



PENGARUH SUHU PENCAMPURAN TERHADAP NILAI VOLUMETRIK CAMPURAN ASPAL AC-WC

Emi Wonda¹, Irianto², Didik S.S. Mabui³

¹ Mahasiswa Magister Rekayasa Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Yapis Papua

^{2,3} Dosen Magister Rekayasa Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Yapis Papua

¹emiwonda@gmail.com, ²irian.anto@gmail.com, ³didikmabui90@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas campuran beraspal panas sangat dipengaruhi oleh parameter suhu selama proses produksi, salah satunya adalah suhu pencampuran. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi suhu pencampuran terhadap nilai volumetrik campuran aspal AC-WC, khususnya Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), dan Void Filled with Bitumen (VFB). Pengujian dilakukan di laboratorium dengan menggunakan campuran AC-WC pada tiga variasi suhu pencampuran, yaitu 130°C, 145°C, dan 160°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu pencampuran berdampak signifikan terhadap nilai volumetrik. Pada suhu yang lebih tinggi, nilai VIM cenderung menurun, sedangkan VFB meningkat, mengindikasikan distribusi aspal yang lebih baik. Namun demikian, suhu yang terlalu tinggi juga berpotensi mempercepat penuaan aspal. Oleh karena itu, diperlukan penentuan suhu pencampuran yang optimal agar campuran memenuhi spesifikasi teknis dan memiliki performa jangka panjang yang baik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan teknis dalam proses produksi campuran beraspal di lapangan.

Kata kunci: AC-WC, suhu pencampuran, VIM, VMA, VFB, volumetrik

ABSTRACT

The quality of hot mix asphalt is highly influenced by temperature parameters during the production process, particularly the mixing temperature. This study aims to evaluate the effect of varying mixing temperatures on the volumetric properties of AC-WC asphalt mixtures, focusing on Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), and Void Filled with Bitumen (VFB). Laboratory tests were conducted using AC-WC mixtures at three different mixing temperatures: 130°C, 145°C, and 160°C. The results show that increasing the mixing temperature significantly affects the volumetric values. Higher temperatures tend to decrease VIM and increase VFB, indicating better asphalt coating and distribution. However, excessively high temperatures may accelerate asphalt aging, potentially reducing the long-term performance of the pavement. Therefore, determining the optimal mixing temperature is crucial to ensure that the asphalt mixture meets technical specifications and achieves long-term durability. The findings of this research are expected to serve as technical guidance for asphalt mixing practices in the field.

Keywords: AC-WC, mixing temperature, VIM, VMA, VFB, volumetric properties

1. PENDAHULUAN

Konstruksi perkerasan jalan merupakan salah satu bagian vital dalam sistem transportasi yang memerlukan perhatian khusus terhadap kualitas material dan metode pelaksanaannya. Campuran beraspal panas (Hot Mix Asphalt/HMA) telah menjadi pilihan utama dalam pembangunan lapisan perkerasan jalan, terutama untuk lapisan permukaan atau wearing course. Di antara jenis campuran beraspal, Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) merupakan tipe campuran yang dirancang untuk menahan beban lalu lintas secara langsung, serta melindungi lapisan di bawahnya dari kerusakan akibat air, suhu, dan beban kendaraan. Agar campuran AC-WC dapat bekerja secara optimal sesuai dengan fungsinya,



maka perlu memenuhi karakteristik teknis tertentu, khususnya karakteristik volumetrik, seperti Void in Mineral Aggregate (VMA), Void Filled with Bitumen (VFB), dan Void in Mix (VIM). Parameter-parameter ini menjadi indikator penting dalam menilai kualitas campuran aspal, karena secara langsung mempengaruhi ketahanan campuran terhadap deformasi permanen (rutting), retak akibat suhu, maupun ketahanan terhadap kelelahan (fatigue).

