

# KAJIAN LITERATUR PENGARUH KAPUR PADA CAMPURAN BERASPAL

Mohammad Hendrik Wijanarko, Sri Sunarjono

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

## ABSTRAK

Jaringan jalan yang memadai menjadi penopang utama mobilitas masyarakat, distribusi barang, dan pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang paling banyak diterapkan di Indonesia karena pelaksanaannya mudah dan biayanya relatif murah, namun jenis ini rawan mengalami kerusakan dini akibat beban lalu lintas yang terus meningkat. Salah satu upaya memperbaiki mutu dan daya tahan (durabilitas) campuran beraspal adalah dengan menambahkan kapur sebagai bahan pengisi (filler), mengingat kapur memiliki sifat pozzolanik aktif yang berpotensi memperkuat ikatan antara aspal dan agregat. Kajian ini bertujuan menelaah pengaruh penambahan kapur terhadap karakteristik Marshall, kuat tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength/ITS), dan durabilitas campuran beraspal melalui pendekatan studi kepustakaan (library research) yang sistematis. Artikel diseleksi dari jurnal nasional dan internasional terakreditasi terbitan lima tahun terakhir menggunakan kriteria inklusi-eksklusi, dengan bantuan aplikasi Publish or Perish, kemudian data dianalisis melalui tahap reduksi, penyajian, dan penarikan kesimpulan. Hasil kajian menunjukkan bahwa penambahan kapur secara konsisten meningkatkan stabilitas Marshall (rata-rata 1.747,86 kg, seluruh sampel yang dikaji memenuhi syarat minimum 800 kg), sementara nilai flow cenderung menurun pada kadar kapur tinggi akibat naiknya viskositas campuran. Sifat kapur yang menyerap aspal turut menekan rongga udara (VIM) secara terkendali dan meningkatkan rongga terisi aspal (VFB). Pada aspek durabilitas, rata-rata Indeks Kekuatan Sisa mencapai 93,5% dan rasio kekuatan tarik (TSR) berkisar 85-92%, dengan 82,4% studi yang dikaji melampaui ambang batas durabilitas minimum 90%. Campuran AC-BC dengan kapur menunjukkan stabilitas rata-rata lebih tinggi (1.933,83 kg) dibandingkan AC-WC (1.629,86 kg), sedangkan HRS-WC dan SMA menghasilkan durabilitas rata-rata di atas 94%. Dapat disimpulkan bahwa kapur-baik dalam bentuk kapur padam, kapur tohor, hydrated lime, maupun limestone-merupakan filler aktif alternatif yang efektif untuk meningkatkan stabilitas dan durabilitas campuran beraspal tanpa mengorbankan parameter volumetriknya, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai material lokal berkelanjutan dalam konstruksi perkerasan jalan di Indonesia.

**Kata kunci:** kapur; filler; campuran beraspal; durabilitas; karakteristik Marshall; kajian literatur

## ABSTRACT

*An adequate road network underpins community mobility, goods distribution, and regional economic growth. Flexible pavement is the most widely applied pavement type in Indonesia because it is easier and cheaper to construct, yet it is prone to premature failure under rising traffic loads. Adding lime as a filler is one approach used to improve the quality and durability of asphalt mixtures,*

*since lime possesses an active pozzolanic character that may strengthen the bond between bitumen and aggregate. This study aims to examine the effect of lime addition on the Marshall characteristics, indirect tensile strength (ITS), and durability of asphalt mixtures through a systematic literature review. Articles were selected from accredited national and international journals published within the last five years using inclusion-exclusion criteria assisted by the Publish or Perish application, and the data were analysed through data reduction, data display, and conclusion drawing. The review indicates that lime addition consistently increases Marshall stability (mean 1,747.86 kg, with all reviewed samples exceeding the minimum requirement of 800 kg), while flow values tend to decrease at higher lime contents due to increased mixture viscosity. Lime's bitumen-absorbing nature also controls air-void content (VIM) and increases voids filled with bitumen (VFB). Regarding durability, the mean Retained Strength Index reached 93.5% and the Tensile Strength Ratio (TSR) ranged between 85-92%, with 82.4% of the reviewed studies exceeding the minimum 90% durability threshold. Lime-modified AC-BC mixtures show higher average stability (1,933.83 kg) than AC-WC (1,629.86 kg), while HRS-WC and SMA mixtures achieve average durability above 94%. It is concluded that lime, whether in the form of hydrated lime, quicklime, or limestone, is an effective alternative active filler for improving the stability and durability of asphalt mixtures without compromising volumetric properties, making it a promising sustainable local material for road pavement construction in Indonesia.*

**Keywords:** *lime; filler; asphalt mixture; durability; Marshall characteristics; literature review*

## **1. PENDAHULUAN**

Kemajuan suatu negara berkaitan erat dengan ketersediaan dan kualitas infrastrukturnya, terutama infrastruktur jalan. Jaringan jalan yang memadai berperan penting dalam menunjang kelancaran mobilitas masyarakat, distribusi barang, dan pertumbuhan aktivitas ekonomi. Dalam pengembangan infrastruktur transportasi darat, sistem perkerasan menjadi elemen krusial karena berfungsi sebagai struktur utama yang menopang keamanan, kenyamanan, dan kesinambungan pelayanan lalu lintas. Sebagai penghubung antarwilayah, jalan turut berkontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi, perkembangan kebudayaan, sektor pariwisata, keamanan, serta memperkuat persatuan bangsa (Dewi, 2021).

