

# Analisis Pengaruh Variasi Bahan Tambah Anti-Stripping Terhadap Nilai Indeks Kekuatan Sisa Pada Campuran Panas *Stone Matrix Asphalt* Halus

Definata\*, Slamet Widodo, Eti Sulandari

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat

\*Koresponden email: d1011221030@student.untan.ac.id

Diterima: 19 Juni 2026

Disetujui: 24 Juni 2026

## Abstract

Flexible pavement is a type of road pavement widely used in Indonesia. However, premature damage to flexible pavement structures is often caused by the peeling of the asphalt layer due to the effects of water and moisture (stripping). One approach to addressing this issue is the use of anti-stripping additives, including the Wetfix-312R anti-stripping additive. This study aims to analyze the effect of adding the wetfix-312R anti-stripping additive on the characteristics of 60/70 penetration asphalt, mixture characteristics, and the residual strength index value in the Fine Stone Matrix Asphalt (SMA-Fine) mixture. This study employs a laboratory experimental method in accordance with the 2025 General Specifications of the Ministry of Public Works. The anti-stripping variations used in this study were 0%, 0.2%, 0.4%, and 0.6%. Based on the Marshall parameter analysis, which includes stability, flow, VIM, VMA, and draindown, the Optimum Asphalt Content (OAC) was determined to be 6.60%. The results of the study indicate that the addition of 0.2% anti-stripping agent yields the most optimal performance, with the highest stability value of 749.57 kg and a residual strength index of 92.369%. Meanwhile, anti-stripping variations of 0%, 0.4%, and 0.6% yielded residual strength index values of 90.261%, 90.820%, and 90.216%, respectively. Overall, all tested mixture variations met the minimum residual stability threshold of 90%. In conclusion, the use of Wetfix-312R anti-stripping agent is capable of improving the mixture's resistance to damage caused by water.

**Keywords:** *fine stone matrix asphalt, anti-stripping, wetfix-312r, residual strength index, marshall test*

## Abstrak

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan jalan yang banyak digunakan di Indonesia namun kerusakan dini pada konstruksi perkerasan lentur sering kali disebabkan oleh pengelupasan lapisan aspal akibat pengaruh air dan kelembaban (*stripping*). Salah satu upaya dalam mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan bahan tambah anti-*stripping*, termasuk pada anti-*stripping* jenis *wetfix-312R*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan anti-*stripping* jenis *wetfix-312R* terhadap sifat karakteristik aspal penetrasi 60/70, karakteristik campuran, dan nilai indeks kekuatan sisa pada campuran *Stone Matrix Asphalt* Halus (SMA-Halus). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2025. Variasi anti-*stripping* yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0%, 0,2%, 0,4%, dan 0,6%. Berdasarkan analisis parameter *marshall* yang meliputi stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, dan *draindown*, diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,60%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan 0,2% anti-*stripping* memberikan kinerja paling optimal dengan nilai stabilitas tertinggi sebesar 749,57 kg dan nilai indeks kekuatan sisa sebesar 92,369%. Sementara itu, variasi anti-*stripping* 0%, 0,4% dan 0,6% secara berturut-turut menghasilkan nilai indeks kekuatan sisa sebesar 90,261%, 90,820% dan 90,216%. Secara keseluruhan, seluruh variasi campuran yang diuji memenuhi batas minimum stabilitas sisa sebesar 90%. Kesimpulannya, penggunaan anti-*stripping wetfix-312R* mampu meningkatkan ketahanan campuran terhadap kerusakan akibat pengaruh air.

**Kata Kunci:** *stone matrix asphalt halus, anti-stripping, wetfix-312r, indeks kekuatan sisa, marshall test*

## 1. Pendahuluan

Perkerasan jalan merupakan salah satu komponen utama dalam sistem jaringan jalan raya yang berfungsi untuk menerima, menyalurkan, serta menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan tanah dasar agar tercapai kenyamanan dan keamanan bagi pengguna jalan. Perkerasan jalan memiliki tiga jenis perkerasan diantaranya perkerasan lentur, perkerasan kaku, dan perkerasan komposit [1]. Jenis perkerasan jalan yang

paling umum digunakan di Indonesia adalah perkerasan lentur, yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat antar material penyusunnya [1][2]. Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2025 yang di keluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian PUPR terdapat 3 jenis campuran pekerasan lentur antara lain Lapisan Aspal Beton (*Asphalt Concrete, AC*), Lapisan Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet, HRS*) dan *Stone Matrix Asphalt (SMA)* [3].

*Stone Matrix Asphalt (SMA)* di Amerika dikenal dengan istilah *Stone Matrix Asphalt*, sedangkan di Eropa disebut *Split Mastic Asphalt* campuran ini banyak diterapkan karena memiliki ketahanan yang tinggi terhadap deformasi (*rutting*) serta memberikan sejumlah keuntungan bagi pengguna jalan, seperti ketahanan terhadap gelincir (*skid resistance*) yang baik dan kemampuan meredam kebisingan [4]. Jenis campuran ini tentu sangat diharapkan bagi pengguna jalan, karena jalan memang seharusnya dirancang dengan baik demi kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan [5]. Di samping memperlancar pergerakan masyarakat dan logistik, infrastruktur jalan juga berfungsi dalam mendorong kemajuan pembangunan disuatu daerah [6][7][8]. Namun, pesatnya pertumbuhan sarana transportasi turut meningkatkan beban pada konstruksi perkerasan jalan secara signifikan. Akibatnya, terjadi kerusakan jalan secara bertahap, baik pada struktur fondasi maupun pada lapisan permukaan aspal.

Kerusakan pada perkerasan jalan umumnya disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kondisi tanah dasar yang tidak stabil, tingkat pemadatan pada lapisan tanah dasar yang kurang optimal, perubahan iklim yang ekstrem, variasi temperatur, serta pelaksanaan konstruksi jalan yang tidak sesuai dengan standar spesifikasi teknis [9]. Kerusakan jalan yang banyak ditemui di Indonesia umumnya berupa kerusakan dini pada permukaan aspal, dengan ciri-ciri seperti pengelupasan lapisan aspal akibat air (*stripping*), terbentuknya gelombang atau alur (*rutting*), terlepasnya butiran, serta timbulnya retakan [10]. Beberapa faktor penyebab terjadinya *stripping* antara lain karena sifat agregat yang mudah menyerap air (*hidrofilik*), adanya kelembapan atau genangan akibat infiltrasi air hujan atau naiknya muka air tanah, mutu aspal yang kurang baik, serta beban lalu lintas yang berlangsung terus-menerus [11]. Selain itu, faktor yang memengaruhi terjadinya *rutting* meliputi struktur perkerasan, mutu material yang digunakan, intensitas beban lalu lintas, serta kondisi iklim atau cuaca [12].