Salah satu faktor yang memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik volumetrik tersebut adalah suhu pencampuran. Suhu pencampuran adalah temperatur saat aspal dan agregat dicampur sebelum dipadatkan. Pada proses ini, suhu harus cukup tinggi agar viskositas aspal menurun dan dapat menyelimuti agregat secara merata. Apabila suhu pencampuran terlalu rendah, viskositas aspal menjadi tinggi, sehingga pelapisan agregat tidak sempurna dan homogenitas campuran berkurang. Akibatnya, terbentuk rongga-rongga udara berlebih (tingginya VIM), meningkatnya risiko segregasi, serta potensi menurunnya stabilitas Marshall. Sebaliknya, pencampuran pada suhu yang terlalu tinggi juga tidak dianjurkan karena dapat mempercepat penuaan dini (aging) pada aspal akibat penguapan komponen volatilnya, yang akan menyebabkan campuran menjadi kaku, mudah retak, dan menurunkan daya tahan terhadap kelelahan. Selain itu, suhu pencampuran juga mempengaruhi workability atau kemudahan pengerjaan di lapangan. Semakin baik pencampuran dan distribusi aspal pada agregat, semakin tinggi pula kualitas hasil akhir perkerasan yang diperoleh. Dalam praktik konstruksi, ketidaksesuaian suhu pencampuran sering kali terjadi akibat kurangnya kontrol di lapangan, sehingga pemahaman terhadap hubungan antara suhu pencampuran dan karakteristik volumetrik menjadi sangat penting. Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara suhu pencampuran dengan performa campuran aspal. Misalnya, penurunan suhu pencampuran pada campuran modifikasi tertentu dapat memperbaiki kelestarian lingkungan namun menurunkan kualitas teknis, sehingga diperlukan pendekatan yang seimbang. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi eksperimental untuk mengkaji secara spesifik bagaimana variasi suhu pencampuran memengaruhi nilai-nilai volumetrik pada campuran AC-WC konvensional. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh suhu pencampuran terhadap parameter-parameter volumetrik AC-WC, yakni VMA, VIM, dan VFB. Dengan memahami bagaimana suhu memengaruhi perilaku campuran, diharapkan hasil studi ini dapat memberikan rekomendasi teknis mengenai rentang suhu optimal dalam proses pencampuran. Informasi ini tidak hanya penting bagi laboratorium pengujian, tetapi juga sangat krusial dalam mendukung kontrol mutu pelaksanaan pekerjaan jalan di lapangan, sehingga dapat meningkatkan umur layan jalan serta mengurangi biaya perawatan jangka panjang. Dengan pendekatan eksperimen dan analisis laboratorium, studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan teknologi perkerasan di Indonesia, khususnya dalam konteks efisiensi energi, keberlanjutan lingkungan, dan peningkatan performa struktural jalan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Campuran Beraspal AC-WC

Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) merupakan lapisan permukaan dalam sistem perkerasan lentur yang dirancang untuk menahan beban kendaraan, gesekan roda, serta pengaruh lingkungan secara langsung. AC-WC harus memiliki stabilitas tinggi, ketahanan aus yang baik, dan kemampuan drainase permukaan yang memadai (Nugraha, 2018).



Komposisi campuran AC-WC terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal sebagai pengikat. Karakteristik campuran ditentukan oleh parameter volumetrik dan mekanik yang dikendalikan melalui proses desain campuran (Mulyono, 2011).

2.2. Parameter Volumetrik Campuran Aspal

Karakteristik volumetrik adalah indikator penting dalam evaluasi mutu campuran aspal. Parameter utama yang digunakan antara lain:

- Void in Mix (VIM) atau rongga udara dalam campuran menunjukkan persentase ruang kosong dalam campuran setelah pemadatan. Nilai VIM yang terlalu tinggi menyebabkan rendahnya daya tahan terhadap air dan stabilitas, sedangkan nilai yang terlalu rendah dapat menyebabkan bleeding (Brown et al., 2009).
- Void in Mineral Aggregate (VMA) adalah volume rongga dalam agregat mineral yang tersedia untuk diisi aspal dan udara. Nilai VMA yang optimal penting untuk memastikan daya tahan campuran terhadap keausan dan deformasi (Roberts et al., 1996).
- Void Filled with Bitumen (VFB) adalah persentase volume VMA yang diisi oleh aspal. Nilai ini menunjukkan sejauh mana aspal mengisi pori-pori agregat, dan berkaitan dengan daya tahan terhadap kelelahan dan deformasi plastis.

