

**DURABILITAS CAMPURAN LASTON AC-WC MENGGUNAKAN
FILLER SERBUK SERAT DAUN NANAS**
*Durability of Asphalt Concrete Wearing Course Mixture using
Pineapple Leaf Fiber Powder Filler*

Desi Widianty*, I Dewa Made Alit Karyawan*, Wahyu Tegar Firmansyah*
*Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram
Jl. Majapahit No 62, Mataram 83125 Indonesia
Email: widiantydesi@unram.ac.id, dewaalit@unram.ac.id

Manuscript received: 16 September 2025

Accepted: 16 Oktober 2025

Abstrak

Filler berbahan serat selulosa memiliki kemampuan untuk memperbaiki stabilitas campuran laston. Serat daun nanas yang kaya akan selulosa, dapat menjadi alternatif bahan filler pada lapis aus campuran beraspal.

Pengujian dalam penelitian ini meliputi uji sifat volumetrik dan mekanis campuran aspal menggunakan metode Marshall standar serta uji rendaman (immersion). Benda uji campuran laston AC-WC menggunakan lima variasi proporsi filler abu batu dan serbuk serat daun nanas yaitu persentase (100 : 0), (97 : 3), (94 : 6), (91 : 9), dan (88 : 12) dengan kadar aspal optimum sebesar 5,92%.

Hasil penelitian memberikan data berupa nilai VMA, VIM, VFB, stabilitas, flow, Marshall Quotient (MQ), serta Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Dari analisis yang dilakukan, diketahui penggunaan serbuk serat daun nanas sebagai filler berpengaruh terhadap peningkatan persentase VFB, sementara persentase VMA dan VIM cenderung menurun. Semua variasi campuran filler antara abu batu dan serbuk serat daun nanas menunjukkan hasil stabilitas, flow, dan MQ yang masih berada dalam batas spesifikasi yang ditetapkan. Nilai IKS tertinggi, yaitu 92,555%, diperoleh pada campuran dengan penambahan 3% serbuk serat daun nanas, yang menandakan bahwa pada komposisi tersebut campuran aspal menunjukkan performa durabilitas yang paling optimal.

Kata kunci : Durabilitas, Filler, Serbuk serat daun nanas, IKS.

PENDAHULUAN

Perkerasan jalan yang baik menjadi elemen penting dalam kelancaran lalu lintas dan kenyamanan pengguna jalan. Namun kenyataannya kerusakan jalan yang terjadi setiap tahun sering kali tidak sesuai dengan perencanaan umur jalan yang sudah ditetapkan. Kerusakan Jalan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, mulai dari beban berlebih, perilaku pengguna jalan, faktor alam, dan kualitas material. Kerusakan jalan yang sering dijumpai adalah retak, lubang, penurunan, pengausan, dan lain sebagainya. Kerusakan jalan umumnya lebih banyak terjadi pada lapis permukaan atau *wearing couse*, karena lapis permukaan merupakan lapisan pertama yang menerima beban secara langsung dari kendaraan. Kekuatan lapis permukaan atau *wearing couse* berasal dari ikatan antara agregat, *filler* dan aspal.

Abu batu dari mesin pemecah batu (*stone crusher machine*) sering digunakan sebagai *filler*. Namun, dengan semakin berkurangnya pasokan sirtu dan harga yang semakin mahal, abu batu sebagai bahan *filler* sulit diperoleh. Karena itu, dibutuhkan solusi alternatif menggunakan bahan-bahan lain yang lebih murah dan tersedia dalam jumlah melimpah. Berkembangnya teknologi memberi banyak inovasi tentang material *filler* pada campuran aspal beton yang dapat digunakan. Material itu sendiri bisa berasal dari sisa limbah pabrik, sisa bangunan, maupun sisa alam.

Kumar dan Prasad (2020), penggunaan *filler* berupa serat selulosa *arboce*l dalam campuran aspal dapat memperbaiki stabilitas campuran aspal beton. Daun tanaman nanas adalah salah satu sumber serat yang pemanfaatannya masih sangat terbatas. Menurut Hidayat (2008), serat daun nanas memiliki kandungan selulosa yang berada dalam rentang 69,5% sampai 71,5%. Penelitian ini menggunakan *filler* yang dibuat dari serbuk serat daun nanas dimana diharapkan dapat membantu meningkatkan durabilitas campuran laston AC-WC.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Yanti (2019), pemisahan serat daun nanas dilakukan dengan merendam daun nanas dalam larutan NaOH selama 24 jam. Setelah itu, daun dicuci hingga bersih dan disisir dengan kawat besi agar serat dapat terlepas dari daging daun. Serat yang sudah terpisah kemudian dicuci kembali sampai bersih sebelum dikeringkan.

Penelitian Ramadani (2020) mengkaji penggunaan dedak gandum sebagai bahan tambah (*filler*) dalam campuran laston. Variasi kadar *filler* yang diuji adalah 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat total *filler*, dan menggunakan kadar aspal sebesar 5,8%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *filler* dedak gandum yang paling optimal adalah sebesar 6%.

