

KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH BONGGOL JAGUNG SEBAGAI *FILLER*

*Firzi Abi Pramanda¹, Nurani Hartatik², Aditya Rizkiardi³, Yudi D.Prasetyo⁴

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

⁴ Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jatim – Bali

*) Email : nuranihartatik@untag-sby.ac.id

Received: 18 November 2025 ; Revised: 19 November 2025 ; Accepted: 21 November 2025

ABSTRACT

Porous asphalt is a mixture of hot asphalt with an open gradation, characterized by a high proportion of coarse aggregates and a low proportion of fine aggregates, creating large air voids of around 18% - 25% in the mixture structure. These air voids are designed to allow water flow during rain, thus reducing the occurrence of surface water pooling on roads. Currently, porous asphalt is being developed as an alternative material for the construction of wearing courses. This study aims to analyze the use of corn cob waste as a filler in porous asphalt mixtures. The study tests the optimum asphalt content (OAC) in mixtures using corn cob ash filler that passes through a No. 200 sieve (0.075 mm) by 1%, with variations of asphalt content at 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, and 6%. The determination of optimum asphalt content follows the guidelines set by the Bina Marga Specifications (Revision 2, 2018) and the Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004), using three main parameters: Marshall, Cantabro Loss (CL), and Asphalt Flow Down (AFD). The results showed that the values of the three main parameters, namely Void in Mixture (VIM) at asphalt contents of 4% - 4.5% (20.81% and 18.25%), met the required range of 18% - 25%, Cantabro Loss (CL) at asphalt contents of 4.5% - 6% (29.10%, 23.61%, 18.69%, 14.29%) met the requirement of $\leq 35\%$, and Asphalt Flow Down (AFD) at 4% - 4.5% (0.15% and 0.25%) met the requirement of ≤ 0.3 . The optimum asphalt content (OAC) in this study was found to be 4%.

Keyword: Porous Asphalt, Corn Cob Ash, Filler, Optimum Asphalt Content

ABSTRAK

Aspal porus merupakan campuran aspal panas dengan gradasi terbuka, ditandai oleh proporsi agregat kasar yang tinggi dan agregat halus yang rendah, sehingga membentuk rongga udara besar sekitar 18% - 25% di dalam struktur campuran. Dengan adanya rongga udara ini bertujuan untuk mengalirkan air saat hujan, sehingga dapat mengurangi terjadinya genangan air di permukaan jalan. Saat ini, aspal porus tengah dikembangkan sebagai alternatif material untuk konstruksi lapisan aus (*wearing course*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan limbah bonggol jagung sebagai filler dalam campuran aspal porus. Penelitian ini menguji kadar aspal optimum (KAO) pada campuran yang menggunakan filler abu bonggol jagung yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) sebesar 1% , dengan variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%. Penentuan kadar aspal optimum mengikuti pedoman yang ditetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga (Revisi 2, 2018) dan *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA 2004), dengan menggunakan tiga parameter utama Marshall, *Cantabro Loss* (CL), dan *Asphalt Flow Down* (AFD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tiga parameter utama yaitu *Void in Mixture* (VIM) pada kadar aspal 4%-4.5% (20.81% dan 18.25%) memenuhi batas persyaratan 18% - 25%, nilai *Cantabro Loss* (CL) pada kadar 4.5% - 6% (29.10%, 23.61%, 18.69%, 14.29%) memenuhi batas persyaratan $\leq 35\%$, dan nilai *Asphalt Flow Down* (AFD) 4% - 4.5% (0.15% dan 0.25%) memenuhi batas persyaratan ≤ 0.3 . Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada penelitian ini sebesar 4%.

Kata kunci: Aspal Porus, Abu Bonggol Jagung, Bahan Pengisi, Kadar Aspal Optimum

1. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapisan yang dipadatkan menggunakan bahan pengikat seperti aspal pada perkerasan lentur semen pada perkerasan kaku. Kedua tipe perkerasan ini memiliki karakteristik dan respon struktural yang berbeda. Kondisi lingkungan terutama tingginya intensitas hujan dapat mempengaruhi performa lapisan jalan. Pada perkerasan lentur, genangan air sering menjadi persoalan karena sifatnya yang cukup sensitif terhadap masuknya air. Untuk mengurangi masalah tersebut maka muncul jenis aspal berongga yang dikenal sebagai aspal porus [1].

Aspal porus merupakan campuran aspal panas dengan gradasi terbuka, ditandai oleh proporsi agregat kasar yang tinggi dan agregat halus yang rendah, sehingga membentuk rongga udara besar sekitar 18% - 25% di dalam struktur campuran. Saat ini, aspal porus tengah dikembangkan sebagai alternatif material untuk konstruksi lapisan aus [2]. Dalam 10 tahun terakhir, penelitian mengenai aspal berpori di Indonesia berkembang pesat. Stabilitas lapisan aspal berpori masih di bawah standar , sehingga penggunaannya terbatas pada jalan dengan beban lalu lintas ringan. Upaya peningkatan stabilitas menghadapi kendala pada kinerja permeabilitas yang masih rendah dan belum optimal sebagai lapisan berpori [3]. Meskipun demikian aspal porus tetap harus ditingkatkan stabilitasnya agar dapat memperpanjang umur aspal porus yaitu dengan cara menambahkan *Filler* untuk mengisi sebagian rongga dalam agregat.

