

Analisis Pengaruh Penggunaan abu cangkang Sawit sebagai pengganti Filler untuk campuran aspal (AC-BC)

Joko Suhendra¹, Nuryasin Abdillah², Azwan Aziz³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai

Jl. Utama Karya Bukit Batrem II

Email: jokosuhendra@gmail.com

ABSTRAK

Jalan merupakan akses penting dalam transportasi masyarakat setiap masyarakat dalam kehidupan menggunakan alat transportasi untuk menempuh suatu tempat tertentu. Salah satu usaha untuk meningkatkan kualitas sarana dan prasarana transportasi jalan raya saat ini yaitu dengan cara memodifikasi campuran pada lapisan perkerasan sehingga mendapatkan mutu aspal yang bagus dan memberikan kenyamanan pada masyarakat dalam penggunaan sarana dan prasarana transportasi jalan raya. *Filler* adalah salah satu bahan yang berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga dari suatu campuran beraspal, disamping itu *filler* berfungsi pula sebagai media untuk mengisi rongga dalam campuran aspal agar memenuhi *void* yang diinginkan. Penggunaan limbah Abu Cangkang Sawit sebagai pengganti *filler* campuran beraspal dengan kadar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% menurunkan nilai stabilitas aspal dan menyebabkan nilai *flow* semakin tinggi serta nilai MQ yang kurang dari batas minimal yang telah ditentukan, tetapi pada campuran beraspal dengan bahan limbah Abu Cangkang Sawit dengan kadar 50% dan menggunakan aspal penetrasi 60/70 sebesar 6% adalah campuran yang dapat memenuhi spesifikasi dimana nilai stabilitas meningkat dan nilai *flow* cenderung stabil yaitu mendapatkan nilai stabilitas sebesar 3199,8kg/mm dan *flow* sebesar 4mm. Jadi dapat disimpulkan bahwa penelitian belum mampu diaplikasikan ke lapangan karena belum bisa memenuhi seluruh nilai karakteristik *Marshall* yang telah ditetapkan Bina Marga.

Kata kunci : Aspal (AC-BC), Abu Cangkang Sawit, *Filler*, karakteristik *Marshall*.

ABSTRACT

Roads are an important access for public transportation. In everyday life, every community uses only means of transportation to reach a certain place. One of the efforts to improve the quality of current road transportation facilities and infrastructure is by modifying the mixture in the pavement layer so as to obtain good asphalt quality and provide comfort to the public in using road transportation facilities and infrastructure. Filler is one of the materials that functions as a filler for cavities in an asphalt mixture, in addition, filler also functions as a medium to fill cavities in the asphalt mixture to meet the desired voids. The use of Palm Shell Ash waste as a substitute for asphalt mixture filler with levels of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% reduces the asphalt stability value and causes the flow value to increase and the MQ value is less than the minimum limit that has been determined, but in the asphalt mixture with Palm Shell Ash waste material with a content of 50% and using asphalt penetration of 60/70 of 6% is a mixture that can meet the specifications where the stability value increases and the flow value tends to be stable, namely getting a stability value of 3199.8 kg/mm and a flow of

4 mm. So it can be concluded that the research has not been able to be applied to the field because it has not been able to meet all the Marshall characteristic values set by Bina Marga.

Keywords: *Asphalt (AC-BC), Palm Shell Ash, Filler, Marshall's characteristics.*

Pendahuluan

Cangkang kelapa sawit adalah bagian yang paling keras yang terdapat pada kelapa sawit, dan merupakan bahan bakar padat kelas tinggi yang dapat diperbaharui untuk pembakaran, baik bersama-sama dengan uap batubara atau diabakar dibiomasa pembangkit tenaga listrik, yang biasanya dicampur dengan tingkatan lain dari biomassa seperti potongan kayu. Setelah dikaji lebih dalam ternyata cangkang kelapa sawit termasuk bahan berlignoselulosa yang berkadar karbon tinggi dan mempunyai berat jenis yang lebih tinggi dari pada kayu yang mencapai 1,4 gr/cm³. Cangkang kelapa sawit adalah salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari produksi minyak. Tempurung kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Arang aktif dapat dibuat melalui proses karbonisasi pada suhu 550°C selama kurang lebih tiga jam. Karakteristik arang yang dihasilkan melalui proses tersebut memenuhi SII, kecuali kadar abu Menurut SKBI-2.462.1987 bahan pengisi (*Filler*) adalah bahan pengisi rongga dalam campuran (*Void in Mix*) yang berbutir halus yang lolos saringan No. 30 dimana persentase berat yang lolos saringan No. 200 minimum 65%. *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran. Bahan pengisi (*Filler*) harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah *experiment* laboratorium, yaitu metode yang dilakukan dengan melakukan pengujian di laboratorium untuk mendapatkan data. Kemudian melakukan pengolahan data untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan Abu Cangkang Sawit terhadap karakteristik aspal dengan menggunakan pengujian *Marshall*. Penelitian ini dibuat benda uji sesuai dengan variasi kadar Abu Cangkang Sawit yaitu sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% masing masing tiga benda uji.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Data Hasil Pengujian *Marshall*

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat yang digunakan pada pengujian benda uji ini adalah *Digital Marshall Stability Testes* STM-8 dapat diperoleh nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*) secara otomatis. Tes *Marshall* juga digunakan untuk menentukan karakteristik *Marshall* seperti VIM, VMA, dan VFA.