Rachmadani (2021) membahas pemanfaatan limbah serabut kelapa sebagai material *filler* dalam campuran aspal beton. Persentase *filler* yang digunakan bervariasi, yaitu 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, hingga 2%, dengan kadar aspal optimum sebesar 6%. Seluruh variasi *filler* memenuhi standar Bina Marga 2018. Adapun kadar *filler* optimal diperoleh ketika serbuk serabut kelapa ditambahkan sebanyak 1,765%, menghasilkan nilai stabilitas sebesar 3117,33 kg, flow 3,78 mm, dan Marshall Quotient (MQ) 827,507 kg/mm.

Sukirman (2003) dan SNI 06-2456-1991 menjelaskan bahwa aspal memiliki sifat termoplastis, yaitu menjadi lunak ketika dipanaskan dan kembali padat saat suhu menurun. Aspal juga bersifat adhesif karena mampu melekat kuat pada agregat serta kedap air. Selain itu, aspal bersifat viskoelastis dan relatif tahan terhadap pelapukan maupun oksidasi, meskipun dalam jangka panjang tetap dapat mengalami penuaan. Jumlah aspal dalam campuran umumnya berada dalam kisaran 4% sampai 10% dari total berat campuran. Klasifikasi aspal semen didasarkan pada nilai penetrasi yang menunjukkan tingkat kekerasannya, contohnya AC pen 40/50, AC pen 60/70, AC pen 80/100, AC pen 120/150, dan AC pen 200/300.

Agregat

Agregat adalah material granular yang digunakan bersama bahan pengikat (aspal atau semen) untuk membentuk campuran beton atau campuran aspal dalam konstruksi jalan (Sukirman, S, 2003). Agregat berfungsi sebagai pengisi utama dalam campuran dan menyumbang sekitar 60%–80% dari volume total campuran, baik dalam beton maupun aspal. Agregat sangat berperan dalam memberikan kekuatan, daya tahan, stabilitas dimensi, serta struktur pada lapisan perkerasan.

Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler merupakan material berbentuk butiran sangat kecil yang ditambahkan ke dalam campuran aspal guna mengisi rongga-rongga di antara partikel agregat. Secara teknis, merupakan material yang

ukurannya < 0,075 mm atau lolos saringan no. 200. dan berfungsi untuk meningkatkan kepadatan, stabilitas, serta viskositas campuran.

a. Abu Batu

Abu batu merupakan material hasil samping dari proses pemecahan batu (*stone crusher*) yang berbentuk sangat halus, seperti debu atau tepung. Material ini tergolong sebagai *filler* jika ukurannya < 0,075 mm atau lolos saringan no. 200. Umumnya abu batu berwarna abu-abu dan bersifat higroskopis yaitu mampu menyerap aspal. Pemanfaatan abu batu dalam campuran aspal dapat meningkatkan kekentalan campuran serta menurunkan risiko terjadinya segregasi dan *bleeding*, karena mengisi rongga antar agregat dalam campuran.

b. Serbuk serat daun nanas

Tanaman nanas (*Ananas comosus* (L) Merr) tergolong dalam famili Bromeliaceae, merupakan tanaman tropis dan subtropis yang tersebar luas di Indonesia. Daunnya memiliki bentuk seperti pedang dengan ujung lancip dan berwarna hijau gelap. Ukuran daun bervariasi, dengan panjang sekitar 55 hingga 75 cm, lebar antara 3,1 hingga 5,3 cm, dan ketebalan sekitar 0,18 hingga 0,27 cm, tergantung pada jenis atau varietas tanaman tersebut (Hidayat, 2008).

Serat daun nanas merupakan salah satu jenis serat nabati yang berasal dari daun tanaman nanas. Kandungan utama dalam serat ini adalah selulosa dan senyawa non-selulosa, yang diperoleh setelah menghilangkan lapisan luar daun melalui proses mekanis. Kandungan kimia serat tersebut juga tergantung pada spesies atau varietas tanaman nanas yang digunakan. Hidayat (2008), kandungan kimia dari serat nanas terdiri dari : alpha selulosa (69,5 - 71,5%), pentosa (17,0 - 17,8%), lignin (4,4 - 4,7%), lemak dan wax (3,0 - 3,3%), pektin (1,0 - 1,2%), abu (0,71 - 0,87%) dan zat-zat lain (4,5 - 5,3%).

Serbuk serat daun nanas diperoleh melalui proses pengolahan daun nanas yang diambil seratnya kemudian dikeringkan dan dihaluskan menggunakan alat penggiling atau blender untuk mendapatkan ukuran butiran tertentu. Setelah itu, serbuk serat yang dihasilkan disaring menggunakan saringan nomor 200 (0,075 mm), dengan ketentuan bahwa 75% dari berat serbuk harus lolos saringan.

Gradasi Agregat Rencana Campuran Laston AC-WC

Perencanaan gradasi agregat campuran laston AC-WC berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2 (2020).