Filler dalam aspal porus berfungsi untuk memperkuat campuran dengan mengisi celah antar agregat, sehingga jalan menjadi lebih stabil dan tidak mudah rusak akibat beban kendaraan. Selain itu, *Filler* membantu aspal melekat lebih baik pada agregat, mencegah pengelupasan, serta menjaga keseimbangan pori-pori agar air bisa mengalir tanpa merusak permukaan jalan. *Filler* untuk campuran beraspal dapat menggunakan abu batu, semen, dan *fly ash* tetapi hal tersebut memerlukan biaya yang relatif mahal [4].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan limbah bonggol jagung sebagai pengganti filler konvensional seperti *fly ash*, semen, dan batu kapur. Hasil penelitian sebelumnya oleh [5] menunjukkan bahwa bonggol jagung dapat diolah menjadi filler substitusi. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2023, produksi jagung di Indonesia diperkirakan mencapai 14,46 juta ton dengan luas lahan 2,49 juta hektar, yang menghasilkan limbah bonggol jagung dalam jumlah besar yang berpotensi mencemari lingkungan. Salah satu contoh adalah limbah bonggol jagung yang berada di Jl. Watugaluh, Dsn. Paritan, Ds. Keras, Kec. Diwek, Kab. Jombang. Berdasarkan informasi dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur, produksi jagung di Kabupaten Jombang pada tahun 2023 mencapai 249.208 ton dengan luas lahan 38.144 hektar, maka dari itu perlu dilakukan pemanfaatan limbah contohnya sebagai bahan tambah untuk campuran konstruksi jalan.

Penelitian oleh Ilyas Ichsan Olii, Andi Sahrul Hidayat 2024 [5] dengan judul “Penggunaan Abu Bonggol Jagung Sebagai Pengganti *Filler* Dalam Komposisi Campuran Aspal AC-WC” Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan abu bonggol jagung sebagai pengganti filler pada campuran AC-WC dengan kadar aspal 5,5% dan 6% dan variasi abu bonggol jagung 1 %, 2%, dan 3%. Hasil uji Marshall (stabilitas, flow, VIM, VMA, VFB, MQ) menunjukkan seluruh parameter masih memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Kandungan silika tinggi (66,83%) membuat abu bonggol jagung efektif sebagai filler alternatif, sekaligus memanfaatkan limbah pertanian secara ramah lingkungan.

Penelitian Oleh Idayani, Royanna Sakura 2024 [7] dengan judul “Pengaruh Penggunaan Abu Bata Merah Sebagai *Filler* Pada Aspal Porus Terhadap Karakteristik *Marshall*” Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis Abu Bata Merah sebagai filler pada aspal porus di aceh utara. Dengan KAO 4,72% dan variasi filler 0%, 30%, dan 50%, dilakukan uji Marshall (stabilitas, flow, MQ, VIM). Semua variasi memenuhi spesifikasi AAPA 2004, dengan performa terbaik pada 50% abu bata merah: stabilitas 591 kg, flow 3,27 mm, MQ 181,26 kg/mm, dan VIM 18,8%. Hasilnya menunjukkan abu bata merah efektif sebagai filler alternatif yang meningkatkan ketahanan campuran aspal.

Penelitian oleh Alzahri et.al 2024 [8] dengan judul “Pemanfaatan Abu Limbah Bonggol Jagung Sebagai *Filler Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pemanfaatan abu bonggol jagung sebagai filler pada campuran AC-WC melalui uji Marshall. Variasi filler yang digunakan adalah 2%, 3%, 4%, dan 5%. Hasilnya menunjukkan bahwa campuran dengan 2% dan 3% filler masih memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, sementara pada 4% dan 5% nilai VIM turun di bawah batas sehingga tidak memenuhi standar. Penelitian menegaskan bahwa abu bonggol jagung berpotensi sebagai filler alternatif, namun hanya efektif pada kadar rendah.

Penelitian oleh Rodhiah et al 2023 [9] dengan judul “Analisis *Fly Ash* Terhadap *Filler* Pada Campuran Aspal Porus” Penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh *fly ash* sebagai filler pada aspal porus berbahan aspal polimer. Dengan variasi 0%, 2%, 4%, dan 6%, diuji karakteristik Marshall (stabilitas, flow, VIM, MQ). Semua variasi memenuhi spesifikasi AAPA 2004, dan performa terbaik diperoleh pada 6% *fly ash* dengan stabilitas 782 kg, flow 3,8 mm, VIM 18,2%, dan MQ 205,2 kg/mm. Penelitian menyimpulkan bahwa *fly ash* efektif sebagai filler alternatif karena meningkatkan stabilitas dan kekuatan campuran tanpa mengurangi porositas.

Karakteristik Marshall

Karakteristik Marshall merupakan parameter dari pengujian Marshall yang mengukur sifat campuran aspal seperti *Void in Mixture* (VIM), *Void in Mineral Agregate* (VMA), *Void Filled with Bitumen* (VFB), Stabilitas, Pelelehan (*Flow*), dan *Marshall Quotient* (MQ). Pengujian Marshall bertujuan untuk menentukan ketahanan dan kekuatan campuran aspal yang telah dipadatkan.

Tabel 1. Spesifikasi Aspal Porus

No	Parameter	Nilai
1	Uji <i>Cantabro Loss</i> (%)	≤ 35
2	Uji <i>Asphalt Flow Down</i> (%)	≤ 0,3
3	Kekakuan <i>Marshall</i> / MQ (Kg/mm)	≤ 400
4	Stabilitas <i>Marshall</i> (Kg)	≥ 500
5	Kadar Rongga Udara/ VIM (%)	18 – 25
6	Jumlah Tumbukan Perbidang	50

