

## **Kinerja Campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) Menggunakan Aspal Modifikasi Asbuton Murni Lawele**

**Khodijah Al Qubro\*<sup>1</sup>, Marguan Fauzi<sup>2</sup>, Sartika Nisumanti<sup>3</sup>, Febryandi<sup>4</sup>, Sri Hendarto<sup>5</sup>**

Universitas Indo Global Mandiri, Palembang, Indonesia <sup>1,2,3,4</sup>

Institusi Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia<sup>5</sup>

---

### **ARTICLE INFO**

#### **Kata Kunci:**

Asbuton Lawele, Campuran SMA, Pengujian Marshall, Draindown, ITRSR, Cantabro Loss.

#### **\*Correspondence email:**

khodijah@uigm.ac.id

**Submitted: 24-07-2025**

**Revised: 28-07-2025**

**Accepted: 29-07-2025**

**Published: 05-08-2025**

### **ABSTRAK**

Ketergantungan Indonesia terhadap aspal minyak impor dalam pembangunan infrastruktur jalan menimbulkan tantangan keberlanjutan. Pemanfaatan sumber daya lokal seperti Asbuton Lawele merupakan alternatif strategis untuk mengurangi ketergantungan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) dengan menggunakan aspal modifikasi Asbuton Lawele murni (PMA 2%) dan membandingkannya dengan campuran berbasis aspal Pen 60/70 murni dan Starbit E-55. Penelitian dilakukan melalui pendekatan eksperimental laboratorium menggunakan metode uji standar (AASHTO dan SNI). Campuran SMA diuji dengan pengujian Stabilitas Marshall, Draindown, Indirect Tensile Strength Ratio (ITSR), dan Cantabro loss. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran dengan Starbit E-55 memiliki stabilitas tertinggi (707 kg), diikuti PMA 2% (678 kg), dan Pen 60/70 (638 kg). Nilai draindown PMA 2% dan Starbit E-55 sebesar 0%, jauh lebih baik dibanding Pen 60/70 (0,022%). ITRSR campuran PMA 2% mencapai 82,55% dan *Cantabro loss* hanya 1,97%, yang menunjukkan ketahanan aus dan *moisture damage* yang baik. Kesimpulannya, penggunaan Asbuton Lawele murni (PMA 2%) memberikan performa struktural dan fungsional yang sebanding bahkan lebih baik dari aspal modifikasi sintesis, serta menjadi pilihan material pengikat yang lebih ramah lingkungan.

---

### **ABSTRACT**

#### **Keywords:**

Lawele Asbuton, SMA Mixture, Marshall Test, Draindown, ITRSR, Cantabro Loss.

Indonesia's dependency on imported petroleum asphalt for road infrastructure development presents a sustainability challenge. Utilizing local resources such as Lawele natural asphalt (Asbuton) offers a strategic alternative to reduce this reliance. This study aims to evaluate the performance of Stone Matrix Asphalt (SMA) mixtures using pure Lawele-modified asphalt (PMA 2%) and compare it with mixtures made with unmodified Pen 60/70 asphalt and polymer-modified asphalt Starbit E-55. The research was conducted through a laboratory experimental approach using standard testing methods (AASHTO and SNI). The SMA mixtures were tested for Marshall Stability, draindown, Indirect Tensile Strength Ratio (ITSR), and Cantabro loss. Results showed that the Starbit E-55 mixture achieved the highest stability (707 kg), followed by PMA 2% (678 kg), and Pen 60/70 (638 kg). Both PMA 2% and Starbit E-55 mixtures exhibited 0% draindown, superior to the 0.022% of Pen 60/70. The PMA 2% mixture achieved an ITRSR value of 82.55% and the lowest Cantabro loss at 1.97%, indicating excellent resistance to stripping and abrasion. In conclusion, the use of PMA 2% provides comparable or even superior structural and functional performance to synthetic polymer-modified asphalt and presents a more environmentally friendly binder alternative.