2.3. Pengaruh Suhu Pencampuran terhadap Campuran Aspal

Suhu pencampuran adalah suhu saat aspal dan agregat dicampur dalam alat pencampur (mixer). Suhu yang digunakan sangat mempengaruhi viskositas aspal dan distribusi aspal pada permukaan agregat. Menurut White et al. (2002), viskositas aspal menurun pada suhu tinggi, sehingga pencampuran menjadi lebih homogen dan lapisan film aspal lebih merata. Namun, jika suhu terlalu tinggi, aspal dapat mengalami penuaan dini (early aging), yang menyebabkan kerapuhan dan menurunnya fleksibilitas.

Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah menyebabkan pelapisan agregat oleh aspal tidak sempurna, meningkatkan risiko segregasi dan tidak terpenuhinya parameter volumetrik seperti VIM dan VMA secara optimal (Bahia & Davies, 1994). Oleh karena itu, pencampuran aspal idealnya dilakukan pada rentang suhu yang telah ditentukan berdasarkan jenis aspal dan agregat yang digunakan, umumnya antara 145°C – 165°C untuk aspal penetrasi 60/70 (Direktorat Bina Teknik Jalan, 2017).

2.4. Penelitian Terkait

Penelitian oleh Setiawan et al. (2020) menunjukkan bahwa peningkatan suhu pencampuran dari 130°C menjadi 160°C berpengaruh positif terhadap peningkatan nilai stabilitas Marshall dan penurunan nilai VIM. Namun, suhu di atas 160°C cenderung menyebabkan penurunan fleksibilitas campuran. Penelitian lain oleh Suryaningrat (2019) menekankan pentingnya pengujian laboratorium untuk menentukan suhu optimal karena sifat termal aspal dapat bervariasi tergantung pada sumber dan jenis agregat.

2.5. Standar dan Spesifikasi Terkait

Spesifikasi teknis campuran aspal di Indonesia mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga (Revisi 2018), yang menyebutkan bahwa suhu pencampuran dan pemadatan harus sesuai dengan jenis aspal dan viskositasnya. Selain itu, standar desain volumetrik seperti VIM (3–5%), VMA (>14%), dan VFB (65–75%) harus dipenuhi agar campuran dapat diterima dalam pengujian Marshall.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi suhu pencampuran terhadap nilai-nilai volumetrik campuran aspal AC-WC. Penelitian dilakukan dengan metode **eksperimen kuantitatif**, di mana variabel suhu pencampuran divariasikan secara sistematis, sementara variabel lainnya dijaga konstan.

3.2. Variabel Penelitian



- Variabel bebas: Suhu pencampuran (dalam derajat Celsius), yang divariasikan pada beberapa tingkat, misalnya: 130°C, 145°C, dan 160°C.
- Variabel terikat: Nilai volumetrik campuran aspal, yaitu:
 - Void in Mix (VIM)
 - Void in Mineral Aggregate (VMA)
 - Void Filled with Bitumen (VFB)

3.3. Bahan dan Alat

- Bahan:
 - Aspal penetrasi 60/70
 - Agregat kasar dan halus sesuai gradasi AC-WC berdasarkan spesifikasi Bina Marga
 - Filler (abu batu)
- Alat:
 - Oven pemanas
 - Timbangan digital
 - Alat Marshall Test Set (termasuk mold, kompaktor Marshall, water bath)
 - Termometer digital
 - Mixer laboratorium

3.4. Desain Campuran

Perencanaan desain campuran mengikuti metode Marshall berdasarkan spesifikasi Bina Marga. Gradasi agregat disusun sesuai gradasi AC-WC. Kandungan aspal optimum ditentukan terlebih dahulu melalui pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal. Nilai kadar aspal optimum (KAO) kemudian digunakan untuk seluruh variasi suhu pencampuran.

