

PENGARUH SUBSITUSI ABU BONGGOL JAGUNG BAKAR SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC

Kurniawan Barqa Ananta Lukman¹

Universitas Bung Hatta

kurniawanbarga@gmail.com¹

Veronika²

Universitas Bung Hatta

veronika@bunghatta.ac.id²

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) tanpa penambahan abu bonggol jagung bakar serta menganalisis pengaruh penggunaan abu bonggol jagung bakar sebagai bahan pengisi (filler) terhadap karakteristik Marshall. Metode penelitian dilakukan melalui serangkaian uji laboratorium dengan metode Marshall sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Variasi kadar abu bonggol jagung bakar yang digunakan yaitu 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% terhadap total filler. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar aspal optimum (KAO) pada campuran tanpa abu bonggol jagung bakar diperoleh sebesar 6%. Penambahan abu bonggol jagung bakar memberikan pengaruh terhadap kinerja campuran beraspal, khususnya pada parameter stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient. Nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada kadar 2,5% yaitu sebesar 1498 kg, sementara nilai flow berada pada kisaran 2,52–3,96 mm dan masih sesuai dengan spesifikasi Bina Marga. Namun, pada kadar 2% nilai VIM tidak memenuhi syarat yaitu sebesar 2,9%. Secara keseluruhan, variasi 2,5% dinilai optimum karena mampu memenuhi seluruh parameter Marshall yang disyaratkan. Dengan demikian, abu bonggol jagung bakar dapat digunakan sebagai alternatif bahan filler ramah lingkungan pada campuran AC-WC.

Kata Kunci: Abu bonggol jagung bakar, Asphalt Concrete-Wearing Course, kadar aspal optimum, Marshall test, filler alternatif.

Abstract

This research aims to determine the optimum asphalt content (KAO) in asphalt concrete wearing course (AC-WC) mixtures without the addition of corn cob ash and to analyze the effect of using corn cob ash as filler on Marshall characteristics. The study was conducted through a series of laboratory tests using the Marshall method in accordance with the 2018 Bina Marga General Specifications (Revision 2). The variations of corn cob ash added as filler were 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, and 3% of the total filler weight. The results indicate that the optimum asphalt content (KAO) without corn cob ash was 6%. The addition of corn cob ash affected the performance of the asphalt mixture, especially in terms of stability, flow, VIM, VMA, VFA, and Marshall Quotient parameters. The

highest stability was obtained at 2.5% with a value of 1498 kg, while the flow ranged between 2.52–3.96 mm, which still meets the Bina Marga specifications. However, at 2% corn cob ash, the VIM value did not meet the requirement, recorded at 2.9%. Overall, the 2.5% variation was considered the optimum content since it fulfilled all Marshall parameters. Therefore, corn cob ash can be utilized as an alternative eco-friendly filler material in AC-WC mixtures..

Keywords: Corn cob ash, Asphalt Concrete-Wearing Course, optimum asphalt content, Marshall test, alternative filler.

PENDAHULUAN

Perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, sehingga menimbulkan beban lalu lintas yang semakin besar pada infrastruktur jalan. Kondisi ini menuntut konstruksi perkerasan jalan yang tidak hanya kuat dan tahan lama, tetapi juga ekonomis. Salah satu jenis perkerasan yang banyak digunakan adalah Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC), yaitu lapisan atas yang berfungsi langsung menerima beban lalu lintas. Menurut Sukirman (2010), kualitas campuran aspal ditentukan oleh kadar aspal optimum (KAO) yang mampu mengikat agregat secara baik serta menjaga stabilitas campuran.