Berdasarkan berbagai permasalahan tersebut, diperlukan upaya peningkatan kinerja campuran beraspal, khususnya *Stone Matrix Asphalt Halus (SMA-Halus)*, agar lebih tahan terhadap kerusakan akibat pengaruh kelembapan dan temperatur. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan bahan anti-*stripping*. Anti-*stripping* adalah bahan aditif yang berfungsi mengubah karakteristik aspal dan agregat, sehingga meningkatkan daya rekat dan kekuatan ikatan, sekaligus meminimalkan pengaruh buruk air serta kelembapan [13]. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh penambahan variasi anti-*stripping* terhadap sifat karakteristik aspal penetrasi 60/70, serta karakteristik campuran dan Nilai Indeks Kekuatan Sisa pada campuran aspal SMA-Halus.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen labolatorium. Data yang diperoleh merupakan data primer, yaitu data yang dikumpulkan secara langsung melalui pengujian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.

Bahan material yang digunakan adalah anti-*stripping* jenis *Wetfix-312R*, dengan variasi 0%, 0,2%, 0,4% dan 0,6%. Sementara itu, aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 yang berasal dari laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura. Metode pengujian dilakukan secara beratahap, terdiri dari pengujian agregat, aspal, pengujian *marshall* (Stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, dan *draindown*) dan pengujian nilai indeks kekuatan sisa/stabilitas sisa. Prosedur penelitian dapat dilihat pada bagan alir yang disajikan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1:** Bagan Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini pengujian agregat, aspal, pengujian *marshall* (stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, dan *draindown*) serta pengujian nilai indeks kekuatan sisa/stabilitas sisa yang mengacu pada standar Spesifikasi Bina Marga 2025 [3]. Berikut adalah hasil pengujiannya.

#### Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar yang diuji umumnya adalah agregat yang tertahan saringan No.4 atau saringan 2,36 mm. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian keausan dengan mesin *los angeles*, berat jenis, dan analisa saringan. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi
1.	Keausan dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	SNI 2417:2008	28,43	Maks. 30%
2.	a) Berat Jenis b) Penyerapan Agregat Kasar	SNI 1969:2016	a) 2,646 b) 0,499	$\geq 2,5$
3.	Analisa Saringan	SNI ASTM C136:2012	-	-

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium Jalan Raya, FT Untan 2026

#### Pengujian Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam pengujian umumnya merupakan material yang dapat melewati saringan No.4 atau berukuran lebih kecil dari 2,36 mm. Pengujian agregat halus ini meliputi berat jenis, nilai setara pasir (*Sand Equivalent*), dan pengujian analisa saringan. Hasil pengujian dapat di lihat pada **Tabel 2**.

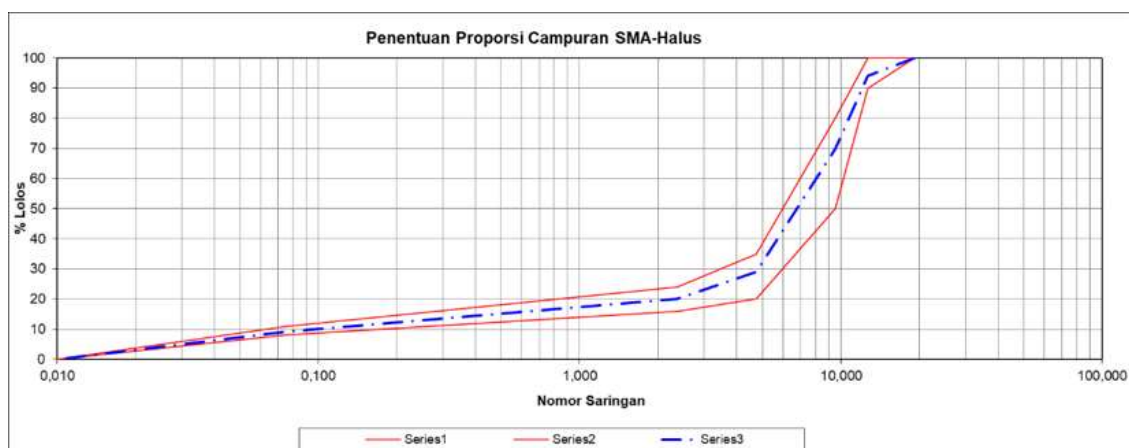
**Tabel 2.** Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi
1.	a) Berat Jenis b) Penyerapan Agregat Halus	SNI 1970:2016	a) 2,623 b) 0,355	$\geq 2,5$
2.	Nilai Setara Pasir ( <i>Sand Equivalent</i> )	SNI 03-4428:1997	93,182	Min. 60%
3.	Analisa Saringan	SNI ASTM C136:2012	-	-

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium Jalan Raya, FT Untan 2026

#### Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan dilakukan pada empat jenis material agregat yaitu agregat batu 1/1, agregat batu 0,5, abu batu dan juga *filler* (bahan pengisi), hasil dari pengujian ini digunakan dalam penentuan proporsi campuran pada campuran *Stone Matrix Asphalt* Halus. **Gambar 2** berikut ini merupakan representasi visual dari hasil pengujian analisa saringan.

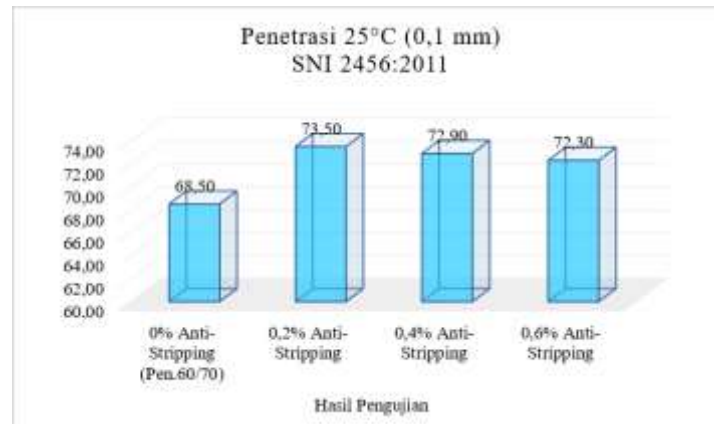


**Gambar 2:** Grafik Hasil Analisa Saringan

Dari hasil analisa saringan pada **Gambar 2** didapatkan komposisi proporsi campuran untuk setiap material agregat yaitu 20% agregat batu 1/1, 48% agregat batu 0,5, 24% abu batu, serta 8% *filler* (bahan pengisi).

