

Kajian Laboratorium Laju Resapan Prime Coat Aspal Emulsi Anionik pada Lapis Fondasi Atas (*Laboratory Study on The Penetration Rate of Anionic Asphalt Emulsion on Aggregate Base Coarse*)

Dwi Putri Tiara Madjegu¹, Fadly Achmad², Frice Lahmudin Desei³

^{1,2,3}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

tiaraamadjegu@gmail.com¹, fadly_achmad30@yahoo.com², fricedesei@ung.ac.id³

Article Info

Article history:

Received: 29 Mei 2026

Revised: 10 Agustus 2026

Accepted: 17 Agustus 2026

Keywords:

Prime Coat

Anionic Emulsion Asphalt

Infiltration Rate

Aggregate Base Course

Kata Kunci:

Prime Coat

Aspal Emulsi Anionik

Laju Resapan

Lapis Fondasi Atas

Abstract

This study aims to analyze the infiltration rate of anionic emulsion asphalt used as a prime coat on Class A aggregate base course and to evaluate its compliance with the 2018 Bina Marga General Specifications Revision II. A laboratory experimental method was employed using transparent acrylic cube containers to observe asphalt penetration into the aggregate base over a 48-hour period. Two types of anionic emulsion asphalt, SS-1h and SS-2h, were tested under controlled observation throughout the testing period. The results showed that SS-1h exhibited better infiltration performance than SS-2h, reaching an average penetration depth of 1.47 inches (3.74 cm), with the penetration rate beginning to stabilize after the fourth hour. Nevertheless, the residual asphalt measured after 48 hours was 0.78 l/m² for SS-1h and 0.85 l/m² for SS-2h, both exceeding the specified range of 0.22–0.72 l/m². These findings indicate that although SS-1h provides greater penetration, neither emulsion fully satisfies the residual asphalt requirement. The infiltration process is affected by emulsion breaking, which produces solid bitumen particles that progressively block aggregate pores and restrict fluid movement. This resistance interacts with capillary action, surface tension, and asphalt viscosity, while ambient temperature further influences the infiltration behavior during laboratory testing under study conditions.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis laju resapan aspal emulsi anionik sebagai *prime coat* pada lapis fondasi atas (LFA) agregat kelas A serta mengevaluasi kesesuaiannya dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II. Penelitian menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan wadah kubus akrilik transparan untuk mengamati penetrasi aspal ke dalam lapis fondasi selama 48 jam. Dua jenis aspal emulsi anionik, yaitu SS-1h dan SS-2h, diuji melalui pengamatan terkontrol pada kondisi laboratorium selama seluruh periode pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SS-1h memiliki kinerja resapan yang lebih baik dibandingkan SS-2h, dengan rata-rata kedalaman penetrasi mencapai 1,47 inci (3,74 cm) dan laju penetrasi mulai stabil pada jam ke-4. Meskipun demikian, residu aspal setelah 48 jam masing-masing mencapai 0,78 l/m² untuk SS-1h dan 0,85 l/m² untuk SS-2h, sehingga keduanya melebihi rentang spesifikasi 0,22–0,72 l/m². Hasil tersebut menunjukkan bahwa SS-1h memiliki kemampuan penetrasi lebih tinggi, tetapi kedua jenis emulsi belum memenuhi persyaratan residu aspal. Proses resapan dipengaruhi oleh pemecahan emulsi yang menghasilkan partikel bitumen padat dan secara bertahap menyumbat pori agregat serta menghambat aliran fluida. Hambatan tersebut berinteraksi dengan daya kapiler, tegangan permukaan, dan viskositas aspal, sedangkan suhu lingkungan turut

memengaruhi perilaku resapan secara keseluruhan selama proses penetrasi berlangsung dan memberikan implikasi praktis terhadap penggunaan *prime coat*.