---

### **PENDAHULUAN**

Pembangunan infrastruktur jalan di Indonesia sangat bergantung pada perkerasan lentur dengan aspal minyak sebagai bahan pengikat utama. Namun, tingginya ketergantungan terhadap impor aspal, yang mencapai sekitar 945.000 ton per tahun, mendorong perlunya pemanfaatan sumber daya lokal yang lebih berkelanjutan (Miswanto et al., 2023).

Aspal Buton (Asbuton), khususnya tipe Lawele, merupakan sumber daya alam Indonesia dengan kandungan bitumen tinggi dan potensi besar sebagai bahan modifikasi aspal (Andhika Putra et al., 2021a; Iman Adiwidodo et al., 2023) Studi terbaru menunjukkan bahwa modifikasi aspal dengan Asbuton Lawele dapat meningkatkan viskositas, ketahanan terhadap deformasi dan oksidasi, serta daya tahan terhadap penuaan, terutama bila dikombinasikan dengan aditif seperti nano-silika (Huang et al., 2024; Iman Adiwidodo et al., 2023; Karina et al., 2023).

Stone Matrix Asphalt (SMA) adalah jenis campuran beraspal dengan stabilitas tinggi yang dirancang untuk menghadapi beban lalu lintas berat. Penggunaan aspal modifikasi, seperti Starbit E-55 dan Asbuton Lawele (PMA 2%), terbukti meningkatkan stabilitas, daya tahan, dan ketahanan terhadap keausan serta pengaruh air pada campuran SMA (Anggraini & Hendri Rahmat, 2021).

Berbagai penelitian telah mengkaji pemanfaatan bahan lokal dan limbah sebagai modifikasi campuran beraspal guna meningkatkan performa dan keberlanjutan infrastruktur jalan. Aspal Buton (Asbuton), khususnya tipe Lawele, dikenal memiliki kandungan bitumen murni tinggi dan dapat langsung digunakan sebagai bahan pengikat atau aditif (Ramadhan et al., 2024; Suharni, 2022; Surianti & Agus, 2021) Modifikasi aspal dengan Asbuton terbukti meningkatkan viskositas dan ketahanan terhadap penuaan serta oksidasi, terlebih saat dikombinasikan dengan bahan tambahan seperti nano-silika (Faizal et al., 2025; Nawir & Mansur, 2021)

Stone Matrix Asphalt (SMA) merupakan campuran beraspal dengan stabilitas tinggi dan ketahanan deformasi yang baik, cocok untuk jalan dengan lalu lintas berat. Campuran ini memiliki kadar aspal yang tinggi dan memerlukan penambahan serat seperti selulosa untuk mengontrol draindown (Anggraini & Hendri Rahmat, 2021).

Campuran SMA memiliki risiko terjadinya draindown atau pengaliran aspal, terutama pada suhu tinggi saat produksi dan pemadatan. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan bahan stabilisasi seperti serat selulosa yang efektif dalam mengikat aspal dan menjaga distribusi vertikalnya dalam campuran ((Alshehri et al., 2023; Esti Intari Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Jln Raya Palka Km et al., 2024; Qamar & Sakshi Bhatia, 2023). Nilai draindown yang rendah menunjukkan kestabilan campuran dan mencegah segregasi, yang dapat mengurangi durabilitas dan performa perkerasan (Fatha Abdillah et al., 2018; Saedi et al., 2023).

Penelitian oleh (Simanungkalit, 2024) menunjukkan bahwa penggunaan Asbuton dalam campuran SMA dapat meningkatkan stabilitas Marshall, menekan Cantabro loss, dan memperbaiki nilai ITSR. Hasil penelitian oleh Andhika Putra et al. (2021) menunjukkan bahwa aspal modifikasi lokal dengan formulasi tertentu dapat memenuhi kriteria ketahanan terhadap moisture damage dan keausan. Sementara itu, studi oleh Anggraini & Hendri Rahmat, (2021) menekankan pentingnya pemilihan jenis aditif yang sesuai terhadap gradasi dan kadar aspal optimum untuk memperoleh hasil campuran yang stabil secara struktural dan tahan lama dalam berbagai kondisi lalu lintas dan cuaca.