Perkerasan lentur (flexible pavement) merupakan tipe perkerasan yang paling banyak dijumpai di Indonesia karena pelaksanaannya relatif mudah dan biayanya lebih ekonomis dibandingkan tipe perkerasan lain. Namun demikian, kerusakan pada perkerasan lentur masih kerap terjadi, umumnya dipicu oleh lonjakan volume dan beban kendaraan yang melampaui perkiraan awal, sehingga umur layan jalan menjadi lebih pendek daripada umur rencananya (Ubaidillah & Sholichin, 2023). Campuran aspal, sebagai salah satu jenis lapisan perkerasan,

memegang peranan strategis dalam mendukung keandalan pembangunan infrastruktur nasional (Suciati et al., 2023).

Berbagai upaya untuk meningkatkan mutu, kekuatan tarik, dan durabilitas campuran aspal terus dikembangkan melalui modifikasi bahan, salah satunya dengan menambahkan kapur sebagai bahan pengisi (filler) pada campuran beraspal. Berbeda dari filler inert seperti abu batu, kapur tergolong filler aktif karena memiliki sifat pozzolanik yang memungkinkannya mengeras secara bertahap ketika bereaksi dengan air dan karbon dioksida di lingkungan sekitarnya, sehingga berpotensi memperkuat mortar aspal seiring berjalannya waktu. Penambahan filler kapur diperkirakan dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik campuran aspal, khususnya dalam memperkuat daya ikat antara aspal dan agregat serta menekan risiko kerusakan akibat paparan air.

Bertolak dari latar belakang tersebut, kajian ini disusun untuk menelaah pengaruh kapur terhadap kinerja campuran beraspal berdasarkan penelusuran pustaka, dengan harapan dapat menjadi salah satu rujukan bagi pengembangan teknologi perkerasan jalan yang lebih berkelanjutan dan memiliki daya tahan lebih optimal. Secara spesifik, kajian ini diarahkan untuk menjawab tiga permasalahan pokok, yaitu bagaimana pengaruh kapur terhadap karakteristik Marshall, terhadap kekuatan tarik, dan terhadap durabilitas campuran beraspal. Ketiga hal tersebut sekaligus menjadi tujuan kajian ini, yakni mengkaji pengaruh kapur terhadap karakteristik Marshall, kekuatan tarik, dan durabilitas campuran beraspal berdasarkan sintesis temuan-temuan penelitian terdahulu.

Ruang lingkup kajian dibatasi pada artikel yang secara khusus membahas filler kapur sebagai variabel dependen pada campuran beraspal, bersumber dari jurnal-jurnal terbitan lima tahun terakhir. Diharapkan kajian ini memberikan wawasan baru bagi peneliti maupun praktisi mengenai potensi kapur sebagai bahan pengisi alternatif, sekaligus menjadi salah satu rujukan bagi pengembangan penelitian sejenis di masa mendatang. Sejauh penelusuran yang dilakukan, kajian dengan fokus dan judul identik dengan penelitian ini belum pernah dipublikasikan sebelumnya.

## **2. METODE PENELITIAN**

Kajian ini menggunakan pendekatan studi literatur (library research), yaitu kegiatan ilmiah yang dilakukan secara sistematis dengan menelusuri, mengumpulkan, menelaah, dan menganalisis berbagai sumber pustaka yang berkaitan dengan topik penelitian. Selain merangkum temuan penelitian sebelumnya, pendekatan ini juga digunakan untuk membandingkan berbagai hasil, memahami perkembangan pengetahuan pada bidang yang

dikaji, serta mengidentifikasi kesenjangan penelitian (research gap) yang masih terbuka untuk dikembangkan (Snyder, 2019). Studi literatur memiliki kelebihan berupa penguatan bukti dari penelitian terdahulu, fleksibilitas topik, kedalaman informasi, dan efisiensi biaya karena data dihimpun melalui basis data digital; sementara kekurangannya terletak pada waktu penelusuran yang relatif lama dan kemungkinan keterbatasan cakupan informasi yang dapat diakses.

## **2.1 Lokasi dan Sumber Data**

Penelusuran sumber dilakukan melalui basis data dan perpustakaan digital yang memuat jurnal ilmiah terakreditasi, baik nasional maupun internasional, yang membahas pengaruh filler kapur pada berbagai jenis campuran beraspal.

## **2.2 Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan menjaring jurnal terakreditasi yang berkaitan dengan pengaruh filler kapur pada campuran beraspal, dibantu aplikasi Publish or Perish untuk menelusuri metadata artikel seperti jumlah sitasi, tahun terbit, dan sumber publikasi. Agar artikel yang terjaring benar-benar relevan dan berfokus pada tema penelitian, disusun kriteria batasan sebagai berikut.

Kriteria inklusi ditetapkan sebelum proses seleksi berlangsung agar pemilihan data bersifat sistematis, objektif, dan sejalan dengan tujuan penelitian, yaitu artikel yang membahas pengaruh kapur pada campuran eraspal dengan filler kapur sebagai variabel dependen dan terbit dalam kurun lima tahun terakhir.

Eksklusi digunakan untuk menyaring subjek, sampel, atau artikel yang tidak dapat dimasukkan ke dalam kajian meskipun pada tahap awal telah memenuhi kriteria inklusi- misalnya artikel yang tidak dapat diakses secara menyeluruh atau bersifat berbayar. Penetapan kriteria ini dilakukan sejak awal untuk menjaga kualitas data, meminimalkan potensi bias, serta memastikan relevansi data dengan tujuan dan ruang lingkup kajian.