Kadar Aspal Optimum

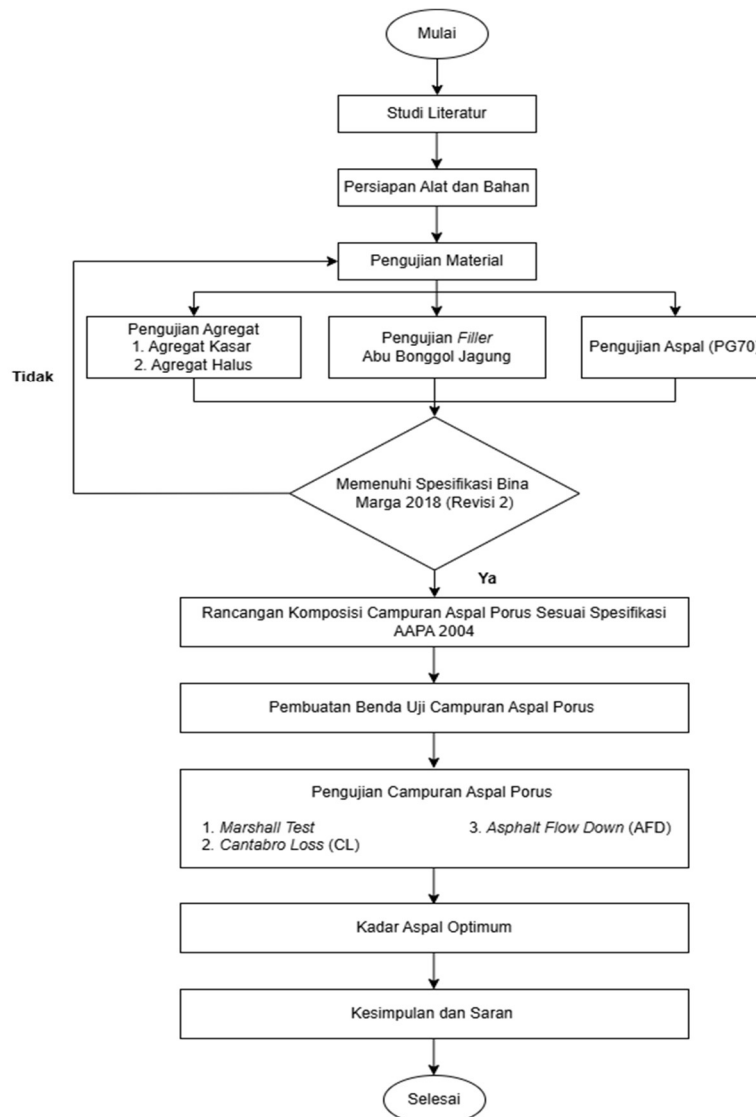
Dalam menentukan kadar aspal optimum (KAO) pada campuran aspal porus, metode yang digunakan merujuk pada pedoman *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA 2004). Metode ini menetapkan bahwa penentuan KAO cukup mengacu pada tiga parameter utama, yaitu rongga dalam campuran (*Void in Mix/VIM*), jumlah aspal yang mengalir keluar dari campuran (*Asphalt Flow Down/AFD*), serta kehilangan berat akibat pengujian ketahanan terhadap keausan (*Cantabro loss/CL*).

Tabel 2 Spesifikasi Penentuan Kadar Aspal Optimum

No	Spesifikasi	Syarat
1	<i>Cantabro Loss</i> (CL)	$\leq 35\%$
2	<i>Asphalt Flow Down</i> (AFD)	$\leq 0,3\%$
3	Kadar Rongga (VIM)	18-25%

2. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir ini menggambarkan langkah-langkah dalam penelitian pemanfaatan limbah bonggol jagung sebagai filler pada campuran aspal porus. Penelitian dimulai dengan studi literatur, diikuti dengan persiapan alat dan bahan, serta pengujian material seperti agregat, filler abu bonggol jagung, dan aspal. Jika material memenuhi spesifikasi Bina Marga, penelitian dilanjutkan dengan merancang komposisi campuran aspal porus, pembuatan benda uji, dan pengujian seperti Marshall Test, *Asphalt Flow Down* (AFD) dan *Cantabro Loss* (CL). Hasilnya digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum dan memberikan kesimpulan serta saran penelitian.



Gambar 1 Diagram Alir (Flowchart)

Berdasarkan diagram alir (flowchart) yang terdapat pada gambar, berikut adalah penjelasan dari setiap tahapan diatas :

1. Mulai
Titik awal dari seluruh proses penelitian
2. Studi Literatur
Membaca dan mengkaji sumber-sumber ilmiah atau jurnal sebagai dasar teori dan acuan dalam penelitian.
3. Persiapan Alat dan Bahan
Menyiapkan semua alat laboratorium dan bahan yang dibutuhkan, seperti agregat kasar, agregat halus, aspal PG 70, dan *Filler* dari limbah bonggol jagung.
4. Pengujian Agregat
 - a) Agregat Kasar
 - Analisa Saringan (SNI ASTM C136:2012)
 - Berat Jenis dan Penyerapan (SNI 1969-2016)
 - Keausan Agregat (SNI 2417-2008)
 - b) Agregat Halus
 - Analisa Saringan (SNI ASTM C136:2012)
 - Berat Jenis dan Penyerapan (SNI 1969-2016)
5. Pengujian *Filler* Limbah Bonggol Jagung
 - a) Analisa Saringan Lolos No.200 (SNI 1970-2008)
 - b) Berat Jenis (SNI 1970-2016)
6. Pengujian Aspal PG70
 - a) Penetrasi (SNI 2456:2011)
 - b) Berat Jenis (SNI 2441:2011)
 - c) Titik Bakar dan Titik Nyala (SNI 2433-2011)
 - d) Titik Lembek (SNI 2434-2011)
7. Rancangan Komposisi Campuran Aspal Porus
Menentukan proporsi agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal untuk menghasilkan campuran yang sesuai dengan kriteria porus.
8. Pembuatan Benda Uji Campuran Aspal Porus
Campuran yang telah dirancang diproses untuk dibuat menjadi benda uji sesuai prosedur laboratorium
9. Pengujian Benda Uji Campuran Aspal Porus
 - a) Marshall Test (SNI 06-2489-1991)
 - b) Cantabro Loss (CL) (AST 07:2000)
 - c) Asphalt Flow Down (AFD) (AST 06:2000)
10. Kadar Aspal Optimum
Penentuan KAO campuran aspal porus dalam penelitian ini menggunakan Metode Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004) yang mensyaratkan tiga parameter yaitu VIM, *Cantabro Loss* (ketahanan terhadap pelepasan butir agregat) dan *Asphalt Flow Down* (aliran aspal ke bawah).
11. Kesimpulan dan Saran
Menarik kesimpulan dari hasil pengujian serta memberikan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya
12. Selesai
Akhir dari rangkaian proses penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya sesuai dengan prosedur pengujian yang telah ditentukan. Untuk pengujian material mengacu pada Spesifikasi Bina Marga (Revisi 2) Tahun 2018 [10] dan pengujian campuran aspal porus mengacu pada *Australian Asphalt Pavement Association* 2004 [11].

A. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Tabel 3 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Hasil Pengujian Agregat Kasar (5-10) dan (10-15)					
No	Pengujian	Satuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Analisa Saringan 10-15	%	<1	0.97	Memenuhi
2	Analisa Saringan 5-10	%	<1	0.97	Memenuhi
3	Berat Jenis Curah (<i>Bulk</i>)	gram	>2,5	4.28	Memenuhi
4	Berat Jenis <i>Saturated Surface Dry</i> (SSD)	gram	>2,5	4.34	Memenuhi

Hasil Pengujian Agregat Kasar (5-10) dan (10-15)					
No	Pengujian	Satuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
5	Berat Jenis Semu	gram	>2,5	4.59	Memenuhi
6	Penyerapan Air	%	<3	1.45	Memenuhi
7	Keausan Agregat	%	<40	36.06	Memenuhi

B. Hasil Pengujian Agregat Halus

Tabel 4 Hasil Pengujian Agregat Halus

Hasil Pengujian Agregat Halus (0-5)					
No	Pengujian	Satuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Analisa Saringan	%	<10	5.31	Memenuhi
2	Berat Jenis Curah (<i>Bulk</i>)	gram	>2,5	2.59	Memenuhi
3	Berat Jenis <i>Saturated Surface Dry (SSD)</i>	gram	>2,5	2.62	Memenuhi
4	Berat Jenis Semu	gram	>2,5	2.67	Memenuhi
5	Penyerapan Air	%	<3	1.06	Memenuhi

C. Hasil Pengujian Filler

Tabel 5 Hasil Pengujian *Filler*

Hasil Pengujian Filler Abu Bonggol Jagung					
No	Pengujian	Satuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Analisa Saringan	%	>75	90.15	Memenuhi
2	Berat Jenis	gram	>2,5	2.52	Memenuhi

D. Hasil Pengujian Aspal

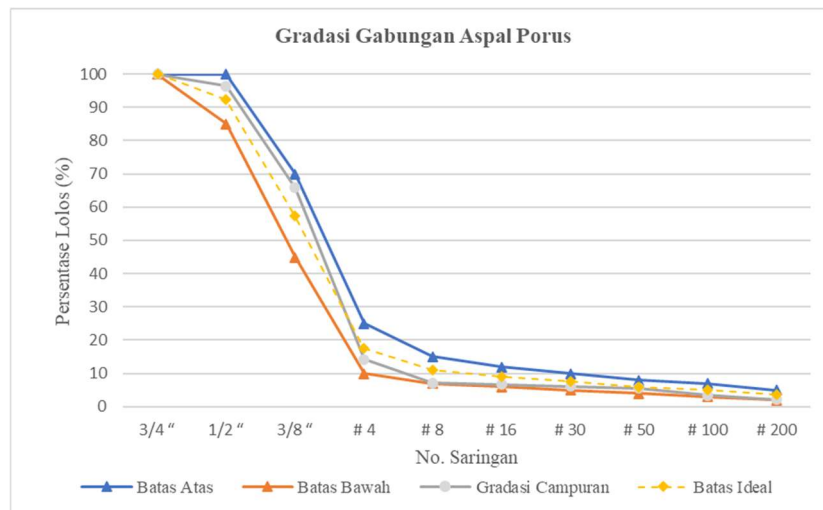
Tabel 6 Hasil Pengujian Aspal

Hasil Pengujian Aspal PG 70					
No	Pengujian	Satuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Pentrasi Aspal	0,1 mm	dilaporkan	79	-
2	Berat Jenis Aspal	gram	-	1.74	-
3	Titik Nyala Aspal	°C	≥ 230	339	Memenuhi
4	Titik Lembek Aspal	°C	dilaporkan	49.5	-

Dari hasil semua pengujian material yang telah dilakukan dilaboratorium maka dapat disimpulkan bahwa semua pengujian material yang telah dilakukan menunjukkan telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga (Revisi 2) Tahun 2018.

E. Gradasi Gabungan Agregat

Proses pencampuran agregat ini untuk memastikan bahwa gradasi dari tiap fraksi agregat kasar, halus, dan *filler* memenuhi spesifikasi gradasi agregat dari *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 2004 untuk aspal porus. Penentuan proporsi masing-masing fraksi dilakukan melalui metode *Trial and Error* yaitu dengan melakukan beberapa percobaan kombinasi persentase fraksi agregat sampai di peroleh gradasi campuran yang berada dalam batas yang di tentukan.



Gambar 2 Gradasi Gabungan Aspal Porus

F. Penentuan Kadar Aspal Rencana (Pb)

Sebelum mencampurkan agregat dan aspal, perlu dilakukan penentuan kadar aspal rencana (Pb) untuk mencari kadar aspal optimum (KAO). Dalam penelitian ini, campuran aspal panas dirancang dengan lima variasi kadar aspal, yaitu dua nilai di bawah dan dua nilai di atas kadar aspal rencana (Pb), dengan selisih 0,5% untuk setiap variasinya. Proses perencanaan dilakukan dengan menggunakan rumus empiris yang mengacu pada persentase masing-masing fraksi agregat.

