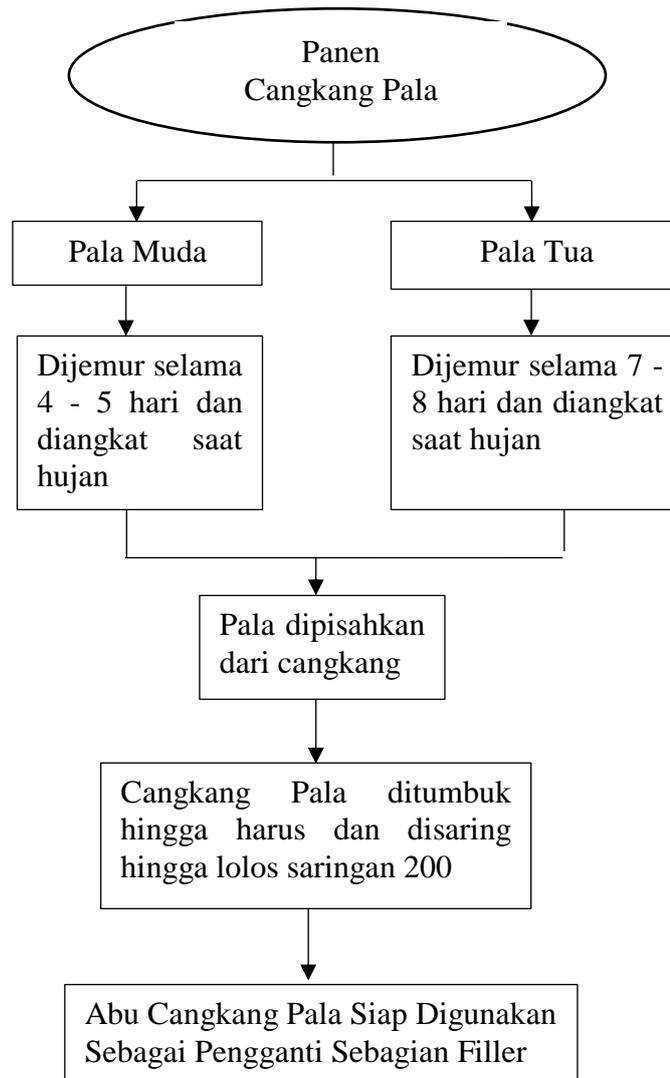
Setelah dipisahkan, pala akan dijemur dari pagi hari sampai menjelang sore, sesuai dengan apa yang dipilah tadi. Pala tua akan dijemur selama 7-8 hari dan pala muda akan dijemur selama 5-6 hari. Penjemuran pala guna melepaskan biji pala dari cangkang pala dan akan mendapatkan biji pala yang berkualitas.

Cangkang pala itulah yang akan diproses menjadi *filler*. Syarat utama menjadi *filler* adalah lolos saringan No. 200, maka dari itu cangkang pala akan diproses menjadi abu agar supaya dapat lolos pada saringan No. 200. Cara untuk membuat cangkang pala menjadi abu yaitu, yang pertama cangkang pala akan dibakar sampai menjadi abu, yang kedua cangkang pala akan di tumbuk sampai halus menjadi abu, dan yang ketiga cangkang pala akan dihaluskan didalam Los Angeles. Jika cangkang pala telah menjadi abu dan lolos pada saringan No. 200, maka cangkang pala siap untuk menjadi filler. Ada 6 variasi untuk cangkang pala yaitu, 0%, 10%, 25%, 50%, 75%, 100%. Masing-masing variasi akan dibuatkan sampel sebanyak 5 sampel. Maka total sampel ada 30 sampel dari 6 variasi.