Namun, studi mengenai penggunaan Asbuton Lawele sebagai aditif dalam campuran SMA dengan fokus evaluasi kinerja struktural dan fungsional secara simultan (melalui Marshall, draindown, ITSR, dan Cantabro loss) masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja campuran SMA dengan menggunakan aspal Pen 60/70 yang dimodifikasi Asbuton Lawele. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil uji stabilitas Marshall, draindown, Indirect Tensile Strength Ratio (ITSR), dan Cantabro loss terhadap campuran menggunakan aspal PMA 2%, Starbit E-55, dan aspal murni.

## **METODE**

Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk menganalisis kinerja campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) dengan menggunakan aspal modifikasi Asbuton murni Lawele (PMA 2%) dan membandingkannya dengan campuran berbasis aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55.

Prosedur penelitian yang digunakan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan metoda standar lainnya seperti American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), American Society for Testing Materials (ASTM), Asphalt Institute, dan British Standard (BS), untuk beberapa prosedur pengujian yang belum ada dalam SNI.

## **Bahan Penelitian**

### **1. Agregat**

Jenis gradasi agregat untuk campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) adalah gradasi senjang, yang mana ukuran agregat yang ada tidak lengkap. Metode yang digunakan untuk gradasi agregat penelitian ini adalah AASHTO M 325-08 yang dilengkapi dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 Agregat yang digunakan berasal dari daerah Sewo, Kabupaten Subang Provinsi Jawa Barat.

### **2. Aspal**

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga jenis utama, yaitu aspal Pen 60/70, aspal modifikasi Asbuton Lawele (PMA 2%), dan aspal modifikasi polimer Starbit E-55. Aspal Pen 60/70 digunakan sebagai bahan kontrol dalam campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) untuk membandingkan kinerjanya dengan campuran yang menggunakan aspal modifikasi. Sementara itu, aspal modifikasi Asbuton Lawele (PMA 2%) dipilih sebagai aspal modifikasi untuk campuran SMA karena diketahui dapat meningkatkan karakteristik fisik dan mekanik aspal, seperti ketahanan terhadap keausan dan stabilitas. Di sisi lain, aspal modifikasi polimer Starbit E-55 digunakan sebagai pembanding karena sering diterapkan dalam campuran aspal dan memiliki performa yang baik dalam berbagai kondisi, terutama dalam meningkatkan stabilitas dan ketahanan deformasi campuran aspal.

### **3. Serat Selulosa**

Serat selulosa yang digunakan berbentuk pelet dan karakteristik dari serat selulosa tersebut berdasarkan informasi produsen.

**Tabel 1. Karakteristik Serat Selulosa**

Panjang serat	0,25 inch
Lolos saringan No. 20	85% ( $\pm 10\%$ )
No. 40	40% ( $\pm 10\%$ )
No. 140	30% ( $\pm 10\%$ )
PH	7,5 ( $\pm 1,0$ )
Absorpsi Minyak	7,5 ( $\pm 1,0$ ) kali berat serat selulosa (fiber)
Kadar air	Maks. 5%

Sumber: Rettenmaier, (2017)

### Pengujian Campuran Beraspal

Untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) digunakan perencanaan campuran beraspal panas dilakukan pengujian karakteristik bahan, karakteristik volumetrik dan karakteristik Marshall. Pengujian yang dilakukan pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO).

#### 1. Pengujian Marshall

Pengujian terhadap campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) dengan aditif Asbuton mengacu pada AASHTO yang menetapkan tiga buah benda uji untuk setiap kadar aspal yang digunakan.

#### 2. Pengujian Draindown

Pengujian ini dilakukan untuk melihat efektifitas penggunaan bahan penstabil Asbuton murni dibandingkan dengan serat selulosa. Prosedur pengujian ini berdasarkan metode AASHTO T 305-99. Jumlah benda uji yang dibutuhkan untuk pengujian draindown adalah dua benda uji untuk setiap variasi kadar aspal.

#### 3. Pengujian Cantabro loss

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan aus atau kerontokan dari benda uji Marshall yang dipadatkan. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat abrasi Los Angeles tanpa menggunakan bola baja.