Tabel 7 Kadar Aspal Rencana (Pb)

SIEVE NO		%		
No	mm	Total Campuran		Tertahan
3/4 "	19	100		
1/2 "	12.5	96.37		3.63
3/8 "	9.5	65.78		30.59
# 4	4.75	14.27		51.50
# 8	2.36	7.04		7.23
# 16	1.18	6.63		0.42
# 30	0.6	6.15		0.48
# 50	0.3	5.51		0.63
# 100	0.15	3.49		2.03
# 200	0.075	2.07		1.42
		CA	FA	FF
		0.035	0.045	0.18
%		93	4.98	2.07
Konstanta		1-2	1	
Pb		4.85	Nilai Pb dibulatkan : 5	

G. Pengujian Marshall

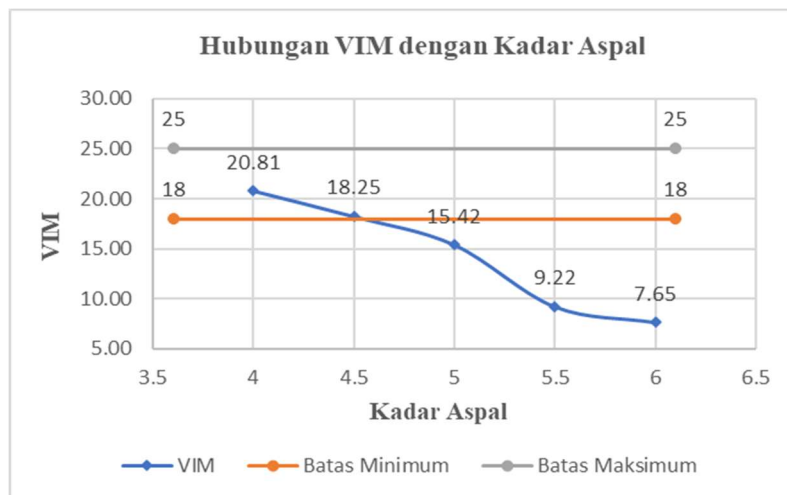
Pengujian Marshall bertujuan untuk memperoleh nilai dari berbagai parameter, seperti VIM (Void in Mix), flow (kelelehan), stabilitas, dan MQ (Marshall Quotient). Metode ini digunakan untuk mengukur stabilitas dan kelelehan (flow) campuran aspal, serta untuk menilai kepadatan dan rongga udara dalam campuran beton aspal padat. Sampel uji disiapkan berdasarkan gradasi agregat yang telah dirancang sesuai dengan spesifikasi teknis yang berlaku. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk menentukan karakteristik lapisan perkerasan lentur, termasuk kekuatan dan ketahanannya terhadap beban lalu lintas.

Tabel 8 Hasil Pengujian Marshall

No	Parameter Marshall	Kadar Aspal					Spesifikasi
		4%	4.5%	5%	5.5%	6%	
1	Stabilitas	1330	1117	1146	856	780	≥500
2	Flow	2	2.5	2	3	3	-
3	VIM	20.81	18.25	15.42	9.22	7.65	18-25
4	VMA	28.6	27.4	24.0	13.4	11.4	-
5	VFB	27.17	33.32	35.74	31.09	32.83	-
6	MQ	570	449	580	312	804	≤400

a) Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM

VIM (Void in Mixture) mengukur jumlah rongga dalam campuran. Jika nilai VIM rendah, campuran akan menjadi lebih kedap terhadap air dan udara, sementara nilai VIM yang tinggi membuat campuran lebih mudah menyerap air dan udara. Campuran dengan terlalu banyak rongga udara tidak akan cukup kuat untuk menahan beban dan rentan terhadap deformasi.

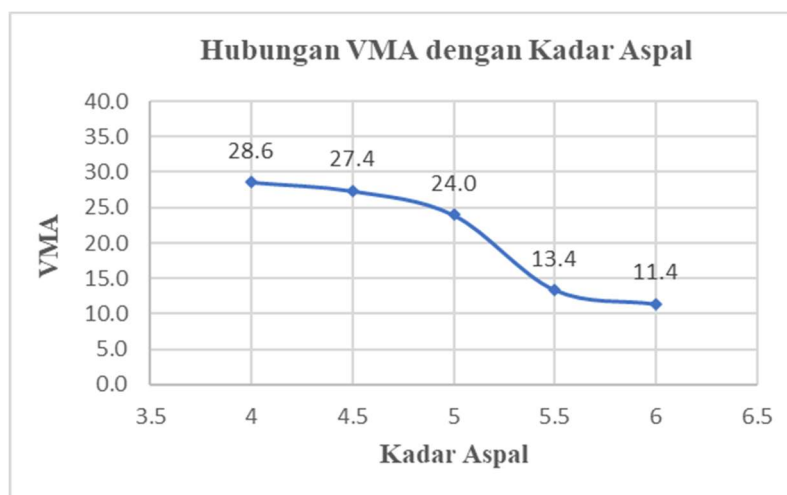


Gambar 3 Grafik Hubungan Nilai VIM dengan Kadar Aspal

Berdasarkan tabel dan grafik diatas Nilai VIM mengalami penurunan seiring dengan peningkatan kadar aspal. Pada kadar aspal 4% dan 4.5% nilai VIM tercatat masing-masing sebesar 20.81% dan 18.25% yang masih berada dalam rentang batas minimum dan maksimum. Namun, pada kadar aspal 5%, 5.5%, dan 6% nilai VIM turun di bawah batas minimum yang ditentukan.

b) Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VMA

VMA (*Void in Mineral Agregate*) merupakan kadar rongga dalam agregat. Nilai VMA akan meningkat yang disebabkan oleh rongga di antara agregat semakin besar