### Pengujian Aspal

Pengujian ini dilakukan pada setiap variasi anti-*stripping* yaitu 0%, 0,2%, 0,4% dan 0,6%, hal ini dilakukan untuk menilai kualitas aspal sebelum dan sesudah dicampur dengan anti-*stripping*. Adapun parameter yang diuji meliputi penetrasi, titik lembek, titik nyala dan bakar, berat jenis, daktilitas, dan kehilangan berat. Berikut adalah gambar rincian masing-masing parameter yang diuji.



Gambar 3: Diagram Batang Penetrasi Aspal vs Anti-Stripping Wetfix-312R

Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian nilai penetrasi aspal yang dilakukan dengan mengacu pada (SNI 2456:2011), tentang cara uji penetrasi aspal [14]. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal melalui pengukuran kedalaman jarum penetrasi pada kondisi tertentu. Nilai penetrasi aspal pada campuran 0% anti-*stripping* atau aspal pen 60/70 sebesar 68,50 dmm. Nilai ini menunjukkan bahwa aspal yang digunakan memenuhi spesifikasi standar aspal Pen. 60/70, yang secara teori harus berada dalam rentang 60 hingga 70. Namun, pada aspal dengan penambahan 0,2% anti-*stripping* terjadi peningkatan nilai penetrasi yang cukup signifikan yakni 73,50 dmm yang menandakan bahwa penambahan 0,2% anti-*stripping* pada aspal menjadikan aspal mengalami pelunakkan.

Namun, berbeda pada penambahan 0,4% dan 0,6% anti-*stripping* nilai penetrasi aspal menunjukkan tren grafik yang menurun hingga mencapai nilai 72,30 dmm, yang menunjukkan bahwa penambahan anti-*stripping wetfix-312R* dalam jumlah yang lebih besar membuat aspal menjadi lebih keras jika dibandingkan dengan penambahan 0,2% anti-*stripping*. Meskipun mengalami penurunan secara bertahap dari penambahan 0,2% anti-*stripping*, nilai penetrasi pada 0,4% dan 0,6% anti-*stripping* terlihat tetap jauh lebih tinggi dibandingkan dengan aspal pen 60/70 (0% anti-*stripping*). Secara keseluruhan penambahan anti-*stripping wetfix-312R* secara umum meningkatkan nilai penetrasi (membuat aspal lebih lunak) dengan pengaruh pelunakan aspal paling besar terjadi pada penambahan 0,2% anti-*stripping* sebelum akhirnya cenderung mengalami penurunan perlahan pada penambahan variasi yang lebih tinggi.



Gambar 4: Diagram Batang Titik Lembek Aspal vs Anti-Stripping Wetfix-312R

Bedasarkan Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian titik lembek aspal yang dilakukan dengan mengacu pada (SNI 2434:2011), tentang cara uji titik lembek aspal dengan alat cincin dan bola (*ring and ball*) [15]. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur suhu saat aspal mulai kehilangan bentuk padatnya dan berubah menjadi lebih plastis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan anti-*stripping wetfix-*

312R menunjukkan tren yang cenderung fluktuatif. Dimana nilai titik lembek tertinggi terdapat pada variasi 0% anti-*stripping* sebesar 52,20°C, kemudian mengalami penurunan pada variasi anti-*stripping* 0,2% menjadi 51,00°C. Penurunan ini menandakan bahwa penambahan 0,2% anti-*stripping* membuat aspal lebih sensitif terhadap suhu tinggi sehingga lebih cepat melunak pada suhu yang lebih rendah. Selanjutnya, pada variasi 0,4% anti-*stripping* terjadi peningkatan kembali hingga 52,00°C, yang hampir mendekati nilai titik lembek pada aspal pen 60/70 (0% anti-*stripping*) dan pada variasi 0,6% sedikit menurun menjadi 51,70°C.

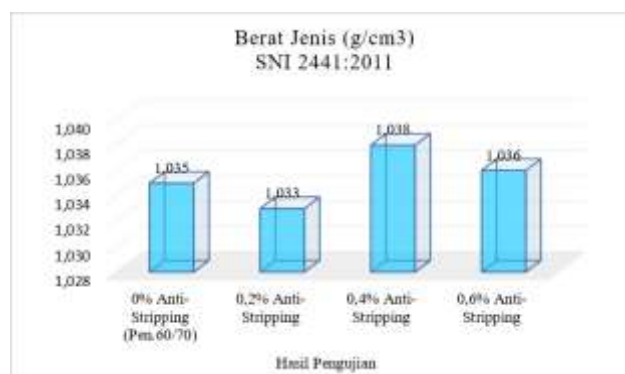
Hal ini menunjukkan bahwa penambahan anti-*stripping* tidak selalu meningkatkan titik lembek secara konsisten. Namun, secara umum jika dibandingkan dengan aspal pada 0% anti-*stripping* hasil ini menunjukkan bahwa penambahan anti-*stripping wetfix-312R* memberikan pengaruh penurunan nilai titik lembek aspal. Meskipun demikian, keseluruhan hasil pengujian ini untuk setiap variasi anti-*stripping* masih memenuhi batas minimum spesifikasi dan SNI yang ditetapkan yaitu 48°C.