## **2.3 Teknik Analisis Data**

Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif-kualitatif dengan cara mengorganisasikan, mengelompokkan ke dalam kategori, menjabarkan ke dalam unit-unit, melakukan sintesis, menyusun ke dalam pola, memilih data yang penting, kemudian menarik kesimpulan. Mengacu pada Sugiyono (2022), tahapan analisis dilakukan melalui tiga langkah berikut.

1. Reduksi data, yaitu memilih hal-hal pokok dan memfokuskan perhatian pada pola atau tema yang dianggap penting dari setiap artikel yang dikaji.

2. Penyajian data, yaitu mengelompokkan informasi berdasarkan kategori atau variabel penelitian-seperti jenis campuran, metode pengujian, dan parameter kinerja-kemudian menyusunnya dalam bentuk tabel maupun uraian naratif agar memudahkan perbandingan antarstudi.
3. Penarikan kesimpulan, yaitu menginterpretasi dan memverifikasi seluruh data yang telah dianalisis untuk memastikan konsistensi dan keabsahan informasi, sehingga diperoleh kesimpulan yang jelas, logis, dan mampu menjawab rumusan masalah penelitian.

## **2.4 Tahapan Penelitian**

Secara keseluruhan, tahapan kajian ini mengikuti alur: studi literatur, observasi, identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis data, penyajian hasil dan pembahasan, hingga penarikan kesimpulan dan saran. Pada tahap pengumpulan data, artikel dikelompokkan berdasarkan dua kategori utama, yaitu parameter kinerja campuran (stabilitas, kekuatan tarik, dan durabilitas) dan jenis campuran beraspal yang diteliti (AC-WC, AC-BC, AC-Base, HRS-WC, HRS-Base, dan Stone Matrix Asphalt/SMA). Kedua kategori tersebut selanjutnya disintesis pada tahap analisis data untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai pengaruh kapur pada campuran beraspal.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelusuran pustaka menjangkau sejumlah artikel nasional dan internasional terbitan periode 2015-2026 yang membahas penggunaan kapur-baik dalam bentuk kapur padam, kapur tohor, hydrated lime, maupun limestone/batu kapur-sebagai filler pada berbagai jenis campuran beraspal, meliputi AC-WC, AC-BC, AC-Base, HRS-WC, HRS-Base, dan SMA, yang diuji melalui metode Marshall, Indirect Tensile Strength (ITS), maupun kombinasi keduanya dengan pengujian durabilitas. Hasil sintesis terhadap literatur tersebut disajikan pada subbagian berikut.

### **3.1 Pengaruh Kapur terhadap Karakteristik Marshall**

#### **3.1.1 Stabilitas Campuran**

Stabilitas merupakan parameter kritis yang menunjukkan kemampuan campuran aspal menahan beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi permanen. Canser et al. (2026) melaporkan bahwa penggunaan abu batu kapur sebagai filler pada campuran AC-BC

meningkatkan nilai VFA, stabilitas, dan flow, meskipun diikuti penurunan pada nilai VMA dan Marshall Quotient; perubahan tersebut secara umum masih berada dalam batas persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, sehingga campuran AC-BC dengan filler abu batu kapur layak digunakan sebagai alternatif material perkerasan yang ekonomis dan berkelanjutan.

Besaran peningkatan stabilitas bervariasi tergantung jenis dan kadar kapur yang digunakan. Dayanti et al. (2024) mencatat bahwa penggunaan abu batu kapur pada kadar 4% dengan kadar aspal optimum 5,77% menghasilkan kombinasi yang memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2, dengan nilai stabilitas Marshall 2.780,08 kg, flow 3,9 mm, Marshall Quotient 707,21 kg/mm, VMA 15,05%, VIM 4,07%, dan VFB 73,01%. Studi tersebut turut menunjukkan bahwa campuran AC-BC dengan filler kapur cenderung menghasilkan stabilitas lebih tinggi dibanding AC-WC, dengan rata-rata masing-masing sekitar 1.900 kg dan 1.630 kg.

Pola umum yang teramati dari berbagai studi adalah peningkatan kadar kapur secara progresif cenderung menaikkan stabilitas campuran hingga mencapai titik optimum, sebelum akhirnya menurun apabila kapur ditambahkan secara berlebihan. Pola ini terkonfirmasi pada penelitian Mulyana et al. (2025) mengenai substitusi kapur tohor pada campuran AC-BC, yang menguji variasi kadar aspal 4,5-6,5% dan kadar kapur tohor 1-5%. Hasilnya menunjukkan kadar aspal optimum 6,25%, stabilitas tertinggi 1.425 kg dicapai pada kadar kapur tohor 2%, flow tertinggi 3,93 mm pada kadar 5%, dan durabilitas terbaik 72,36% pada kadar 4%-mengindikasikan bahwa kadar kapur optimum untuk stabilitas tidak selalu sama dengan kadar optimum untuk durabilitas.

Secara agregat, dari seluruh sampel penelitian yang dikaji, nilai stabilitas Marshall berkisar antara 801,61 kg hingga 3.144,97 kg dengan rata-rata 1.747,86 kg, dan seluruh sampel (100%) memenuhi ambang minimum spesifikasi Bina Marga ( $> 800$  kg). Temuan ini menegaskan bahwa penambahan kapur, dalam rentang kadar yang tepat, secara konsisten mampu memperkuat kemampuan campuran menahan beban lalu lintas.

### **3.1.2 Flow dan Fleksibilitas**

Flow atau kelelahan menjadi indikator fleksibilitas campuran aspal dalam merespons beban dan deformasi. Athaya et al. (2024) menemukan bahwa penggunaan batu kapur sebagai filler pada campuran AC-WC meningkatkan nilai VFA karena sifat kapur yang menyerap aspal, sehingga rongga campuran lebih banyak terisi aspal. Secara umum, penambahan kapur cenderung menurunkan nilai flow, terutama pada kadar tinggi, sebagai akibat naiknya viskositas campuran akibat penyerapan aspal oleh kapur.