Dari masing – masing komposisi campuran dipersiapkan tiga buah benda uji untuk dilakukan tes *Marshall* dengan kadar aspal 6%, lalu dicampurkan kedalam campuran aspal normal dan dengan variasi kadar limbah Abu Cangkang Sawit sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Setelah benda uji *Marshall* di padatkan dan di dinginkan maka dilakukan pengukuran tinggi serta diameter benda uji dan penimbangan benda uji dalam keadaan kering, SSD (*Saturated Surface Dry*) dan di dalam air. Hasil pengukuran dan penimbangan benda uji *Marshall* dapat dilihat pada tabel 1 pengukuran dan penimbangan benda uji.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Benda Uji

No Sampel	Jenis Sampel	Ukuran Benda Uji (mm)		Berat Benda Uji (Gram)		
		Diameter	Tinggi	Kering	SSD	Dalam Air
1	Normal (Semen)	988	59,8	1190	1192	650
2	Normal (Semen)	989	59,2	1164	1167	650
3	Normal (Semen)	991	59,6	1184	1185	645
1	CKG 0%	985	64,5	1177	1178	595
2	CKG 0%	989	65,6	1192	1194	595
3	CKG 0%	991	64,8	1175	1176	595
1	CKG 25%	992	63,4	1152	1153	595
2	CKG 25%	985	63,4	1148	1149	585
3	CKG 25%	988	68,5	1170	1170	585
1	CKG 50%	987	67,2	1202	1203	625
2	CKG 50%	988	67,7	1211	1211	625
3	CKG 50%	986	66,8	1219	1219	625
1	CKG 75%	103,9	75,0	1229	1230	625
2	CKG 75%	103,8	75,6	1210	1210	625
3	CKG 75%	104,4	74,9	1184	1185	625
1	CKG 100%	106,8	68,7	1246	1247	625
2	CKG 100%	103,8	68,3	1255	1256	640
3	CKG 100%	104,1	68,3	1216	1217	625

Sumber : Peneliti, 2024

Setelah pengukuran dan penimbangan benda uji aspal selesai, Selanjutnya dilakukan pengujian benda uji dengan menggunakan alat *Digital Marshall Stability Tester* STM-8 yang ada di laboratorium Aspal Sekolah Tinggi Teknologi Dumai dapat dilihat pada tabel 2. Spesifikasi Bina Marga untuk Laston AC -BC dan tabel 4.15 hasil pengujian *Marshall* untuk campuran aspal normal dan penambahan *filler* limbah Abu Cangkang Sawit.

Tabel. 2. Spesifikasi Campuran Laston (AC-BC)

Sifat-sifat Campuran	Spesifikasi Laston (AC-BC)
Jumlah tumbukan perbidang	75 kali
Rongga dalam campuran (VIM)	Min 3 % – maks 5 %
Rongga dalam agregat (VMA)	Min 14 %
Rongga terisi aspal (VFA)	Min 65 %
Stabilitas	Min 800 kg
Kelelehan (<i>Flow</i>)	Min 2 mm – maks 4 mm
<i>Marshall Quotient</i> (MQ)	250kg

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (Revisi 3) 2010

Tabel 3. Data Hasil Pengujian *Marshall* untuk campuran aspal normal dan penambahan *filler* limbah Abu Cangkang Sawit

No. Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Kadar CKG (%)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Hasil Pengujian Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
1	6%	Normal	12,42	1,00	91,96	3594	2,84	1266
2	6%	Normal	15,49	4,47	71,13	3370	3,33	1012
3	6%	Normal	14,86	3,76	74,69	3666	4,26	861
			14,26	3,08	79,26	3543,5	3,5	1046,1
1	6%	0%	24,22	12,83	47,02	2924	5,63	519
2	6%	0%	25,31	14,08	44,36	1918	6,78	283
3	6%	0%	24,09	12,68	47,36	2117	4,51	469
			24,54	13,20	46,24	2319,8	5,6	423,9
1	6%	25%	22,51	10,86	51,74	2404	5,69	423
2	6%	25%	23,60	12,12	48,66	2537	7,65	332
3	6%	25%	24,93	13,65	45,26	2446	7,70	318
			23,68	12,21	48,55	2462,6	7,0	357,3
1	6%	50%	21,94	10,21	53,46	3008	3,77	798
2	6%	50%	22,43	10,78	51,97	3048	2,88	1058
3	6%	50%	22,97	11,40	50,40	3543	5,79	612
			22,45	10,79	51,94	3199,8	4,1	822,7
1	6%	75%	29,96	19,43	35,14	4230	5,90	717
2	6%	75%	22,36	10,70	52,17	4077	5,54	736
3	6%	75%	20,64	8,71	57,78	3588	1,62	2215
			24,32	12,95	48,37	3964,9	4,4	1222,6
1	6%	100%	24,81	13,51	45,55	4200	6,21	676
2	6%	100%	23,53	12,04	48,85	4304	2,05	2100
3	6%	100%	22,90	11,31	50,60	4484	4,64	966
			23,75	12,29	48,33	4329,3	4,0	1247,4

