

Pemanfaatan Limbah UPVC Sebagai Bahan Aditif pada CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*)

Ahnaf Saputra*, Anwar Efendy, Nurul Hidayati, Adryan Fitrayudha, Adiman Fariyadin

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Mataram, Indonesia

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Asbuton (Aspal Buton; CPHMA (Cold Paving Hot Mix Asbuton); Limbah UPVC; Stabilitas Marshall; Kinerja Perkerasan Jalan.

***Correspondence email:**

ahnafsaputraa60@gmail.co.id

Submitted: 07 November 2025

Revised: 23 Desember 2025

Accepted: 17 Januari 2026

Published: 03 Februari 2026

ABSTRAK

Perkembangan teknologi jalan raya mendorong upaya peningkatan kualitas material perkerasan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu material lokal yang potensial adalah Asbuton (Aspal Buton) yang digunakan dalam produk *Cold Paving Hot Mix Asbuton* (CPHMA). Namun, penerapan CPHMA masih terbatas karena nilai stabilitasnya yang relatif rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan limbah *Unplasticized Polyvinyl Chloride* (UPVC) terhadap karakteristik campuran CPHMA serta menentukan kadar optimum yang dapat meningkatkan kinerja campuran. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan pengujian di Balai Pengujian DPU-PR Provinsi NTB. Variasi penambahan limbah UPVC yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% dari berat aspal, menggunakan metode pencampuran basah (*wet process*). Pengujian meliputi uji stabilitas marshall, flow, *Void In Mixture* (VIM), *Void In Mineral Aggregate* (VMA), dan *Void Filled with Bitumen* (VFB) mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah UPVC sebesar 1% menghasilkan nilai stabilitas tertinggi sebesar 968 kg dengan nilai *flow* dan parameter volumetrik yang masih memenuhi standar. Penambahan di atas 2% menyebabkan penurunan stabilitas akibat meningkatnya rongga udara dan menurunnya homogenitas campuran. Berdasarkan hasil tersebut, kadar optimum limbah UPVC pada campuran CPHMA diperoleh sebesar 1%, yang memberikan keseimbangan terbaik antara stabilitas dan durabilitas campuran. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah UPVC berpotensi meningkatkan kinerja CPHMA sekaligus mendukung pengelolaan limbah plastik secara berkelanjutan.

ABSTRACT

Keywords:

Asbuton (Buton Asphalt); CPHMA (Cold Paving Hot Mix Asbuton); UPVC Waste; Marshall Stability; Road Pavement Performance.

Advances in road technology have encouraged efforts to improve the quality of environmentally friendly and sustainable pavement materials. One potential local material is Asbuton (Buton Asphalt), which is used in Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) products. However, the application of CPHMA is still limited due to its relatively low stability value. This study aims to analyze the effect of adding Unplasticized Polyvinyl Chloride (UPVC) waste on the characteristics of the CPHMA mixture and determine the optimum content that can improve its performance. The research method used was an experimental method with testing at the NTB Provincial DPU-PR Testing Center. The variation in UPVC waste addition was 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, and 5% of the weight of asphalt, using the wet process mixing method. The tests included Marshall stability, flow, Void In Mixture (VIM), Void In Mineral Aggregate (VMA), and Void Filled with Bitumen (VFB) tests, referring to the 2018 Revised General Specifications for Highways. The results showed that adding 1% UPVC waste produced the highest stability value of 968 kg with flow and volumetric parameters that still met the standards. Adding more than 2% caused a decrease in stability due to increased air voids and decreased mixture homogeneity. Based on these results, the optimum level of UPVC waste in the CPHMA mixture was found to be 1%, which provided the best balance between the stability and durability of the mixture. This study indicates that the use of UPVC waste has the potential to improve the performance of CPHMA while supporting sustainable plastic waste management.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi jalan raya mendorong upaya peningkatan kualitas material perkerasan yang digunakan. Salah satu yang dimanfaatkan di Indonesia adalah Asbuton (Aspal Buton), yang menjadi alternatif mengganti aspal minyak impor. Asbuton di Indonesia tercatat memiliki cadangan sekitar 677 juta ton atau sebanding dengan 170 juta ton aspal minyak, menjadikan sebagai salah satu deposit terbesar di dunia (Sumiati et al., 2019). Salah satu produk turunannya yaitu *Cold Paving Hot Mix Asbuton* (CPHMA). CPHMA merupakan kombinasi asbuton yang terdiri dari

asbuton total, granular, peremajaan, serta tambahan lain yang berfungsi meningkatkan kualitas campuran yang dicampur dengan panas dan bisa dihampar dingin (Anzari et al., 2023)