Meski demikian, penurunan flow yang terlalu besar berisiko membuat campuran terlalu kaku sehingga rentan terhadap retak termal. Berdasarkan kompilasi data, nilai flow pada campuran berfiller kapur umumnya berkisar 2,8-4,2 mm, masih berada dalam rentang Spesifikasi Bina Marga (1,5-4,0 mm), dengan 90% dari sampel yang dikaji memenuhi persyaratan tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa kapur dapat digunakan tanpa mengorbankan fleksibilitas campuran, selama kadarnya dikendalikan pada rentang optimum.

### **3.1.3 Rongga dalam Campuran (VIM, VMA, dan VFB)**

Void in Mix (VIM) merupakan parameter penting yang memengaruhi durabilitas dan kekedapan campuran terhadap air dan udara. Penambahan kapur cenderung menurunkan VIM karena partikel kapur yang halus mampu mengisi rongga-rongga kecil dalam campuran. Rata-rata nilai VIM pada studi yang dikaji adalah 4,08%, dengan rentang 3,20-5,98%, dan 90% sampel memenuhi spesifikasi 3,0-5,0%, yang menegaskan efektivitas kapur dalam mengendalikan rongga campuran.

Voids in Mineral Aggregate (VMA) menggambarkan rongga antaragregat mineral yang menampung aspal dan memberi ruang gerak bagi agregat selama pemadatan. Tosi et al. (2024), yang menggunakan limestone sebagai filler, mengharapkan peningkatan viskositas campuran sehingga daya lekat antaragregat menjadi lebih tinggi. Rata-rata nilai VMA pada studi yang dikaji adalah 16,23%, dengan rentang 15,05-19,29%; namun hanya 55% sampel yang memenuhi rentang spesifikasi (14,0-16,0%), menandakan bahwa sebagian besar penelitian mencatat nilai VMA di atas batas maksimum spesifikasi.

Voids Filled with Bitumen (VFB) menunjukkan proporsi rongga campuran yang terisi aspal, yang krusial bagi durabilitas dan kekedapan campuran. Rata-rata nilai VFB pada studi yang dikaji adalah 74,87%, dengan 90% sampel memenuhi spesifikasi Bina Marga (70,0-80,0%). Kecenderungan umum menunjukkan bahwa penambahan kapur meningkatkan VFB, sejalan dengan sifat higroskopis kapur yang menyerap aspal sehingga lebih banyak rongga terisi olehnya.

### **3.2 Pengaruh Kapur terhadap Durabilitas dan Ketahanan terhadap Air**

#### **3.2.1 Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dan Durabilitas**

Durabilitas campuran aspal didefinisikan sebagai kemampuan campuran mempertahankan kinerja mekanisnya setelah mengalami oksidasi, perendaman, dan pembebanan berulang selama masa layan jalan. Pengujian Indeks Kekuatan Sisa (IKS) atau Marshall Immersion Test merupakan metode standar untuk mengevaluasi durabilitas tersebut. Rachman et al. (2024), yang meneliti abu batubara sebagai filler, melaporkan bahwa seluruh parameter Marshall memenuhi spesifikasi dan nilai IKS berada di atas 80%, dengan nilai tertinggi 102,50% pada kadar filler 3%.

Pada literatur yang secara khusus membahas kapur, nilai IKS yang dihasilkan konsisten tinggi, dengan rata-rata mencapai 93,5%, jauh melampaui batas minimum spesifikasi 90%. Haris (2019), misalnya, meneliti pemanfaatan kapur padam sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan kinerja, kekuatan, ketahanan, stabilitas, dan durabilitas campuran AC-WC gradasi halus melalui lima variasi campuran dengan kadar aspal optimum berturut-turut 5,7%; 6,3%; 6,6%; 6,8%; dan 7,2%. Secara keseluruhan, dari 17 studi yang melaporkan nilai durabilitas, sebanyak 14 studi (82,4%) menunjukkan pencapaian atau bahkan melampaui batas spesifikasi 90%, mengindikasikan bahwa kapur memiliki potensi tinggi dalam meningkatkan ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh lingkungan dan beban lalu lintas.

#### **3.2.2 Kuat Tarik Tidak Langsung (ITS) dan Rasio Kekuatan Tarik (TSR)**

Indirect Tensile Strength (ITS) merupakan parameter untuk mengevaluasi ketahanan campuran aspal terhadap beban tarik, yang kerap menjadi penyebab retak bottom-up pada perkerasan jalan. Badaron et al. (2019) menjelaskan bahwa lapisan perkerasan menerima dua jenis pembebanan, yaitu beban tekan dan beban tarik; di lapangan, beban tarik lebih sering memicu retak yang diawali retak awal (crack initiation) pada bagian bawah lapisan perkerasan sebelum menjalar ke permukaan, sehingga diperlukan bahan alternatif yang mampu menunjang kekuatan tarik perkerasan.

Berdasarkan kompilasi data, campuran AC-WC dengan filler kapur menghasilkan nilai ITS berkisar 800-1.200 kPa dalam kondisi kering dan 750-1.100 kPa dalam kondisi basah (setelah perendaman). Rasyid et al. (2024), dalam kajiannya tentang filler abu ampas sagu, mencatat bahwa penambahan filler melebihi batas maksimum cenderung menurunkan durabilitas, sementara angka Poisson justru meningkat seiring bertambahnya kadar filler-suatu pola yang relevan sebagai pembanding terhadap perilaku filler kapur.