Pengujian Marshal

Pengujian Marshall dilakukan untuk mendapatkan nilai stabilitas dan nilai kelelahan (*Flow*). Disamping itu dipakainya komposisi campuran laston yang telah dibuat, bukan hanya ditentukan oleh nilai stabilitas dan nilai kelelahan, tetapi ditentukan juga oleh nilai-

nilai parameter Marshall. Nilai-nilai parameter Marshall adalah VIM, VMA, VFB, Stabilitas Marshall, Flow, MQ, dan Berat Jenis. (Isnanda et al., 2018)



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Abu Cangkang Pala

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang meliputi pengujian agregat, pengujian aspal dengan penetrasi 60/70 dan hasil pengujian Marshall memenuhi semua persyaratan yang ditetapkan oleh spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

Agregat Kasar

Tabel 3. Hasil Pengujian Material Agregat Kasar Batu Pecah

No	Pengujian	Standar Penelitian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan
1.	Abrasi	SNI 03-2417-1991	25.31	Max 40	%
2.	Analisa Saring	SNI 03-1968-1990	Lampiran 4	-	-
3.	- Berat Jenis		2.5	Min. 2,5	Gram/cc
	a. BJ.Bulk	SNI 03-1969-1990	2.5	Min. 2,5	Gram/cc
	b. BJ.SSD		2.6	Min. 2,5	Gram/cc
	c. BJ.Semu		1.8	Max. 3	%
	-Penyerapan Agregat				

Sumber : Hasil Penelitian

Agregat Halus

Tabel 4. Hasil Pengujian Material Agregat Halus

No	Pengujian	Standar Penelitian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan
1.	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	Lampiran 6	-	
2.	-Berat Jenis				
	a. BJ.Bulk	SNI 03-1969-1990	2,6	Min. 2,5	gram
	b. BJ.SSD		2,7	Min. 2,5	gram
	c. BJ.Semu		2,8	Min. 2,5	gram
	-Penyerapan Agregat		2,5	Max. 3	%

Sumber : Hasil Penelitian

Filler Abu Batu dan Filler Abu Cangkang Pala

Hasil pengujian *filler* abu batu dan *filler* abu cangkang pala

Tabel 5. Hasil Pengujian *Filler* abu batu dan *Filler* Abu Cangkang Pala

No	Pengujian	Standar Penelitian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	Lampiran 7	-	-
2	- Berat Jenis				
	d. BJ. Bulk	SNI 03-1969-1990	2,52	Min. 1	gr/cc
	e. BJ. SSD		2,58	Min. 1	gr/cc
	f. BJ. Semu		2,69	Min. 1	gr/cc
		-Penyerapan Agregat		2,60	Maks. 3

Sumber : Hasil Penelitian 2021

Pengujian Karakteristik Aspal PEN 60/70

Aspal yang digunakan untuk campuran AC-WC adalah aspal curah produksi Pertamina dengan Penetrasi 60/70. Dari hasil pemeriksaan diperoleh data-data seperti yang disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Bahan Pengikat (Aspal Pen 60/70)

NO	Pengujian	Standar Penelitian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan
1	Penetrasi 25°c 100 gr, 5 detik	SNI 06-2456-1991	66.57	60 - 70	Mm
2	Berta Jenis	SNI 06-2441-1991	1.02	Min. 1	-

Sumber : Hasil Penelitian 2021

Pembahasan

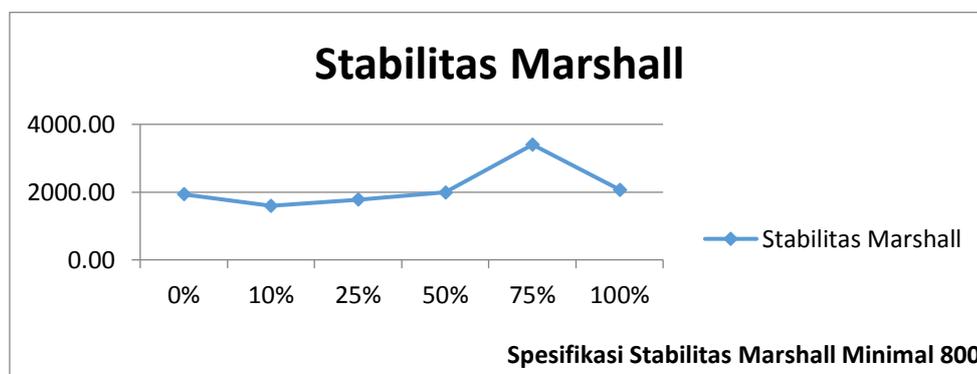
Stabilitas Marshall

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan untuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*.