Sumber : Hasil penelitian, 2024

Dari data-data hasil pengujian benda uji *Marshall* di atas, didapatkanlah hasil rata-rata pembacaan nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, dan VFA dari masing-masing campuran aspal baik dalam campuraran normal maupun dengan bahan limbah Abu

Cangkang Sawit sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% pada masing masing campuran aspal.

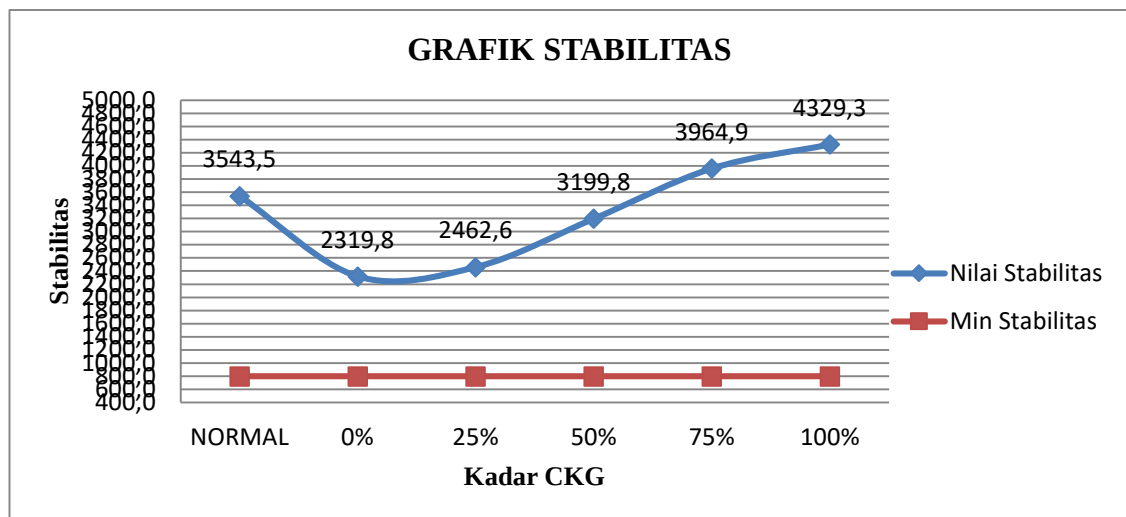
Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, ataupun *bleeding*. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh kerapatan dalam campuran aspal. Bina Marga memberi batasan untuk stabilitas yang minimal untuk campuran AC-BC yaitu sebesar 800 kg. Dibawah ini adalah tabel dan gambar grafik hubungan antara kadar Abu Cangkang Sawit dengan stabilitas rata rata dari hasil pengujian benda uji *Marshall*.

Tabel 4. Nilai Stabilitas normal dan campuran limbah CKG

Kadar CKG (%)	Spesifikasi Bina Marga (Kg)	Stabilitas (Kg)
Normal	Min 800 Kg	3543,5 Kg
0%	Min 800 Kg	2319,8 Kg
25%	Min 800 Kg	2462,6 Kg
50%	Min 800 Kg	3199,8 Kg
75%	Min 800 Kg	3964,9 Kg
100%	Min 800 Kg	4329,3 Kg

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Gambar 1. Grafik Hubungan antara Kadar Limbah Abu Cangkang Sawit dengan Stabilitas Rata-Rata

Sumber : Peneliti, 2024

Berdasarkan gambar 1. dapat dilihat perbedaan nilai stabilitas aspal antara campuran aspal normal dengan campuran aspal limbah CKG. Pada campuran aspal normal mengalami peningkatan sebesar 3543,5kg, pada kadar CKG 0%, 25%, 50% dan 75% mengalami kenaikan dari 800 kg yaitu sebesar 2319,8kg, 2462,6kg, 3199,8, 3964,9kg. Nilai stabilitas dalam campuran aspal dengan limbah Abu Cangkang Sawit

dapat tercapai dan memenuhi standar yang ditetapkan oleh Bina Marga ialah pada kadar Abu Cangkang Sawit 100% sebesar 4329,3kg.