Corresponding Author:

Dwi Putri Tiara Madjegu
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo
tiaraamadjegu@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan elemen penting dalam menunjang pertumbuhan ekonomi, sosial, dan mobilitas masyarakat (Lyrra & Kurniati, 2025). Jalan sebagai salah satu prasarana transportasi darat memiliki peran vital dalam mendistribusikan barang dan jasa serta mempercepat konektivitas antarwilayah. Dalam proses pembangunan jalan, sistem perkerasan menjadi salah satu komponen utama yang menentukan kekuatan dan umur layan jalan. Dua sistem perkerasan yang umum digunakan adalah perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Perkerasan lentur adalah jenis perkerasan yang paling sering digunakan, karena kemampuannya menahan beban lalu lintas dan beradaptasi dengan deformasi. Struktur perkerasan lentur secara umum terdiri dari beberapa lapisan, diawali dari lapisan dasar (*subgrade*) di bagian paling bawah, lalu lapis fondasi bawah (*subbase course*), lapis fondasi atas (*base course*), dan terakhir lapisan permukaan (*surface course*). Setiap lapisan memiliki fungsi spesifik dan tersusun dari material yang berbeda.

Material penyusun utama dalam struktur perkerasan lentur meliputi agregat (batu pecah, kerikil, pasir) dan bahan pengikat. Agregat memberikan kekuatan struktural serta ketahanan terhadap deformasi. Pada lapisan perkerasan, lapis fondasi agergat (LFA) material penyusunnya terdiri dari agregat bergradasi baik yang dipadatkan yang berfungsi sebagai penahan beban utama sebelum beban disalurkan ke lapisan di bawahnya serta menjadi landasan bagi lapisan di atasnya. Untuk lapisan permukaan, aspal menjadi bahan pengikat esensial yang mencampur agregat membentuk aspal panas (*hotmix*). Aspal memiliki sifat yang lunak saat dipanaskan, mudah meregang (elastis), juga memiliki kekentalan (viskositas) yang dimana dapat menahan deformasi akibat beban lalu lintas.

Sebelum lapisan aspal panas (*hotmix*) diaplikasikan, lapis resap pengikat (*prime coat*) harus diaplikasikan terlebih dahulu pada permukaan LFA untuk memastikan ikatan yang optimal dan kinerja jangka panjang antara lapis fondasi agergat dengan lapisan permukaan aspal di atasnya. Oleh karena itu, peran *prime coat* menjadi krusial. *Prime coat* adalah lapisan tipis aspal cair yang disemprotkan di atas permukaan LFA yang telah bersih dan kering. Aspal cair yang digunakan untuk *prime coat* umumnya adalah aspal emulsi, yaitu campuran aspal dengan air atau *cutback asphalt*, yaitu aspal yang dicampur dengan minyak tanah, bensin, atau solar, kedua jenis aspal ini dirancang khusus agar dapat meresap ke dalam pori-pori LFA. Fungsinya dari *prime coat* itu sendiri adalah untuk menutup pori-pori pada LFA, mengurangi penyerapan air yang dapat melemahkan struktur, mengikat partikel-partikel lepas pada permukaan LFA, serta yang paling krusial, meningkatkan daya lekat (adhesi) antara LFA dengan lapisan aspal di atasnya (Meng et al., 2021). Tanpa ikatan yang kuat, lapisan-lapisan perkerasan dapat bergerak sendiri yang dapat menyebabkan keretakan, pengelupasan, dan kerusakan dini pada perkerasan.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji pengaruh *prime coat* terhadap kinerja perkerasan. Misalnya, sebuah studi oleh Yuda (2023), menganalisa pengaruh sebaran *tack coat* atau lapisan perekat pada perkerasan jalan. Penelitian tersebut menekankan untuk memberikan waktu penyerapan yang sesuai dengan spesifikasi karena dapat mempengaruhi kondisi jalan, begitupun dengan *prime coat*, hal ini dilakukan untuk meminimalisir kerusakan perkerasan. Sementara itu, hasil studi oleh Zhang et al. (2022) menyoroti bagaimana properti seperti viskositas dan permeabilitas (kemampuan meloloskan air) aspal emulsi dengan permeabilitas tinggi dapat memberikan kinerja yang baik untuk perkerasan sebagai *prime coat*. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian yang ada cenderung berfokus pada evaluasi kinerja *prime coat* setelah aplikasi di lapangan atau melalui uji coba skala besar yang memerlukan biaya dan waktu yang signifikan. Kesenjangan yang signifikan terletak pada kurangnya pemahaman mendalam mengenai laju resapan *prime coat* pada lapis fondasi atas secara spesifik.