#### 4. Pengujian Indirect Tensile Strength

Pengujian *Indirect Tensile Strength* dilakukan untuk memprediksi kepekaan pengelupasan (stripping) campuran beraspal terhadap kerusakan akibat rendam air dinamis.

## HASIL

### Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian material agregat bertujuan untuk mengetahui apakah sifat-sifat fisik dan karakteristik agregat kasar, halus, dan filler yang digunakan pada penelitian ini memenuhi persyaratan sesuai dengan ketentuan spesifikasi. Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Karkateristik Agregat**

Pengujian	Spesifikasi	Persyaratan		Hasil pengujian
		Min	Mak	
Berat Jenis Bulk, gr/cm <sup>3</sup>	SNI 1969:2008	2,5	-	2,640
Berat Jenis SSD, gr/cm <sup>3</sup>		2,5	-	2,666
Berat Jenis Semu, gr/cm <sup>3</sup>		2,5	-	2,743
Berat Jenis Efektif, gr/cm <sup>3</sup>	SNI 1969:2008	2,5	-	2,687
Penyerapan Air, %	SNI 1970:2008	-	3	1,407
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan Natrium Sulfat, %	SNI 3407:2008	-	12	4,06
Abrasi dengan Mesin Los Angeles, %	SNI 2417:2008	-	30	17,47
Kelekatan agregat terhadap aspal, %				
- Aspal Pertamina Pen 60/70				98
- Aspal Starbit E-55	SNI2439:2011	95	-	98
- Aspal Pertamina Pen 60/70 + Asbuton 2 %				98
Agregat Impact Value (AIV)	BS 812-112-1990	-	30	17,47
Agregat Crushing Value (ACV)	BS 812-110-1990	-	30	9,72
Partikel pipih dan lonjong, %	RSNI T-01-2005	-	5	0,8
Material lolos saringan No. 200, %	SNI 03-4142-1996	-	2	0.505

Sumber: Data Pengujian (2025)

### Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian fisik pada material aspal dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari Aspal Pen 60/70 produksi Pertamina, aspal Pertamina Pen 60/70 yang sudah dimodifikasi dengan Asbuton full ekstraksi sebanyak 2%, dan aspal

modifikasi Starbit E-55.dengan menggunakan persyaratan dalam spesifikasi umum Bina Marga edisi 2010 revisi 3. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Karakteristik Aspal**

Jenis pengujian	Spesifikasi	Pen 60/70		PMA 2%		Starbit E-55	
		Syarat	Hasil uji	Syarat	Hasil uji	Syarat	Hasil uji
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60 – 70	64,5	Min. 50	51,3	Min.40	51,1
Viskositas 135°C (cSt)	SNI 03-6721-2002	≥ 300	390,22	385-2000	612,58	≤ 3000	1000
Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	51	≥ 53	53,5	≥ 54	56
Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100
Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	338	≥ 232	342	≥ 232	331
Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99	99,32	≥ 90	99,40	≥ 99	99,9
Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	1,036	≥ 1,0	1,039	≥ 1,0	1,046
Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	0,002	≤ 0,8	0,003	-	0,008
Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54	60,5	≥ 54	48,5	≥ 40	50,2
Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	≥ 100	≥ 50	≥ 100	≥ 25	≥ 100
Keelastisan setelah pengembalian (%)	AASHTO T 302-00	-	-	-	-	> 60	62,5

Sumber: Data Pengujian (2025)

### Hasil Pengujian Campuran SMA dengan Metoda Marshall

Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh melalui pengujian dengan metoda Marshall. Beberapa parameter seperti stabilitas, kelelahan (Flow), volume rongga dalam campuran beraspal (Voids In Mix, VIM) dan volume rongga diantara mineral agregat (Voids in Mineral Agregate, VMA) digunakan untuk analisis pengujian Marshall. Nilai parameter Kadar Aspal Optimum (KAO) berdasarkan spesifikasi SNI 8129:2015 campuran SMA dengan metoda pengujian campuran beraspal panas dengan alat Marshall yang mengacu pada RSNI M-01-2003.