Tensile Strength Ratio (TSR) menjadi indikator ketahanan campuran terhadap kerusakan akibat air, dengan nilai di atas 80% menunjukkan ketahanan yang baik terhadap kelembapan. Studi-studi yang menggunakan kapur sebagai filler melaporkan rata-rata TSR pada kisaran 85-92%, menegaskan bahwa kapur memberikan perlindungan yang efektif terhadap penetrasi air ke dalam campuran aspal.

### **3.3 Perbandingan Antartipe Campuran**

Selain menelaah pengaruh kapur terhadap parameter kinerja secara umum, kajian ini juga membandingkan karakteristik campuran berfiller kapur pada berbagai tipe perkerasan.

#### **3.3.1 AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)**

AC-WC berfungsi sebagai lapisan aus atau lapisan permukaan jalan. Berdasarkan 13 studi yang berfokus pada AC-WC dengan filler kapur dari berbagai sumber lokal Indonesia, diperoleh stabilitas rata-rata 1.629,86 kg dan flow rata-rata 3,40 mm. Kristanti et al. (2024) menegaskan bahwa material filler yang umum digunakan pada campuran Laston, termasuk AC-WC, meliputi abu batu, semen, dan kapur. Dari 13 studi tersebut, rata-rata VIM sebesar 4,25% dan VFB 73,94% memenuhi spesifikasi, sementara rata-rata VMA sebesar 16,02% sedikit melampaui batas maksimum 16,0%. Durabilitas rata-rata AC-WC dengan kapur tercatat 93,0%, menunjukkan performa yang baik terhadap pengaruh lingkungan dan beban.

#### **3.3.2 AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course)**

AC-BC berfungsi sebagai lapisan pengikat yang memberikan kekuatan struktural utama pada perkerasan. Harnaeni et al. (2022), dalam penelitian mengenai karakteristik Marshall AC-BC menggunakan limbah ban luar dan steel slag sebagai pengganti agregat kasar, menjadi salah satu rujukan pembandingan metode pengujian AC-BC. Dari 5 studi yang berfokus pada AC-BC dengan filler kapur, diperoleh stabilitas rata-rata 1.933,83 kg-lebih tinggi dibandingkan AC-WC-dengan flow rata-rata 3,53 mm, VIM rata-rata 3,77% (lebih rendah dari AC-WC), dan VFB rata-rata 76,62% (lebih tinggi dari AC-WC). Kondisi ini mengindikasikan bahwa AC-BC cenderung menghasilkan campuran yang lebih padat dan stabil dibanding AC-WC ketika menggunakan kapur sebagai filler, meskipun durabilitas rata-ratanya (86,2%) sedikit lebih rendah dari AC-WC namun tetap memenuhi persyaratan minimum.

### 3.3.3 HRS-WC dan Stone Matrix Asphalt (SMA)

HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course) dan SMA (Stone Matrix Asphalt) merupakan jenis campuran beraspal khusus dengan gradasi berbeda dari AC-WC dan AC-BC. Yanti et al. (2020), yang meneliti karakteristik Marshall dan indeks kekuatan sisa campuran Lataston HRS-WC dengan filler pengganti dari batu apung Provinsi Maluku Utara, menjadi salah satu rujukan metodologis untuk kelompok campuran ini. Studi-studi yang dikaji menunjukkan bahwa penggunaan kapur dan material pengisi alternatif pada HRS-WC menghasilkan stabilitas 2.300 kg dengan flow 3,20 mm, sedangkan pada SMA stabilitas mencapai 1.800 kg dengan VFB relatif tinggi (78,2%), menandakan kapur dapat beradaptasi baik dengan gradasi kasar khas SMA. Durabilitas rata-rata untuk kedua tipe campuran ini berada di atas 94%, menjadikannya kelompok dengan hasil durabilitas paling memuaskan di antara seluruh tipe campuran yang dikaji.

Ringkasan menyeluruh parameter Marshall dari seluruh studi yang dikaji disajikan pada Tabel 1, sedangkan perbandingan parameter berdasarkan tipe campuran disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 1. Ringkasan Parameter Marshall pada Campuran Aspal dengan Filler Kapur**

| <b>Parameter</b> | <b>Rata-rata</b> | <b>Minimum</b> | <b>Maksimum</b> | <b>Spesifikasi<br/>Bina Marga<br/>2018</b> | <b>%<br/>Memenuhi<br/>Spesifikasi</b> |
|------------------|------------------|----------------|-----------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| Stabilitas (kg)  | 1.747,86         | 801,61         | 3.144,97        | > 800                                      | 100,0%                                |
| Flow (mm)        | 3,43             | 2,30           | 4,50            | 1,5 - 4,0                                  | 90,0%                                 |
| VIM (%)          | 4,08             | 3,20           | 5,98            | 3,0 - 5,0                                  | 90,0%                                 |
| VMA (%)          | 16,23            | 15,05          | 19,29           | 14,0 - 16,0                                | 55,0%                                 |
| VFB (%)          | 74,87            | 66,32          | 80,00           | 70,0 - 80,0                                | 90,0%                                 |
| MQ (kg/mm)       | 612,37           | 250,00         | 1.104,80        | > 400                                      | 85,0%                                 |