Metode pencampuran dingin (*cold mix*) CPHMA sehingga sangat cocok dalam pekerjaan *patching*, sebab dapat diterapkan secara langsung di lapangan tanpa pemanasan intensif. Salah satu kendala penggunaan CPHMA adalah nilai stabilitas yang relatif rendah, sehingga penerapannya masih terbatas pada jalan dengan intensitas yang relatif rendah (Djakfar et al., 2018), Kondisi ini mendorong perlunya modifikasi dengan bahan aditif yang dapat meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas campuran. Studi sebelumnya oleh (Qubro et al., 2025) menunjukkan bahwa modifikasi aspal dengan Asbuton Lawele mampu meningkatkan viskositas, ketahanan deformasi, dan daya tahan terhadap penuaan, sehingga menegaskan potensi Asbuton sebagai material yang masih relevan untuk terus dikembangkan dalam berbagai jenis campuran aspal.

Seiring meningkatnya volume limbah plastik yang sulit terurai, beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan modifikasi pada campuran aspal. Stabilitas marshall aspal plastik 40% lebih tinggi, sehingga kinerja dan ketahanannya tiga kali lebih baik dibanding aspal biasa (Sumiati & Mahmuda, 2019). Berbagai cara digunakan untuk meningkatkan performa asbuton. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa modifikasi asbuton dengan limbah HDPE dan oli bekas mampu memperbaiki sifat fisik aspal, seperti berat jenis dan titik lunak, meskipun masih terkendala pada nilai daktilitas dan titik nyala (I.D.M.A. Karyawan et al., 2023). Hal ini menunjukkan bahwa limbah plastik berpotensi sebagai bahan modifikasi aspal karena sifat termoplastiknya yang dapat menyatu dengan matriks aspal.

Salah satu limbah plastik yang jumlah terus meningkat adalah *Unplasticized Polyvinyl Chloride* (UPVC). UPVC merupakan material turunan dari PVC yang mengalami proses penghilangan sifat plastisnya sehingga lebih keras dari PVC biasa sehingga menjadikan UPVC lebih kuat dan ringan (Akhyar et al., 2021). Pengelolaan limbah UPVC yang kurang optimal dapat menimbulkan masalah lingkungan, mengingat sifatnya yang sulit terurai secara alami. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah UPVC sebagai bahan aditif pada material konstruksi menjadi solusi yang sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular dan pembangunan berkelanjutan.

Sejumlah penelitian lain turut memperkuat pentingnya penggunaan limbah plastik sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal. Penelitian dilakukan oleh (Utomo & Arfiana, 2023) menunjukkan bahwa pencampuran limbah plastik jenis PET mampu meningkatkan ketahanan campuran aspal dalam menghadapi deformasi permanen, karena PET adalah jenis polimer termoplastik yang memiliki tingkat kekuatan tinggi, kekuatan mekanis yang baik, dan daya tahan kimia yang optimal. Temuan yang sejalan juga dihasilkan dari penelitian oleh (Anggara & Syarma, 2025) yang mengungkapkan bahwa campuran aspal yang dimodifikasi dengan plastik menunjukkan ketahanan terhadap suhu tinggi lebih baik dibanding aspal konvensional. Dari hasil-hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sifat termoplastik pada limbah plastik dapat memberikan dampak positif terhadap peningkatan kinerja campuran aspal, sehingga penelitian lebih lanjut dengan menggunakan berbagai jenis plastik yang berbeda sangat layak untuk dilanjutkan guna untuk mengoptimalkan potensi pemanfaatan limbah plastik dalam teknologi aspal.