Nilai Kadar Aspal Optimum ditentukan sebagai nilai tengah dari rentang kadar aspal maksimum dan minimum yang memenuhi seluruh persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3. KAO masing-masing campuran digunakan sebagai KAO dalam pengujian tahap selanjutnya. Hasil nilai KAO pada pengujian Marshall dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 1. Nilai-nilai parameter Marshall pada Kadar Aspal Optimum untuk tiap campuran SMA**

Sifat-sifat campuran	Spesifikasi	Aspal Pen 60/70	Aspal PMA 2%	Aspal Starbit E-55
KAO; %	6 - 7	7,03	6,79	6,96
Stabilitas; Kg	Min. 600	638	678	707
Kelelahan; mm	2 - 4,5	3,20	4,03	4,27
Marshall Quotient; Kg/mm	-	199,84	171,93	165,38
VIM; %	4 - 5	4,42	4,91	4,22
VMA; %	Min. 17	19,83	19,73	19,40
Binder Draindown; %	Maks. 0,3	0,02	0,00	0,00

Sumber: Data Pengujian (2025)

### Hasil Pengujian Binder Draindown

Pengujian Binder Draindown bertujuan untuk mengetahui besar pengaliran baik aspal maupun kombinasi aspal agregat halus yang terjadi pada campuran beraspal yang belum dipadatkan, yaitu selama proses produksi dan pengangkutan. Hasil pengujian berupa persentase drainage dari berat sampel yang lolos keranjang kawat setelah dioven dengan berat sampel awal. Rekapitulasi hasil untuk pengujian Binder Draindown dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 2. Hasil pengujian Binder Draindown**

Sampel lolos (%)	Jenis aspal		
	Pen 60/70	PMA 2%	Starbit E-55
Hasil Laboratorium	0,022	0,000	0,000
Spesifikasi Maksimum		Mak. 0,3	

Sumber: Data Pengujian (2025)

### Hasil Pengujian Cantabro loss

Pengujian Cantabro loss bertujuan untuk mengetahui nilai abrasi yang terjadi pada campuran aspal SMA. Pengujian ini dilakukan dengan memasukkan benda uji berukuran benda uji Marshall ke dalam mesin abrasi Los Angeles dan diputar sebanyak 300 putaran tanpa bola – bola baja. Hasil dari pengujian Cantabro loss untuk setiap campuran dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 3. Hasil pengujian Cantabro loss campuran SMA**

Jenis aspal campuran SMA	Cantabro loss (%)
Pen 60/70	3,25
PMA 2%	1,97
Starbit E-55	2,05

Sumber: Data Pengujian (2025)

### Hasil Pengujian Indirect Tensile Strength

Pengujian Indirect Tensile Strength (ITS) digunakan untuk menguji kekuatan benda uji baik dalam kondisi kering (dry) maupun kondisi rendaman (soaked). Nilai ITS ditentukan dengan cara mengukur kegagalan dalam menahan beban maksimum pada benda uji yang diberi beban dengan laju deformasi konstan 50,8 mm/menit pada sumbu simetri. Untuk menguji ITS pada benda uji rendaman, benda uji (dry) direndam selama 30 menit pada suhu 60oC dan benda uji (soaked) direndam 24 jam pada suhu 60oC sebelum pengujian dilakukan.

Untuk setiap variasi campuran diperlukan 2 (dua) buah benda uji untuk kondisi kering (dry) dan 2 (dua) buah benda uji untuk kondisi rendaman (soaked). Dari pengujian ini akan didapatkan besar nilai Indirect Tensile Strength Ratio (ITSR) dari campuran yaitu perbandingan nilai ITS campuran pada kondisi rendaman (soaked) terhadap nilai ITS campuran pada kondisi kering (dry). Dimana berdasarkan spesifikasi SNI 8129:2015 disyaratkan minimum 80%. Hasil pengujian Indirect Tensile Strength dapat dilihat pada Tabel 7.