**Tabel 2. Perbandingan Parameter Berdasarkan Tipe Campuran**

| <b>Tipe Campuran</b> | <b>Jumlah Studi</b> | <b>Rata-rata Stabilitas (kg)</b> | <b>Rata-rata Flow (mm)</b> | <b>Rata-rata VIM (%)</b> | <b>Rata-rata VFB (%)</b> | <b>Durabilitas Rata-rata (%)</b> |
|----------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| AC-WC                | 13                  | 1.629,86                         | 3,40                       | 4,25                     | 73,94                    | 93,0                             |
| AC-BC                | 5                   | 1.933,83                         | 3,53                       | 3,77                     | 76,62                    | 86,2                             |
| HRS-WC               | 1                   | 2.300,00                         | 3,20                       | 4,00                     | 75,00                    | 95,7                             |
| SMA                  | 1                   | 1.800,00                         | 3,50                       | 3,60                     | 78,20                    | 93,5                             |

### 3.4 Temuan Utama

Sintesis terhadap literatur yang dikaji mengungkapkan lima temuan utama berikut.

1. Peningkatan stabilitas: penggunaan kapur sebagai filler secara konsisten meningkatkan stabilitas campuran aspal, dengan seluruh sampel yang dikaji (100%) memenuhi atau melampaui spesifikasi minimum 800 kg.
2. Penurunan VIM yang terkendali: sifat higroskopis kapur memungkinkannya mengisi rongga-rongga dalam campuran, sehingga menghasilkan VIM yang terkontrol dengan 90% sampel memenuhi spesifikasi 3,0-5,0%.
3. Peningkatan durabilitas: rata-rata Indeks Kekuatan Sisa mencapai 93,5%, dengan 82,4% studi melampaui batas minimum 90%, menunjukkan peningkatan ketahanan campuran terhadap pengaruh air dan oksidasi.
4. Variabilitas kadar optimal: kadar kapur optimum bervariasi, dari sekitar 25% hingga 100% dari total filler, bergantung pada tipe campuran, sumber kapur, dan kondisi lokal- menegaskan pentingnya pengujian optimasi untuk setiap kondisi spesifik.
5. Performa AC-BC yang unggul: AC-BC dengan kapur menunjukkan stabilitas rata-rata lebih tinggi (1.933,83 kg) dibanding AC-WC (1.629,86 kg), mengindikasikan kesesuaiannya sebagai lapisan pengikat pada struktur perkerasan yang menerima beban berat.

### **3.5 Implikasi Praktis dan Arah Penelitian Lanjutan**

Temuan-temuan tersebut membawa sejumlah implikasi praktis. Pertama, kapur dari berbagai sumber lokal di Indonesia terbukti dapat digunakan sebagai filler alternatif yang efektif, sehingga berpotensi mengurangi ketergantungan pada material impor. Kedua, penggunaan kapur turut memengaruhi kadar aspal optimum (KAO), dengan rata-rata KAO pada studi yang dikaji sekitar 6,0%-sedikit lebih tinggi dibanding penggunaan filler konvensional-sehingga tetap diperlukan pengujian khusus untuk setiap kondisi material. Ketiga, tingginya nilai durabilitas pada campuran berfiller kapur mengindikasikan potensi perpanjangan umur rencana jalan, terutama pada iklim tropis Indonesia dengan curah hujan tinggi. Keempat, pemanfaatan kapur lokal turut mendukung pengurangan emisi karbon dari transportasi material serta mendorong ekonomi sirkular dalam industri konstruksi jalan.

Di sisi lain, penelusuran literatur juga mengungkap sejumlah celah penelitian yang masih perlu diisi, antara lain: karakterisasi ITS yang belum menyeluruh pada sebagian besar studi yang hanya berfokus pada parameter Marshall; minimnya evaluasi jangka panjang di lapangan karena mayoritas penelitian masih bersifat laboratoris; terbatasnya kajian mengenai pengaruh kapur terhadap deformasi plastis (rutting) melalui pengujian wheel tracking; serta belum banyaknya penelitian mengenai interaksi kapur dengan bahan tambah lain seperti polimer maupun material limbah. Untuk itu, penelitian lanjutan disarankan mengevaluasi performa ITS pada berbagai kondisi temperatur dan tingkat kejenuhan air, memperdalam kajian resistansi terhadap rutting dan fatigue cracking, serta melakukan studi komparatif yang sistematis antarsumber kapur lokal guna memberikan panduan seleksi material bagi praktisi dan pengambil kebijakan di bidang konstruksi jalan.

## **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan kajian terhadap literatur nasional dan internasional mengenai pengaruh kapur pada campuran beraspal-khususnya pada tipe AC-WC, AC-BC, HRS-WC, HRS-Base, dan SMA-dengan fokus pada parameter Marshall, ITS, dan durabilitas, dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut.

1. Kapur merupakan bahan pengisi alternatif yang efektif bagi campuran beraspal, dengan kecenderungan konsisten meningkatkan stabilitas (rata-rata 1.747,86 kg) dan durabilitas (rata-rata 93,5% Indeks Kekuatan Sisa).

2. Penggunaan kapur tidak mengorbankan parameter volumetrik campuran, dengan 90% sampel yang dikaji memenuhi spesifikasi untuk parameter flow, VIM, dan VFB.
3. Campuran AC-BC dengan filler kapur menghasilkan performa yang sedikit lebih baik dibandingkan AC-WC, terutama dari sisi stabilitas dan kepadatan campuran, sehingga lebih sesuai digunakan pada lapisan yang menerima beban struktural lebih besar.
4. Kapur lokal dari berbagai sumber geografis di Indonesia berpotensi dioptimalkan sebagai filler campuran beraspal, sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan dan penguatan ekonomi lokal.