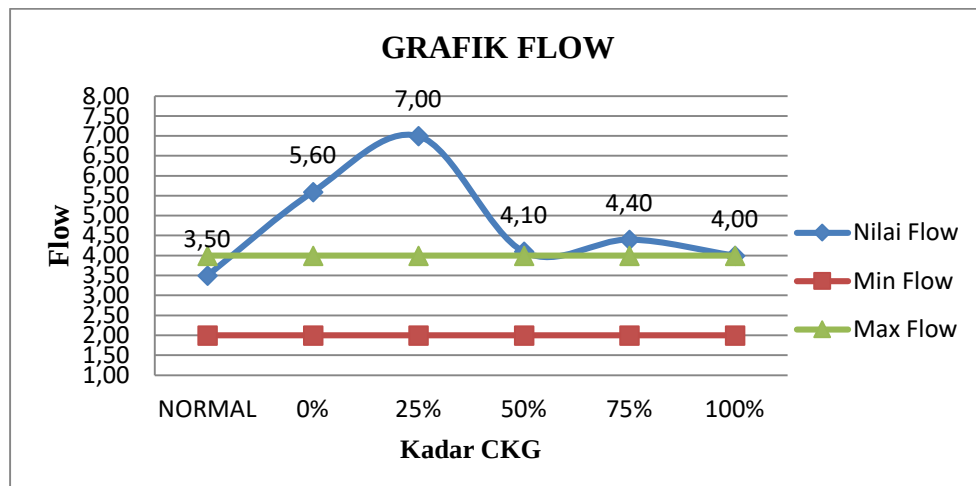
Kelelehan (*Flow*)

Flow atau kelelehan menunjukkan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat menahan beban yang diterimanya. Penurunan atau deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan nilai karakteristik *Marshall* lainnya, seperti VFA (*Void Filled With Asphalt*), VIM (*Void In Mix*) dan stabilitasnya. Berikut dibawah ini adalah kelelehan rata rata yang didapatkan dari hasil pengujian *Marshall* tabel 5 menggunakan alat *Digital Marshall Stability Tester* STM-8, dimana pembacaan *flow* menggunakan sensor *flow* meter secara otomatis langsung ditampilkan pada unit *digital display* dalam satuan mm, Bina Marga memberikan nilai batasan kelelehan minimal 2 mm dan maksimal 4 mm.

Tabel 5. Nilai *Flow* normal dan campuran limbah CKG

Kadar CKG	Spesifikasi Bina Marga (mm)	Flow (mm)
Normal	Min 2 – Maks 4	3,50 mm
0%	Min 2 – Maks 4	5,60 mm
25%	Min 2 – Maks 4	7,00 mm
50%	Min 2 – Maks 4	4,10 mm
75%	Min 2 – Maks 4	4,40 mm
100%	Min 2 – Maks 4	4,0 mm

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Kadar Limbah Abu Cangkang Sawit dengan *Flow* Rata-Rata

Sumber : Peneliti, 2024

Pada gambar 2 grafik *flow*, campuran normal memiliki nilai *flow* yang cukup tinggi yaitu sebesar 7,00mm, Sedangkan campuran aspal dengan bahan limbah Abu Cangkang Sawit sebesar 0%, 25%,50%,75% dan 100% memiliki nilai kelelehan yang

memenuhi dari nilai yang disyaratkan oleh Bina Marga yaitu pada kadar CKG 0% sebesar 3,60m,kadar CKG 25% 7,00%, kadar CKG 50% sebesar 4,10mm, kadar CKG 75% sebesar 4,40mm, kadar CKG 100% sebesar 4,00 mm. Flow maksimum yang terjadi pada campuran aspal dengan limbah Abu Cangkang Sawit yaitu pada kadar 100%

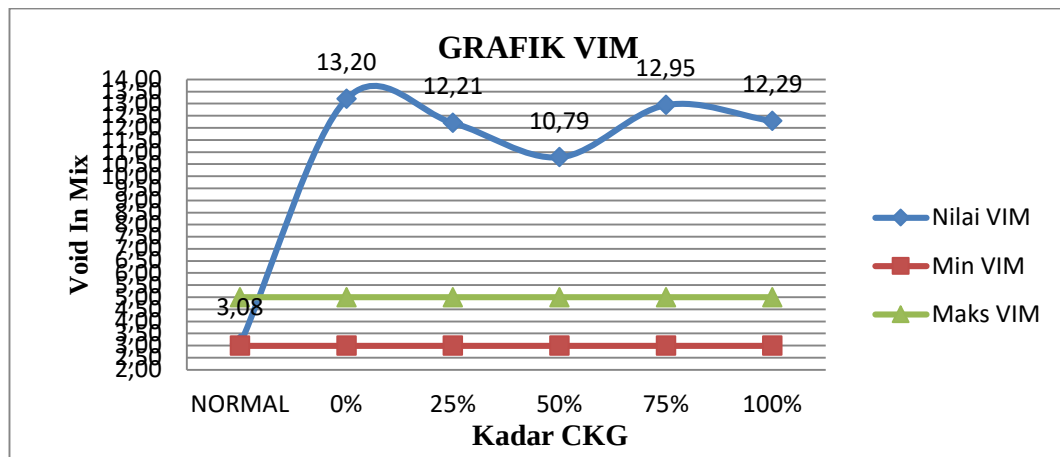
Rongga Dalam Campuran (*Void In Mix/VIM*)

