

Analisis Kinerja Campuran Beraspal AC-WC dengan Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung sebagai Pengganti Filler

¹Ilham Yunus, ²Humairah Annisa, ³Fitriyanti, ⁴A. Erwin Syavitri

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lamappapoleonro

^{1,2,3,4} Jl. Salotungo No. 62, Soppeng, Sulawesi Selatan - Indonesia

e-mail : ¹ilham.yunus@unipol.ac.id, ²humairah.annisa@unipol.ac.id, ³fitriyanti@unipol.ac.id,

⁴erwin@unipol.ac.id

JTEKSIL

Abstrak

Kata Kunci :

Perkerasan Jalan, AC-WC, Abu Tongkol Jagung, Filler Substitusi, Karakteristik Marshall.

Lapisan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) merupakan lapis aus perkerasan lentur yang menerima beban lalu lintas secara langsung dan melindungi lapisan di bawahnya dari pengaruh cuaca. Penelitian ini menganalisis pemanfaatan limbah abu tongkol jagung sebagai substitusi filler pada campuran AC-WC serta menentukan kadar substitusi optimum berdasarkan karakteristik Marshall. Penelitian menggunakan metode eksperimental di laboratorium dengan acuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II dan aspal penetrasi 60/70. Tahap awal menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) menggunakan variasi kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5%, sehingga diperoleh KAO 6,0%. Pada KAO tersebut dilakukan substitusi abu tongkol jagung sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% terhadap total filler. Hasil menunjukkan seluruh variasi memenuhi persyaratan Marshall. Peningkatan kadar abu menaikkan density dari 2,240 menjadi 2,269 g/cm³ dan VFA dari 74,54% menjadi 80,76%, sedangkan VIM, VMA, dan flow cenderung menurun. Kinerja mekanis terbaik diperoleh pada substitusi 6%, dengan stabilitas 1.149,60 kg dan Marshall Quotient 310,84 kg/mm. Dengan metode superposisi parameter Marshall, kadar substitusi optimum abu tongkol jagung ditetapkan sebesar 6%.

Abstract

Keywords:

Road pavement, AC-WC, corn cob ash, filler substitution, Marshall characteristics.

Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) is the surface layer of flexible pavement that directly carries traffic loads and protects the underlying layers from weather exposure. This study evaluates corn cob ash waste as a filler substitute in AC-WC mixtures and determines its optimum substitution level based on Marshall characteristics. An experimental laboratory method was employed with reference to the 2018 General Specifications of Bina Marga, Revision II, using 60/70 penetration asphalt. The optimum asphalt content (OAC) was first determined from asphalt contents of 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0%, and 6.5%, resulting in an OAC of 6.0%. At this OAC, corn cob ash was substituted at 0%, 2%, 4%, 6%, and 8% of total filler. All substitution levels satisfied the Marshall requirements. Increasing corn cob ash increased density from 2.240 to 2.269 g/cm³ and VFA from 74.54% to 80.76%, while VIM, VMA, and flow generally decreased. The best mechanical performance occurred at 6% substitution, with a stability of 1,149.60 kg and a Marshall Quotient of 310.84 kg/mm. Based on superposition of the Marshall parameters, the optimum corn cob ash substitution was determined to be 6%.

PENDAHULUAN

Pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur jalan membutuhkan material perkerasan yang mampu mempertahankan kinerja struktural dan fungsional selama masa pelayanan. Pada perkerasan lentur, Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) merupakan lapis permukaan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, sehingga dituntut mempunyai stabilitas, durabilitas, kekesatan, dan ketahanan terhadap deformasi yang memadai. Mutu lapisan ini dipengaruhi oleh kualitas agregat, aspal, gradasi, kadar aspal, serta bahan pengisi atau filler (Sukirman, 2016; Susanto, 2020).

Filler mengisi rongga di antara butiran agregat dan memengaruhi kepadatan, viskositas mastic aspal, serta karakteristik volumetrik campuran. Filler konvensional seperti abu batu, kapur, dan semen banyak digunakan, tetapi pengembangan bahan alternatif lokal diperlukan untuk menekan konsumsi sumber daya mineral sekaligus mendukung konstruksi berkelanjutan. Penggunaan material sisa pertanian sebagai filler merupakan salah satu pendekatan yang dinilai berpotensi meningkatkan efisiensi sumber daya pada campuran beraspal (Riyanto & Prasetya, 2020; Karacasu et al., 2023).