Di sisi lain, sifat material UPVC memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan PVC konvensional memberikan potensi untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitas pada campuran CPHMA, ditambah dengan keunggulan UPVC dalam hal resistensi terhadap korosi, kelembapan, dan degradasi kimia yang menjadikannya menarik untuk diaplikasikan dalam bidang konstruksi jalan. Namun demikian, studi khusus mengenai penggunaan limbah UPVC sebagai bahan tambahan dalam asbuton CPHMA masih sangat sedikit, sehingga penelitian ini diharapkan dapat menyumbangkan wawasan baru dalam mengembangkan pengetahuan terkait tentang pemanfaatan limbah UPVC untuk menghadirkan solusi teknis yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Beberapa penelitian sebelumnya mengenai Asbuton menunjukkan bahwa material ini memiliki potensi besar dalam meningkatkan kinerja campuran perkerasan, seperti temuan (Toad et al., 2024) melaporkan bahwa Asbuton preblended pada campuran AC-WC menghasilkan *Stability* (1.400 kg), *Flow* (3,350 mm), dan *Marshall Quotient* (410 kg/mm), dan menyatakan bahwa karakteristik ini *memenuhi spesifikasi Bina Marga (Revision 1, 2018)*.” Selanjutnya penelitian oleh (Rahman et al., 2024) menunjukkan bahwa aspal berbusa yang diekstrak dari Buton natural asphalt (Asbuton) menghasilkan *stabilitas Marshall* yang sangat tinggi ($\pm 2440,8$ kg) dan *tensile strength ratio* (ITS) sekitar 92,78 %, mengindikasikan kinerja yang unggul terhadap beban berat dan kerusakan akibat kelembapan.

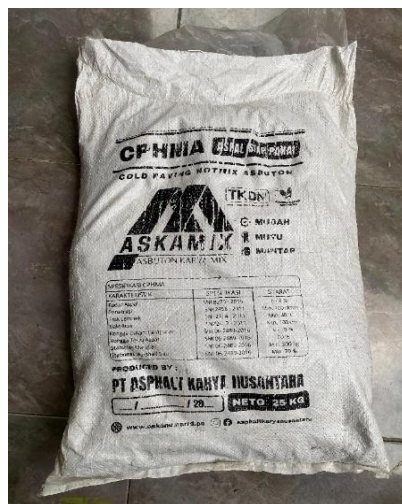
Mengacu pada hasil penelitian terdahulu serta permasalahan yang ditemukan, kajian mengenai upaya peningkatan kinerja Asbuton jadi penting untuk dilakukan. Salah satu alternatif yang dapat dikembangkan adalah pemanfaatan limbah plastik UPVC sebagai bahan aditif. Pertimbangan pemilihannya didasarkan pada ketersediaan material yang melimpah serta kemudahan dalam memperolehnya. Sehingga penelitian ini difokuskan pemanfaatan limbah UPVC sebagai aditif pada Asbuton CPHMA.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan limbah UPVC sebagai bahan aditif pada campuran CPHMA, menentukan kadar penambahan yang paling optimal dalam meningkatkan karakteristik mekanis dan kinerja campuran, serta membandingkan hasilnya dengan campuran tanpa aditif untuk menilai efektivitas pemakaiannya. Adapun manfaat penelitian ini antara lain memberikan data sebagai referensi dalam pengembangan

teknologi perkerasan jalan berbasis modifikasi limbah plastik, memberikan rekomendasi praktis terkait peningkatan performa campuran CPHMA melalui penambahan UPVC, serta menghadirkan solusi lingkungan dengan mengurangi akumulasi limbah UPVC yang sulit terurai secara alami.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan lokasi penelitian di Balai Pengujian DPU-PR Provinsi NTB. Penelitian ini menggunakan Asbuton CPHMA dan limbah UPVC. Asbuton CPHMA digunakan karena merupakan salah satu produk aspal buton yang sudah dikemas dan siap pakai serta memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh kementerian PUPR (Bina Marga, 2018). CPHMA dalam penelitian ini diperoleh dari PT ASPHALT KARYA NUSANTARA, yang dapat dilihat pada Gambar 1. Sebelum dilakukan pengujian, aspal CPHMA diekstraksi untuk memisahkan agregat dan memastikan kandungan aspal murni sesuai kebutuhan pengujian.