Tabel 7. Hasil *Stabilitas Marshall*

No	Persentase Abu Cangkang Pala	Kadar Aspal	Hasil Stabilitas	Spek	Ket.
1	% Normal	5,5	1933.01	Min. 800	Lolos
2	10%	5,5	1594.98	Min. 800	Lolos
3	25%	5,5	1775.9	Min. 800	Lolos
4	50%	5,5	1990.1	Min. 800	Lolos
5	75%	5,5	3399.4	Min. 800	Lolos
6	100%	5,5	2071.1	Min. 800	Lolos

Sumber: Hasil Penelitian



Sumber : Hasil penelitian

Gambar 3. Grafik Stabilitas *marshall*

Kelelahan

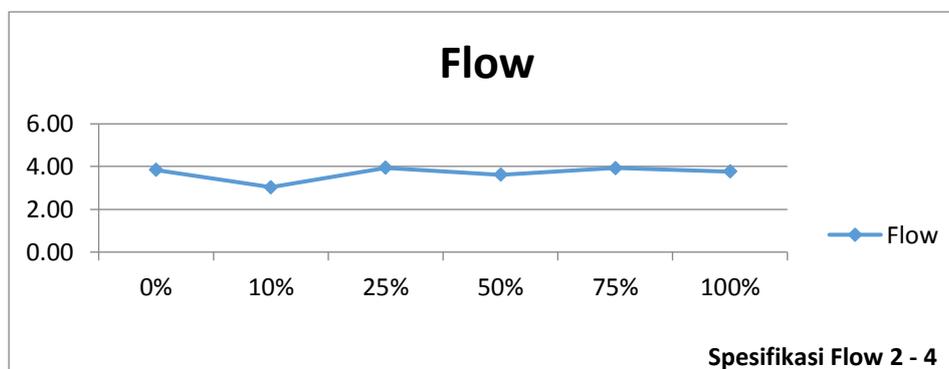
Hasil pengujian kelelahan (*Flow*) diperoleh nilai stabilitas seperti yang ada pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Kelelahan Plastis (*Flow*)

No	% lolos batas bawah	Kadar Aspal	<i>Flow</i>	Spek	Ket.
1	0%	5,5	3,84	2 – 4	Lolos
2	10%	5,5	3,04		Lolos
3	25%	5,5	3,94		Lolos
4	50%	5,5	3,62		Lolos
5	75%	5,5	3,93		Lolos
6	100%	5,5	3,77		Lolos

Sumber : Hasil Penelitian 2021

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar aspal 5,5 yang diberikan pada campuran yang persentasenya 25%, lebih tinggi maka akan semakin meningkat nilai flow, dan masih di atas spesifikasi yaitu di atas 2 mm dan di bawah 4 mm dengan nilai flow 3,04 – 3,93 mm untuk semua persentase agregat dengan kadar aspal yang sama.



Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 4. Grafik Hasil Penelitian *Flow*

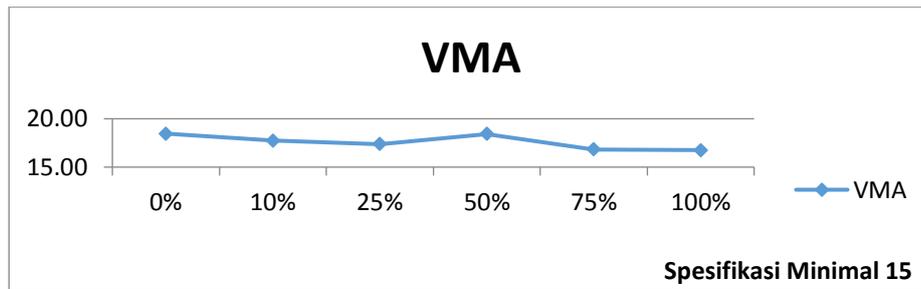
Rongga Dalam Agregat (VMA)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai VMA untuk semua batas bawah saringan yang digunakan pada percobaan ini memenuhi spesifikasi yaitu minimal 15%. Dari grafik dibawah ini dapat disimpulkan bahwa nilai VMA untuk kadar aspal yang sama pada persentasi agregat batas bawah yang berbeda, semuanya memenuhi spesifikasi min 15%.