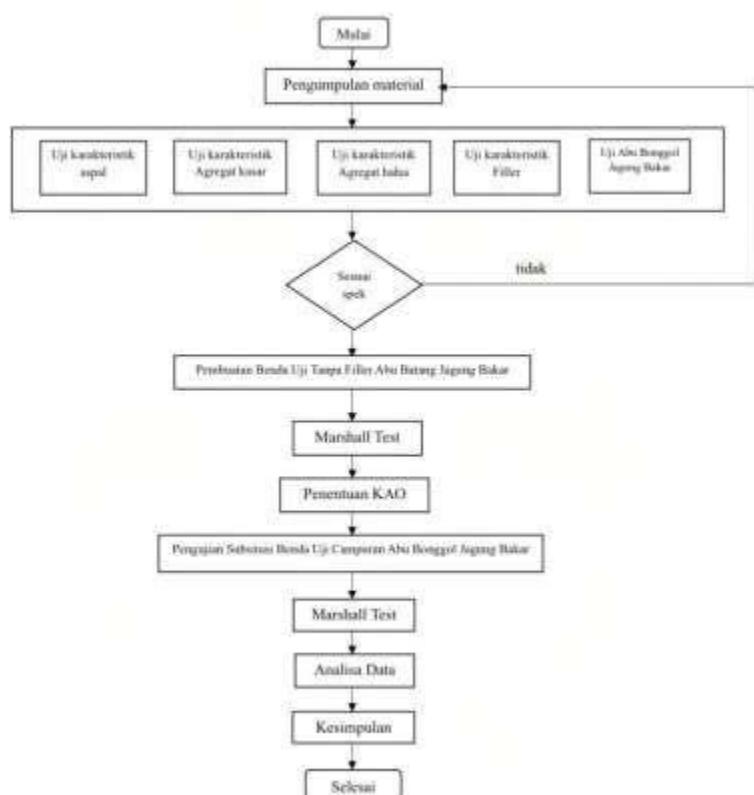
Selain kadar aspal, filler juga memegang peranan penting dalam campuran beraspal. Filler berfungsi mengisi rongga dalam campuran, mengurangi permeabilitas, dan meningkatkan stabilitas struktural (Hardiyatmo, 2015). Selama ini, filler umumnya menggunakan semen atau kapur, namun harga yang relatif mahal dan ketersediaan terbatas mendorong pencarian alternatif bahan yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Pemanfaatan limbah pertanian menjadi salah satu solusi yang sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan.

Salah satu limbah yang berpotensi digunakan adalah abu bonggol jagung bakar. Wardhani (2017) menyebutkan bahwa abu bonggol jagung mengandung lebih dari 60% silika, sehingga memiliki karakteristik mirip dengan material mineral halus yang dapat berfungsi sebagai filler. Fakhrunisa dkk. (2018) menambahkan bahwa meskipun kandungan pozzolan abu bonggol jagung belum memenuhi kriteria penuh untuk meningkatkan sifat semen, material ini tetap berpotensi memperbaiki karakteristik mekanis campuran aspal. Dengan demikian, pemanfaatan abu bonggol jagung tidak hanya mendukung pengelolaan limbah pertanian, tetapi juga dapat menjadi alternatif bahan tambah dalam konstruksi jalan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menjawab dua hal utama. Pertama, menentukan kadar aspal optimum (KAO) pada campuran aspal AC-WC tanpa penambahan abu bonggol jagung bakar. Kedua, menganalisis pengaruh variasi penambahan abu bonggol jagung bakar terhadap karakteristik Marshall, meliputi stabilitas, flow, Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), Void Filled with Asphalt (VFA), dan Marshall Quotient (MQ). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah sekaligus menawarkan solusi pemanfaatan limbah pertanian sebagai filler alternatif yang ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi UPTD Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Sumatera Barat. Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan metode Marshall Test mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Tujuan utama adalah menentukan kadar aspal optimum (KAO) tanpa penambahan abu bonggol jagung bakar serta mengetahui pengaruh penambahan abu bonggol jagung bakar sebagai filler terhadap karakteristik campuran aspal AC-WC.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Bahan utama yang digunakan terdiri dari agregat kasar berupa batu pecah, agregat halus berupa abu batu, aspal penetrasi 60/70, serta filler berupa abu bonggol jagung bakar. Aggregat diuji karakteristiknya meliputi berat jenis, keausan, kelekatkan terhadap aspal, serta penyerapan air, sedangkan aspal diuji sifat-sifat fisiknya seperti penetrasi, titik lembek, daktilitas, titik nyala, dan berat jenis. Abu bonggol jagung dibakar pada suhu 650–800°C, kemudian dihaluskan hingga lolos saringan No. 200.