Oleh karena itu, pengujian laju resapan *prime coat* jenis aspal emulsi muatan negatif (aspal emulsi anionik) pada lapis fondasi atas menjadi hal yang penting untuk memastikan bahwa pengaplikasian *prime coat*

memenuhi standar teknis dan memberikan performa yang optimal dan juga agar bisa memberikan rekomendasi pengaplikasian yang tepat serta meningkatkan kualitas konstruksi jalan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium terkontrol untuk menganalisis laju resapan *prime coat* secara akurat dan valid. Prosedur pelaksanaan dimulai dengan studi pendahuluan untuk menetapkan landasan teoritis, diikuti dengan persiapan alat dan bahan yang memenuhi standar teknis. Alat utama yang digunakan dalam pengujian resapan adalah wadah akrilik transparan berbentuk kubus yang memungkinkan pengamatan visual langsung terhadap pergerakan aspal di dalam pori-pori agregat. Bahan yang digunakan meliputi Lapis Fondasi Atas (LFA) Kelas A sebagai sasaran penelitian, serta dua jenis aspal sebagai variabel pembanding, yaitu aspal emulsi anionik tipe SS-1h sebagai fokus utama dan tipe SS-2h sebagai pembanding untuk memperkuat validitas temuan terkait pengaruh viskositas.

Prosedur penyiapan benda uji diawali dengan pemeriksaan karakteristik fisik agregat yang meliputi pengujian berat jenis, analisa saringan, gumpalan lempung, angularitas, keausan (abrasi), serta pemadatan dan *California Bearing Ratio* (CBR) laboratorium. Standar yang digunakan dalam seluruh rangkaian pengujian ini merujuk pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, SNI, ASTM, dan AASHTO untuk memastikan reliabilitas data. Setelah agregat dinyatakan memenuhi syarat, dilakukan penentuan Kadar Air Optimum (KAO) melalui uji pemadatan modifikasi metode D. Agregat kemudian dicampur dengan air sesuai KAO dan dipadatkan di dalam cetakan akrilik sebanyak lima lapisan hingga mencapai kepadatan 100% dari berat isi kering maksimum dengan ketebalan total 20 cm.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui aplikasi *prime coat* pada permukaan LFA yang telah rata dengan takaran 1,3 liter/m² atau setara dengan 120,51 gram aspal emulsi. Pengukuran laju resapan dilakukan melalui pengamatan visual pada empat sisi luar cetakan akrilik dengan bantuan kertas milimeter blok untuk mencatat kedalaman penetrasi vertikal secara berkala. Interval waktu pengamatan ditetapkan secara ketat pada jam ke-1, 2, 3, 4, 12, 24, hingga stabil pada jam ke-48 setelah aplikasi. Selain kedalaman penetrasi, dilakukan juga analisis terhadap volume residu aspal yang tertinggal setelah masa penguapan (*curing*) berakhir.

Teknik analisis data dilakukan secara komparatif dengan membandingkan performa resapan antara tipe SS-1h dan SS-2h. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan laboratorium diolah ke dalam bentuk grafik untuk memvisualisasikan hubungan antara waktu pengamatan dengan kedalaman penetrasi aspal. Hasil analisis tersebut kemudian dievaluasi efektivitasnya dengan merujuk pada standar Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi II mengenai rentang volume residu dan kedalaman penetrasi yang diizinkan untuk memastikan kualitas konstruksi jalan yang optimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