Tabel 4 Gradasi agregat rencana campuran AC-WC

Ukuran Saringan	Spesifikasi % lolos	Nilai Tengah (%)	Kumulatif Tertahan (%)	Masing masing Tertahan (%)
3/4"	100	100	0.0	0
1/2"	90 - 100	95	5.0	5
3/8"	77 - 90	83,5	16,5	11,5
no. 4	53 - 69	61	39,0	22,5
no. 8	33 - 53	43	57,0	18
no. 16	21 - 40	30,5	69,5	12,5
no. 30	14 - 30	22	78,0	8,5
no. 50	9 - 22	15,5	84,5	6,5
no. 100	6 -15	10,5	89,5	5
no. 200	4 - 9	6.5	93,5	4
pan				6,5

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

Aspal Beton

Laston AC-WC adalah campuran beraspal panas (*hot mix asphalt*) menggunakan agregat bergradasi rapat sebagai lapis permukaan teratas dari struktur perkerasan lentur (*flexible pavement*). Laston AC-WC terdiri dari campuran aspal keras, agregat kasar dan halus, serta *filler*.

Tabel 5 Persyaratan campuran laston AC-WC

Karakteristik Campuran	Persyaratan (AC-WC)
Jumlah tumbukan perbidang	2 x 75
Rongga dalam campuran beraspal (VIM), %	3,0 - 5,0
Rongga di antara mineral agregat (VMA), %	min. 15
Rongga terisi aspal (VFB), %	min. 65
Stabilitas marshall, kg	min. 800
Pelelehan (Flow), mm	2– 4
Marshall quotient, kg/mm	min. 250
Stabilitas Marshall sisa setelah perendaman 24jam, 60°C	min. 90%

Sumber: SNI 8198-2015

a. Sifat volumetrik campuran aspal

Sifat volumetrik dari campuran aspal mengacu pada karakteristik fisik yang digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi rancangan awal campuran di laboratorium melalui pengujian sampel. Parameter yang termasuk di dalamnya adalah berat jenis, persentase rongga udara, dan tebal lapisan aspal. Peningkatan kepadatan campuran cenderung memperkuat stabilitas dan daya tahan, serta meminimalkan risiko deformasi akibat beban lalu lintas.

Rongga diantara mineral agregat

Rongga di antara mineral agregat (VMA) didefinisikan sebagai volume total ruang kosong yang berada di antara butiran agregat dalam campuran aspal yang telah dipadatkan, yang mencakup ruang yang akan diisi oleh aspal maupun udara. Nilai VMA dapat ditentukan melalui rumus berikut.

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

dengan: G_{mb} = berat jenis bulk campuran padat; G_{sb} = berat jenis bulk agregat; P_s = kadar agregat (% dibandingkan keseluruhan campuran).

Rongga dalam campuran beraspal

VIM (*Void in Mix*) merupakan volume udara yang tersisa di dalam campuran aspal, terletak di sela-sela agregat yang telah terlapisi aspal. Nilai VIM ditentukan melalui persamaan berikut.

$$VIM = 100 \left(\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \quad \dots\dots\dots (2)$$

dengan: G_{mb} = berat jenis bulk campuran padat; G_{mm} = berat jenis maksimum campuran aspal.

Rongga pori yang terisi aspal

Persentase pori yang terisi aspal (VFB) menggambarkan bagian dari total rongga antara butiran agregat (VMA) yang terisi oleh aspal efektif, dan umumnya dinyatakan dalam satuan persen.

Rongga pori yang terisi aspal (VFB) merupakan proporsi dari volume rongga di antara mineral agregat (VMA) yang diisi oleh aspal efektif, dan biasanya dinyatakan dalam bentuk persen. Perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$VFB = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \quad \dots\dots\dots (3)$$

dengan: VMA = rongga di antara mineral agregat; VIM = rongga dalam campuran beraspal.

Sifat Mekanis Campuran Aspal

Besarnya beban maksimal yang dapat ditahan oleh campuran aspal sebelum mengalami kerusakan struktur disebut sebagai nilai stabilitas, dan nilainya dinyatakan dalam kilogram (kg). Perhitungan stabilitas dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$S = q \times C \times k \quad \dots\dots\dots (4)$$

dengan: S = stabilitas terkoreksi (kg); q = stabilitas pada dial alat marshall; C = angka koreksi ketebalan; K = faktor kalibrasi alat.

Kelelehan (*flow*) merupakan besarnya deformasi plastis dari campuran aspal padat hingga mencapai beban maksimum pada saat dilakukan uji stabilitas Marshall, dan nilainya dinyatakan dalam milimeter (mm). Perbandingan antara stabilitas dan kelelehan disebut *Marshall Quotient*. Semakin besar nilai *Marshall Quotient*, semakin tinggi tingkat kekakuan campuran, namun kondisi ini juga membuat campuran lebih rentan mengalami retak.

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{flow}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

dengan: Stabilitas = beban maksimum yang dapat ditahan campuran beraspal (kg); *Flow* = besarnya perubahan bentuk plastis campuran aspal padat (mm).