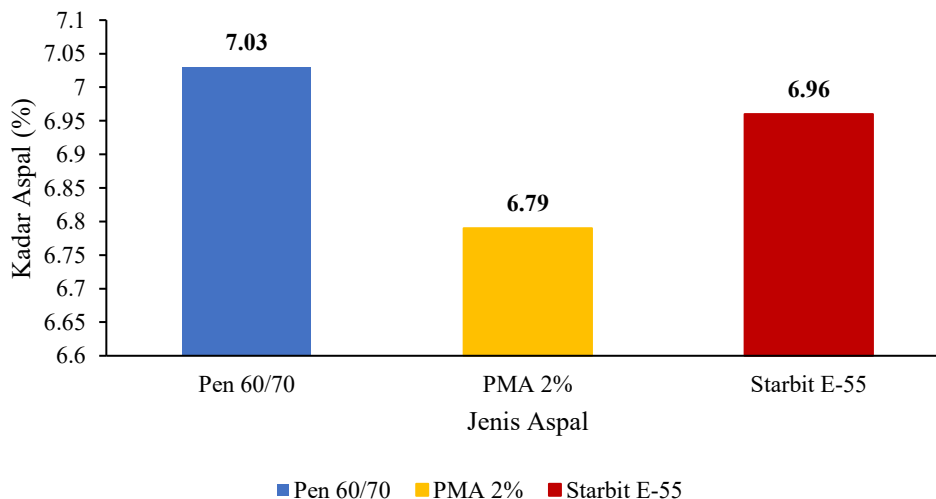
**Tabel 4. Hasil ITS dan ITSR**

Jenis Campuran	ITS Kering (Kpa)	ITS Rendaman (Kpa)	ITSR (%)
Aspal Pen 60/70	229,671	184,890	80,50
Aspal PMA 2%	236,161	194,95	82,55
Aspal Starbit E-55	256,970	213,800	83,21
	Spesifikasi SNI 8129:2015		Min. 80

Sumber: Data Pengujian (2025)

### Pembahasan

#### Analisis Pengujian Campuran SMA dengan Metoda Marshall



**Gambar 1. Kadar Aspal Optimum Campuran SMA pada tiap jenis Aspal**

Sumber: Data Pengujian (2025)

Dari Gambar 1. terlihat bahwa kadar aspal optimum campuran aspal PMA 2% (6,79%) lebih kecil daripada campuran aspal Pen 60/70 (7,03%) dan Starbit E-55 (6,96%), sehingga kebutuhan penggunaan aspal pada campuran aspal PMA 2% lebih sedikit dan kadar agregat yang diperlukan lebih banyak dibandingkan dengan campuran aspal Pen 60/70 dan aspal modifikasi Starbit E-55 yang kadar aspal lebih banyak.

#### Analisis Pengujian Binder Draindown

Dari hasil Tabel 5, dapat dilihat bahwa masih terjadi pengaliran baik itu pada aspal maupun agregat halus yang tidak tercampur sempurna sehingga lolos pada keranjang kawat yang telah dioven pada suhu pencampuran. Tetapi hasil

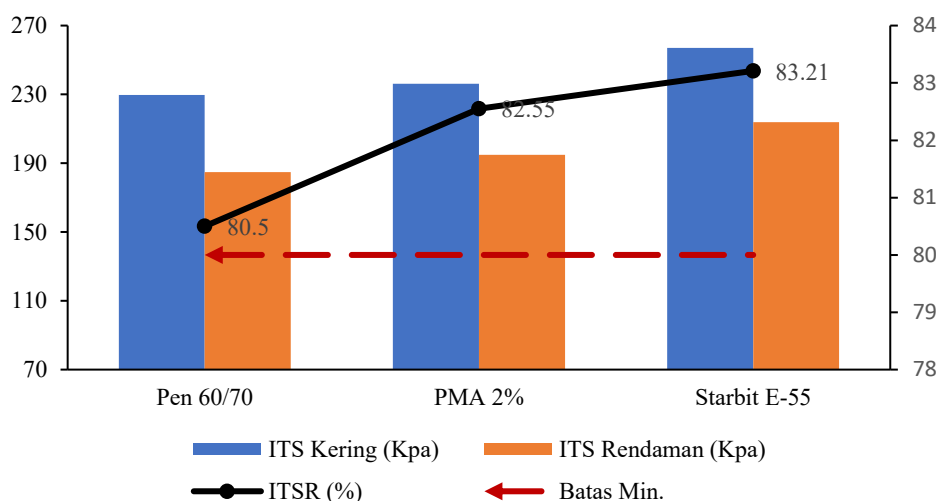
draindown tersebut masih lebih kecil dari 0,3% sehingga secara umum nilai Binder draindown untuk semua campuran memenuhi standar yang ditetapkan.