3.5. Prosedur Penelitian

1. Persiapan Bahan
Agregat dipanaskan hingga suhu tertentu (sesuai dengan suhu pencampuran yang diinginkan). Aspal juga dipanaskan hingga suhu yang sesuai agar mudah bercampur dengan agregat.
2. Pencampuran
Aspal dan agregat dicampur pada suhu yang telah ditentukan, yakni 130°C, 145°C, dan 160°C. Campuran diaduk menggunakan mixer hingga homogen.
3. Pemadatan
Campuran yang telah homogen ditempatkan dalam mold Marshall dan dipadatkan menggunakan alat pemadat Marshall sesuai jumlah tumbukan standar (75 tumbukan per sisi).
4. Perawatan dan Pengujian
Sampel yang telah dipadatkan direndam dalam water bath Marshall selama 30–40 menit pada suhu 60°C, kemudian diuji untuk memperoleh nilai stabilitas, flow, dan parameter volumetrik (VIM, VMA, VFB).
5. Perhitungan Parameter Volumetrik
 - VIM dihitung berdasarkan perbedaan antara berat jenis teoritis maksimum dan berat jenis bulk.
 - VMA dihitung dari berat jenis agregat dan volume campuran.
 - VFB dihitung sebagai persentase dari VMA yang terisi aspal.

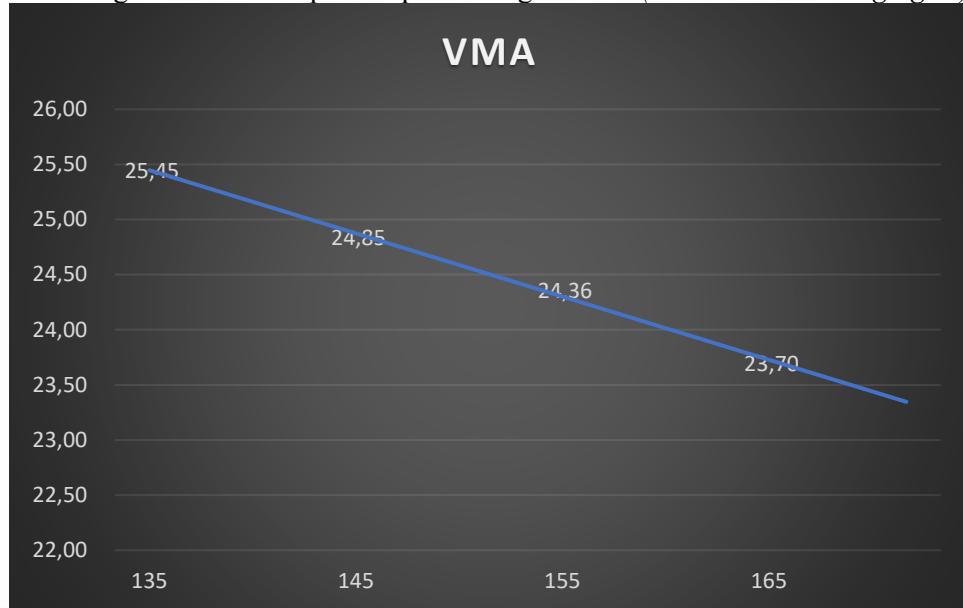
4. HASIL PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu pencampuran terhadap karakteristik volumetrik campuran aspal AC-WC. Data diperoleh melalui pengujian laboratorium terhadap sampel campuran yang diproduksi pada beberapa suhu pencampuran yang berbeda, yaitu 135°C, 145°C, 155°C, dan 165°C. Setiap sampel diuji untuk mendapatkan nilai Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), dan Void Filled with Bitumen (VFB). Hasil pengujian menunjukkan adanya



perbedaan nilai parameter volumetrik pada setiap variasi suhu, yang kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi tren perubahan dan suhu pencampuran yang menghasilkan kualitas campuran terbaik.