**Gambar 5:** Diagram Batang Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal vs Anti-Stripping *Wetfix-312R*

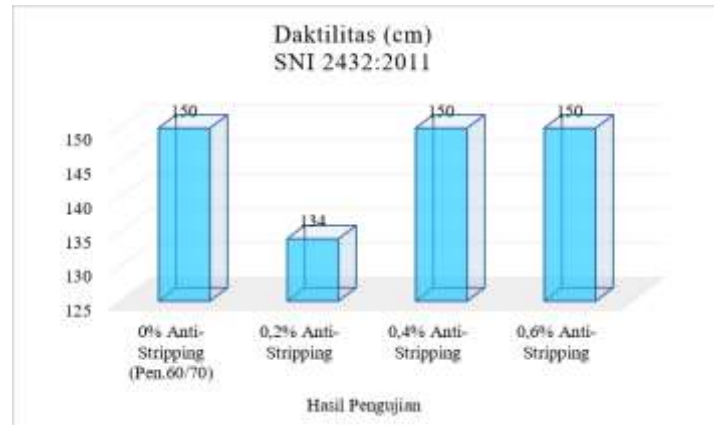
Dilihat pada **Gambar 5** pengujian titik nyala dan titik bakar diuji berdasarkan standar (SNI 2433:2011), tentang cara uji titik nyala dan titik bakar aspal dengan alat *cleveland open cup* [16]. Kedua parameter ini menunjukkan suhu minimum saat aspal mulai mengeluarkan uap yang mudah terbakar (titik nyala) serta suhu ketika aspal benar-benar terbakar (titik bakar), pengujian ini berkaitan erat dengan aspek keselamatan dalam proses produksi, penyimpanan, hingga penggunaan aspal. Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar juga cenderung fluktuatif yakni pada kondisi 0% anti-*stripping* mendapatkan nilai sebesar 265°C, kemudian mengalami penurunan cukup signifikan pada variasi 0,2% anti-*stripping* menjadi 235°C. Penurunan ini menandakan bahwa penambahan 0,2% anti-*stripping* ini cenderung menurunkan ketahanan aspal terhadap panas yang membuat aspal lebih cepat menguap dan menyala pada suhu yang lebih rendah.

Selanjutnya, pada variasi anti-*stripping* 0,4% terjadi peningkatan yang cukup tinggi hingga mencapai nilai tertinggi yaitu 275°C, yang menandakan pada penambahan 0,4% anti-*stripping* memberikan hasil yang optimal terhadap ketahanan suhu tinggi. Namun, pada variasi anti-*stripping* 0,6% kembali menurun menjadi 265°C, yang mana nilai ini sama persis dengan aspal pen 60/70 (kondisi murni). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan anti-*stripping wetfix-312R* tidak memberikan tren peningkatan yang konsisten terhadap titik nyala dan titik bakar. Meskipun demikian, keseluruhan hasil pengujian ini pada setiap variasi anti-*stripping* masih memenuhi batas minimum spesifikasi dan SNI yakni 232°C.



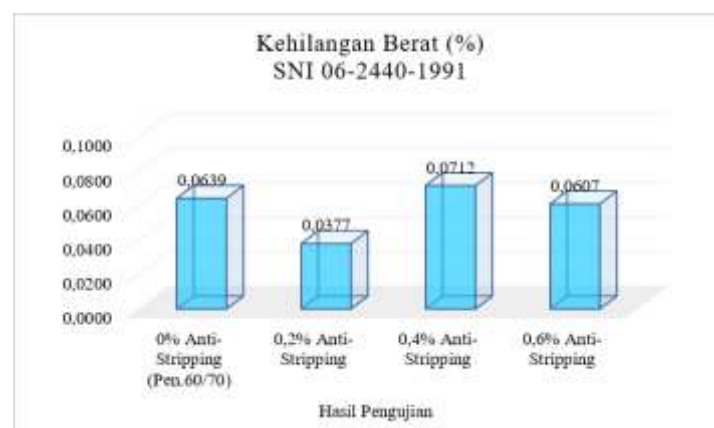
**Gambar 6:** Diagram Batang Berat Jenis Aspal vs Anti-Stripping *Wetfix-312R*

Pengujian berat jenis aspal ini dilakukan dengan mengacu pada (SNI 2441:2011), tentang cara uji berat jenis aspal keras [17]. Pengujian ini menunjukkan tingkat kerapatan material dan memiliki hubungan yang erat dengan proporsi campuran dalam perencanaan pekerasan. Hasil pengujian berat jenis aspal yang disajikan pada **Gambar 6** menunjukkan nilai yang relatif stabil yang berkisar antara 1,033 g/cm<sup>3</sup> hingga 1,038 g/cm<sup>3</sup>, sehingga tidak terdapat perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan aspal murni 0% anti-*stripping*. Hal ini menunjukkan bahwa variasi anti-*stripping* cenderung menghasilkan nilai yang stabil, sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan anti-*stripping* wetfix-312R tidak banyak mempengaruhi densitas atau berat jenis aspal.



**Gambar 7:** Diagram Batang Daktalitas Aspal vs Anti-Stripping Wetfix-312R

Pengujian daktalitas aspal dilakukan dengan mengacu pada (SNI 2432:2011), tentang cara uji daktalitas aspal [18]. Pengujian daktalitas aspal dilakukan untuk mengetahui kemampuan aspal saat mengalami perpanjangan sebelum mengalami putus saat ditarik pada kondisi tertentu. Hasil pengujian daktalitas aspal yang disajikan pada **Gambar 7** menunjukkan bahwa pada aspal pen 60/70 diperoleh nilai daktalitas maksimal 150 cm, nilai ini merupakan batas kapasitas umum pembacaan alat daktalitas yang menandakan aspal memiliki kelenturan yang sangat tinggi. Namun aspal mengalami penurunan yang signifikan pada variasi 0,2% anti-*stripping* sebesar 134 cm, yang menandakan bahwa penambahan anti-*stripping* wetfix-312R dalam jumlah kecil sempat mengurangi tingkat plastisitas aspal. Namun, meskipun mengalami penurunan pada variasi 0,2% anti-*stripping* daktalitas kembali meningkat dan mencapai titik maksimal alat pada variasi 0,4% anti-*stripping* dan 0,6% anti-*stripping* secara keseluruhan hasil uji daktalitas menunjukkan nilai daktalitas yang tinggi dan melampaui batas minimum 100 cm sesuai spesifikasi dan SNI yang ditetapkan.



**Gambar 8:** Diagram Batang Kehilangan Berat Aspal vs Anti-Stripping Wetfix-312R

Sementara itu, pada **Gambar 8** menunjukkan hasil pengujian kehilangan berat aspal yang dilakukan dengan mengacu pada (SNI 06-2440-1991), tentang metode pengujian kehilangan minyak dan aspal dengan cara A [19]. Hasil pengujian kehilangan berat menunjukkan penurunan signifikan pada variasi 0,2% anti-*stripping* yang menandakan terjadinya peningkatan kemampuan aspal dalam menahan penguapan. Meskipun begitu, nilai kehilangan berat kembali meningkat pada variasi 0,4% anti-*stripping*, dan kembali sedikit menurun pada variasi 0,6% anti-*stripping*. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan variasi 0,2%

anti-stripping adalah satu-satunya variasi yang memberikan hasil yang optimal (kehilangan berat yang lebih kecil) dibandingkan aspal variasi 0% anti-stripping.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, terlihat bahwa penambahan anti-stripping wetfix-312R memberikan pengaruh terhadap sejumlah sifat fisik atau karakteristik aspal yang diuji. Data yang diperoleh memperlihatkan bahwa masing-masing pengujian mengalami perubahan setelah aspal penetrasi 60/70 dicampur dan ditambahkan dengan variasi anti-stripping.