Nilai VIM yang terlalu kecil juga tidak baik, karena akan menyebabkan keluarnya aspal ke permukaan (*bleeding*) akibat dari proses pemadatan lalu lintas diatasnya, jika terlalu besar juga akan mengakibatkan campuran cepat mengalami kerusakan karena campuran menjadi kurang kedap air. Bina Marga menetapkan campuran perkerasan untuk campuran aspal beton minimal 2% dan maksimal 5%, berikut dibawah ini adalah grafik rata rata nilai VIM yang didapatkan dari hasil pengujian yang terdapat pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai *VIM* normal dan campuran limbah CKG

Kadar CKG	Spesifikasi Bina Marga (%)	VIM (%)
Normal	Min 3% - Maks 5%	3,08 %
0%	Min 3% - Maks 5%	13,20 %
25%	Min 3% - Maks 5%	12,21 %
50%	Min 3% - Maks 5%	10,79 %
75%	Min 3% - Maks 5%	12,95 %
100%	Min 3% - Maks 5%	12,29 %

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Kadar Limbah Abu Cangkang Sawit dengan VIM Rata-Rata

Sumber : Peneliti, 2024

Dapat dilihat pada gambar 3 grafik VIM nilai rongga dalam campuran aspal normal memenuhi syarat yaitu sebesar 3,08%. Tetapi pada kadar CKG 0%, 25%,50%,75% dan 100% tidak memenuhi syarat karena melewati batas maksimal yang ditetapkan Bina Marga yaitu 5%. Dimana pada kadar CKG 0% nilai VIM sebesar

13,20%, kadar CKG 25%, kadar CKG 50% 10,79 VIM nilai VIM sebesar 12,21%, kadar CKG 75% nilai VIM sebesar 12,95% dan pada kadar CKG 100% nilai VIM sebesar 12,29%. Sehingga campuran aspal dengan limbah Abu Cangkang Sawit yang memenuhi standar VIM yang ditetapkan Bina Marga ialah pada kadar Abu Cangkang Sawit Normal.

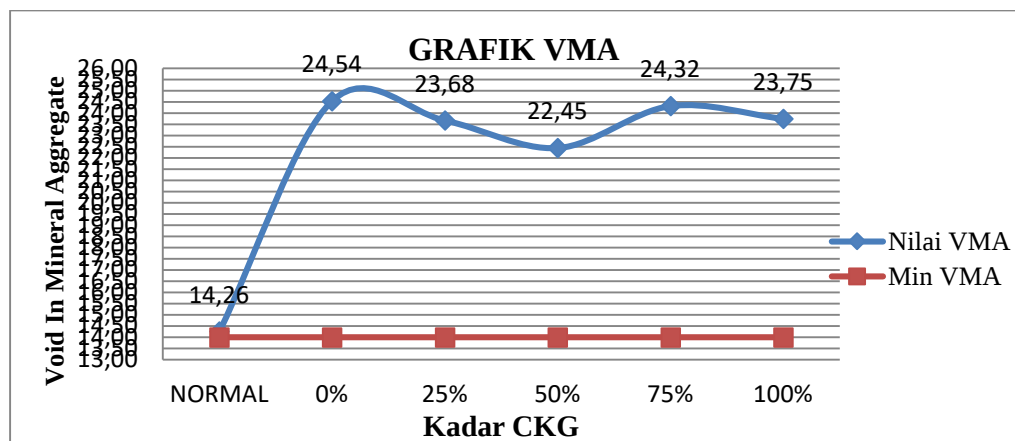
Rongga Dalam Mineral Agregat (*Void in Mineral Agregate/VMA*)

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang mengakibatkan material menjadi porous, sedangkan nilai VMA yang terlalu kecil menyebabkan lapisan perkerasan aspal menjadi tipis dan mudah teroksidasi sehingga mudah lepas dan tidak kedap air yang menyebabkan lapisan perkerasan mudah rusak, akan tetapi bila nilai VMA terlalu besar akan menyebabkan *bleeding* Bina Marga menetapkan nilai minimal VMA adalah sebesar 14%. Berikut dibawah ini adalah grafik rata rata nilai VMA yang didapatkan dari hasil pengujian *Marshall* yang dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Nilai VMA normal dan campuran limbah CKG

Kadar CKG	Spesifikasi Bina Marga (%)	VMA (%)
Normal	Min 14%	14,26 %
0%	Min 14%	24,54 %
25%	Min 14%	23,68 %
50%	Min 14%	22,45 %
75%	Min 14%	24,32 %
100%	Min 14%	23,75 %