4.1. Hubungan antara Suhu pencampuran dengan VMA (*Voids In Mineral Agregate*)



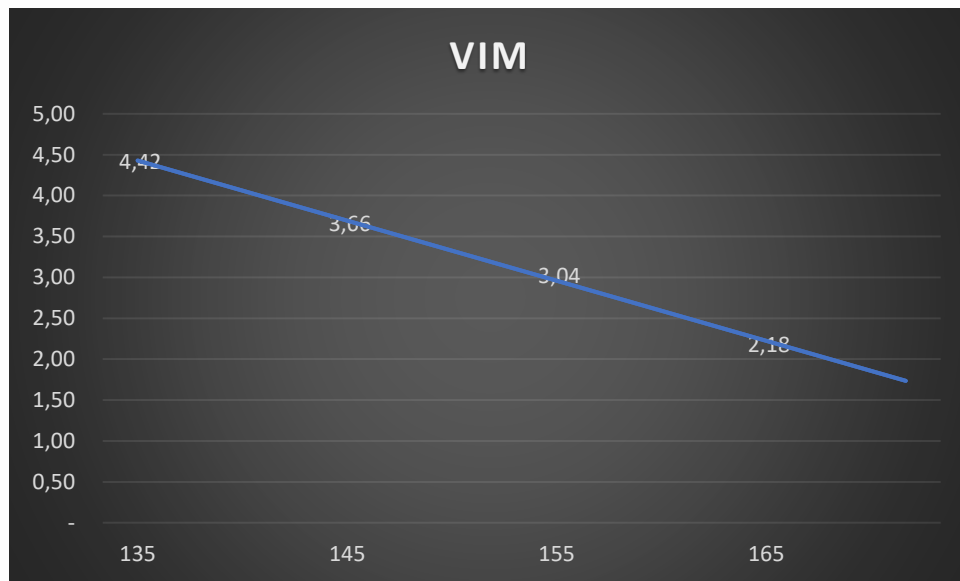
Gamabr 1. Pengaruh suhu pencampuran dengan nilai VMA
Sumber: Data Pribadi, 2025

Grafik diatas menggambarkan nilai VMA semakin menurun seiring dengan Bertambahnya suhu Pencampuran aspal, hal ini disebabkan oleh:

- Peningkatan Fluiditas Aspal**
 - Dengan meningkatnya suhu, viskositas aspal menurun sehingga lebih mudah menyelimuti agregat secara merata.
 - Akibatnya, agregat lebih mudah saling berpindah dan mengisi ruang kosong, menyebabkan berkurangnya rongga dalam campuran (VMA turun).
- Penurunan Ketahanan Struktur Agregat**
 - Suhu tinggi dapat menyebabkan perubahan karakteristik agregat, terutama jika agregat mengandung kadar air yang tinggi atau memiliki tekstur yang halus.
 - Agregat yang kehilangan tekstur akibat panas tinggi akan lebih mudah tersusun rapat, sehingga mengurangi rongga antar agregat.
- Kompaksi yang Lebih Tinggi**
 - Pada suhu pencampuran tinggi, campuran menjadi lebih mudah dipadatkan, baik saat pencampuran maupun pada saat proses pemadatan di lapangan.
 - Pemadatan yang lebih besar ini menyebabkan penurunan volume rongga dalam campuran.
- d. Perubahan Distribusi Agregat**
 - Suhu tinggi dapat menyebabkan segregasi agregat, terutama jika ada perbedaan ukuran agregat yang signifikan.
 - Partikel halus bisa lebih banyak mengisi ruang kosong di antara agregat kasar, sehingga mengurangi VMA.