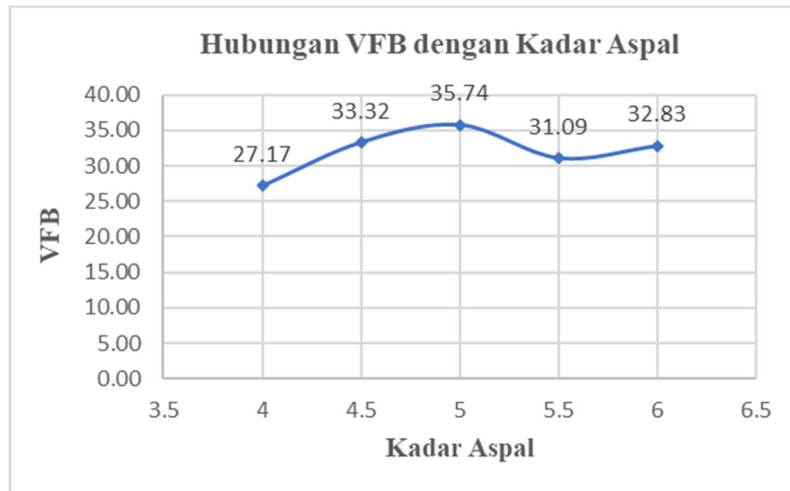


Gambar 4 Grafik Hubungan Nilai VMA dengan Kadar Aspal

Berdasarkan tabel dan grafik di atas, semakin tinggi kadar aspal nilai VMA akan rendah. Hal ini menerangkan bahwa seiring bertambahnya kadar aspal maka ruang kosong yang ada dalam campuran berkurang.

c) Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFB

VFB (*Void Filled With Bitumen*) mengacu pada rongga yang terisi oleh aspal dalam campuran. Nilai VFB sangat penting untuk menilai sejauh mana aspal mampu melapisi agregat dengan baik.

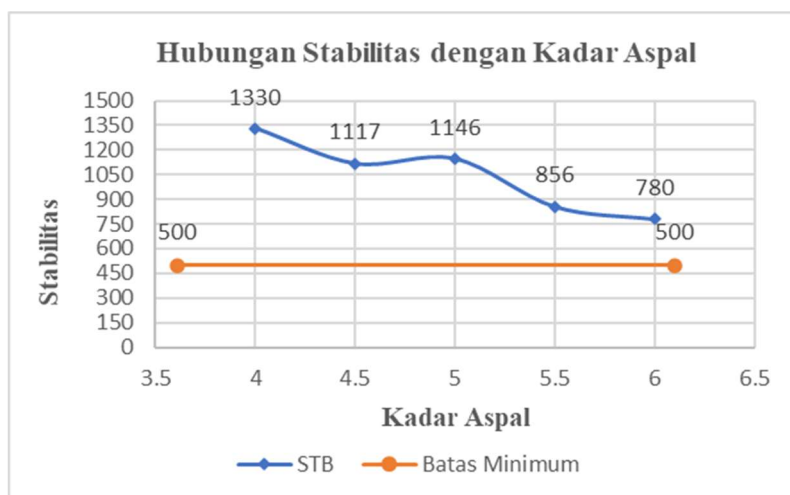


Gambar 5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFB

Berdasarkan tabel dan grafik diatas, nilai VFB meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal, mencapai puncaknya pada kadar aspal sekitar 5% setelah itu nilai VFB sedikit mengalami penurunan.

d) Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Stabilitas mengukur kemampuan campuran aspal untuk menahan beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan tanpa mengalami deformasi permanen. Jika nilai stabilitas rendah, campuran akan mudah retak akibat beban lalu lintas, sedangkan nilai stabilitas yang tinggi akan mengurangi kemungkinan terjadinya keretakan..

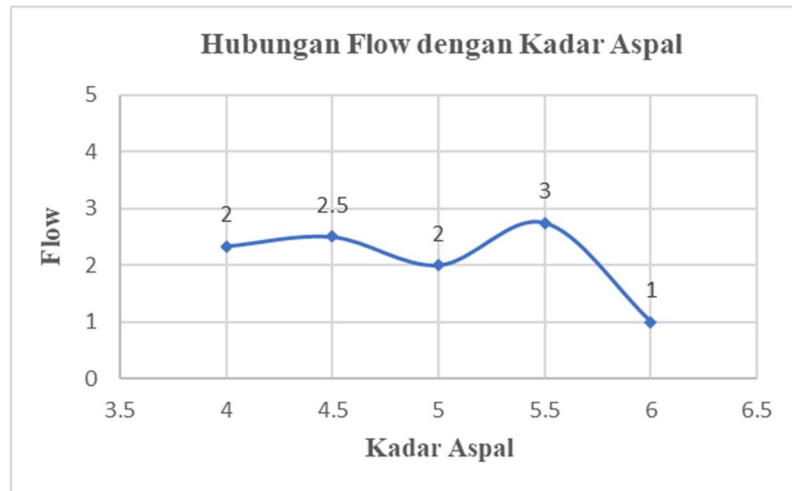


Gambar 6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas

Berdasarkan tabel dan grafik di atas nilai stabilitas menurun seiring dengan peningkatan kadar aspal setelah mencapai kadar aspal tertentu. Garis batas minimum yang ditunjukkan oleh grafik menunjukkan nilai stabilitas yang masih dapat diterima untuk memastikan kualitas campuran aspal sesuai standar yang ditetapkan.

e) Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Flow

Flow (pelelehan) merupakan besarnya penurunan atau deformasi (perubahan bentuk tetap) yang terjadi pada campuran aspal. Campuran dengan *flow* rendah bersifat kaku, tidak fleksibel, dan kurang mampu mengikuti deformasi akibat beban lalu lintas.