Tongkol jagung merupakan limbah pertanian yang tersedia dalam jumlah besar pada daerah produksi jagung. Setelah dikeringkan, dibakar, digiling, dan diayak hingga lolos saringan No. 200, abu tongkol jagung dapat memiliki ukuran partikel yang sesuai untuk mengisi rongga campuran. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa abu tongkol jagung berpotensi digunakan sebagai bahan substitusi filler dalam campuran AC-WC (Sau'langi et al., 2021). Namun, kadar substitusi perlu dikendalikan karena perubahan jumlah material halus dapat memengaruhi kepadatan, rongga campuran, flow, stabilitas, dan kekakuan campuran.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi abu tongkol jagung terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC dan menentukan kadar substitusi optimum. Evaluasi dilakukan pada parameter stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, density, dan Marshall Quotient (MQ) dengan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II.

TINJAUAN PUSTAKA

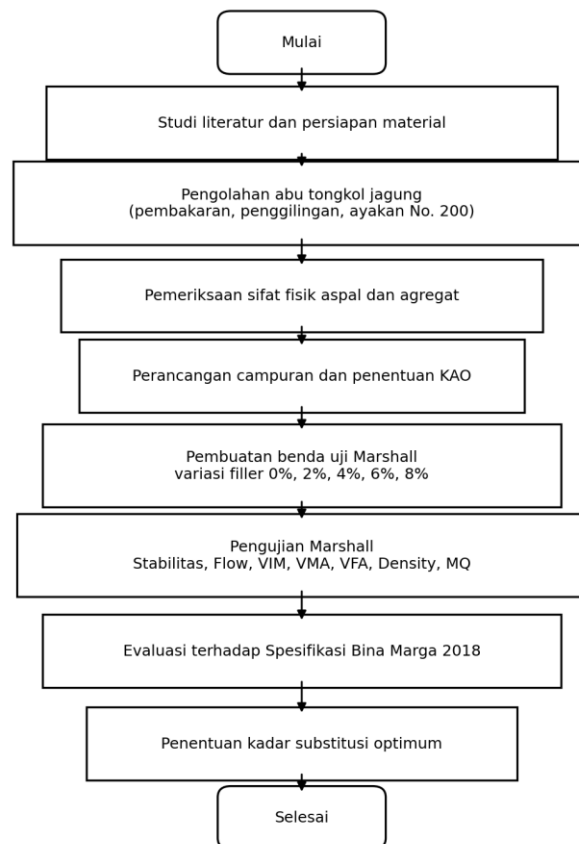
Campuran AC-WC dan Karakteristik Marshall

AC-WC adalah lapis aus pada struktur perkerasan lentur yang disusun dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal. Gradasi agregat yang menerus dan komposisi aspal yang tepat diperlukan agar campuran memiliki keseimbangan antara kekuatan, kelenturan, dan durabilitas. Pengujian Marshall digunakan untuk mengevaluasi stabilitas dan flow serta parameter volumetrik seperti VIM, VMA, dan VFA. Marshall Quotient merupakan rasio stabilitas terhadap flow yang memberikan indikasi kekakuan campuran (AASHTO, 1990; BSN, 1991).

Abu Tongkol Jagung sebagai Filler

Abu tongkol jagung diperoleh melalui pembakaran limbah tongkol jagung, kemudian digiling dan diayak hingga ukuran halus. Dalam penelitian ini material disiapkan agar lolos saringan No. 200 (0,075 mm), sehingga berfungsi sebagai material pengisi di antara partikel agregat. Mekanisme pengisian rongga tersebut berpotensi meningkatkan kerapatan campuran, namun substitusi yang terlalu tinggi dapat mengubah karakteristik mastic dan keseimbangan rongga sehingga diperlukan penentuan kadar optimum secara eksperimental.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Gambar 1. Tahapan penelitian

Lokasi, Material, dan Variabel Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Maret-Mei 2026 di Laboratorium Bahan Konstruksi Jalan dan Aspal, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Makassar. Material yang digunakan meliputi agregat kasar dan agregat halus, aspal keras penetrasi 60/70, filler standar, serta abu tongkol jagung sebagai filler substitusi. Agregat pada pengujian berasal dari sekitar Bili-bili, Kabupaten Gowa. Seluruh material diperiksa dan dibandingkan dengan ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II sebelum digunakan dalam campuran.