Gambar 1. CPHMA

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

Limbah UPVC yang digunakan dari hasil pembuangan proses pengolahan produk pintu dan jendela di KEIN UPVC, yang dapat dilihat pada Gambar 2. Limbah dimanfaatkan sebagai bahan aditif pada campuran aspal dengan variasi penambahan sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% terhadap berat CPHMA. Cara basah (wet process) adalah teknik pencampuran dengan cara memasukkan plastik ke dalam aspal yang sudah dipanaskan, kemudian diaduk hingga tercampur rata (Linggo & Kurniawan, 2015). Pemilihan variasi ini bertujuan untuk mengetahui kadar optimum UPVC yang dapat meningkatkan kinerja campuran aspal.



Gambar 2. Serbuk Limbah UPVC

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2025)

Jenis pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi uji stabilitas marshall, *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled with Bitumen* (VFB), *Void in Mixture* (VIM), dan *Flow*. Seluruh pengujian mengacu pada spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Rincian variasi campuran dan jumlah benda uji yang digunakan pada Tabel 1.

Tabel 1. Benda Uji Campuran Aspal CPHMA dengan Variasi Limbah UPVC

| Kode Sampel | Persentase Limbah UPVC (% dari berat aspal) | Jumlah Benda Uji |
|-------------------------|---|------------------|
| U-0 | 0% | 4 |
| U-1 | 1% | 4 |
| U-2 | 2% | 4 |
| U-3 | 3% | 4 |
| U-4 | 4% | 4 |
| U-5 | 5% | 4 |
| Jumlah Benda Uji | | 24 |

Sumber: Data Olahan (2025)

Tabel 2. Data Dasar Hasil Ekstraksi Agregat CPHMA

| Parameter | Nilai (g) |
|-------------------------|-----------|
| Berat Awal Campuran | 1000 |
| Berat Setelah Ekstraksi | 800,2 |
| Berat Kertas Awal | 78 |
| Berat Kertas Setelah | 78 |
| Berat Abu | 0 |
| Berat Cawan Awal | 36,5 |
| Berat Cawan Setelah | 83 |
| Berat Abu (Cawan) | 46,5 |
| Berat Total Agregat | 926,7 |
| Kadar Aspal | 7,33% |

Sumber: Data Olahan (2025)

TABEL 3. Gradasi Agregat CPHMA Hasil Ekstraksi

| Ayakan (ASTM) | Ukuran (mm) | Berat Tertahan (g) | Tertahan (%) | Lolos (%) | Persyaratan |
|---------------|-------------|--------------------|--------------|-----------|-------------|
| 3/4" | 19 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| 1/2" | 12,5 | 89 | 9,60 | 90,40 | 90-100 |
| No. 4 | 4,75 | 372,8 | 49,83 | 50,17 | 45-70 |
| No. 8 | 2,36 | 179,4 | 69,19 | 30,81 | 30-55 |
| No. 50 | 0,300 | 86,6 | 78,54 | 21,46 | 12-25 |
| No. 200 | 0,075 | 88 | 88,03 | 11,97 | 6-15 |

Sumber: Data Olahan (2025)

Berdasarkan Tabel 2, hasil ekstraksi campuran CPHMA, menunjukkan kadar aspal sebesar 7,33 % dengan berat agregat akhir 926,7 g dari total awal 1000 g. Nilai tersebut berada dalam kisaran yang ditetapkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu 6-8 %. Hasil gradasi agregat pada Tabel 3 juga telah memenuhi gradasi yang dipersyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

HASIL

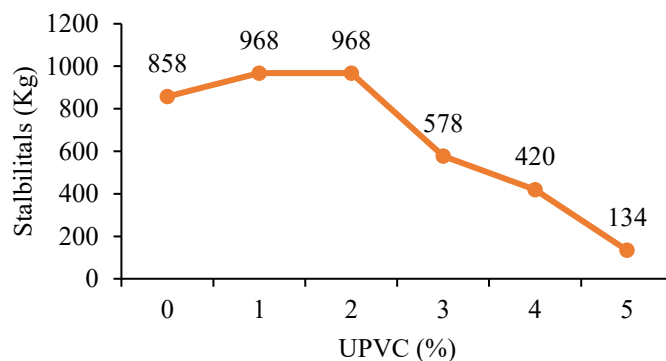
Pengujian marshall dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah UPVC terhadap sifat campuran aspal CPHMA. Parameter yang diuji stabilitas Marshall, flow, Void in Mixture (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), Void with Bitumen (VFB), dan Maximum Theoretical Specific Gravity (GMM) (Rahmawati et al., 2023). Data hasil uji ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Marshall Campuran CPHMA Dan UPVC