Marshall Immersion

Uji perendaman *Marshall (Marshall Immersion)* digunakan untuk mengukur kemampuan suatu campuran aspal dalam mempertahankan kekuatannya setelah terendam air. Ketahanan campuran tersebut dinyatakan melalui nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Nilai IKS diperoleh dari rasio stabilitas *marshall immersion* pada benda uji yang direndam selama 24 jam dan stabilitas marshall standar yang hanya direndam 30 menit. Kehadiran air dalam campuran beraspal berpotensi menurunkan daya ikat aspal terhadap agregat, sehingga mengurangi kekuatan ikatan antarbutir agregat. Indeks ini digunakan untuk mengukur durabilitas atau keawetan campuran beraspal, khususnya terhadap kemampuan campuran mempertahankan kekuatannya setelah mengalami perendaman dalam air. Semakin tinggi nilai IKS, semakin baik kemampuan campuran dalam mempertahankan kekuatannya dalam kondisi basah. Oleh karena itu, pengujian IKS sangat penting dalam proses desain dan evaluasi kualitas campuran beraspal, terutama untuk memastikan umur layanan perkerasan jalan yang lebih lama dan tahan terhadap kondisi lingkungan.

$$IKS = \frac{\text{stabilitas marshall immersion}}{\text{stabilitas marshall standar}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (6)$$

dengan: IKS = Indeks Kekuatan Sisa

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (SE No. 16.1/SE/Db/2020), nilai IKS untuk campuran beraspal dipersyaratkan minimal sebesar 90%. Apabila nilai yang diperoleh kurang dari 90%,

maka campuran dianggap belum memenuhi standar ketahanan (durabilitas) terhadap kerusakan akibat air.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini terdiri dari aspal minyak penetrasi 60/70, agregat (kasar dan halus), *filler* (campuran abu batu dan serat daun nanas), dan cairan (larutan NaOH serta air).

Pembuatan serat daun nanas

- Daun nanas dicuci dan direndam pada ember yang telah berisi air selama 24 jam. Daun nanas terlebih dahulu dijemur selama ± 3 hari hingga kering, lalu dipotong sepanjang kurang lebih 10 cm.
- NaOH dilarutkan dalam air.
- Daun nanas kering dan NaOH (yang telah dilarutkan) dimasukkan kedalam kendi dan didiamkan selama 4 jam. Kemudian dipanaskan sambil diaduk hingga larutan NaOH meresap ke daun nanas.
- Setelah meresap, dinginkan daun nanas dan cuci hingga getahnya hilang, kemudian dipisahkan dengan cara disisir menggunakan sisir besi menjadi serat dan dicuci kembali.
- Serat daun nanas dijemur selama 24 jam dibawah sinar matahari lalu dimasukkan kedalam oven selama ± 3 hari hingga benar-benar kering.

Pembuatan *Filler* Serbuk Serat Daun Nanas

Pembuatan *filler* dari serat daun nanas dilakukan dengan cara mengoven serat daun nanas hingga kering, kemudian dihancurkan menggunakan blender sampai menjadi serbuk halus. Serbuk tersebut selanjutnya disaring dengan ayakan No.200, dan fraksi yang lolos saringan digunakan sebagai material pengisi (*filler*) dalam campuran.

Pemeriksaan bahan

Material penyusun campuran aspal beton terlebih dahulu diperiksa, dengan tujuan mengetahui sifat dan karakteristik bahan yang digunakan. Langkah ini penting untuk memastikan bahwa setiap material memenuhi persyaratan teknis sesuai standar yang berlaku. Hasil pemeriksaan akan menjadi acuan dalam proses perancangan campuran, sehingga kualitas dan kinerja campuran aspal beton dapat terjamin.

Rancangan jumlah sampel benda uji

Rancangan benda uji laston AC-WC didasarkan pada kadar aspal optimum 5,92% (Putri, 2022). Sebagai *filler*, digunakan campuran antara abu batu dan serbuk serat daun nanas, di mana serbuk serat nanas bervariasi dari 0%, 3%, 6%, 9%, hingga 12% dari keseluruhan *filler* yang digunakan.

Tabel 6 Jumlah sampel benda uji

Pengujian	Jumlah sampel benda uji campuran aspal (buah)				
	Variasi Filler (Abu Batu : Serbuk Serat Daun Nanas)				
	100% : 0%	97% : 3%	94% : 6%	91% : 9%	88% : 12%
Volumetrik dan Marshall Standar	3	3	3	3	3
<i>Marshall Immersion</i>	3	3	3	3	3

Analisa Data

Pengujian terhadap benda uji dilakukan dengan menggunakan kombinasi *filler* berupa abu batu dan serbuk serat daun nanas, menggunakan kadar aspal optimum yang telah ditentukan sebelumnya. Data yang dikumpulkan mencakup berat jenis agregat, aspal, dan campuran agregat, yang digunakan untuk menghitung parameter volumetrik seperti VIM, VMA, dan VFB. Dari hasil uji marshall standar, diperoleh nilai-nilai mekanis seperti stabilitas, *flow*, dan *marshall quotient*. Selain itu, pengujian *marshall immersion* juga dilakukan untuk memperoleh nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS), sebagai dasar penentuan ketahanan (durabilitas) campuran beraspal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70 dan Agregat

Pengujian terhadap karakteristik aspal penetrasi 60/70 dan agregat yang digunakan sebagai bahan campuran menunjukkan bahwa keduanya telah memenuhi persyaratan sebagaimana tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020). Dengan demikian, aspal maupun agregat layak digunakan sebagai material penyusun perkerasan aspal beton. Hasil pengujian dapat disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil pengujian aspal dan agregat