Abu tongkol jagung dikeringkan, dibakar hingga menjadi abu, kemudian ditumbuk dan diayak menggunakan saringan No. 200 (0,075 mm). Perancangan campuran dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5%. Tahap kedua menggunakan KAO yang diperoleh untuk menguji substitusi abu tongkol jagung sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% terhadap total berat filler.

Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

Agregat dan filler ditimbang sesuai proporsi, dipanaskan, kemudian dicampur dengan aspal panas sekitar 155°C hingga homogen. Campuran dimasukkan ke dalam cetakan Marshall dan dipadatkan sebanyak 75 tumbukan pada setiap sisi untuk merepresentasikan lalu lintas berat. Benda uji didiamkan sekitar 24 jam, kemudian sebelum pengujian direndam dalam water bath pada suhu 60°C selama 30-40 menit. Hasil pengujian digunakan untuk menghitung stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, density, dan MQ, kemudian dibandingkan dengan batas spesifikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Karakteristik Material Penyusun**

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa aspal penetrasi 60/70 dan agregat yang digunakan memenuhi persyaratan teknis. Nilai penetrasi aspal pada 25°C sebesar 61 (0,1 mm), titik lembek 52°C, daktilitas 146 cm, titik nyala 275°C, titik bakar 281°C, dan berat jenis 1,030. Agregat kasar juga memenuhi ketentuan abrasi Los Angeles dan kelekatan terhadap aspal, sedangkan agregat halus memenuhi persyaratan sand equivalent dan karakteristik berat jenis. Dengan demikian, seluruh material dasar dinyatakan layak untuk tahap perancangan campuran.

Tabel 1. Rekapitulasi pemeriksaan aspal penetrasi 60/70

Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi
Penetrasi 25°C (0,1 mm)	61	55-68
Titik lembek (°C)	52	≥ 49
Daktilitas 25°C (cm)	146	≥ 100
Titik nyala (°C)	275	≥ 232
Titik bakar (°C)	281	≥ 200
Berat jenis	1,030	≥ 1,0

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal rencana dihitung sebesar 5,5%, kemudian pengujian Marshall dilakukan pada lima kadar aspal. Hasil memperlihatkan bahwa stabilitas meningkat sampai kadar 5,5% dan kemudian menurun, sedangkan VIM berkurang seiring kenaikan kadar aspal. Berdasarkan superposisi parameter yang memenuhi spesifikasi, KAO campuran AC-WC ditetapkan sebesar 6,0%. Pada kadar ini nilai stabilitas 1.026,07 kg, flow 3,10 mm, VIM 4,03%, VMA 17,12%, VFA 76,48%, density 2,37, dan MQ 331,07 kg/mm.

Tabel 2. Rekapitulasi karakteristik Marshall untuk penentuan KAO

Parameter	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	Spesifikasi
Stabilitas (kg)	936,23	1.011,88	1.049,71	1.026,07	964,60	≥ 800
Flow (mm)	3,50	3,17	3,07	3,10	3,40	2-4
VIM (%)	7,01	5,93	4,97	4,03	3,38	3-5
VMA (%)	16,67	16,74	16,91	17,12	17,58	≥ 15
VFA (%)	57,94	64,56	70,64	76,48	80,76	≥ 65
Density	2,34	2,35	2,36	2,37	2,37	≥ 2,2
MQ (kg/mm)	267,56	319,85	342,72	331,07	283,83	≥ 250