| Kode | UPVC (%) | Stabilitas (Kg) | Flow (mm) | VIM (%) | VMA (%) | VFB (%) | marshall sisa (%) |
|------|----------|-----------------|-----------|---------|---------|---------|-------------------|
| U-0 | 0 | 858 | 3,85 | 7,60 | 22,88 | 66,40 | 72,34 |
| U-1 | 1 | 968 | 4,90 | 6,61 | 21,30 | 68,57 | 71,38 |
| U-2 | 2 | 968 | 5,10 | 9,68 | 23,91 | 59,19 | 72,06 |
| U-3 | 3 | 578 | 4,90 | 13,35 | 27,05 | 50,33 | 64,05 |
| U-4 | 4 | 420 | 3,85 | 17,93 | 31,51 | 42,84 | 42,17 |
| U-5 | 5 | 134 | 2,72 | 22,32 | 35,45 | 36,81 | 0 |

Sumber: Data Olahan (2025)

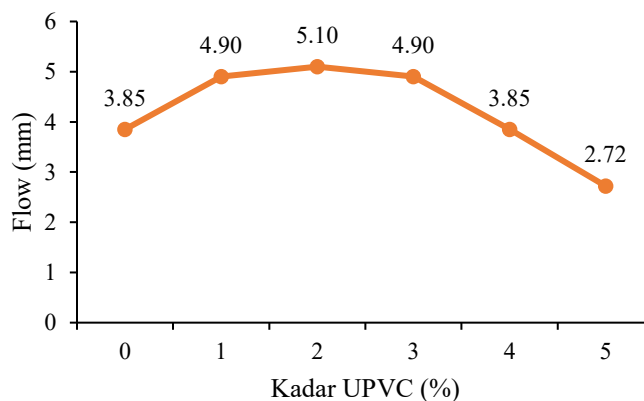
Berdasarkan Gambar 3, Nilai Stabilitas Marshall mengalami peningkatan pada kadar penambahan limbah UPVC sebesar 1-2%, yaitu mencapai nilai tertinggi 968 kg. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan UPVC pada CPHMA mampu memperbaiki ikatan antara partikel agregat dan aspal, karena sifat termoplastik dari UPVC memungkinkan terjadinya interaksi fisik yang baik dengan matriks aspal. Namun, pada kadar di atas 2%, nilai stabilitas menurun sampai 134 kg pada kadar 5%. Penurunan stabilitas terjadi karena sifat UPVC yang kaku dan sulit melunak pada suhu pencampuran dingin sehingga tidak dapat menyatu sempurna dengan aspal. Ketika kadar UPVC meningkat, campuran menjadi tidak homogen dan ikatan antar partikel agregat melemah, yang berakibat pada penurunan nilai stabilitas.



Gambar 3. Hubungan Kadar UPVC Terhadap Stabilitas Marshall

Sumber: Data Olahan (2025)

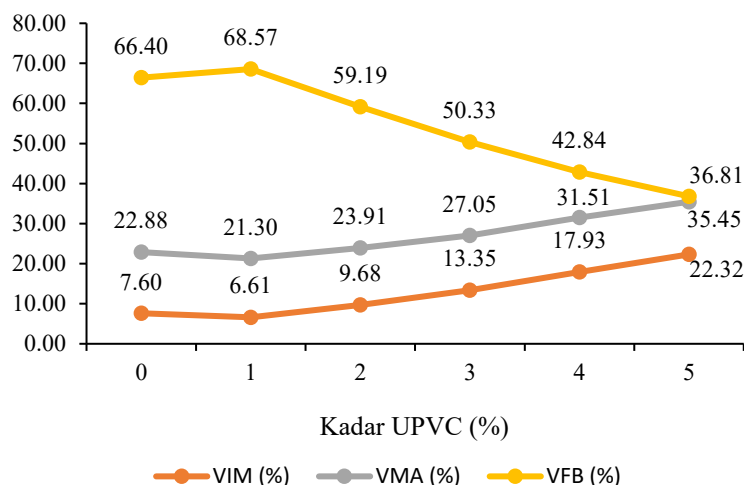
Nilai flow Marshall menunjukkan deformasi plastis dari campuran aspal akibat beban. Berdasarkan Gambar 4 nilai flow meningkat seiring penambahan UPVC dari 3,85 mm menjadi 5,10 mm pada kadar 2%. Kenaikan ini menandakan peningkatan fleksibilitas campuran, yang berpotensi menahan deformasi lebih baik sebelum retak. Kenaikan ini menunjukkan bahwa penambahan UPVC hingga batas tertentu dapat meningkatkan fleksibilitas campuran, sehingga mampu menahan deformasi plastis lebih baik sebelum mengalami retak.