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Kadar Limbah Abu Cangkang Sawit dengan VMA Rata-Rata

Sumber : Peneliti, 2024

Dapat dilihat pada gambar 4 grafik VMA diatas bahwa campuran aspal normal mendapatkan nilai VMA sebesar 14,26% dan pada campuran aspal dengan limbah Abu

Cangkang Sawit pada kadar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% telah mencapai standar VMA yang telah ditetapkan Bina Marga yaitu sebesar 14%. Dimana nilai VMA yang telah dicapai setiap campuran aspal dengan limbah Abu Cangkang Sawit ialah pada kadar CKG 0% sebesar 24,54%, kadar CKG 25% sebesar 23,68%, kadar CKG 50% sebesar 22,45%, kadar CKG 75% sebesar 24,32%, dan kadar CKG 100% sebesar 23,75. Nilai maksimum VMA dalam campuran aspal dengan limbah Abu Cangkang Sawit terjadi pada kadar CKG 0%.

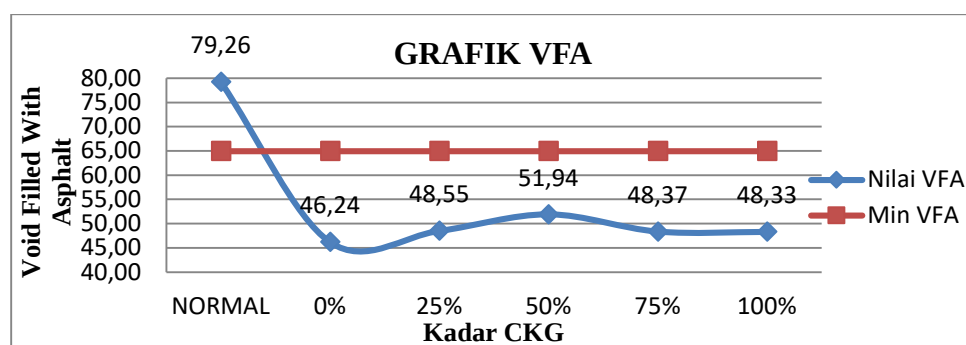
Rongga Terisi Aspal (*Void Filled With Asphalt/VFA*)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persentase dari rongga dalam material agregat yang terisi dengan aspal yang mana tidak termasuk penyerapan dari aspal. Faktor-faktor yang mempengaruhi VFA antara lain kadar aspal, agregat campuran, gradasi agregat, energi pemadat dalam hal ini ialah jumlah tumbukkan dan temperature pemadatan. Bina Marga memberikan nilai batasan VFA minimal sebesar 65%. Dibawah ini adalah grafik rata-rata nilai VFA yang didapat dari hasil pengujian *Marshall* dari tabel 8.

Tabel 8. Nilai VFA normal dan campuran limbah CKG

Kadar CKG	Spesifikasi Bina Marga (%)	VFA (%)
Normal	Min 65%	79,26 %
0%	Min 65%	46,24 %
25%	Min 65%	48,55 %
50%	Min 65%	51,94 %
75%	Min 65%	48,37 %
100%	Min 65%	48,33 %

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Kadar Limbah Abu Cangkang Sawit dengan VFA Rata-Rata

Sumber : Peneliti, 2024

Berdasarkan gambar 5 grafik VFA diatas, campuran aspal normal memiliki nilai VFA sebesar 79,26%, dan campuran aspal dengan limbah Abu Cangkang Sawit mengalami penurunan nilai VFA tetapi ada beberapa kadar yang masih memenuhi

standar yang telah ditetapkan Bina Marga yaitu pada kadar normal sedangkan kadar CKG yang nilai VFA tidak mencapai 65% sesuai yang di tetapkan ialah kadar CKG 0% sebesar 46,24%, kadar CKG 25% sebesar 48,55%, kadar CKG 50% sebesar 51,94%,kadar CKG 75% sebesar 48,37%,dan kadar CKG 100% sebesar 48,33. Nilai maksimum VFA yang dicapai pada campuran aspal dengan limbah Abu Cangkang Sawit terjadi pada kadar normal.