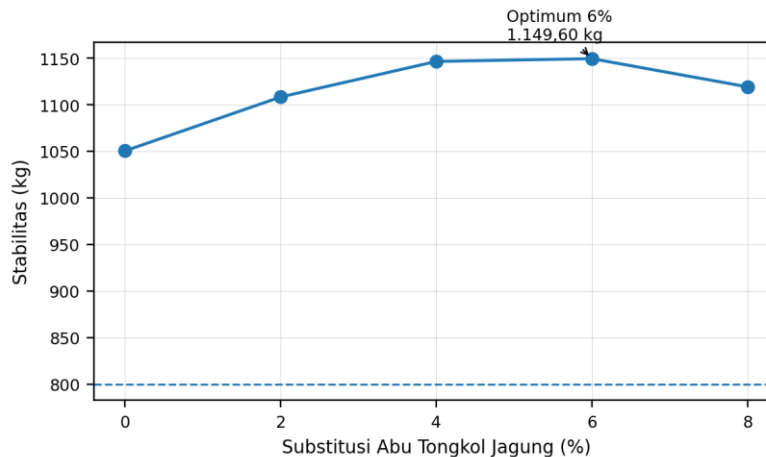
Pengaruh Abu Tongkol Jagung terhadap Karakteristik Marshall

Pada KAO 6,0%, seluruh variasi substitusi abu tongkol jagung memenuhi persyaratan Marshall. Density meningkat bertahap dari 2,240 g/cm³ pada campuran kontrol menjadi 2,269 g/cm³ pada substitusi 8%. Kenaikan ini menunjukkan bahwa partikel abu yang halus berperan dalam mengisi rongga di antara agregat. Sejalan dengan peningkatan kepadatan, VIM menurun dari 4,26% menjadi 3,00% dan VMA menurun dari 16,69% menjadi 15,60%, sedangkan VFA meningkat dari 74,54% menjadi 80,76%. Perubahan tersebut menunjukkan efek pengisian rongga yang semakin kuat seiring bertambahnya kadar abu.

Nilai flow menurun dari 3,98 mm menjadi 3,70 mm, menunjukkan kecenderungan campuran menjadi lebih kaku. Meskipun demikian, seluruh nilai masih berada pada rentang 2-4 mm. Stabilitas meningkat dari 1.050,56 kg pada variasi 0% menjadi 1.149,60 kg pada variasi 6%, kemudian turun menjadi 1.119,33 kg pada variasi 8%. Pola yang sama terjadi pada MQ, yaitu meningkat dari 263,99 kg/mm menjadi 310,84 kg/mm pada 6%, lalu menurun menjadi 302,52 kg/mm pada 8%.

Tabel 3. Karakteristik Marshall pada variasi abu tongkol jagung, KAO 6,0%

Parameter	0%	2%	4%	6%	8%	Spesifikasi
Density (g/cm ³)	2,240	2,249	2,262	2,266	2,269	Dilaporkan
Stabilitas (kg)	1.050,56	1.108,43	1.146,63	1.149,60	1.119,33	≥ 800
Flow (mm)	3,98	3,87	3,77	3,70	3,70	2-4
VMA (%)	16,69	16,34	15,85	15,73	15,60	≥ 15
VIM (%)	4,26	3,86	3,30	3,15	3,00	3-5
VFA (%)	74,54	76,44	79,23	79,98	80,76	≥ 65
MQ (kg/mm)	263,99	286,70	304,47	310,84	302,52	≥ 250



Gambar 2. Hubungan substitusi abu tongkol jagung terhadap stabilitas

Kenaikan stabilitas hingga kadar 6% menunjukkan bahwa pada proporsi tersebut abu tongkol jagung mampu meningkatkan pengisian rongga dan interaksi antarbutir sehingga campuran mempunyai kapasitas menahan beban yang lebih tinggi. Penurunan stabilitas dan MQ pada 8% menunjukkan bahwa penambahan material halus setelah titik optimum tidak lagi memberikan peningkatan mekanis. Pada saat yang sama VIM telah mencapai batas bawah 3,00%, sehingga penambahan lebih lanjut berisiko menghasilkan campuran yang terlalu rapat.