### Perhitungan Kadar Aspal Rencana

Dalam pembuatan benda uji perkerasan jalan, komposisi campuran harus memenuhi total 100% dari seluruh material yang digunakan, yang meliputi agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal. Pada tahap perencanaan campuran Stone Matrix Asphalt Halus (SMA-Halus), kadar aspal optimum belum ditetapkan. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan kadar aspal rencana sebagai dasar untuk menentukan persentase aspal yang akan digunakan dalam campuran. Berdasarkan pada (RSNI M-01-2003) perhitungan kadar aspal rencana dapat dihitung menggunakan rumus persamaan berikut ini [20].

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- P<sub>b</sub> = Perkiraan Kadar Aspal Rencana
- CA = Nilai Persentase Agregat Kasar yang Tertahan Saringan No.4
- FA = Nilai Persentase Agregat Halus yang Lolos Saringan No.4
- FF = Nilai Persentase Agregat Minimal 75% Lolos Saringan No.200
- K = Konstanta (1-2)

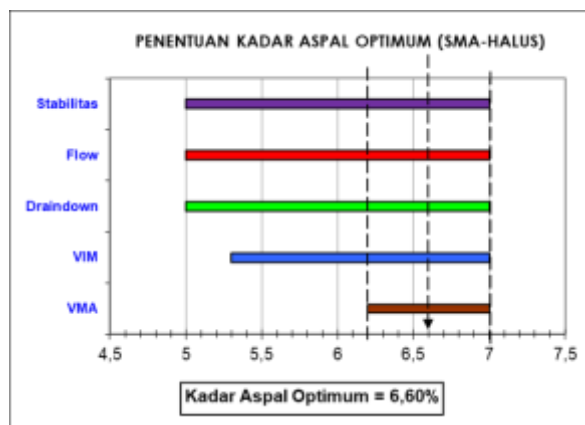
Pada penelitian ini, konstanta yang digunakan dalam menghitung kadar aspal rencana untuk campuran Stone Matrix Asphalt Halus adalah 1, dan dari perhitungan yang dilakukan didapatkan kadar aspal rencana 6,0% sebagai nilai tengah untuk pembuatan 5 variasi persentase aspal yang masing-masing berbeda 0,5%. Maka, didapatkan persentase aspal menjadi 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5% dan 7,0%, yang mana masing-masing persentase ini akan dibuat 3 sampel yang akan menghasilkan total keseluruhan sampel sebanyak 15 sampel.

### Pengujian Marshall Aspal Pen 60/70

Pengujian marshall dilakukan untuk mengevaluasi kinerja campuran Stone Matrix Asphalt Halus (SMA-Halus). Dalam penelitian ini, pengujian marshall hanya dilakukan pada aspal penetrasi 60/70 (0% anti-stripping) untuk dianalisis kadar aspal optimumnya yang kemudian kadar aspal optimum tersebut digunakan untuk pengujian Nilai Indeks Kekuatan Sisa atau Stabilitas Sisa pada semua variasi anti-stripping wetfix-312R, yaitu 0%, 0,2%, 0,4% dan 0,6%. Parameter-parameter yang dianalisis pada pengujian marshall ini mencakup nilai stabilitas, flow, Void in Mixture (VIM), Void in Mineral Aggeragate (VMA), dan draindown.

### Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan hasil pengujian marshall dan analisis hubungan antara kadar aspal dengan parameter marshall aspal pen 60/70. Kadar aspal optimum ditentukan melalui perpotongan garis batas minimum dan maksimum dari setiap parameter yang disajikan pada **Gambar 9** berikut ini.

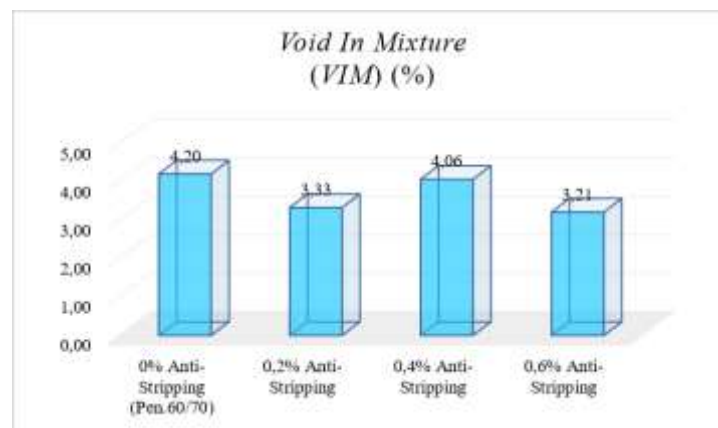


**Gambar 9:** Diagram Batang Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan **Gambar 9** seluruh parameter hasil pengujian disajikan secara bersamaan untuk menentukan titik perpotongan yang merepresentasikan kadar aspal optimum. Melalui perpotongan antara garis batas minimum dan maksimum dari setiap parameter tersebut, diperoleh nilai rata-rata yang menunjukkan kadar aspal optimum sebesar 6,60%, nilai kadar aspal optimum ini kemudian digunakan untuk seluruh variasi campuran dalam pengujian nilai indeks kekuatan sisa. Selain itu, pada **Gambar 9** juga memberikan ilustrasi yang jelas bahwa penentuan kadar aspal optimum tidak didasarkan pada satu parameter saja, melainkan merupakan hasil dari keseimbangan seluruh parameter dalam pengujian *marshall*.