Tabel 9. Hasil Rongga Dalam Agregat (VMA)

No	% Lolos Batas Bawah	Kadar Aspal %	Nilai VMA	Spek.	Satuan
1	0%	5,5	18,46	Min. 15	%
2	10%	5,5	17,72		
3	25%	5,5	17,36		
4	50%	5,5	18,43		
5	75%	5,5	16,83		
6	100%	5,5	16,76		

Sumber : Hasil Penelitian



Sumber : Hasil Penelitian

Grafik 5. Hubungan antara Kadar Aspal Dengan (VMA)

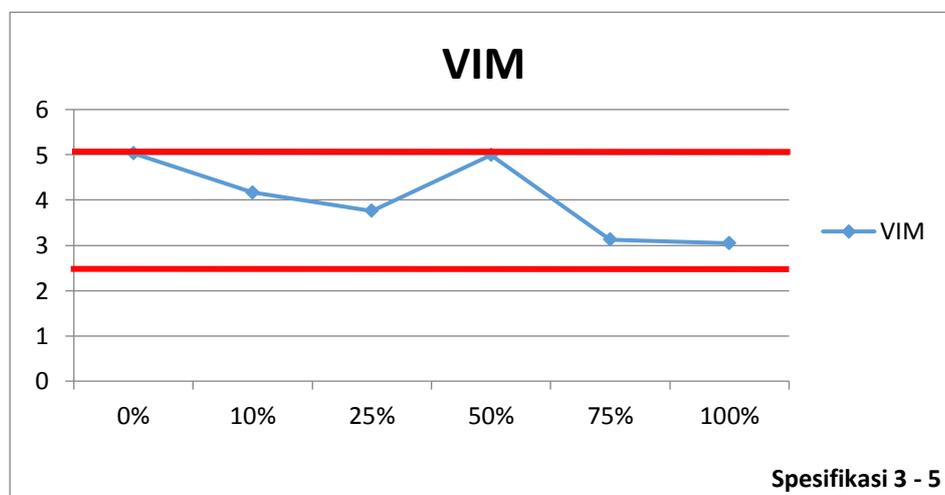
Rongga pada Campuran (VIM)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak kadar aspal pada campuran maka semakin kecil nilai VIM. Dengan memperhatikan persyaratan yaitu nilai VIM 3% - 5%, ternyata untuk kadar aspal 5,5 pada semua persentase lolos batas bawah memenuhi persyaratan dengan nilai VIM yaitu 3 - 5 - 4% sesuai grafik dibawah ini.

Tabel 10. Hasil Penelitian Rongga Dalam Campuran (VIM)

No	% Lolos Batas Bawah	Kadar Aspal %	Nilai VIM	Spek	Satuan
1	0%	5,5	5	3-5	%
2	10%	5,5	4		
3	25%	5,5	4		
4	50%	5,5	5		
5	75%	5,5	3		
6	100%	5,5	3		

Sumber : Hasil Penelitian



Sumber : Hasil Penelitian

Grafik 6. Hubungan antara Kadar Aspal Dengan (VIM)

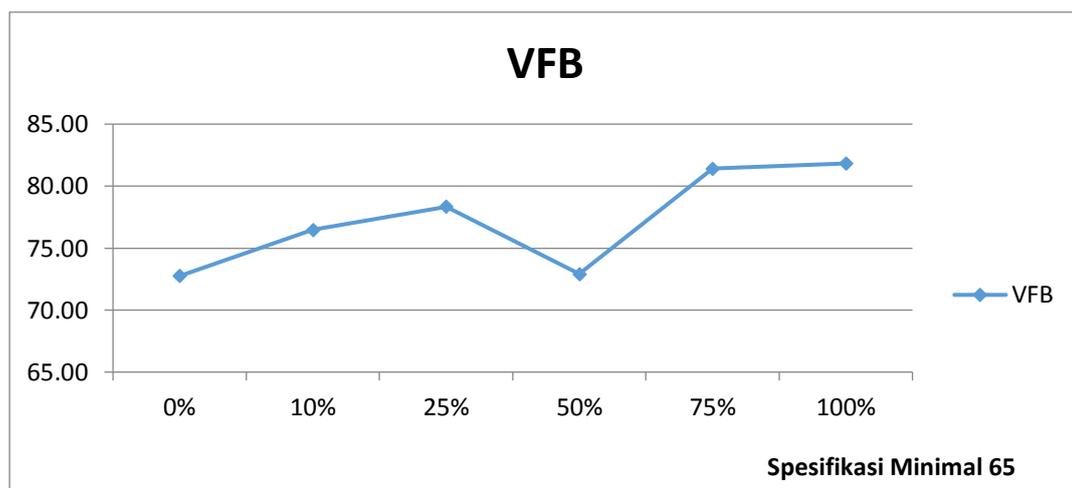
Rongga Terisi Aspal (VFB)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak kadar aspal yang diberikan pada campuran maka semakin meningkat nilai VFB. Untuk campuran dengan kadar aspal 5,5% memenuhi syarat dengan nilai VFB yaitu 81,83 – 72,75% sesuai grafik dibawah ini.