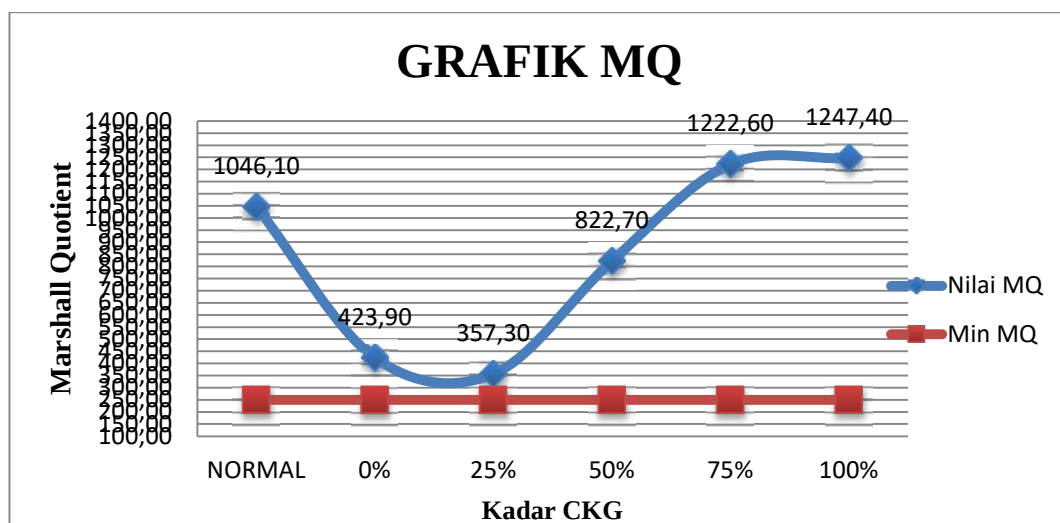
Marshall Quotient

Marshall Quotient (MQ) diperoleh dari hasil perbandingan antara stabilitas dan kelelahan (*flow*). Nilai *MQ* menunjukkan kekakuan pada lapisan perkerasan. Nilai *MQ* yang terendah menunjukkan lapisan perkerasan tersebut lembek dan kurang stabilitasnya sehingga mudah bergelombang, sedangkan nilai *MQ* yang besar menyebabkan lapisan perkerasan menjadi mudah retak. Bina Marga mengisyaratkan nilai *MQ* untuk lalu lintas berat pada batas minimal 250 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* dinyatakan dalam kg/mm. Dibawah ini adalah grafik rata-rata nilai *MQ* yang didapat dari hasil pengujian *Marshall* dari tabel 9.

Tabel 9. Nilai *MQ* normal dan campuran limbah CKG

Kadar CKG	Spesifikasi Bina Marga (Kg/mm)	MQ (Kg/mm)
Normal	250 Kg/mm	1046,10 Kg/mm
0%	250 Kg/mm	423,90 Kg/mm
25%	250 Kg/mm	357,30 Kg/mm
50%	250 Kg/mm	822,70 Kg/mm
75%	250 Kg/mm	1222,60 Kg/mm
100%	250 Kg/mm	1247,40 Kg/mm

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Kadar Limbah Abu Cangkang Sawit dengan *MQ* Rata-Rata

Sumber : Peneliti, 2024

Berdasarkan gambar 6 grafik *Marshall Quotient* dapat dilihat bahwa pada campuran aspal normal nilai MQ memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu sebesar 1247,40 kg/mm, pada campuran aspal dengan limbah Abu Cangkang Sawit kadar 0%, 25%, 50%, dan 75% mengalami kenaikan nilai MQ yang dimana kenaikan nilai ini melewati dari batas minimal yang telah disyaratkan oleh Bina Marga yaitu pada kadar kadar CKG 0% sebesar 423,90 kg/mm, kadar CKG 25% sebesar 357,50 kg/mm, kadar CKG 50% sebesar 822,70, kadar CKG 75% sebesar 1222,60 kg/mm,. Tetapi pada kadar CKG 100% nilai *Marshall Quotient* memenuhi dan melewati batas minimal yang telah disyaratkan oleh Bina Marga yaitu sebesar 1247,40 kg/mm.

Nilai Karakteristik *Marshall* Campuran

Dari pengujian Marshall yang telah dilakukan terhadap campuran aspal normal *Asphalt Concrete- Binder Course (AC-BC)* dengan limbah Abu Cangkang Sawit dengan menggunakan variasi kadar Abu Cangkang Sawit 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Nilai Stabilitas, Flow, MQ, VIM, VMA dan VFA rata-rata dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut.

Tabel 10. Nilai aspal normal dan campuran limbah CKG

	Spek. Bina Marga	Normal	0%	25%	50%	75%	100%
Stabilitas	Min 800 Kg	3543,5	2319,8	2462,6	3199,8	3964,9	4329,3
Flow	Min 2 mm – Maks 4 mm	3,50	5,60	7,00	4,10	4,40	4,00
MQ	Min 250 Kg	1046,10	423,90	357,30	822,70	1222,60	1247,40
VIM	Min 3% - Maks 5%	3,08	13,20	12,21	10,79	12,95	12,29
VMA	Min 14 %	14,26	24,54	23,68	22,45	24,32	23,75
VFA	Min 65 %	79,26	46,24	48,55	51,94	48,37	48,33