Penentuan Kadar Substitusi Optimum

Penentuan kadar optimum dilakukan dengan mempertimbangkan seluruh parameter secara simultan. Walaupun variasi 0%-8% memenuhi batas Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II, kadar 6% menghasilkan kombinasi terbaik, yaitu stabilitas tertinggi 1.149,60 kg dan MQ tertinggi 310,84 kg/mm, dengan flow 3,70 mm, VIM 3,15%, VMA 15,73%, VFA 79,98%, dan density 2,266 g/cm³. Oleh karena itu, substitusi abu tongkol jagung sebesar 6% ditetapkan sebagai kadar optimum pada campuran AC-WC yang diuji.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan material yang digunakan memiliki Kadar Aspal Optimum sebesar 6,0%. Substitusi abu tongkol jagung sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% pada KAO tersebut seluruhnya memenuhi persyaratan Marshall. Penambahan abu meningkatkan density dan VFA serta menurunkan VIM, VMA, dan flow, sehingga campuran cenderung lebih rapat dan kaku. Kinerja mekanis terbaik diperoleh pada kadar substitusi 6% dengan stabilitas 1.149,60 kg dan Marshall Quotient 310,84 kg/mm. Berdasarkan superposisi seluruh parameter, kadar optimum substitusi abu tongkol jagung sebagai filler pada campuran AC-WC adalah 6%.

SARAN

Penelitian lanjutan disarankan mengevaluasi ketahanan retak dan deformasi dengan pengujian Indirect Tensile Strength dan Wheel Tracking, menstandarisasi proses pembakaran abu menggunakan furnace pada temperatur terkendali, serta melaksanakan Marshall Immersion untuk menilai sensitivitas air dan Indeks Kekuatan Sisa, khususnya pada kadar substitusi tinggi yang menghasilkan VIM mendekati batas minimum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknik Sipil Universitas Lamappapoleonro dan Laboratorium Bahan Konstruksi Jalan dan Aspal Universitas Muslim Indonesia atas dukungan fasilitas dan pelaksanaan pengujian penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (1990). AASHTO T245-90: Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Asphalt Mixtures Using Marshall Apparatus. Washington, D.C.
- Annisa, H., & Yunus, I. (2023). Analisis Penggunaan Serat Jute Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Peningkatan Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung.
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). SNI 06-2489-1991: Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2434:2011: Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2456:2011: Cara Uji Penetrasi Aspal. Jakarta: BSN.
- Brown, E. R., Kandhal, P. S., Roberts, F. L., Kim, Y. R., Lee, D. Y., & Kennedy, T. W. (2009). Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction (3rd ed.). NAPA Research and Education Foundation.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Karacasu, M., Akalin, S. A., & Er, A. (2023). Innovation in Pavement Materials: Sustainable Engineering Practices. *Journal of Civil Engineering and Materials*.
- Ninduwezuor-Ehiobu, N., et al. (2023). Sustainable Fillers in Asphalt Mixtures: Economic and Environmental Perspectives. *International Journal of Pavement Engineering*.
- Rangan, P. R., & Tumpu, M. (2022). Marshall Test Characteristics of AC-BC Mixture to Determination of Optimum Asphalt Content and Marshall Immersion Index Using Portland Composite Cement as Filler. *Jurnal*, 17(18).
- Riyanto, A., & Prasetya, B. (2020). Pemanfaatan Limbah Pertanian sebagai Material Alternatif Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*.
- Sau'langi, A. S., Alpius, & Tanje', H. W. (2021). Pemanfaatan Abu Limbah Bonggol Jagung Sebagai Bahan Substitusi Filler Untuk Campuran AC-WC. *Jurnal*, 3(4).

Spesifikasi Umum Bina Marga. (2018). Divisi 6: Perkerasan Aspal. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.

Sukirman, S. (2007). Beton Aspal Campuran Panas. Yayasan Obor Indonesia.

Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. Bandung: Institut Teknologi Nasional.

Susanto, H. (2020). Teknologi Campuran Aspal Beton (AC-WC) untuk Perkerasan Jalan. Jurnal Konstruksi Jalan dan Jembatan.

Yunus, I., Hafram, S. M., & Alifuddin, A. (2021). Analisis Campuran (AC-WC Asb) Menggunakan Plastik Tipe LDPE Sebagai Bahan Tambah. Jurnal, 6(2).