### Analisis Pengujian Cantabro loss

Berdasarkan spesifikasi AASHTO TP-108 membatasi nilai Cantabro loss kurang dari 20%. Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai Cantabro loss kurang dari nilai maksimum yang disyaratkan (<20%), sehingga memenuhi syarat.

### Analisis Pengujian Indirect Tensile Strength

Berdasarkan hasil pengujian ITS kondisi kering dan terendam, maka untuk perbandingan nilai ITSR dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penurunan nilai ITS dan Rasio ITS

Sumber: Data Pengujian (2025)

Dari Gambar 2, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai ITS rendaman terhadap nilai ITS kering. Nilai ITSR campuran SMA dengan aspal Pen 60/70 sebesar 80,50%, nilai ITSR campuran SMA dengan aspal PMA 2% sebesar 82,55 dan nilai ITSR campuran SMA dengan aspal Starbit E-55 sebesar 83,21%. Nilai rasio perbandingan dari ketiga campuran tersebut masih lebih besar dari 80%.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) dengan berbagai jenis aspal, dapat disimpulkan bahwa penggunaan aspal modifikasi Asbuton Lawele (PMA 2%) mampu memberikan performa campuran yang sangat baik. Hal ini ditunjukkan oleh nilai stabilitas Marshall yang tinggi, nilai Indirect Tensile Strength Ratio (ITSR) sebesar 82,55%, serta nilai Cantabro loss terendah sebesar 1,97%. Nilai-nilai tersebut mengindikasikan bahwa campuran dengan PMA 2% memiliki ketahanan yang baik terhadap pengaruh air dan abrasi, serta menunjukkan durabilitas yang tinggi. Dengan demikian, aspal modifikasi Asbuton Lawele tidak hanya mampu bersaing dengan aspal modifikasi polimer seperti Starbit E-55, tetapi juga menawarkan alternatif material pengikat yang efektif dan lebih ramah lingkungan untuk aplikasi perkerasan jalan menggunakan campuran SMA.

## DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (2018). *Standard Specification for Stone Matrix Asphalt (SMA) - AASHTO M 325-08*.
- Alshehri, H. A., Wahhab, H. I. A. A., & Al-Osta, M. A. (2023). Performance of SMA Mix modified with waste plastic and fiber. *Case Studies in Construction Materials*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02566>
- Andhika Putra, T., Subagio, B. S., & Hariyadi, E. S. (2021). Performance Analysis of Resilient Modulus and Fatigue Resistance of AC-BC Mixture with Full Extracted Asbuton and Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). *Jurnal Teknik Sipil*, 28(3), 349–358. <https://doi.org/10.5614/jts.2021.28.3.12>
- Andhika Putra, T., Subagio, B. S., & Hariyadi, E. S. (2021). Performance Analysis of Resilient Modulus and Fatigue Resistance of AC-BC Mixture with Full Extracted Asbuton and Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). *Jurnal Teknik Sipil*, 28(3), 349–358. <https://doi.org/10.5614/jts.2021.28.3.12>
- Anggraini, N., & Hendri Rahmat, dan. (2021). PENGARUH PENGGUNAAN ASBUTON BUTIR T.5/50 UNTUK PERKERASAN ASPAL SMA (STONE MATRIX ASPHALT). In *Jurnal Rab Contruction Research* (Vol. 6, Issue 2). <http://jurnal.univrab.ac.id/index.php/racic>