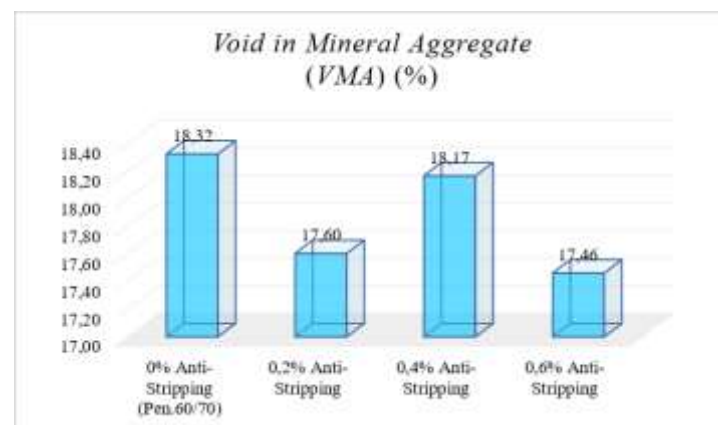
### Pengujian Nilai Indeks Kekuatan Sisa / Stabilitas Sisa

Pengujian nilai indeks kekuatan sisa atau stabilitas sisa dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan sisa atau stabilitas sisa yang dimiliki campuran aspal setelah mengalami proses perendaman. Perendaman yang dilakukan yaitu dengan menggunakan *waterbath* selama 30 menit dan 24 jam dengan suhu 60°C. Nilai indeks kekuatan sisa adalah perbandingan antara stabilitas benda uji setelah perendaman 24 jam dengan stabilitas benda uji setelah perendaman 30 menit, yang dinyatakan dalam persentase [21]. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2025 nilai minimum indeks kekuatan sisa atau stabilitas sisa adalah sebesar 90% [3]. Pengujian ini dilakukan pada setiap variasi *anti-stripping wetfix-312R* yakni 0%, 0,2%, 0,4% dan 0,6%. Hasil pengujian nilai indeks kekuatan sisa atau stabilitas sisa pada masing-masing parameter disajikan dalam bentuk diagram batang berikut.



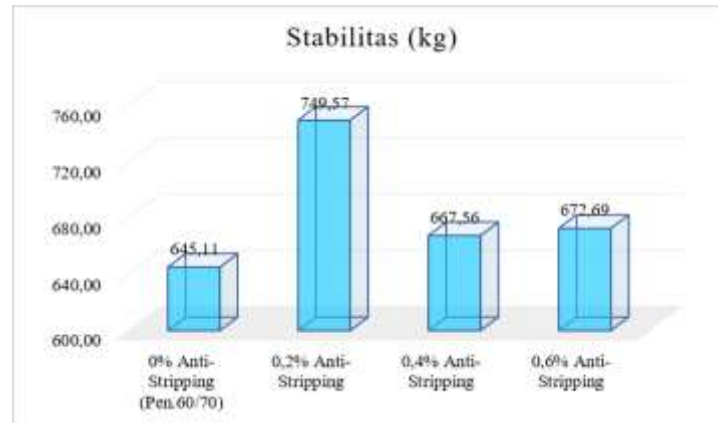
**Gambar 10:** Diagram Batang VIM vs Anti-Stripping Wetfix-312R

Berdasarkan **Gambar 10** menunjukkan bahwa nilai VIM pada campuran 0% *anti-stripping* mendapatkan nilai tertinggi sebesar 4,20% dan mengalami penurunan yang sangat signifikan pada penambahan 0,2% *anti-stripping* menjadi 3,33%, yang menandakan bahwa penambahan 0,2% *anti-stripping* ini membantu aspal menyelimuti agregat dengan lebih baik sehingga rongga udara didalam campuran menjadi lebih sedikit. Namun, tren grafik mengalami fluktuaksi saat ditambah dengan variasi *anti-stripping* dalam jumlah yang lebih besar yakni 0,4% dan 0,6%, masing-masing menjadi 4,06% dan 3,21%. Secara keseluruhan, nilai VIM dalam campuran aspal ini menunjukkan pola yang tidak linear akibat penambahan *anti-stripping*. Meskipun begitu, nilai tersebut masih berada dalam batas spesifikasi 3% - 5%, sehingga menandakan rongga udara dalam campuran tetap terjaga dan campuran tetap padat.



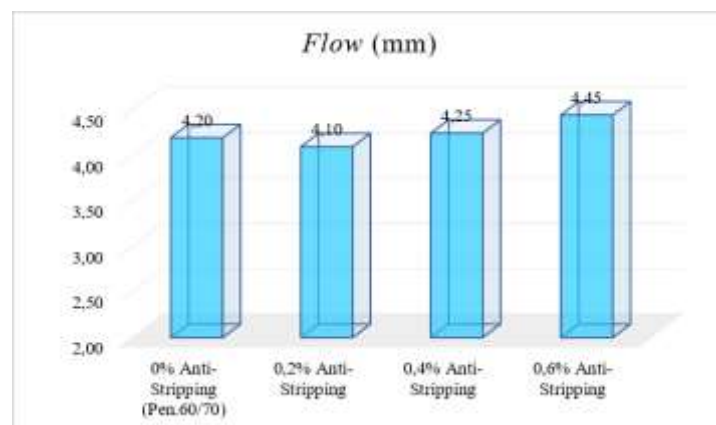
**Gambar 11:** Diagram Batang VMA vs Anti-Stripping Wetfix-312R  
 20000

**Gambar 11** menunjukkan bahwa nilai *VMA* tertinggi di peroleh pada campuran 0% anti-*stripping* sebesar 18,32%. Nilai *VMA* mengalami penurunan yang signifikan pada penambahan 0,2% anti-*stripping* menjadi 17,60%, penurunan ini menandakan bahwa penambahan 0,2% anti-*stripping* ini mampu melunakkan aspal sehingga menjadi lebih padat dan rapat. Selanjutnya pada penambahan 0,4% dan 0,6% nilai *VMA* mengalami fluktuaksi dengan hasil masing-masing variasi menjadi 18,17% dan 17,46%. Meskipun demikian, secara keseluruhan fluktuaksi nilai *VMA* ini berbanding lurus dengan perubahan nilai *VIM* pada pengujian sebelumnya, dimana penurunan *VMA* menunjukkan campuran yang semakin rapat. Berdasarkan spesifikasi yang dipersyaratkan seluruh hasil yang diperoleh masih memenuhi batas minimum nilai *VMA* yakni 17%.