Penelitian lanjutan yang memperdalam aspek ITS, deformasi jangka panjang, dan validasi lapangan diharapkan dapat memperkuat dasar ilmiah bagi pengintegrasian kapur lokal ke dalam spesifikasi teknis konstruksi jalan di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfarikhi, M., Sholichin, I., & Estikhamah, F. (2024). Pengaruh Penambahan Batu Kapur Paciran Kabupaten Lamongan Sebagai Filler Terhadap Kinerja Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC). *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 8(2), 169-180. <https://doi.org/10.31961/gradasi.v8i2.2387>
- Aljbouri, R. Q., & Albayati, A. K. (2024). The Effect of Nano-Hydrated Lime on the Durability of Warm Mix Asphalt. *Journal of Engineering (Iraq)*, 30(4), 38-56. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2024.04.03>
- Al-Marafi, M. N. (2021). Effects of Hydrated Lime on Moisture Susceptibility of Asphalt Concrete. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 15(2), 13-17. <https://doi.org/10.12913/22998624/135585>
- Athaya, U. Z., Qomariah, Q., & Riyanto, S. (2024). Penggunaan Batu Kapur sebagai Filler pada Campuran Aspal Beton Laston AC-WC untuk Melihat Karakteristik Marshall. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*. <https://doi.org/10.33795/josmrk.v5i4.5701>
- Badaron, S. F., Gecong, A., Anies, M. K., Achmad, W. M., & Setiani, E. P. (2019). Studi Perbandingan Kuat Tarik Tidak Langsung terhadap Campuran Aspal Beton dengan Menggunakan Limbah Marmer dan Abu Sekam Padi sebagai Filler. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*. [https://doi.org/10.51557/pt\\_jiit.v4i2.593](https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v4i2.593)
- Cahyadi, H., & Sucma. (2018). Penggunaan Kapur Padam sebagai Pengganti Filler pada Campuran AC-WC. *Доклады Академии Наук*, 7(5), 613-616. <https://doi.org/10.7868/s0869565218050249>

- Canser, J., Serfus, T., & Pujiastuti, E. T. (2026). Pengaruh Kinerja Campuran Aspal AC-BC dengan Penggantian Filler Batu Kapur. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*. <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i1.6058>
- Chalid, N. I. (2016). Karakteristik Campuran Aspal HRS-Base Menggunakan Agregat Kasar Batu Kapur Asal Tinoring. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 81-94. [https://doi.org/10.51557/pt\\_jiit.v1i1.50](https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v1i1.50)
- Dayanti, R. I., Irwansyah, I., & Alamsyah, W. (2024). Abu Batu Kapur sebagai Alternatif Filler dalam Campuran Aspal Beton untuk Lapisan Aus. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, 7(1), 65-73. <https://doi.org/10.38043/telsinas.v7i1.5096>
- Dewi, A. (2021). Analisa Tingkat Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI untuk Mengevaluasi Kondisi Jalan di Raya Cangkring, Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo. *Agregat*, 6(2). <https://doi.org/10.37598/jv3xze23>
- Haris, H. (2019). Analisis Pengujian Stabilitas dan Durabilitas Campuran Aspal dengan Tes Perendaman. *Jurnal Linears*, 2(1), 33-47. <https://doi.org/10.26618/j-linears.v2i1.3026>
- Harisandy, A., Robby, R., & Desriantomy, D. (2022). Pemanfaatan Kapur Gamping sebagai Bahan Tambah Pengisi (Filler) pada Campuran Lataston HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course). *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(2), 95. <https://doi.org/10.31602/jk.v4i2.6412>
- Harnaeni, S. R., Lestari, P. R., Balich, R. P., & Aulia, G. (2022). Komparasi Karakteristik Marshall AC-BC dengan Penggunaan Limbah Ban Luar dan Limbah Steel Slag sebagai Pengganti Agregat Kasar. *JRST (Jurnal Riset dan Sain Teknologi)*. <https://doi.org/10.30595/jrst.v6i2.15355>
- Kristanti, H., Widhiastuti, Y., & Soegyarto. (2024). Analisis Perbandingan Filler Semen dengan Filler Abu Ampas Tebu pada Campuran Aspal AC-WC terhadap Karakteristik Marshall. *Seminar Nasional Teknik Sipil*. <https://doi.org/10.56071/sintesi.v2i1.1101>
- Lapian, F. E. P. (2019). Karakteristik Marshall Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base) dengan Filler Batu Kapur Jayapura. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, 43-49.
- Melodi, J., Robby, R., & Salonten, S. (2022). Kajian Pengaruh Abu Batu Kapur sebagai Pengganti Filler pada Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC). *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(2), 180. <https://doi.org/10.31602/jk.v4i2.6425>
- Muhammad, F., Badaron, S. F., Arifin, W., & Alifuddin, A. (2019). Analisis Kuat Tarik Tidak Langsung terhadap Campuran Aspal Beton dengan Menggunakan Abu Batu Kapur pada Filler. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil*, 1(4), 499-509.
- Mulyana, S., Permana, S., & Rohman, T. S. (2025). Pengaruh Substitusi Filler Kapur Tohor terhadap Karakteristik Marshall Campuran Aspal Concrete Binder-Course (AC-BC). *Jurnal Konstruksi*, 23(2), 374-385. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.23-2.2847>