Gambar 4. Hubungan Kadar UPVC Terhadap Flow

Sumber : Data Olahan (2025)

Gambar 5 menunjukkan variasi nilai VIM, VMA dan VFB terhadap kadar penambahan UPVC. Nilai VIM meningkat dari 7,60% menjadi 22,32% menunjukkan meningkatnya rongga udara dalam campuran. Nilai VMA juga naik dari 22,88% menjadi 35,45% sedangkan nilai VFB menurun dari 66,40% menjadi 36,81%. Kenaikan Nilai VIM dan VMA ini disebabkan oleh meningkatnya kadar UPVC yang bersifat kaku dan tidak mudah menyatu dengan aspal pada suhu pencampuran dingin, sehingga partikel plastik tidak mampu mengisi rongga antar agregat secara merata. Akibatnya, volume rongga udara dalam campuran bertambah. Sebaliknya, penurunan nilai VFB menunjukkan bahwa sebagian besar rongga tersebut tidak lagi terisi aspal efektif akibat berkurangnya kemampuan adhesi antara aspal dan agregat.

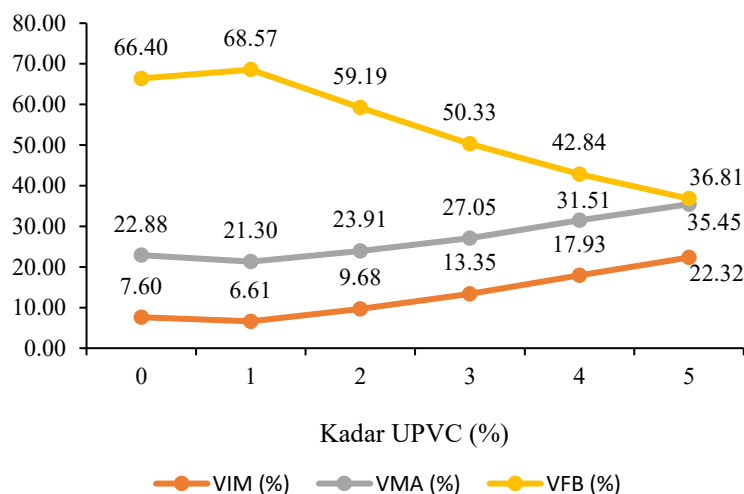


Gambar 5. Hubungan Kadar UPVC Terhadap VIM, VMA, dan VFB

Sumber: Data Olahan (2025)

Stabilitas Marshall sisa menggambarkan ketahanan campuran terhadap kerusakan akibat perendaman. Gambar 6, nilai marshall sisa menurun dari 72,34% menjadi 0% pada kadar 5%. Penurunan sampai 0% ini mengidentifikasi bahwa campuran kehilangan seluruh kemampuan menahan beban setelah proses perendaman.

Hal ini disebabkan oleh terjadinya pelelehan (lebur) dan terlepasnya ikatan antar partikel agregat dan aspal, ketika kadar UPVC yang digunakan terlalu tinggi. Kandungan kadar plastik yang berlebih dapat menyebabkan campuran menjadi tidak homogen, serta mengganggu adhesi antar aspal dan agregat. Akibatnya, pada saat perendaman, air dengan mudah masuk ke dalam rongga campuran dan mempercepat kerusakan lapisan ikatan, sehingga stabilitas marshall menurun drastis sampai 0%.