Tahap pertama penelitian adalah menentukan kadar aspal optimum (KAO) dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Setiap variasi dibuat tiga bendanya sehingga total sampel adalah 15. Setelah kadar optimum diperoleh, tahap kedua adalah membuat benda uji campuran AC-WC dengan penambahan abu bonggol jagung bakar pada variasi 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3%

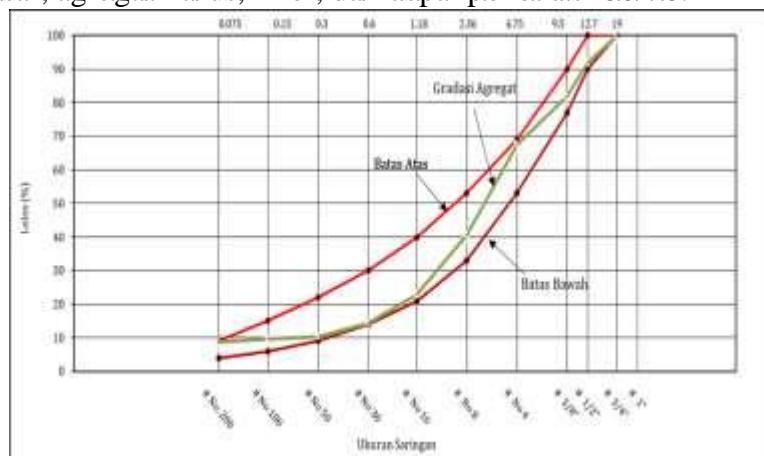
terhadap total filler. Setiap variasi juga dibuat tiga benda uji sehingga diperoleh 15 sampel tambahan.

Pengujian campuran dilakukan menggu nakan metode Marshall Test untuk memperoleh parameter-parameter utama, yaitu stabilitas, flow, density, Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), Void Filled with Asphalt (VFA), serta Marshal I Quotient (MQ). Data hasil pengujian dibandingkan dengan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Analisis data dilakukan dengan membandingkan nilai setiap parameter terhadap batas spesifikasi serta mengidentifikasi kadar abu bonggol jagung bakar yang memberikan hasil optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Material

Sebelum dilakukan pencampuran, seluruh material yang digunakan dalam penelitian diuji terlebih dahulu untuk memastikan kesesuaianya dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Material utama terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal penetrasi 60/70.



Gambar 2. Grafik Gradasi Campuran AC-WC

Tabel 1. Hasil Pengujian Material

Material	Parameter	Hasil	Spesifikasi Bina Marga 2018	Keterangan
Agregat Kasar	Penyerapan air (%)	1,31	≤ 3	Memenuhi
	Berat jenis bulk	2,68	$\geq 2,5$	Memenuhi
	Keausan (%)	19,79	≤ 30	Memenuhi
	Kelekatan (%)	99	≥ 95	Memenuhi
Agregat Halus	Penyerapan air (%)	1,46	≤ 3	Memenuhi
	Berat jenis bulk	2,68	$\geq 2,5$	Memenuhi
	Lolos saringan No.200 (%)	8,76	≤ 10	Memenuhi
Aspal 60/70	Penetrasi (0,1 mm)	60–70	60–70	Memenuhi
	Titik lembek (°C)	48–58	48–58	Memenuhi
	Daktilitas (cm)	>100	≥ 100	Memenuhi
	Titik nyala (°C)	≥ 232	≥ 232	Memenuhi

Filler (Abu Bonggol Jagung)	Kandungan SiO ₂ (%)	66,38	>60	Potensial
-----------------------------	-----------------------------------	-------	-----	-----------

Sumber: hasil pengolahan data

Hasil pengujian agregat menunjukkan bahwa agregat kasar memiliki penyerapan air sebesar 1,31% ($\leq 3\%$), berat jenis bulk 2,68 ($\geq 2,5$), keausan 19,79% ($\leq 30\%$), dan kelekatkan terhadap aspal 99% ($\geq 95\%$). Aggregat halus juga memenuhi standar dengan penyerapan air 1,46%, berat jenis bulk 2,68, dan kadar butiran lolos saringan No. 200 sebesar 8,76% ($\leq 10\%$). Dengan demikian, baik agregat kasar maupun halus dinyatakan layak digunakan sebagai bahan campuran AC-WC.

Pengujian aspal penetrasi 60/70 memperlihatkan nilai penetrasi, titik lembek, dakti litas, titik nyala, serta berat jenis yang seluruhnya berada dalam batas spesifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa aspal yang digunakan memiliki sifat pengikatan dan kelenturan yang sesuai dengan persyaratan standar untuk perkerasan jalan di Indonesia.