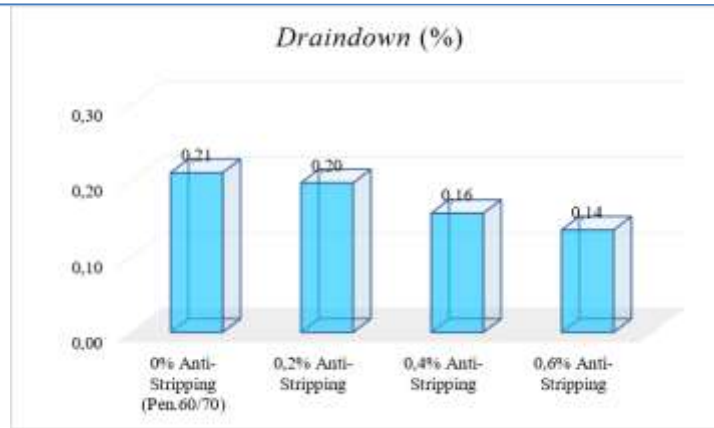
**Gambar 12:** Diagram Batang Stabilitas vs Anti-*Stripping* *Wetfix-312R*

Berdasarkan **Gambar 12** terlihat bahwa nilai stabilitas pada variasi 0% anti-*stripping* tercatat sebesar 645,11 kg. Nilai stabilitas mengalami peningkatan yang sangat signifikan pada variasi anti-*stripping* 0,2% yaitu sebesar 749,57 kg, peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan 0,2% anti-*stripping* sangat efektif dalam memperkuat ikatan antara aspal dan agregat, sehingga menghasilkan nilai stabilitas yang jauh lebih optimal. Selanjutnya, nilai stabilitas mengalami penurunan pada penambahan 0,4% menjadi 667,56 kg, dan mengalami peningkatan tipis sebesar 672,69 kg pada penambahan 0,6% anti-*stripping*. Secara keseluruhan dari hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan anti-*stripping* *wetfix-312R* memberikan pengaruh positif dalam meningkatkan kekuatan campuran aspal, serta secara keseluruhan nilai yang diperoleh masih memenuhi batas minimum spesifikasi yang ditetapkan yakni 600 kg.



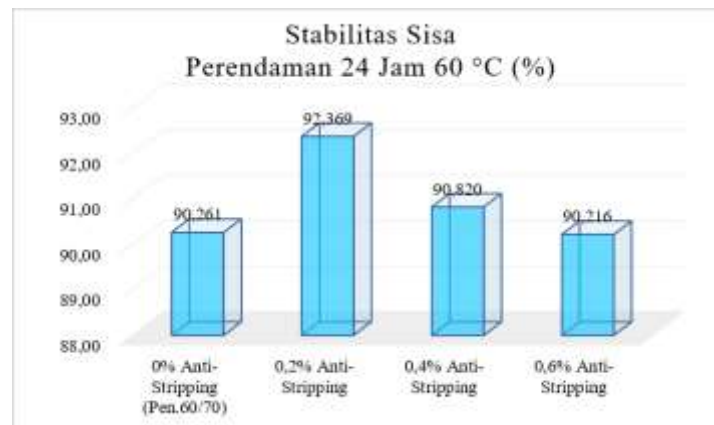
**Gambar 13:** Diagram Batang *Flow* vs Anti-*Stripping* *Wetfix-312R*

Berdasarkan **Gambar 13** nilai *flow* pada variasi 0% anti-*stripping* sebesar 4,20 mm, kemudian sedikit menurun pada penambahan 0,2% anti-*stripping* menjadi 4,10 mm, yang menunjukkan bahwa campuran aspal sedikit lebih kaku dan lebih tahan terhadap kerusakan. Namun, pada penambahan 0,4% dan 0,6% anti-*stripping* masing-masing menjadi 4,25 mm dan 4,45 mm. Peningkatan nilai *flow* pada penambahan anti-*stripping* *wetfix-312R* dalam jumlah yang lebih besar menunjukkan bahwa kelebihan anti-*stripping* cenderung menambah fleksibilitas campuran, sehingga campuran mengalami kerusakan yang lebih besar. Berdasarkan hasil yang didapatkan nilai kelelehan atau nilai *flow* menunjukkan penurunan diawal, kemudian cenderung meningkat secara linear dengan hasil berkisar antara 4,10 mm hingga 4,45 mm. Hasil pengujian ini masih berada pada rentang spesifikasi yang dipersyaratkan yakni 2 mm – 4,5 mm.



**Gambar 14:** Diagram Batang *Draindown* vs *Anti-Stripping Wetfix-312R*

Berdasarkan hasil pengujian pada **Gambar 14** menunjukkan bahwa nilai *draindown* cenderung menurun seiring bertambahnya variasi penggunaan *anti-stripping wetfix-312R*, dimana pada variasi 0% *anti-stripping* mendapatkan nilai sebesar 0,21%, sedangkan nilai *draindown* pada penambahan 0,2%, 0,4%, dan 0,6% masing-masing menjadi 0,20%, 0,16% dan 0,14%. Penurunan nilai *draindown* yang stabil ini menandakan bahwa penambahan *anti-stripping wetfix-312R* secara efektif meningkatkan daya ikat aspal terhadap agregat. Berdasarkan hasil tersebut secara keseluruhan penggunaan *anti-stripping wetfix-312R* memberikan dampak positif yang konsisten dalam mengurangi pemisahan aspal dari agregat, dimana nilai pengujian *draindown* berada pada tingkat yang sangat aman karena jauh dibawah batas maksimum yang dipersyaratkan dalam spesifikasi yakni 0,3%.



**Gambar 15:** Diagram Batang *Stabilitas Sisa* vs *Anti-Stripping Wetfix-312R*

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada **Gambar 15** nilai indeks kekuatan sisa atau stabilitas sisa pada campuran 0% *anti-stripping* diperoleh nilai sebesar 90,261%. Setelah diberi penambahan *anti-stripping* terjadi peningkatan pada penambahan 0,2% *anti-stripping* sebesar 92,369%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa *anti-stripping wetfix-312R* mampu bekerja secara optimal pada penambahan 0,2% *anti-stripping* sehingga campuran menjadi jauh lebih tahan terhadap pengelupasan (*stripping*) akibat air. Akan tetapi, pada penambahan 0,4% dan 0,6% *anti-stripping* menunjukkan penurunan secara bertahap sebesar 90,820% dan 90,216%. Seluruh nilai ini melebihi nilai minimum yang disyaratkan yaitu 90%, yang menunjukkan bahwa campuran dengan *anti-stripping wetfix-312R* tetap stabil meskipun terendam dengan suhu tinggi dalam waktu yang lama.