Gambar 6. Hubungan Kadar UPVC Terhadap Stabilitas Marshall Sisa

Sumber: Data Olahan (2025)

Pembahasan

Penambahan limbah UPVC berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik campuran CPHMA. Kadar optimum diperoleh pada 1% karena menghasilkan stabilitas dan ketahanan yang seimbang. Penambahan berlebih menyebabkan peningkatan rongga udara dan penurunan daya tahan. Hasil ini sejalan dengan Spesifikasi Umum Bina Marga (2018 Revisi 2). Temuan ini memiliki kesesuaian dengan penelitian (Muttaqin et al., 2020), yang juga mengkaji pengaruh penambahan limbah UPVC terhadap karakteristik campuran HRS-WC menggunakan parameter Test atau pengujian, persamaan pendekatan penelitian dan jenis parameter pengujian tersebut memperkuat interpretasi hasil, khususnya terkait perubahan stabilitas, flow, VIM, VMA, dan VFB sebagai akibat variasi kadar limbah UPVC.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya oleh (Ma'ulva et al., 2025) yang menunjukkan bahwa penambahan bahan tambahan pada campuran aspal berpengaruh terhadap karakteristik Marshall, khususnya dalam meningkatkan nilai stabilitas hingga mencapai kadar optimum tertentu. Penelitian terdahulu juga

mengindikasikan bahwa penambahan bahan tambahan yang melebihi kadar optimum cenderung meningkatkan rongga udara dan berpotensi menurunkan kinerja mekanik campuran. Sehingga kesesuaian pernyataan hasil ini menunjukkan bahwa pengendalian kadar bahan tambahan merupakan faktor penting dalam menjaga keseimbangan antara stabilitas, kelenturan, dan ketahanan campuran aspal, meskipun perbedaan nilai optimum dapat terjadi akibat variasi gradasi agregat, kadar aspal, serta karakteristik material yang digunakan.