Bahan	Pengujian Bahan	Hasil(*)	Spesifikasi(**)
Aspal Pen 60/70 (*)	Penetrasi pada 25 °C (0,1 mm)	70,00	60-70
	Titik Lembek (°C)	51,50	≥ 48
	Titik Nyala (°C)	300,00	≥ 232
	Daktalitas pada 25°C (cm)	138,50	≥ 100
	Berat Jenis	1,0462	≥ 1,00
	Kehilangan berat (%)	0,26	≤ 0.80
Agregat Kasar (*)	Berat jenis	bulk	2,60
		SSD	2,63
		semu	2,69
	Penyerapan (%)	1,28	Maks. 3,00
	Keausan <i>impact</i> (%)	20,11	Maks. 40
	Kelekatan (%)	100,00	Min. 95
Agregat Halus (*)	Berat jenis	bulk	2,61
		SSD	2,67
		semu	2,77
	Penyerapan (%)	2,21	Maks. 3,00

(*)Sumber: Putri (2022)

(**)Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

Pengujian Filler

Filler yang dipakai dalam penelitian ini merupakan kombinasi antara abu batu dan serbuk serat daun nanas. Pengujian yang dilakukan meliputi berat jenis dan penyerapan. Hasil uji disajikan pada Tabel 8.

Berdasarkan hasil pengujian, terdapat tren di mana berat jenis campuran filler berkurang ketika serbuk serat daun nanas ditambahkan, sedangkan nilai penyerapan menunjukkan kecenderungan peningkatan.

Tabel 8 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan *filler*

Variasi Persentase <i>Filler</i> Serbuk Serat Daun Nanas	Berat Jenis			Penyerapan
	Bulk	SSD	Semu	
Abu Batu	2.64	2.66	2.68	0.63
Abu Batu + Serbuk Serat Daun Nanas 3%	2.57	2.61	2.66	1.29
Abu Batu + Serbuk Serat Daun Nanas 6%	2.53	2.57	2.65	1.76
Abu Batu + Serbuk Serat Daun Nanas 9%	2.38	2.44	2.53	2.41
Abu Batu + Serbuk Serat Daun Nanas 12%	2.01	2.08	2.15	3.28
Serbuk serat daun nanas	1,76			

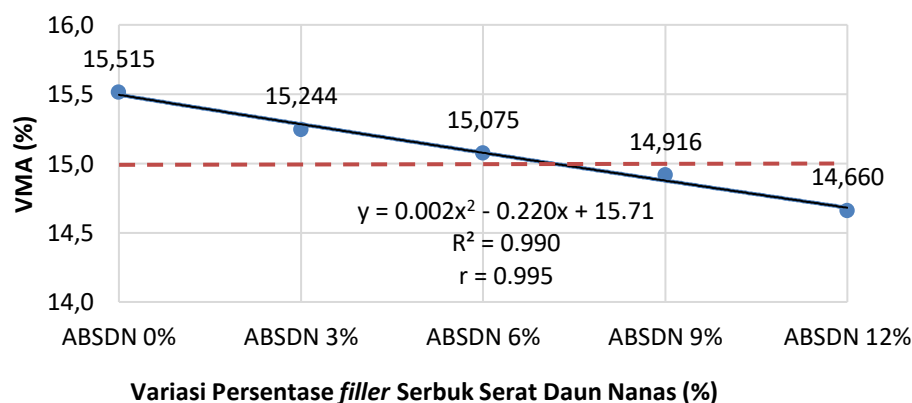
Sumber: Hasil Pengujian

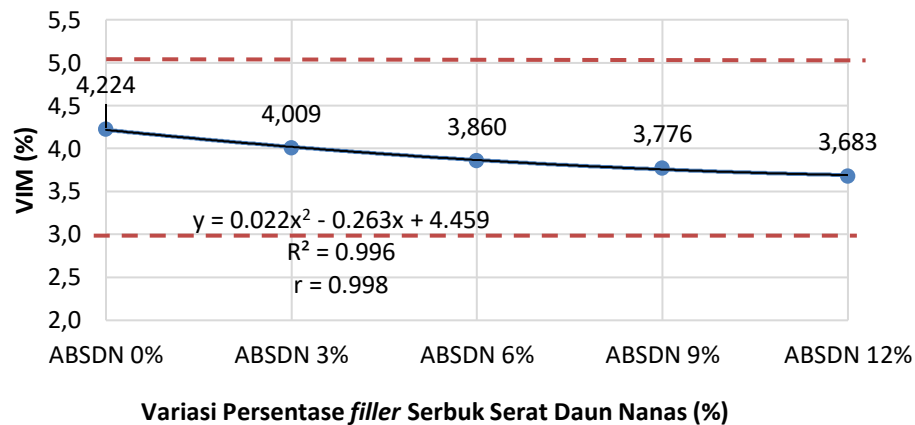
Nilai Volumetrik dan Mekanis Campuran aspal dengan Variasi *Filler* Serbuk Serat Daun Nanas

Nilai-nilai volumetrik yang menentukan mutu campuran aspal adalah VMA (*voids in mineral aggregate*), VIM (*void in mix*), dan VFB (*void filled with bitumen*). Nilai volumetrik sangat dipengaruhi oleh adanya penggantian *filler* abu batu dengan serbuk serat berat nanas. Pengaruh hubungan antara adanya serbuk serat nanas sebagai pengganti dari abu batu dengan nilai volumetrik disajikan pada Gambar 1 sampai 3.