Tabel 11. Hasil Rongga Terisi Aspal (VFB)

NO.	% Lolos Batas Bawah	Kadar Aspal %	Nilai VFB	Spek	Satuan
1	0%	5,5	72,75		
2	10%	5,5	76,42		
3	25%	5,5	78,34		
4	50%	5,5	72,91	Min.65	%
5	75%	5,5	81,41		
6	100%	5,5	81,83		

Sumber : Hasil Penelitian



Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 7. Grafik hubungan antara Kadar Aspal Dengan (VFB)

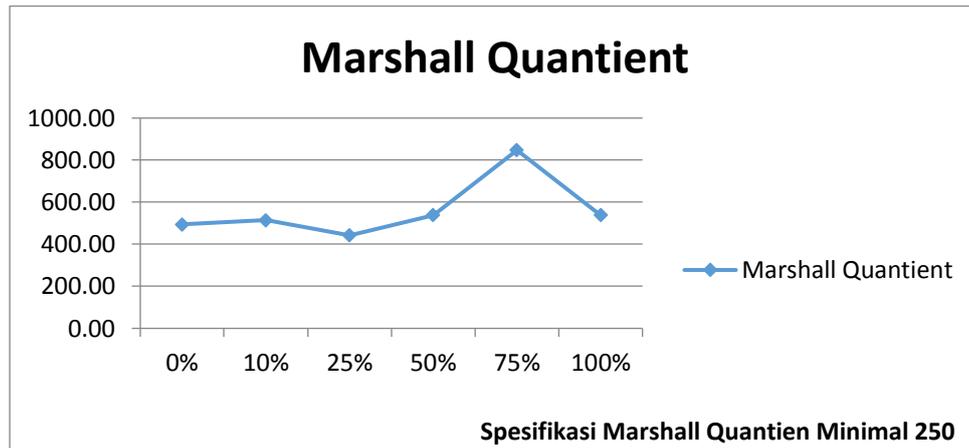
Marshall Quotient (MQ)

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semua campuran dan setiap variasi kadar aspal yang berbeda nilainya masih diatas dari persyaratan spesifikasi yaitu lebih dari 250 kg/mm, dengan nilai Marshall Quotient yaitu 296,9 Kg/mm dengan kadar aspal 6%.

Tabel 12. Hasil Marshall Quotient (MQ)

No	% Lolos Batas Bawah	Kadar Aspal %	Nilai MQ	Spek	Satuan
	0%	5,5	493,52		
2	10%	5,5	515		
3	25%	5,5	442,12	Min.250	Kg/mm
4	50%	5,5	538,39		
5	75%	5,5	847,17		
6	100%	5,5	538,39		

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 8. Grafik Hasil Marshall Quotien

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian dan hasil Analisa data didapatkan, perbandingan antara variasi *filler* abu batu dan *filler* abu cangkang pala terletak pada nilai : VIM (rongga udara), VMA (rongga dalam agregat), VFB (rongga terisi aspal), Flow (kelelahan elastis), Berat jenis (campuran bulk). Pada nilai VIM untuk variasi 0% dan 50% adalah titik paling tinggi dari pada variasi 10%, 25%, 75%, 100%. VMA (rongga dalam agregat) : Sama seperti pada VIM, pada variasi 0% dan 50% nilai VMA lebih tinggi daripada variasi 10%, 25%, 75%, 100%. VFB : Berbeda dengan VIM dan VMA, VFB mempunyai grafik yang dimana pada variasi 10% - 100% mengalami kenaikan walaupun pada variasi 50% sempat mengalami penurunan. Flow memiliki grafik yang tidak beraturan dimana titik tertingginya atau titik puncaknya terdapat pada variasi 25% dan titik paling bawahnya pada variasi 10%. Berat Jenis : sama seperti pada flow, berat jenis juga memiliki grafik yang tidak beraturan. Titikpuncak atau titik tertinggi pada berat jenis terdapat pada variasi 75% , sedangkan titik paling bawah atau titik terendah terdapat pada variasi 0%.