Hasil penelitian (Sa'dillah et al., 2024) menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik PVC memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik mekanik campuran aspal. Berdasarkan hasil uji Marshall, nilai stabilitas meningkat hingga kadar optimum 5%, namun penambahan lebih dari kadar tersebut menyebabkan naiknya nilai VIM (rongga udara) dan penurunan stabilitas campuran. Kondisi ini menggambarkan bahwa penggunaan plastik dalam jumlah berlebih mengakibatkan campuran menjadi kurang padat dan daya lekat antara aspal dan agregat melemah. Hal tersebut sejalan dengan temuan pada campuran CPHMA berbahan UPVC, di mana kadar optimum diperoleh pada 1% karena mampu menghasilkan stabilitas dan ketahanan yang seimbang, sementara kadar berlebih menyebabkan penurunan daya tahan akibat meningkatnya rongga udara. Temuan ini konsisten dengan ketentuan *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2* yang menekankan pentingnya kadar optimum bahan tambahan untuk menjaga keseimbangan antara stabilitas, kelekatan, dan durabilitas campuran perkerasan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan limbah UPVC terhadap kinerja campuran *Cold Paving Hot Mix Asbuton* (CPHMA), bahwa modifikasi dengan limbah UPVC memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik campuran. Penambahan UPVC sebesar 1% dari berat aspal menghasilkan nilai stabilitas Marshall tertinggi sebesar 968 kg dengan nilai flow yang masih memenuhi ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga (2018 Revisi 2), sehingga dapat dikatakan sebagai kadar optimum. Namun, penambahan UPVC di atas 2% menyebabkan penurunan stabilitas dan daya tahan campuran akibat meningkatnya rongga udara dan menurunnya homogenitas campuran. Hal ini mengindikasikan bahwa kelebihan kandungan UPVC dapat mengganggu adhesi antar partikel agregat dan aspal.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhyar, M., Zakki, A. F., & Santosa, A. W. B. 2021. Perancangan Kapal Katamaran Dengan Material Unplasticized Poly Vinyl Chloride (UPVC) Untuk Menunjang Pariwisata Di Danau Toba. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 9(4), 343–344. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/31549>
- Anggara, M. A. R., & Syarma, D. P. 2025. Studi Perilaku Material Aspal Modifikasi Untuk Konstruksi Jalan Tol Di Daerah Tropis. *Jurnal Studi Dan Aplikasi Teknik Sipil (JSATS)*, 1(1), 2. <https://doi.org/10.64123/jsats.v1.i1.1>
- Anzari, D. A. Al, Nurdin, A. R., & Yuniarti, N. 2023. Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Buton Tipe CPHMA Dengan Perendaman Berulang. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 1(1), 31. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v1i1.1552>
- Djakfar, L., Wiyanta, Y. K., Bowoputro, H., & Baisa, H. L. 2018. Pengaruh Kadar Kapur Padam Sebagai Bahan Pengisi Campuran Cold Paving Hot Mix Asbuton. *Jurnal Transportasi*, 18(1), 22. <https://doi.org/10.26593/jtrans.v18i1.2970.21-28>
- I.D.M.A. Karyawan, N. N. K., Hariyadi, Hasyim, & Rohani. 2023. Karakteristik Aspal Buton Ekstrasi yang Dimodifikasi Dengan Oli Bekas dan Plastik HDPE. *Rekonstruksi Tadulako*, 4(2), 85. <https://doi.org/10.22487/renstra.v4i2.596>
- Linggo, J. S. nie, & Kurniawan, J. Y. 2015. Penggunaan PVC Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Aspal. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(3), 192. <https://doi.org/10.24002/jts.v13i3.875>
- Ma'ulva, A. A., Ridwan, A., & Damara, B. 2025. Penggunaan Semen Portland Sebagai Bahan Pengganti Abu Batu/Filler terhadap Karakteristik Aspal AC-WC. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(2). <http://dx.doi.org/10.33087/talentasipil.v8i2.968>
- Muttaqin, A., Isfanari, Wahyuningsih, T., Efendy, A., & Anam, H. 2020. Karakteristik Campuran Beraspal (Hrs-Wc) Dengan Bahan Tambahan Serbuk Limbah UPVC (ADDITIVE). *Jurnal Sipil Sains*, 10(2), 128–131.
- Qubro, K. Al, Fauzi, M., Nisumanti, S., & Febryandi, S. H. 2025. Kinerja Campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) Menggunakan Aspal Modifikasi Asbuton Murni Lawele. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(2), 885–886. <http://dx.doi.org/10.33087/talentasipil.v8i2.1014>
- Rahman, H., Harnedi, R. A., Siregar, F. T. N., Yongjoo Kim, K. L., & Kang, I. 2024. Laboratory Performance of Asphalt Concrete containing Foamed Bitumen from extraction of Buton Natural Asphalt. *Jurnal Teknik Sipil: Jurnal Teoretis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 31(3), 249–252. <https://doi.org/10.5614/jts.2024.31.3.2>
- Rahmawati, A. N., Widhiastuti, Y., & Prasetyo, B. H. 2023. Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Pet (Polythylene Terephthalate) Untuk Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Aspal (AC-BC). *Jurnal Ekonomi Teknologi Dan Bisnis*, 2(2), 204. <https://doi.org/10.57185/jetbis.v2i2.30>
- Sa'dillah, M., Yurnalisdell, Oktaviastuti, B., & Nenabu, C. C. C. 2024. Karakteristik Penggunaan Plastik Pvc (Polyvinyl Chloride) Bahan Tambahan Campuran Aspal Porus. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 14–18.

<https://doi.org/10.33369/ijts.16.1.8-20>

- Sumiati, & Mahmuda, A. S. 2019. Perkerasan Aspal Beton (AC-BC) Limbah HDPE Yang Tahan Terhadap Cuaca Ekstrem. *Construction and Material Journal*, 1(1), 2. <https://doi.org/10.32722/cmj.v1i1.1322>
- Sumiati, Mahmuda, & Puryanto. 2019. Keunggulan Asbuton Pracampuran dan Aspal Shell Pada Campuran Aspal Beton (AC-BC). *POLITEKNOLOGI*, 18(1), 54. <https://doi.org/10.32722/pt.v18i1.1289>
- Toad, W., Kabo, D., Manginsihi, B., Hosang, M., & Marshall. 2024. Characteristics Test on Asphalt Concrete Mixtures –Wearing Course Using Modified Asbuton. *Jurnal Multidisiplin Madani (MUDIMA)*, 4(6), 887. <https://journal.formosapublisher.org/index.php/mudima/article/view/10026>
- Utomo, L. W., & Arfiana, S. 2023. Pemanfaatan Limbah Plastik Daur Ulang Dari Polietilen Tereftalat (PET) Sebagai Bahan Tambahan Dalam Pembuatan Nanokomposit, Semen Mortar, dan Aspal. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(1), 165. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/article/view/60812>