4.2. Hubungan suhu Pencampuran dengan VIM (Voids in Mixture)

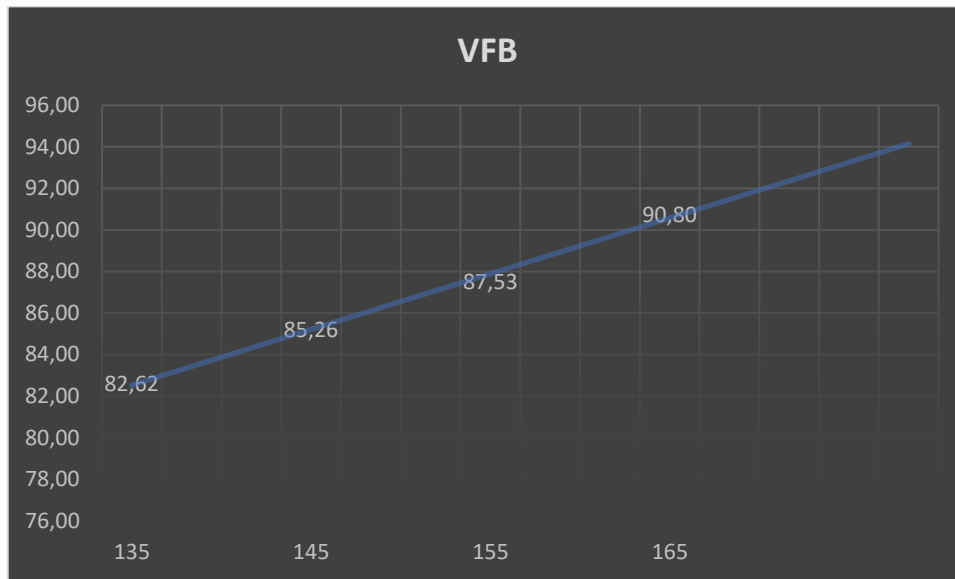


Gambar 2. Hubungan suhu pencampuran dengan nilai VIM
Sumber: Data Pribadi, 2025

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa peningkatan suhu pencampuran menyebabkan nilai VIM menurung dan pada suhu 165⁰C nilai VIM tidak memenuhi standar persyaratan spesifikasi nilai VIM antara 3%-5% . VIM adalah persentase volume rongga udara dalam campuran aspal setelah pemadatan. Nilai VIM yang ideal diperlukan agar campuran memiliki keseimbangan antara kekuatan, fleksibilitas, dan daya tahan terhadap cuaca serta lalu lintas. Saat suhu pencampuran meningkat, beberapa faktor berikut menyebabkan penurunan VIM:

- a. Peningkatan Fluiditas Aspal
 - Suhu tinggi menyebabkan viskositas aspal menurun, sehingga aspal lebih mudah mengalir dan menyelimuti agregat dengan lebih baik.
 - Akibatnya, rongga udara yang seharusnya ada dalam campuran semakin terisi oleh aspal, menyebabkan penurunan VIM.
- b. Pemadatan yang Lebih Efektif
 - Pada suhu tinggi, campuran aspal lebih mudah dipadatkan karena memiliki viskositas yang rendah.
 - Daya ikat antara agregat dan aspal meningkat, membuat campuran lebih rapat dan mengurangi volume rongga udara dalam campuran (VIM turun).
- c. Perubahan Struktur dan Distribusi Agregat
 - Suhu tinggi dapat menyebabkan segregasi material, di mana agregat halus lebih banyak mengisi celah antar agregat kasar.
 - Akibatnya, pori-pori dalam campuran semakin kecil, dan rongga udara (VIM) berkurang.
- d. Peningkatan Isian Aspal ke Dalam Rongga
 - Jika suhu terlalu tinggi, aspal akan menjadi terlalu encer dan cenderung mengisi rongga udara yang seharusnya tetap ada untuk ventilasi dan drainase air.
 - Ini menyebabkan **peningkatan risiko bleeding** (kelebihan aspal di permukaan).

4.3. Hubungan suhu Pencampuran dengan VFB/VFMA (Voids Filled With Asphalt)



Gambar 3. Hubungan suhu pencampuran dengan nilai VFB
Sumber: Data Pribadi, 2025

Nilai VFB yang semakin besar berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi hal ini disebabkan oleh beberapa faktor:

- Penurunan VIM Akibat Pemadatan Lebih Baik
 - Pada suhu tinggi, viskositas aspal berkurang, sehingga campuran lebih mudah dipadatkan.
 - Rongga udara dalam campuran (VIM) menurun, sehingga lebih banyak ruang dalam agregat yang terisi aspal, menyebabkan VFA naik.
- Aspal Mengisi Lebih Banyak Ruang dalam Agregat
 - Karena aspal menjadi lebih encer pada suhu tinggi, ia lebih mudah mengisi celah antar agregat.
 - Akibatnya, lebih banyak volume agregat yang terisi oleh aspal, menaikkan VFA.
- Berkurangnya Struktur Rongga dalam Campuran
 - Jika suhu pencampuran terlalu tinggi, agregat dapat mengalami redistribusi yang menyebabkan berkurangnya volume rongga antar agregat (VMA).
 - Dengan VMA yang lebih kecil, jumlah rongga yang terisi oleh aspal menjadi lebih dominan, sehingga meningkatkan VFA.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan analisis data terhadap campuran aspal AC-WC yang diproduksi pada variasi suhu pencampuran, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

- Suhu pencampuran berpengaruh signifikan terhadap karakteristik volumetrik campuran aspal, khususnya terhadap nilai Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), dan Void Filled with Bitumen (VFB).
- Peningkatan suhu pencampuran cenderung menurunkan nilai VIM dan meningkatkan nilai VFB, yang menunjukkan bahwa distribusi dan pelapisan aspal terhadap agregat menjadi lebih baik pada suhu yang lebih tinggi.
- Nilai VMA cenderung stabil, namun menunjukkan kecenderungan menurun tipis pada suhu yang lebih tinggi, yang dapat berkaitan dengan tingkat pemadatan yang semakin efektif akibat viskositas aspal yang menurun.



- iv. Suhu pencampuran optimal berada pada kisaran tertentu, di mana campuran menunjukkan keseimbangan antara parameter volumetrik yang sesuai spesifikasi dan risiko penuaan dini aspal. Dalam konteks penelitian ini, suhu sekitar 145°C hingga 155°C dapat dianggap sebagai rentang aman dan efektif untuk produksi campuran AC-WC

DAFTAR PUSTAKA

- Brawijaya, U., Muqoddam, A. F., Infrastruktur, D. T., Khoiri, M., Infrastruktur, D. T., Machsus, M., Infrastruktur, D. T., Budipriyanto, A., Teknik, D., Mawardi, A. F., Teknik, D., Nopember, S., Basuki, R., & Infrastruktur, D. T. (2018). *pemanfaatan limbah plastik pet (polyethylene terephthalate) pada campuran ac-bc (asphalth concrete – binder concrete) sebagai inovasi eco- biasanya dapat meningkatkan kekakuan yang lebih tinggi . polimer berjenis PET LASTON (Lapis Aspal Beton)*. Berd. Vim, 19–20.
- Laboratorium, D. I. (2017). *pengaruh penambahan plastik pet (polyethylene terephthalate) terhadap karakteristik campuran laston ac-wc .*
- Lapian, F. E. P., Ramli, M. I., Pasra, M., & Arsyad, D. A. (2019). Pengaruh Limbah Plastik PET (Polyethylene Teterphthalate) terhadap Nilai Kadar Aspal Optimum Campuran AC-WC. *Adaptasi Dan Mitigasi Bencana Dalam Mewujudkan Infrastruktur Yang Berkelanjutan*, November, 139–149.
- Situmorang, P., Yofianti, D., & Safitri, R. (2015). *Penggunaan Plastik Ldpe (Low Density Polyethilen) Sebagai Substitusi Aspal Pada Campuran Ac - Wc*. 2–5.
- Terhadap, J. A., & Marshall, N. (2018). *Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan tambah campuran aspal pada pekerasan jalan ac-wc terhadap nilai marshall*. 1(2), 1–2.
- Widodo, A. D., Jihan, M. A., Nugroho, A., Mugiono, T., Kuncoro, A. H. B., & Hardwiyono, S. (2015). *Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik Polyphthylene Terephthalate (PET) Dalam Campuran LASTON-WC Terhadap Parameter Marshall*. 1–12.
- Sukirman, S., 2010. Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. *Bandung: Nova*.
- SNI 03-1968-1990, *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan agregat kasar*
- SNI 03-1969-1990, *Metode pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air agregat kasar*
- SNI 03-1970-1990, *Metode pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air agregat halus*