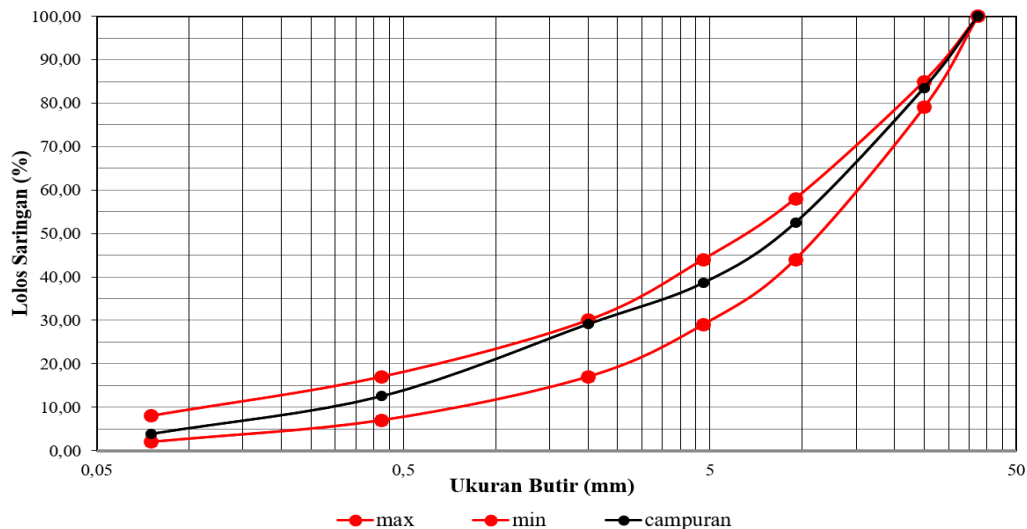
3.1 Analisa Saringan dan Gradasi Agregat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo dengan serangkaian uji karakteristik seluruh material agregat LFA kelas A untuk memastikan kesesuaian dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II. Hasil uji karakteristik untuk agregat ukuran 20-30 mm, 10-20 mm, 5-10 mm, dan abu batu dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisa Gradasi Gabungan

Ukuran Saringan	Ukuran Butir	% Lolos Saringan	Spesifikasi	Keterangan
mm	Mm	(Hasil Campuran)	Min – Max (%)	
1½"	37,5	100	100	Memenuhi
1"	25,0	83,51	79 – 85	Memenuhi
¾"	9,50	52,47	44 – 58	Memenuhi
No.4	4,75	38,62	29 – 44	Memenuhi
No.10	2,0	29,12	17 – 30	Memenuhi
No.40	0,425	12,57	7 – 17	Memenuhi
No.200	0,075	3,87	2 – 8	Memenuhi

Hasil analisis gradasi menunjukkan bahwa distribusi butiran agregat berada di dalam rentang amplop spesifikasi. Hal ini menjamin bahwa struktur LFA memiliki kepadatan dan porositas yang standar untuk pengujian resapan. Analisis gradasi dapat divisualisasikan menggunakan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Distribusi Ukuran Butiran Agregat dan Persentase Lolos Saringan

Hasil pencampuran fraksi batu pecah 20-30 mm, 10-20 mm, 5-10 mm, dan abu batu menghasilkan sebuah kurva gradasi gabungan yang menentukan karakteristik pori dan stabilitas lapisan fondasi. Secara visual, kurva gradasi gabungan membentuk garis melandai yang kontinu tanpa adanya garis yang datar atau patah. Kondisi ini menunjukkan bahwa campuran memiliki distribusi ukuran butiran yang lengkap, mulai dari ukuran terbesar (agregat kasar) hingga ukuran terkecil (abu batu). Hal ini dibuktikan dengan hasil analisa gradasi gabungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.2. Distribusi persentase lolos tersebar di setiap nomor saringan tanpa adanya kekosongan fraksi tertentu. Oleh karena itu, material dapat diklasifikasikan sebagai gradasi menerus (*well-graded*). Berdasarkan Sukirman (2003), gradasi menerus dapat membuat rongga antar butiran kasar terisi oleh butiran yang lebih sedang, dan rongga antar butiran sedang terisi oleh butiran halus. Selain itu, pori-pori yang terbentuk di dalam LFA bersifat kapiler (pori yang saling terhubung dan berukuran mikro). Pori kapiler ini yang memungkinkan aspal emulsi tipe SS-1h dan SS-2h meresap secara vertikal. Gradasi yang rapat (menerus) mencegah aspal meresap terlalu cepat atau hilang ke dasar lapisan pondasi (boros). Hal ini menjelaskan untuk mencapai kondisi jenuh laju resapan membutuhkan waktu 3 hingga 4 jam.