Sementara itu, hasil analisis kimia abu bonggol jagung bakar menunjukkan kandungan silika (SiO₂) sebesar 66,38%, yang mendominasi komposisi mineralnya. Kandungan silika ini membuat abu bonggol jagung berpotensi menjadi filler alternatif karena memiliki karakteristik mirip dengan material semen maupun abu batu. Dengan sifat tersebut, abu bonggol jagung bakar diharapkan dapat meningkatkan kepadatan dan stabilitas campuran beraspal pada kadar tertentu.

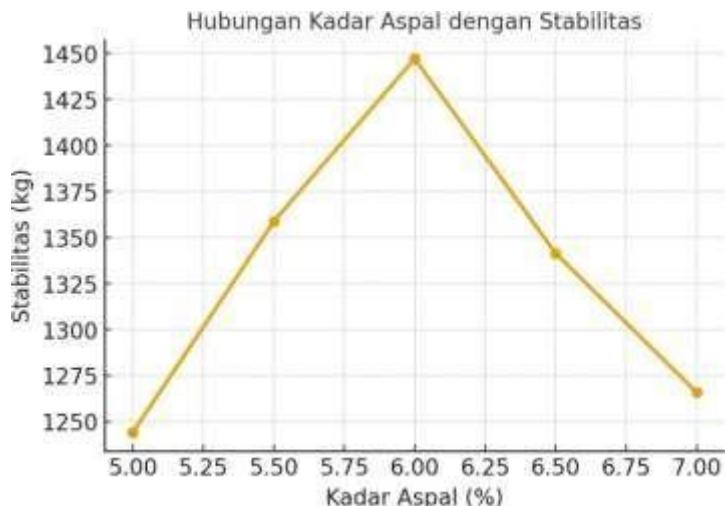
2. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan kadar aspal optimum dilakukan dengan variasi kadar aspal sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Berdasarkan hasil pengujian, kadar aspal optimum diperoleh pada 6%, karena pada kadar ini seluruh parameter memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Uji Marshall pada Variasi Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	Density (gr/cm ³)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	MQ (kg/mm)	Keterangan
5,0	2,293	1244,12	3,30	5,46	17,41	68,62	377,12	Tidak optimum
5,5	2,318	1358,67	3,43	4,43	17,34	74,51	396,05	Tidak optimum
6,0	2,333	1447,16	3,55	3,74	17,28	78,34	407,44	Optimum (KAO)
6,5	2,327	1341,47	3,81	3,46	17,68	80,44	351,98	Melebihi syarat
7,0	2,325	1265,97	4,13	3,17	18,27	82,63	306,53	Over asphalt

Sumber: hasil pengolahan data

**Gambar 2. Hubungan Kadar Aspal Dengan Stabilitas**

Sumber: hasil pengolahan data

Dari tabel terlihat bahwa pada kadar 6% campuran memiliki stabilitas tertinggi (1447,16 kg) dengan flow 3,55 mm dan VIM 3,74%, yang semuanya sesuai spesifikasi. Pada kadar lebih tinggi (6,5%–7%), nilai stabilitas dan MQ menurun, sementara flow cenderung meningkat sehingga campuran dinilai terlalu plastis. Dengan demikian, KAO ditetapkan sebesar 6% sebagai dasar campuran untuk tahap penelitian selanjutnya dengan penambahan abu bonggol jagung bakar.

3. Pengaruh Abu Bonggol Jagung Bakar terhadap Karakteristik Marshall

Setelah kadar aspal optimum (KAO) diperoleh sebesar 6%, tahap berikutnya adalah mencampurkan abu bonggol jagung bakar sebagai filler dengan variasi kadar 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3%. Setiap variasi diuji menggunakan metode Marshall untuk mengetahui pengaruhnya terhadap parameter utama, yaitu stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient (MQ).