Nilai VMA dan nilai VIM pada Gambar 1 dan 2 terlihat semakin turun seiring banyaknya *filler* serbuk serat daun nanas pada campuran. Penambahan serbuk serat daun nanas pada *filler* abu batu membuat volume *filler* menjadi lebih besar. Semakin banyak serbuk serat ditambahkan maka rongga pori antar agregat maupun rongga dalam campuran aspal akan semakin lebih kecil karena rongga banyak terisi *filler*. Namun standar minimum VMA (15%) hanya dapat dicapai pada batas penggunaan serbuk serat daun nanas sebesar 6%. Berbeda dengan nilai VIM, semua prosentase variasi memenuhi persyaratan 3 – 5%. Persyaratan tersebut menjadi acuan untuk melihat kemampuan campuran dalam menahan deformasi. Selain itu, koefisien korelasi (r) menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat (masing-masing 0,995 dan 0,998) antara peningkatan *filler* serbuk serat daun nanas dengan nilai VMA dan VIM..

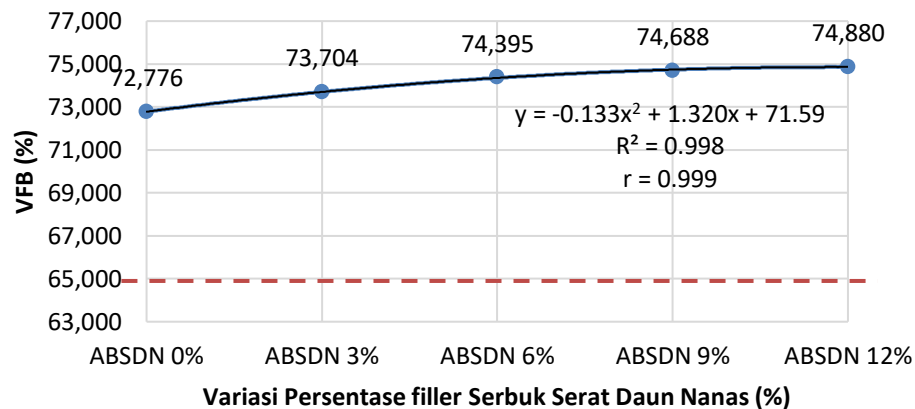
Berbeda dengan nilai VIM yang memenuhi rentang persyaratan 3%–5% dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) pada semua persentase *filler*, standar minimum VMA (15%) hanya dapat dicapai pada batas penggunaan serbuk serat daun nanas sebesar 6%. Standar-standar ini menjadi kriteria utama untuk menilai seberapa baik campuran mampu menahan perubahan bentuk. Selain itu, koefisien korelasi (r) menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat (masing-masing 0,995 dan 0,998) antara peningkatan *filler* serbuk serat daun nanas dengan nilai VMA dan VIM.

**Gambar 1** Hubungan antara variasi persentase *filler* serbuk serat daun nanas dengan nilai VMA



Gambar 2 Hubungan antara Variasi Persentase *Filler* Serbuk Serat Daun nanas dengan Nilai VIM

Sedangkan Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai VFB untuk semua variasi persentase *filler* serbuk serat daun nanas memenuhi persyaratan minimum $\geq 65\%$ sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020).



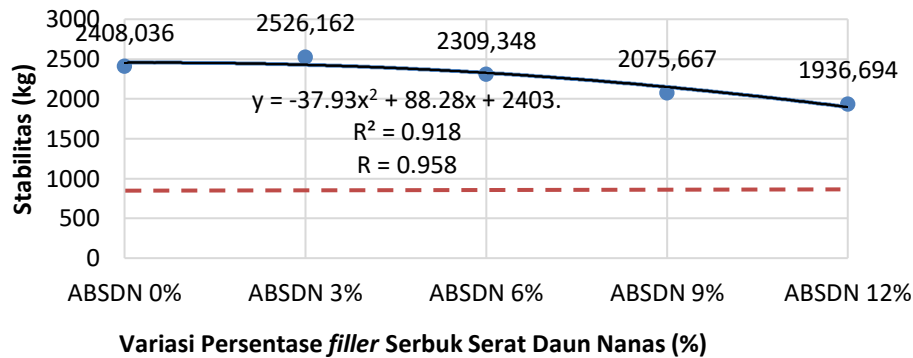
Gambar 3 Hubungan antara Variasi Persentase *Filler* Serbuk Serat Daun nanas dengan Nilai VFB

Nilai VFB semakin bertambah seiring dengan penambahan filler serbuk serat daun nanas pada campuran aspal. Hal ini dikarenakan filler serbuk serat daun nanas yang bersifat menyerap aspal turut membantu mengisi rongga yang ada, sehingga volume rongga yang terisi aspal menjadi lebih besar. Hal ini memberikan kontribusi terhadap peningkatan daya tahan (durabilitas) campuran aspal. Hubungan yang sangat kuat antara nilai VFB dengan persentase penambahan serbuk serat daun nanas dengan koefisien korelasi sebesar 0,999.