- British Standards Institution. (2013). BS EN 12697: Bituminous mixtures – Test methods. London: BSI.
- Faizal, F., Nurdin, A. R., & Mallawangeng, T. (2025). Pengaruh Penggunaan Asbuton LGA B50/30 Terhadap Sifat Campuran Laston AC-WC. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 3(1), 40–49. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v3i1.4231>
- Fatha Abdillah, A., Pradani, N., & Fredi Batti, J. (2018). *PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN TAMBAH VIATOP66 PADA CAMPURAN STONE MATRIX ASPHALT TERHADAP TITIK LEMBEK ASPAL DAN SIFAT DRAIN DOWN CAMPURAN* (Vol. 4, Issue 1).
- Huang, H., Wang, Y., Wu, X., Zhang, J., & Huang, X. (2024). Nanomaterials for Modified Asphalt and Their Effects on Viscosity Characteristics: A Comprehensive Review. In *Nanomaterials* (Vol. 14, Issue 18). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/nano14181503>
- Iman Adiwidodo, A., Rahman, H., & Zain, N. (2023). Analisis Kinerja Modulus Resilien dan Ketahanan Fatigue Campuran AC-WC dengan Asbuton Murni, BNA Blend, dan Aspal Pen 60/70. *Jurnal Teknik Sipil*, 30(3), 481–490. <https://doi.org/10.5614/jts.2023.30.3.16>
- Karina, N., S. B. S., H. E. S., & G. R., & Silika, N. (2023). Pengaruh Penambahan Nano Silika terhadap Volumetrik dengan Metode Pemadatan Marshall dan Superpave pada Campuran Beraspal Ac-Wc. *Jurnal Teknik Sipil*, 30(1), 71–78. <https://doi.org/10.5614/jts.2023.30.1.9>
- Miswanto, A., Suherman, I., Suseno, T., & Pravianto, W. (2023). Study of supply-demand of Indonesia buton asphalt. *Indonesian Mining Journal*, 26(1), 49–59. <https://doi.org/10.30556/imj.Vol26.No1.2023.1364>
- Nawir, D., & Mansur, A. Z. (2021). *Evaluation of the Performance of Buton Rock Asphalt-a Local Non-Petroleum Bitumen and Plastic Waste Mixture as a Sustainable Asphalt Concrete Mix in Tropical Region*.
- Qamar, K., & Sakshi Bhatia, E. (2023). A Study on Cellulose Fiber Modified Stone Matrix Asphalt and Conventional Stone Matrix Asphalt. *International Journal of Innovative Research in Engineering & Management (IJIREM)*, 10, 43. <https://doi.org/10.55524/ijirem.2023.10.1.9>
- Ramadhan, L. I., Pristiyawati, T., & Devi, R. H. (2024). Pengaruh Penambahan Asbuton LGA 50/30 pada Campuran AC-WC dengan Inovasi Limbah Styrofoam. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(2), 892. <https://doi.org/10.33087/talentsipil.v7i2.648>
- Rettenmaier, J. (2017). *Das Pellet. 66 Das Pellet. Pellets for Fiber Modified Asphalt Mixtures*. Retrieved July 28, 2025, from [www.jrs.de](http://www.jrs.de),
- Saedi, S., Oruc, S., & Asl, G. S. (2023). *Investigating the Effect of Viatop Plus AD 10 Fiber on Moisture Sensitivity and Potential Asphalt Drain down from Stone Mastic Asphalt Mixtures*. <https://doi.org/10.37421/2165-784X.2023.13.497>
- Simanungkalit, M. (2024). *PENGARUH PENGGUNAAN ASBUTON MURNI DAN ASBUTON MODIFIKASI POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) DALAM KINERJA CAMPURAN STONE MATRIX ASPHALT (SMA)*. Perpustakaan Digital ITB. [https://digilib.itb.ac.id/gdl/view/81092?utm\\_source=chatgpt.com](https://digilib.itb.ac.id/gdl/view/81092?utm_source=chatgpt.com)
- SNI 8129:2015. (2015). *Campuran aspal panas tipe Stone Matrix Asphalt (SMA) – Spesifikasi*. Badan Standardisasi Nasional.
- Suharni, Asrim., S. (2022). Analisis Penyebaran Aspal Buton Berdasarkan Data Bor Di Daerah Lawele. *Jurnal Geomine*, 10(2), 124–131.
- Surianti, S., & Agus, I. (2021). *Ekstraksi Aspal Buton dengan Menggunakan Asam Cuka*. X(1).