Tabel 3. Hasil Pengujian Campuran dengan Abu Bonggol Jagung Bakar

Kadar Abu (%)	Density (gr/cm ³)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	MQ (kg/mm)	Keterangan
1,0	2,336	1285,83	2,52	4,16	17,13	75,19	510,64	Memenuhi
1,5	2,345	1362,11	3,00	3,45	17,10	79,78	454,03	Memenuhi
2,0	2,351	1454,91	3,22	2,90	17,14	83,07	451,40	VIM tidak syarat
2,5	2,357	1498,00	3,39	3,38	17,21	80,37	442,74	Optimum
3,0	2,361	1367,44	3,96	3,57	17,43	79,49	345,44	Menurun

Sumber: hasil pengolahan data

Keterangan :

- Kadar 1%–1,5% → stabilitas meningkat, semua parameter sesuai standar.
- Kadar 2% → stabilitas tinggi, tetapi VIM 2,9% < 3% → tidak memenuhi syarat.
- Kadar 2,5% → stabilitas maksimum (1498 kg), flow 3,39 mm, VIM 3,38% → optimum.
- Kadar 3% → flow mendekati batas atas (3,96 mm), stabilitas menurun → tidak direkomendasikan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pena mbahan abu bonggol jagung bakar mem berikan pengaruh nyata terhadap kinerja campuran. Nilai stabilitas meningkat seiring dengan bertambahnya kadar abu hingga mencapai titik optimum pada 2,5% dengan nilai 1498 kg, kemudian menurun pada kadar 3%. Nilai flow berada pada kisaran 2,52–3,96 mm, yang masih sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga (2–4 mm). Namun, pada kadar 2% nilai VIM sebesar 2,9% tidak memenuhi syarat (3–5%), sedangkan kadar 2,5% dan variasi lainnya berada dalam rentang yang dipersyaratkan.

Secara keseluruhan, variasi 2,5% abu bonggol jagung bakar memberikan hasil terbaik karena seluruh parameter Marshall memenuhi persyaratan standar. Pada kadar lebih tinggi (3%), meskipun beberapa parameter masih sesuai spesifikasi, nilai stabilitas dan MQ cenderung menurun sehingga campuran menjadi kurang optimal.

4. Penentuan Kadar Optimum Abu Bonggol Jagung Bakar

Berdasarkan hasil pengujian Marshall terhadap campuran A C-W C dengan variasi abu bonggol jagung bakar, diketahui bahwa penambahan abu memberikan pengaruh yang berbeda pada setiap parameter. Nilai stabilitas meningkat seiring dengan penambahan kadar abu hingga mencapai puncaknya pada 2,5% dengan nilai 1498 kg, kemudian menurun pada kadar 3%. Nilai flow berada dalam rentang 2,52–3,96 mm, sesuai dengan spesifikasi Bina Marga (2–4 mm), meskipun pada kadar 3% flow sudah mendekati batas maksimum.

Nilai VIM mengalami penurunan signifikan pada kadar 2% (2,90%), yang berada di bawah syarat minimum (3–5%), sehingga tidak dapat dinyatakan memenuhi persyaratan meskipun stabilitasnya tinggi. Pada kadar 2,5%, nilai VIM kembali memenuhi syarat dengan 3,38% disertai peningkatan stabilitas tertinggi, sehingga dianggap sebagai kadar optimum.

Dengan memperhatikan keseluruhan parameter Marshall (stabilitas, flow, VIM, VM A, VFA, dan MQ), maka kadar abu bonggol jagung bakar optimum ditetapkan pada 2,5%. Pada kadar ini, campuran memenuhi seluruh persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, serta memberikan kinerja terbaik dibandingkan variasi lain.

5. Perbandingan dengan Spesifikasi dan Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu bonggol jagung bakar dapat berfungsi sebagai filler alternatif pada campuran AC-WC. Peningkatan stabilitas hingga kadar 2,5% disebabkan oleh peran abu yang mengandung silika (SiO_2) sebesar 66,38%, sehingga mampu mengisi rongga di antara agregat halus dan kasar. Hal ini meningkatkan kepadatan dan daya ikat antarpartikel, yang berdampak pada bertambahnya nilai stabilitas Marshall. Namun, ketika kadar abu melebihi 2,5%, stabilitas menurun akibat campuran menjadi lebih kaku, flow meningkat, dan rongga udara semakin sedikit, sehingga fleksibilitas campuran berkurang.