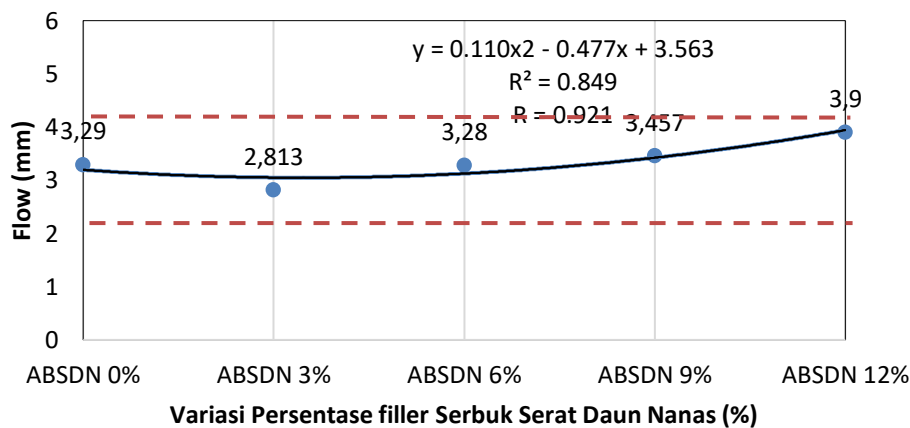
Nilai mekanis campuran aspal berupa nilai stabilitas, flow dan marshall quotient. Pengaruh hubungan antara adanya serbuk serat nanas sebagai pengganti dari abu batu dengan nilai mekanis disajikan pada Gambar 4 sampai Gambar 6 .

Seperti terlihat pada Gambar 4 bahwa semua variasi penambahan filler serbuk serat daun nanas menghasilkan nilai stabilitas yang semakin meningkat sampai variasi 3% dan selanjutnya setelah penambahan lebih dari 3% nilai stabilitas malah mengalami penurunan. Penurunan ini terjadi karena penambahan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan rongga antara agregat terlalu kecil sehingga justru mengurangi kohesi antara agregat dan aspal. Sama halnya dengan nilai flow, penambahan variasi filler sampai 6 % mengalami penurunan dan selanjutnya variasi diatas 6% mengalami kenaikan kembali.

Hal ini dikarenakan penambahan *filler* serbuk serat daun nanas menyebabkan campuran menjadi lebih lentur sehingga defleksinya menjadi lebih besar. Kondisi ini mengindikasikan bahwa campuran menjadi lebih elastis dan lentur, sehingga lebih mampu menyesuaikan diri terhadap deformasi akibat beban lalu lintas yang berulang.

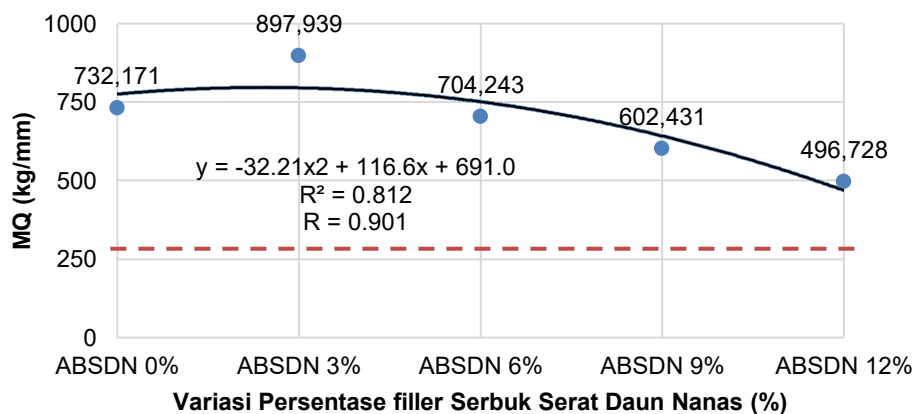


Gambar 4 Hubungan antara variasi persentase *filler* serbuk serat daun nanas dengan nilai stabilitas.



Gambar 5 Hubungan antara variasi persentase *filler* serbuk serat daun nanas dengan nilai *flow*

Nilai MQ yang didapatkan dari penambahan *filler* serbuk serat daun nanas pada Gambar 7 menunjukkan bahwa variasi 3% mencapai optimum dengan nilai sebesar 897,939 kg/mm sebelum mengalami penurunan pada variasi yang lebih tinggi dari 3%. Penurunan ini disebabkan oleh peningkatan jumlah *filler* serbuk serat daun nanas dapat menyebabkan tingkat kelenturan dan plastisitas campuran menjadi semakin besar.



Gambar 6 Hubungan antara variasi persentase *filler* serbuk serat daun nanas dengan nilai MQ

Nilai IKS

Setelah mendapatkan nilai stabilitas *marshall standard* dan *marshall immersion*, maka dilakukan perhitungan persentase Indeks Kekuatan Sisa (IKS) yang diperoleh dengan membandingkan nilai stabilitas setelah 24 jam perendaman dengan stabilitas pada perendaman selama 30 menit. Hasil pada Tabel 9 menunjukkan bahwa penambahan filler serbuk serat daun nanas sebesar 3% memberikan ketahanan (nilai durabilitas) paling baik, ditandai dengan nilai indeks kekuatan sisa (IKS) tertinggi yang mencapai 92,555%.