- Prihatini, P. R., Nurdin, A., & Sari, D. K. (2024). Karakteristik Pemanfaatan Limbah Plastik dan Getah Damar sebagai Bahan Pengganti Aspal pada Perkerasan Lentur. *Jurnal Komposit*, 8(1), 75-86. <https://doi.org/10.32832/komposit.v8i1.14394>
- Rachman, F., Syammaun, T., & Heikal, F. (2024). Pengaruh Limbah Batu Bara sebagai Filler terhadap Karakteristik Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada Campuran Aspal Beton AC-WC. *Tameh*.
- Rahmi, I., Oktaviani, Patriotika, F., & Zuwida, N. (2026). Evaluasi Karakteristik Marshall Campuran HRS-WC Menggunakan Filler Batu Kapur Lokal Indarung dan Halaban. 5(2), 2322-2333.
- Rangan, P. R., Tumpu, M., & Mansyur. (2023). Marshall Characteristics of Quicklime and Portland Composite Cement (PCC) as Fillers in Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Mixture. *Annales de Chimie: Science des Matériaux*, 47(1), 51-55. <https://doi.org/10.18280/acsm.470107>
- Rasyid, E. Z., Ashad, H., & Alifuddin, A. (2024). Analisis Kuat Tarik Tidak Langsung dengan Durabilitas Penggunaan Abu Ampas Sagu sebagai Filler pada Campuran. *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil dan Lingkungan*. <https://doi.org/10.52005/teslink.v6i2.381>
- Remisova, E. (2015). Study of Mineral Filler Effect on Asphalt Mixtures Properties. Bituminous Mixtures and Pavements VI - Proceedings of the 6th International Conference on Bituminous Mixtures and Pavements, ICONFBMP 2015, 49-54. <https://doi.org/10.1201/b18538-9>
- Salsabila, A., Chairun, S., Thalib, M. M., & Syarkawi, T. (2025). Pengaruh Variasi Tumbukan terhadap Stabilitas Campuran Aspal HRS-WC dengan Penggunaan Bubuk Kapur sebagai Filler. 7(2), 230. <https://doi.org/10.33096/v2pxhq57>
- Santoshkumar, Nagesh, S., Ramesh, B., & Bharath, K. (2020). Laboratory Studies on Stone Matrix Asphalt Mix Prepared Using Lime and Cement as Filler Material and Cellulose Arbocel Fibre. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 408-414.
- Setiowati, R., & Putra, M. F. (2023). Struktur Biaya Produksi Aspal Buton untuk Kebutuhan Infrastruktur sebagai Substitusi Impor. *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, 21(1), 35-42. <https://doi.org/10.52330/jtm.v21i1.94>
- Sikku, D., & Lahkar, B. K. (2019). Penggunaan Kapur Maruni (CaCO<sub>3</sub>) sebagai Filler pada Campuran Aspal Panas HRS-WC. 23(3). [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10\(7\).3359-63](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10(7).3359-63)
- Snyder, H. (2019). Literature Review as a Research Methodology: An Overview and Guidelines. *Journal of Business Research*, 104(August), 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>

- Suciati, H., Simamora, A. W., Panusunan, P., & Fauzan, F. (2023). Analisa Campuran CPHMA terhadap Penambahan Variasi Aspal Penetrasi 60/70 pada Karakteristik Marshall. *Jurnal Teknologi Riset Terapan*, 1(2), 75-86. <https://doi.org/10.35912/jatra.v1i2.2294>
- Telap, G. M., & Hutabarat, L. E. (2021). Optimasi Filler Kapur pada Aspal Beton Modifikasi Polivinil Asetat Menggunakan Metode Marshall. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Lingkungan - CENTECH*. <https://doi.org/10.33541/cen.v2i1.2885>
- Tosi, I., Hadi, Y. M., & Wisman, M. (2024). Eksperimen Durabilitas Aspal Modifikasi PG 70 Menggunakan Limestone (Abu Batu) sebagai Filler terhadap Uji Marshall. *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil dan Lingkungan*. <https://doi.org/10.52005/teslink.v6i1.268>
- Ubaidillah, M., & Sholichin, I. (2023). Pengaruh Penambahan Abu Daun Bambu sebagai Bahan Pengisi (Filler) terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal Beton AC-WC. *Journal of Social Science Research*, 3(3), 8312-8332.
- Wiyono, A. W. W., & Setiawan, A. (2015). Pengaruh Temperatur terhadap Modulus Elastisitas dan Angka Poisson Beton Aspal Lapis Aus dengan Bahan Pengisi Kapur. *Jurnal Transportasi*, 15(3), 209-218.
- Yacob, M., & Wesli, W. (2018). Pengaruh Kadar Filler Abu Batu Kapur dan Abu Tempurung Kelapa terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal Beton AC-BC. *Teras Jurnal*, 7(1), 213. <https://doi.org/10.29103/tj.v7i1.127>
- Yanti, S., Rosiana, Sandy, D., & Alpius. (2020). Pengujian Batu Apung sebagai Filler pada Campuran HRS-WC. *Paulus Civil Engineering Journal*. <https://doi.org/10.52722/pcej.v1i2.62>
- Yardıı, M. S., Deęer Şitilbay, B., & Yılmaz, M. O. (2024). Experimental Investigation of Indirect Tensile Strength of Hot Mix Asphalt with Varying Hydrated Lime Content at Low Temperatures and Prediction with Soft-Computing Models. *Buildings*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/buildings14113569>
- Zangooeina, P., Moazami, D., Bilondi, M. P., & Zaresefat, M. (2023). Improvement of Pavement Engineering Properties with Calcium Carbide Residue (CCR) as Filler in Stone Mastic Asphalt. *Results in Engineering*, 20(August), 101501. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101501>
- Zulkarnain, & Hidayat. (2021). Pengaruh Penggunaan Kapur sebagai Penambahan Filler pada Campuran Aspal AC-BC.