Fenomena penurunan kinerja pada kadar abu tinggi sesuai dengan temuan Fakhrunisa dkk. (2018), yang menyatakan bahwa abu bonggol jagung dengan kandungan pozzolan rendah hanya efektif dalam jumlah terbatas. Wardhani (2017) juga menegaskan bahwa kandungan silika pada abu bonggol jagung memang berpotensi memperbaiki sifat mekanis, tetapi penggunaannya harus dikendalikan agar tidak menurunkan performa campuran. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian Warhamni dkk. (2019) yang menggunakan abu sekam padi sebagai filler, di mana stabilitas optimum hanya dicapai pada kadar tertentu sebelum menurun kembali.

Secara praktis, hasil penelitian ini memperkuat konsep pemanfaatan limbah pertanian sebagai material konstruksi jalan. Dengan kadar optimum 2,5%, abu bonggol jagung bakar terbukti dapat mengantikan sebagian filler konvensional (semen atau abu batu) tanpa mengurangi kualitas campuran. Selain memberikan nilai tambah pada limbah pertanian, hal ini juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan dengan memanfaatkan material lokal yang ramah lingkungan.

6. Implikasi Hasil Penelitian

Dari sisi teknis, penelitian ini membuktikan bahwa abu bonggol jagung bakar dapat digunakan sebagai filler alternatif dalam campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). Pada kadar optimum sebesar 2,5%, abu bonggol jagung terbukti mampu meningkatkan nilai stabilitas campuran hingga mencapai 1.498 kg dan sekaligus memenuhi seluruh parameter Marshall, termasuk flow, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient, sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Hal ini menunjukkan bahwa abu bonggol jagung memiliki karakteristik yang mendukung peningkatan performa mekanis campuran beraspal, khususnya dalam hal kekuatan struktural dan kepadatan campuran. Temuan ini memberikan bukti ilmiah bahwa pemanfaatan limbah pertanian dengan kandungan silika cukup tinggi dapat memperkuat kualitas konstruksi jalan tanpa sepenuhnya bergantung pada filler konvensional seperti semen maupun abu batu, yang ketersediaannya terbatas dan harganya relatif mahal.

Dari sisi praktis, pemanfaatan abu bonggol jagung bakar sejalan dengan konsep pembangunan berkelanjutan dan efisiensi sumber daya. Limbah bonggol jagung yang selama ini tidak dimanfaatkan dan sering dianggap sebagai residu pertanian, dapat diolah menjadi bahan bernilai tambah untuk konstruksi jalan. Hal ini tidak hanya berpotensi mengurangi timbulan limbah pertanian dan dampak lingkungan, tetapi juga dapat menekan biaya produksi campuran beraspal karena mengurangi penggunaan material filler konvensional. Selain itu, pemanfaatan material lokal seperti abu bonggol jagung dapat mengurangi ketergantungan terhadap material impor maupun material industri dengan biaya tinggi, sehingga lebih sesuai diterapkan pada pembangunan infrastruktur di daerah pedesaan yang dekat dengan sentra produksi jagung. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan manfaat teknis, tetapi juga mendukung kebijakan pemerintah dalam mengembangkan infrastruktur yang ramah lingkungan dan berbasis sumber daya lokal.

Lebih jauh, penelitian ini membuka peluang untuk dikembangkan pada tahap penelitian lanjutan. Pengujian laboratorium selanjutnya dapat dilakukan dengan mengeksplorasi kombinasi abu bonggol jagung dengan material tambahan lain, seperti serat alami (serat bambu, serat kelapa) atau limbah industri (abu terbang, abu sekam padi), untuk meningkatkan performa campuran aspal dari segi ketahanan terhadap deformasi plastis maupun retak lelah. Selain itu, implementasi pada skala proyek lapangan perlu dilakukan untuk mengevaluasi kinerja campuran aspal dengan filler abu bonggol jagung dalam kondisi lalu lintas dan iklim yang sebenarnya. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas perkerasan jalan di tingkat laboratorium, tetapi juga menjadi dasar bagi inovasi material perkerasan jalan berkelanjutan yang dapat mendukung program nasional pengelolaan limbah pertanian dan pembangunan infrastruktur yang berwawasan lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kadar aspal optimum (KAO) pada campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) tanpa penambahan abu bonggol jagung bakar ditetapkan sebesar 6%. Pada kadar ini, seluruh parameter Marshall seperti stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient berada dalam rentang yang dipersyaratkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi campuran dasar telah memenuhi kriteria teknis sebagai lapisan aus perkerasan jalan.