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Dari hasil pengujian Marshall yang telah dilakukan terhadap lapisan perkerasan *Asphalt Concrete - Binder Course* menggunakan limbah Abu Cangkang Sawit dari kelapa sawit dan normal, dilihat dari nilai stabilitas, flow, MQ, VIM, VMA, dan VFA pada setiap kadar CKG tidak semuanya dapat memenuhi nilai karakteristik Marshall yang sudah ditetapkan oleh Bina Marga. Tetapi pada kadar CKG Normal dapat memenuhi nilai *Stability, Flow, MQ, VMA dan VFA* tetapi pada nilai *VIM* tidak mencapai. Jadi bisa kita lihat dari setiap penambahan limbah Abu Cangkang Sawit nilai stabilitas mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak konsisten. Berikut spesifikasi umum campuran laston (AC-BC) Bina Marga.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap campuran aspal lapis *Asphalt Concrete – Binder Course* menggunakan limbah Abu Cangkang Sawit sebagai bahan pengganti *filler* dalam campuran aspal, maka peneliti mengambil kesimpulan, bahwa yaitu Pengaruh campuran aspal dengan bahan limbah Abu Cangkang Sawit dapat mempengaruhi nilai karakteristik *Marshall*, penambahan variasi kadar limbah Abu Cangkang Sawit pada campuran aspal menimbulkan nilai *stabilitas* dan *flow* yang tidak konsisten di setiap kadarnya seperti nilai *stabilitas* dan *flow* bisa mengalami kenaikan dan penurunan yang cukup signifikan di setiap penambahan kadarnya. Penggunaan limbah Abu Cangkang Sawit sebagai pengganti *filler* campuran beraspal dengan kadar 0 %, 25%, 50%, 75% dan 100% menurunkan nilai *stabilitas* aspal dan menyebabkan nilai *flow* semakin tinggi serta nilai MQ yang kurang dari batas minimal yang telah ditentukan, tetapi pada campuran beraspal dengan bahan limbah Abu Cangkang Sawit dengan kadar 50 % dan menggunakan aspal penetrasi 60/70 sebesar 6% adalah campuran yang dapat memenuhi spesifikasi dimana nilai *stabilitas* meningkat dan nilai *flow* cenderung stabil yaitu mendapatkan nilai *stabilitas* sebesar 3199,8 kg/mm dan *flow* sebesar 4 mm. Jadi dapat disimpulkan bahwa penelitian belum mampu diaplikasikan ke lapangan karena belum bisa memenuhi seluruh nilai karakteristik *Marshall* yang telah ditetapkan Bina Marga.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, K., & Mawardi. (2012). *Pada Sebagian Semen Untuk Menambah Limbah pabrik kelapa sawit sangat melimpah . Saat ini diperkirakan jumlah limbah pabrik kelapa sawit (PKS) di Indonesia mencapai 28 , 7 juta ton limbah cair / tahun dan 15 , 2 juta ton limbah padat (TKKS)/ tahun . Je.* 33–42.
- Azmi, N., Aulia, T. B., & Hasan, M. (2019). Studi Kuat Geser Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Jenis Superplasticizer Menggunakan Bahan Tambah Abu Cangkang Sawit. *Journal of The Civil Engineering Student*, 1(2), 71–77.
- Fahmi, A. M., Irwan, I., & Amsuardiman, A. (2021). Analisis Pengaruh Aspal Modifikasi Dengan Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Kinerja Perkerasan Aspal. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 5(2), 64–68. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v5i2.5670>
- Lusyana, L., Mukhlis, M., Ali, S., Adibroto, F., & Duarmen, Z. (2019). Pemamfaatan Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Coarse (Ac-Bc) Dengan Metode Percentage Refusal Density (Prd). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 16(2), 84–91. <https://doi.org/10.30630/jirs.16.2.215>
- Nanda, S. A. (2023). Pengaruh Pemakaian Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Agregat Halus Pada Campuran (Ac-Bc) Terhadap Parameter Marshall. *Jurnal Teknologi Terapan and Sains* 4.0, 1(1), 1–18. <https://doi.org/10.29103/tts.v4i1.12350>

- Nisumanti, S., & Yusuf, M. (2020). Pengaruh Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Filler Aspal Penetrasi 60/70. *Jurnal Tekno Global UIGM Fakultas Teknik*, 8(2), 62–69. <https://doi.org/10.36982/jtg.v8i2.900>
- Randi, H. P., Nofrianto, H., Refi, A., & JF, A. P. (2022). Pengaruh Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Filler Dalam Campuran AC-WC Dengan Pengujian Marshall. *Seminar Nasional Riset & Inovasi Teknologi*, 1(1), 631–636.
- Substitusi, P., Sawit, C., Kuat, T., Beton, T., Muhammad, M. T., Ardhyani, Z., Ardhyani, M. Z., & Basrin, D. (2022). Pengaruh Substitusi Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 3(1), 1–4.
- Yansyah, L. R. (2022). Pengaruh Penggunaan Cangkang Buah Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Agregat Kasar Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete - Binder Course (Ac-Bc). *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 15(2), 62–70.