Gambar 7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *Flow*

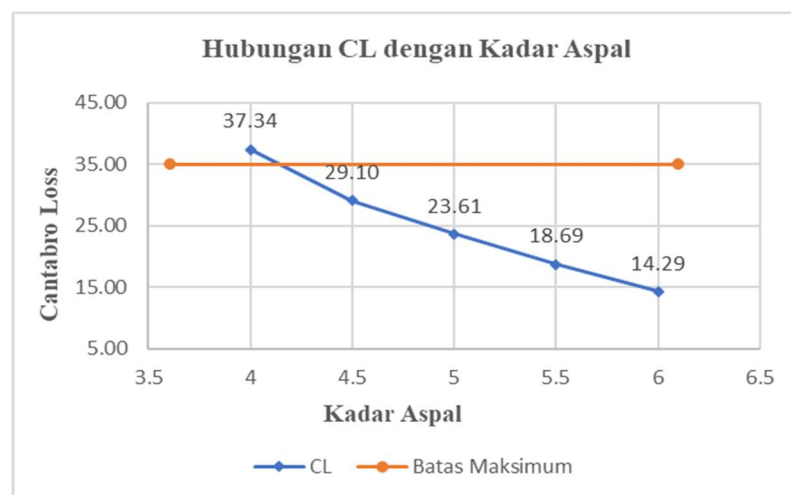
Berdasarkan tabel dan grafik diatas, nilai flow meningkat pada kadar aspal yang lebih rendah hingga mencapai puncaknya pada kadar aspal 5.5% kemudian menurun tajam pada kadar aspal yang lebih tinggi yaitu 6%.

H. Pengujian *Cantabro Loss* (CL)

Pengujian CL bertujuan untuk mengukur persentase kehilangan berat pada benda uji setelah mengalami uji keausan menggunakan mesin los angeles. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D7064.

Tabel 6 Hasil Pengujian *Cantabro Loss* (CL)

Kadar Aspal					Spesifikasi
4%	4.5%	5%	5.5%	6%	
37.34	29.10	23.61	18.69	14.29	≤35



Gambar 8 Grafik Hubungan Nilai CL dengan Kadar Aspal

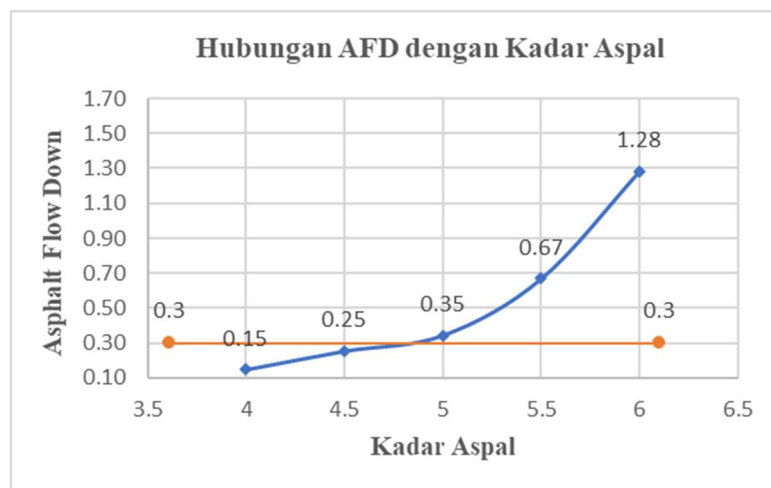
Berdasarkan tabel dan grafik diatas Nilai CL menurun waktu peningkatan kadar aspal. Pada kadar aspal sekitar 4%, nilai CL tercatat sebesar 37.34%, yang kemudian menurun secara konsisten hingga mencapai 14.29% pada kadar aspal 6%. Batas maksimum untuk nilai CL tercatat pada angka 35%, yang merupakan batas tertinggi yang diperbolehkan dalam pengujian ini. Nilai CL yang melebihi angka ini dapat menunjukkan ketidaksesuaian campuran aspal dengan standar kualitas yang ditentukan.

I. Pengujian *Asphalt Flow Down* (AFD)

Asphalt Flow Down (AFD) adalah uji untuk mengukur sejauh mana aspal cenderung mengalir pada suhu tertentu. Mengacu pada (AASHTO T 305) Dalam pengujian ini, sampel aspal dipanaskan hingga mencapai suhu yang ditentukan, kemudian diukur sejauh mana aspal merembes atau mengalir keluar dari wadahnya.

Tabel 9 Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* (AFD)

Kadar Aspal					Spesifikasi
4%	4.5%	5%	5.5%	6%	
0.15	0.25	0.35	0.67	1.28	≤ 0.3

**Gambar 9** Grafik Hubungan Nilai AFD dengan Kadar Aspal

Berdasarkan tabel dan grafik diatas Nilai AFD meningkat seiring dengan kenaikan kadar aspal. Pada kadar aspal 4%, dan 4.5% nilai AFD tercatat hanya 0.15% dan 0.25%, namun nilai ini meningkat secara signifikan hingga mencapai 1.28 pada kadar aspal 6%. Batas maksimum AFD tercatat pada 0.3%, yang menunjukkan bahwa nilai AFD tidak boleh melebihi angka ini untuk memenuhi standar kualitas.

J. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Penentuan KAO (Kadar Aspal Optimum) pada campuran aspal porous dalam penelitian ini menggunakan Metode Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004). Metode ini hanya memerlukan tiga parameter utama, yaitu VIM (Void in Mixture), Cantabro Loss (ketahanan terhadap pelepasan butir agregat), dan Asphalt Flow Down (aliran aspal ke bawah). Berikut adalah tahapan dalam menentukan kadar aspal optimum pada campuran aspal porous dengan spesifikasi gradasi AAPA 2004:

- Menentukan kadar aspal yang memiliki nilai VIM 18% (KAO Minimum)
- Menentukan kadar aspal yang memiliki nilai Cantabro Loss 35% (KAO Maksimum)
- Menentukan nilai rerata KAO maksimum dan minimum
- Proyeksikan nilai rerata KAO terhadap nilai *Asphalt Flow Down* (AFD)
- Jumlahkan nilai rerata KAO dengan nilai AFD sehingga diperoleh nilai KAO pada campuran aspal porous yang sesuai dengan gradasi AAPA 2024.

- Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO Minimum)
Menentukan nilai kadar aspal optimum (KAO Minimum) di dapat dari hasil pengujian *Void In Mixture* (VIM) yang berada dalam batas minimum 18%. Rumus penentuan nilai kadar aspal optimum (KAO Maksimum) dapat dilihat dibawah ini :

$$KA_{maks} + \left(\frac{Bb - V_{mak}}{V_{min} - V_{maks}} \right) \times (KA_{min} - KA_{maks})$$

$$4.5 + \left(\frac{18 - 25}{15.42 - 18.25} \right) \times (5 - 4.5) = \text{Nilai KAO Minimum } 4.54\%$$

Keterangan : KA_{maks} : Kadar aspal dimana nilai VIM lebih besar dari batas $\geq 18\%$, KA_{min} : Kadar aspal dimana nilai VIM lebih kecil dari batas $\leq 18\%$, V_{maks} : Nilai VIM pada KA_{maks} , V_{min} : Nilai VIM pada KA_{min} , Bb : Batas nilai VIM minimum yang di izinkan 18%

- Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO Maksimum)
Menentukan nilai kadar aspal optimum (KAO Maksimum) di dapat dari hasil pengujian *Cantabro Loss* (CL) yang berada dalam batas maksimum 35%. Rumus penentuan nilai kadar aspal optimum (KAO Maksimum) dapat dilihat dibawah ini :

$$KA_{maks} + \left(\frac{Ba - CL_{maks}}{CL_{min} - CL_{maks}} \right) \times (KA_{min} - KA_{maks})$$

$$4 + \left(\frac{35 - 10}{23.61 - 29.10} \right) \times (5 - 4) = \text{Nilai KAO Maksimum } 2.92\%$$

Keterangan : KA_{maks} : Kadar aspal dimana nilai CL lebih besar dari batas $\geq 35\%$, KA_{min} : Kadar aspal dimana nilai CL lebih kecil dari batas $\leq 35\%$, CL_{maks} : Nilai CL pada Ka_{maks} , CL_{min} : Nilai CL pada Ka_{min} , Ba : Batas nilai CL maksimum yang di izinkan 35%

- c) Penentuan Nilai Rerata KAO minimum dan KAO Maksimum

$$\left(\frac{KA_{min} + KA_{maks}}{2} \right) = \left(\frac{4.54 + 2.92}{2} \right) = \text{Nilai Rerata KAO minimum dan KAO maksimum } 3.73\%$$

- d) Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Porus

$$\left(\frac{KA_{min} + KA_{maks}}{2} \right) + \text{Nilai AFD} = \left(\frac{4.80 + 2.92}{2} \right) + 0.15 = \text{Nilai Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Porus } 4\%$$

4. KESIMPULAN

Campuran aspal porus dengan menggunakan *filler* abu bonggol jagung sebagai *filler* memiliki potensi untuk digunakan dalam pembangunan konstruksi perkerasan jalan, dengan nilai KAO yang sesuai dengan standar yang ditetapkan untuk agregat maksimum 13.2 mm (4% – 6%). Penggunaan *filler* abu bonggol jagung juga dapat membantu mengurangi biaya dan dampak lingkungan akibat limbah pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Jimmyanto, A. Firda, H. Al Faritzie, dan I. S. Fuad, “Studi Literature Riview Perkembangan Penelitian,” vol. 2, no. 1, hal. 38–47, 2024.
- [2] J. Angkoso, “Perbandingan Kinerja Campuran Aspal Porus Menggunakan Spesifikasi Australia (AAPA) dan California (Caltrans) Dengan Serbuk Parutan Limbah Ban Karet ‘Universitas Islam Indonesia,’” 2024.
- [3] S. Mayuni, P. Prabandiyani, dan B. Setiadji, “Penerapan Perkerasan Aspal Porus di Indonesia,” *J. Tek.*, vol. 20, Apr 2020, doi: 10.26418/jtsft.v20i2.41892.
- [4] I. Farida dan S. Juniayanti, “Pengaruh Filler Abu Sekam Padi Terhadap Campuran AC-WC Untuk Daerah Pesisir Pantai,” vol. 41, no. 1, hal. 43–52, 2024.
- [5] I. Ichsan, A. Olii, dan A. S. Hidayat, “Penggunaan Abu Bonggol Jagung Sebagai Pengganti Filler Dalam Komposisi Campuran Aspal AC-WC,” vol. 4, hal. 3017–3027, 2024.
- [6] Ilyas Ichsan, “Penggunaan Abu Bonggol Jagung Sebagai Pengganti Filler Dalam Komposisi Campuran Aspal AC-WC.”
- [7] Z. (2024) Idayani, Royanna Sakura, “Jurnal Rekayasa Teknik dan Teknologi,” vol. 8, no. 1, hal. 18–24, 2024.
- [8] S. Alzahri *et al.*, “Media Ilmiah Teknik Sipil , Volume 12 , Nomor 1 , Januari 2024 : 8-20,” vol. 12, hal. 8–20, 2024.
- [9] A. Rodhiah, I. Yani, dan M. Mahdi, “Analisis Fly Ash terhadap Filler pada campuran Aspal Porus,” *J. Rekayasa Tek. dan Teknol.*, vol. 7, no. 2, hal. 82–90, 2023, doi: 10.51179/rkt.v7i2.2079.
- [10] Direktorat Jenderal Bina Marga (2020), “Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2020). Spesifikasi umum 2018 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan (Revisi 2).”
- [11] “Australian Asphalt Pavement Association/AAPA (2004),” 2004.