Penambahan abu bonggol jagung bakar sebagai filler terbukti memengaruhi karakteristik Marshall pada campuran beraspal. Nilai stabilitas meningkat seiring bertambahnya kadar abu hingga mencapai puncak pada kadar 2,5% dengan nilai 1.498 kg, kemudian menurun pada kadar 3%. Nilai flow berada pada kisaran 2,52–3,96 mm, yang masih sesuai dengan standar spesifikasi, sementara pada kadar 2% nilai VIM turun menjadi 2,9% sehingga tidak memenuhi persyaratan. Hal ini memperlihatkan bahwa abu bonggol jagung mampu berperan sebagai bahan pengisi yang memperbaiki ikatan antar agregat dan meningkatkan stabilitas campuran.

Berdasarkan hasil pengujian, kadar optimum penambahan abu bonggol jagung bakar ditetapkan pada 2,5%. Pada kadar ini, campuran tidak hanya mencapai stabilitas tertinggi, tetapi juga memenuhi seluruh parameter Marshall yang disyaratkan. Hal ini membuktikan bahwa abu bonggol jagung bakar dapat dimanfaatkan sebagai filler alternatif yang layak digunakan dalam campuran beraspal, sekaligus mendukung pemanfaatan limbah pertanian dalam bidang konstruksi jalan.

Secara umum, penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dalam upaya mencari bahan alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis untuk campuran perkerasan jalan. Pemanfaatan abu bonggol jagung bakar tidak hanya meningkatkan kualitas campuran beraspal, tetapi juga mendukung program pembangunan berkelanjutan melalui pengurangan limbah pertanian serta pemanfaatan sumber daya lokal. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan material konstruksi jalan yang inovatif, efisien, dan berwawasan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- A_ lza_ hr_ i, S., & Fir_ nand_o, F. (2024). Pe_manfa_ata_ n ab_u lim_ b_ah bon_gg_ol ja_gun_g seb_ag_ai fill_er Asp_ ha_ lt Con_cret_e-Wea_ri_ ng Co_urs_e (A_C-W_ C). *Me_di_a Il_mi_ah Te_kn_ik Si_pil*, 12(1), 8–20. <https://doi.org/10.33084/mits.v12i1.5333>
- Fakhrunisa, N., Djatmika, B., & Karjanto, A. (2018). Kajian penambahan abu bonggol jagung yang bervariasi dan bahan tambah superplasticizer terhadap sifat fisik dan mekanik beton memadat sendiri (Self-Compacting Concrete). *Jurnal Bangunan*, 23(2), 9–18.
- Fakhrunisa, N., Syahril, A., & Arifi, M. (2018). Pemanfaatan abu bonggol jagung sebagai filler pada campuran aspal beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(2), 87–95.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *Perkerasan jalan raya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Harmaji, A. (2019). Pengaruh penambahan corn cob ash dan bagasse ash terhadap setting time dan kuat tekan material berbasis semen. *Journal of Applied Science (Japps)*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.36870/japps.v1i1.1>.
- Nur, N. K., Mahyuddin, Bachtiar, E., Tumpu, M., Mukrim, M. I., Irianto, Kadir, Y., Arifin, T. S. P., Ahmad, N. S., Halim, H., & Syukuriah. (2021). *Perancangan perkerasan jalan*. Nuevos sistemas de comunicación e información. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=6x83EAAAQBAJ>.
- Rachman, R. (2021). Variasi suhu pemanfaatan campuran AC-WC menggunakan batu sungai Balusu Kabupaten Toraja Utara. *Matriks Teknik Sipil*, 9(1), 23. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v9i1.49248>.

- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan jalan lentur*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Campuran beraspal panas*. Bandung: Granit.
- Sukirman, S. (2003). *Perkerasan jalan raya*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2010). *Perencanaan tebal struktur perkerasan lentur*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2016). *Beton aspal campuran panas*. Bandung: Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Wardhani, F. (2017). Studi kandungan silika pada abu bonggol jagung dan pemanfaatannya sebagai bahan pengisi campuran aspal beton. *Jurnal Infrastruktur*, 7(1), 55–62.
- Warhamni, R., Ilyas, A., & Pratama, R. (2019). Pengaruh penggunaan abu sekam padi terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 13(3), 123–132.