Hasil yang di dapatkan di dukung dengan teori bahwa 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 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.

Bahan pengisi bertujuan untuk meningkatkankekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadaptemperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi karenabanyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volumenya. Selain itu bahan pengisi (filler) dapat mengurangi volume pori-pori ataurongga sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan dapat menurunkanpermeabilitas campuran aspal (Risky Aynin Hamzah Oscar H. Kaseke, 2016). Namun berdasarkan hasil penelitian bahan pengisi abu cangkang pala dalam mensubtitusi abu batu memiliki kadar optimum. Implikasi dari penelitian ini adalah penggunaan cangkang pala dengan perlakuan yang tepat pada proses pengolahan cangkang pala sangat berpengaruh pada hasil optimum yang diinginkan, adapun keterbatasan penelitian ini adalah ketersediaan cangkang pala berdasarkan kebutuhan

volume material belum di analisa secara detil, sehingganya yang menjadi saran untuk penelitian selanjutnya agar menganalisa dengan tepat kelayakan dan kebutuhan serta ketersediaan (deposit) cangkang pala di lapangan untuk memenuhi volume kebutuhan material cangkang pala terhadap produksi campuran aspal.

KESIMPULAN

Hasil penelitian tersebut memberikan kesimpulan bahwa abu cangkang pala memenuhi syarat sebagai substitusi atau pengganti sebagian *filler* abu batu dengan nilai kadar opyimumnya adalah 50%, hal ini ditunjukkan dengan sifat-sifat *hasil Marshal Test* yang memenuhi spesifikasi.

Implikasi dari penelitian ini adalah penggunaan cangkang pala dengan perlakuan yang tepat pada proses pengolahan cangkang pala sangat berpengaruh pada hasil optimum yang diinginkan, adapun keterbatasan penelitian ini adalah ketersediaan cangkang pala berdasarkan kebutuhan volume material belum di analisa secara detil, sehingganya yang menjadi saran untuk penelitian selanjutnya agar menganalisa dengan tepat kelayakan dan kebutuhan serta ketersediaan (deposit) cangkang pala di lapangan untuk memenuhi volume kebutuhan material cangkang pala terhadap produksi campuran aspal.

DAFTAR PUSTAKA

- Baiq Fitria Anissya Wijaya. (2021). Pengaruh penggunaan limbah serbuk arang batok kelapa sebagai bahan pengganti filler pada lapisa aus (ac-wc). Universitas muhammadiyah mataram.
- Binamarga.pu.go.id/assets/files/Laporan_Kondisi_Profil_Jalnas/10_Buku_Statistik_2014-2.pdf
- Cahya, C. Y., M. Saleh, S., & Anggraini, R. (2018). Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(4), 61–68. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i4.12456>
- Isnanda, I., Saleh, S. M., & Isya, M. (2018). Pengaruh Substitusi Polystyrene (Ps) Dan Abu Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Campuran Ac-Wc. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 637–646. <https://doi.org/10.24815/jts.v1i3.10002>
- Nanan Nurdjannah. (2007). Teknologi pengolahan pala. Badan penelitian dan pengembangan pertanian balai besar penelitian dan pengembangan pascapanen pertanian.
- Risky Aynin Hamzah Oscar H. Kaseke, M. M. M. (2016). Pengaruh variasi kandungan bahan pengisi terhadap kriteria marshall pada campuran beraspal panas jenis lapis tipis aspal beton – lapis aus gradasi senjang. 4(7), 447–452.
- Sipil, J. T. (2013). *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. II, No. 2, September 2013. II(2), 191–200.
- Situmorang, Antonius; Pratomo, Priyo; Herianto, D. (2016). Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Uji Karakteristik Marshall Untuk Campuran Laston (AC-BC). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 4(1), 89–98.
- Susanto, H. A. (2020). Pengaruh Penggunaan Filler Pasir Besi Dan Semen Dalam Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 21(1), 37. <https://doi.org/10.30595/techno.v21i1.7230>

Utami, A., Sastra, M., & Zulkarnain, Z. (2020). Abu Kulit Pinang Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Ac-Bc. *Jurnal TeKLA*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.35314/tekla.v2i1.1431>