#### 4. Kesimpulan

Penambahan *anti-stripping wetfix-312R* pada aspal penetrasi 60/70 terbukti meningkatkan kinerja sifat karakteristik aspal dan karakteristik campuran *marshall*, dengan variasi 0,2% *anti-stripping* yang paling unggul. Dari segi sifat karakteristik aspal, penambahan variasi 0,2% *anti-stripping* memiliki ketahanan terbaik terhadap oksidasi (kehilangan berat terendah 0,0377%) serta stabilitas suhu tinggi yang stabil. Melalui pengujian *marshall* campuran KAO pada setiap variasi *anti-stripping*, variasi 0,2% *anti-stripping* ini menghasilkan nilai stabilitas tertinggi sebesar 749,57 kg dan Indeks Kekuatan Sisa tertinggi sebesar 92,369% (melebihi syarat minimum 90%), sementara seluruh parameter rongga dan kelelahan (*VIM*, *VMA*, *flow*, dan *draindown*) tetap memenuhi standar spesifikasi yang ditetapkan. Secara keseluruhan,

penambahan variasi anti-*stripping wetfix-312R* ini menciptakan campuran aspal yang lebih padat, kokoh, dan memiliki durabilitas tinggi terhadap kerusakan akibat cuaca maupun rendaman air dalam jangka panjang.

## 5. Saran

Disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk melakukan penelitian lanjutan mengenai penambahan variasi anti-*stripping wetfix-312R* dengan rentang yang lebih spesifik, khususnya pada variasi 0,3% untuk melihat sifat karakteristik campuran secara lebih detail. Selain itu, disarankan pula untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jenis anti-*stripping* lain seperti Derbo, Morlife 2200, T-Men L300A, atau Fatty Amido Polyamine terhadap jenis campuran *Stone Matrix Asphalt* Halus (SMA-Halus) sebagai bahan perbandingan untuk menemukan jenis anti-*stripping* terbaik.

## 6. Referensi

- [1] E. Sulandari, Y. Lestyowati, Felderika, and Sutarno, "Analisis Pengaruh Sifat Volumetrik pada Campuran Aspal AC-WC," *CRANE : Civil Engineering Research Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 41–47, Oct. 2024.
- [2] M. A. Nugraha, Bahtiar, and D. I. R. Jansen, "Studi Kelayakan Penggunaan Material Lokal Berupa Agregat Kasar dan Agregat Halus di Kabupaten Jayapura Sebagai Bahan Dasar Stone Matrix Asphalt (SMA) Kasar," *Jurnal Sipil Terapan*, vol. 2, no. 2, pp. 64–75, Nov. 2024, doi: 10.58169/jusit.v2i2.376.
- [3] Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, *Spesifikasi Umum 2025 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. 2025.
- [4] SNI 8129:2015, *Spesifikasi Stone Matrix Asphalt (SMA)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2015.
- [5] E. Sulandari, B. S. Subagio, H. Rahman, and I. Maha, "Analysis of Aggregate Types with Micro-texture and Macro-texture Characteristics of Asphalt Mixture in Indonesia," *The Open Civil Engineering Journal*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, Oct. 2023, doi: 10.2174/18741495-v17-e230922-2023-44.
- [6] G. C. Avelia, E. Sulandari, and H. Azwansyah, "Pengaruh Karakteristik Agregat Terhadap Kinerja Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. X, no. 4, pp. 15493–15502, Oct. 2025.
- [7] E. Sulandari, S. Widodo, S. Mayuni, Y. Lestyowati, Falderika, and Sutarno, "Performance of Aggregate in Relation to Polishing Resistance," *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 14, no. 1, pp. 35–46, doi: 10.62870/fondasi.
- [8] C. Meutia Regita, E. Sulandari, S. Widodo, E. T. Mukti, and H. Azwansyah, "Effect of Asphalt Content on the Surface Texture of Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Mixture," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 29, pp. 139–148, 2025.
- [9] I. N. Rahman, D. S. Damara, R. Susanti, and A. Nurdiana, "Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu dengan Zat Aditif Anti Stripping Agent terhadap Uji Durabilitas AC-WC (Asphalt Concrete–Wearing Course)," *Jurnal Sipil dan Arsitektur*, vol. 2, no. 3, pp. 1–7, Sep. 2024, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars>
- [10] B. Jaya, R. Anwar, and Yasruddin, "Pengaruh Bahan Tambahan Anti Stripping Pada Campuran Aspal Panas Hot Rolled Sheet Wearing Course yang Menggunakan Agregat Lokal," *Jurnal Teknologi Berkelanjutan (Sustainable Technology Journal)*, vol. 2, no. 2, pp. 73–83, 2013, [Online]. Available: <http://jtb.ulm.ac.id>
- [11] M. G. F. Nur and R. M. Rahadian, "Pengaruh Penambahan Anti Stripping Agent terhadap Karakteristik Marshall Aspal PG 70," *Jurnal Ilmu Teknik*, vol. 2, no. 2, pp. 120–126, 2025, doi: 10.62017/tekonik.
- [12] E. Sulandari, S. Widodo, S. Mayuni, Falderika, and Sutarno, "Evaluasi Karakteristik Agregat Terhadap Kerusakan Rutting Pada Campuran Split Mastic Asphalt Halus," *Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*, vol. 11, no. 2, pp. 139–148, Jul. 2025.
- [13] Sawaluddin, S. Widodo, and E. Sulandari, "Penggunaan Bahan Additive Anti Stripping Agent Terhadap Keawetan Campuran Lataston (HRS-WC)," *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2016, doi: <https://doi.org/10.26418/jelast.v2i2.16378>.
- [14] SNI 2456:2011, *Cara Uji Penetrasi Aspal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.
- [15] SNI 2434:2011, *Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.

- 
- [16] SNI 2433:2011, *Cara Uji Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal dengan Alat Cleveland Open Cup*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.
  - [17] SNI 2441:2011, *Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.
  - [18] SNI 2432:2011, *Cara Uji Daktilitas Aspal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.
  - [19] SNI 06-2440-1991, *Metode Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal Dengan Cara A*. Badan Standardisasi Nasional, 1991.
  - [20] RSNI M-01-2003, *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*. Badan Standardisasi Nasional, 2003.
  - [21] Mukhlis, Lusyana, E. Suardi, and F. Adibroto, "Analisi Kinerja Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan Cangkang Sawit Sebagai Substitusi Agregat Halus," *Jurnal Fondasi*, vol. 8, no. 1, pp. 70–76, 2019.