Tabel 9 Nilai IKS dengan variasi persentase *filler* serbuk serat daun nanas

Variasi Persentase Penambahan Serbuk Serat Daun Nanas	Stabilitas Standar (kg)	Stabilitas Immersion (kg)	IKS (%)
	Waktu Perendaman		
	30 menit	24 jam	
0%	2408.04	2205.62	91.594
3%	2526.16	2338.08	92.555
6%	2309.35	2126.40	92.078
9%	2075.67	1863.87	89.796
12%	1936.69	1747.19	90.215

Sumber: Hasil Analisis Data

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil pengujian dan analisis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan *filler* serbuk serat daun nanas pada campuran aspal beton AC-WC menyebabkan penurunan nilai VMA dan VIM seiring dengan meningkatnya persentase *filler*. Sebaliknya, nilai VFB menunjukkan kecenderungan meningkat. Kondisi ini menunjukkan bahwa campuran menjadi lebih rapat akibat pori-pori terisi lebih baik dan rongga dalam campuran aspal akan semakin lebih kecil karena rongga banyak terisi *filler*.
2. Penggunaan *filler* serbuk serat daun nanas dalam campuran aspal menunjukkan peningkatan nilai stabilitas dan *Marshall Quotient* (MQ) hingga pada variasi 3%. Namun, saat kadar *filler* melebihi 3%, terjadi penurunan nilai stabilitas dan MQ. Nilai *flow* terjadi penurunan hingga pada variasi 6%, kemudian meningkat kembali pada variasi di atas 6%.
3. Prosentase optimal *filler* yang menghasilkan performa terbaik dari campuran AC-WC adalah variasi 97% abu batu dan 3% serbuk serat daun nanas. Performa terbaik atau durabilitas tertinggi ditunjukkan dari nilai IKS tertinggi yaitu sebesar 92,555%.

Saran

1. Penggunaan campuran *filler* serbuk serat daun nanas yang ditambahkan dengan jenis filler lain.
2. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan melakukan analisis kandungan kimia pada serbuk serat daun nanas yang akan digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Aprilyanti, S. (2018). Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Hidrolisis terhadap Kadar Selulosa pada Daun Nanas. *Jurnal Teknik Kimia*, 24(1), 28-31.

- Gerung, L. M. (2012). Pengaruh Serat Daun Nenas dengan Konsentrasi Serat 0,075% dan Variasi Panjang Serat 0,5cm; 1,0cm; 1,5cm Terhadap Kuat Tarik Beton Normal. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 2(2), 135-142. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jime/article/view/4236>.
- Gunarto, A., & Candra, A. I. (2019). Penelitian Campuran Aspal Beton dengan Menggunakan Filler Bunga Pinus. *UKaRsT*, 3(1), 46-55. <https://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/ukarst/article/view/351>.
- Hidayat, P. (2008). Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. *Teknoin*, 13(2), 31-35. <https://journal.uui.ac.id/jurnal-teknoin/article/view/795>.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga. (2018), *Spesifikasi Teknis Umum 2018 Revisi 2*. Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga, Jakarta.
- Kumar, N.S., Prasad, S. (2017). Experimental Investigation on Stone Matrix Asphalt Mixture using Arbocel Fiber. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 6(9), 885-892.
- Mahli, M. (2017). *Pengaruh Penggunaan Limestone sebagai Filler pada Asphalt Concrete – Wearing Course*. Tugas Akhir, Universitas Mataram, Mataram.
- Nagesh, S., Ramesh, B., & Bharath, K. (2020). Laboratory Studies on Stone Matric Asphalt mix prepared using Lime and cement as Filler material and Cellulose Arbocel Fibre. *E-ISSN: 2395-0056 p-ISSN: 2395-0072*, 07(01), 408-414.
- Putri, V.S. (2022). *Modifikasi Aspal menggunakan Serbuk Serat Daun Nanas pada Campuran Beton Aspal Lapisan AUS*, Tugas Akhir, Universitas Mataram, Mataram.
- Rachmadani, W.N. (2021). *Pengaruh Penggunaan Limbah Serabut Kelapa sebagai Bahan Pengisi (Filler) pada Campuran Aspal Beton*. Tugas Akhir, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
- Ramadani, T. Y. (2020). Pengaruh Penggunaan Dedak Gandum sebagai Bahan Pengganti Serat Selulosa Arbocel Pada Aspal Laston AC-WC. Institusi Teknologi-PLN.
- Salim, N. (2014). Pertambahan Umur Perkerasan Jalan Akibat Pengaruh Penambahan Serat Selulosa pada Lapis Aspal Beton. *Jurnal Elevasi*, 2(11), 1-8. <https://repository.unmuember.ac.id/718/1/Pertambahan%20Umur%20Perkerasan%20Jalan%20Akibat%20Pengaruh%20Penambahan%20Serat%20Selulosa%20pada%20Lapis%20Aspal%20Beton.pdf>.
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. Edisi Ketiga, Cetakan Keempat. Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- Sunarjono, H. (2008). *Berkebun 21 Jenis Tanaman Buah*. Cetakan Keenam. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Yanti, G., Zainuri, Z., & Megasari, S. W. (2019). *Kajian Pemanfaatan Limbah Serat Daun Nanas pada Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton*. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 79-86. <https://journal.unilak.ac.id/index.php/SIKLUS/article/view/3242>.