3.2 Klasifikasi Material Berdasarkan USCS dan AASTHO

Mengacu pada nilai-nilai parameter distribusi butiran seperti D_{10} , D_{30} , dan D_{60} yang diperoleh dari kurva gradasi, maka kualitas lapis fondasi agregat (LFA) dalam penelitian ini dapat divalidasi kesesuaiannya terhadap kriteria material jalan raya yang ideal. Klasifikasi gradasi agregat berdasarkan USCS dan AASTHO di setiap fraksi dapat ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Klasifikasi Gradasi Agregat Berdasarkan USCS

Fraksi Agregat (mm)	% Lolos Saringan No. 200	D_{10}	D_{30}	D_{60}	C_u	C_c	Klasifikasi
		Mm	mm	mm			
Batu Pecah 20-30	0,12%	16	27	31	1,94	1,47	GP
Batu Pecah 10-20	0,37%	6,5	9	14	2,15	0,89	GP
Batu Pecah 5-10	7,89%	0,12	2,2	3,51	29,25	11,49	SP
Abu Batu	9,70%	0,075	0,29	0,58	7,73	1,93	SW

Fraksi batu pecah 20-30 mm dan batu pecah 10-20 mm diklasifikasikan dengan simbol *poorly graded-gravel* (GP). Secara teoritis material ini dinyatakan dalam kerikil bergradasi buruk karena memiliki nilai C_u yang sangat rendah. Syarat utama agregat dengan gradasi baik menurut USCS adalah memiliki nilai $C_u > 4$. Rendahnya nilai C_u pada kedua fraksi ini mengindikasikan bahwa distribusi ukuran butirannya sangat seragam (didominasi oleh satu ukuran dominan). Hal ini dapat terjadi pada *stone crusher* yang difiltrasi untuk ukuran tertentu. Meskipun memiliki kekuatan tekan yang tinggi, fraksi GP secara individu memiliki rongga udara yang besar karena tidak adanya butiran halus yang mengisi celah antar agregat kasar.

Fraksi batu pecah 5-10 mm diklasifikasikan sebagai *poorly-graded sand* (SP) atau pasir berkerikil dengan gradasi yang tidak beraturan. Meskipun nilai C_u cukup tinggi mencapai 29,25, namun nilai koefisien gradasi (C_c) berada pada angka 11,49. Berdasarkan standar ASTM D2487, nilai C_c yang ideal untuk gradasi menerus harus berada di antara 1 hingga 3. Nilai C_c yang melonjak drastis hingga 11,49 menunjukkan adanya ketimpangan atau gradasi senjang (*gap-graded*). Hal ini berarti dalam fraksi 5-10 mm ini terdapat kekosongan

distribusi pada rentang ukuran tertentu, sehingga kurva gradasinya cenderung patah dan tidak melandai secara mulus.

Abu batu menunjukkan klasifikasi *well-graded sand* (SW) menandakan bahwa abu batu memiliki distribusi ukuran butiran yang lengkap dan kontinu. Adanya abu batu dalam campuran LFA Kelas A sangat krusial karena berfungsi sebagai pengisi sekaligus pengunci (*interlocking*) bagi fraksi kasar (GP dan SP). Persentase lolos saringan no. 200 sebesar 9,70% pada abu batu memberikan kontribusi besar dalam menciptakan struktur pori kapiler yang mikro dan stabil.

Kombinasi dari fraksi-fraksi yang secara individual bergradasi buruk (GP dan SP) dengan agregat halus yang bergradasi baik (SW) bertujuan untuk menghasilkan satu kesatuan gradasi gabungan menerus. Secara teoritis, struktur gradasi gabungan yang dihasilkan akan memiliki stabilitas mekanis yang tinggi namun tetap menyediakan jaringan pori yang saling terhubung. Struktur pori yang dibentuk oleh dominasi abu batu (SW) inilah yang akan menentukan seberapa efektif aspal emulsi anionik tipe SS-1h dan SS-2h dapat meresap ke dalam lapisan. Gradasi yang *well-graded* mencegah terjadinya pengaliran aspal yang terlalu bebas namun tetap menjamin kedalaman penetrasi yang cukup untuk menciptakan ikatan (*bonding*) antara lapis pondasi dan lapis permukaan.

Tabel 3. Klasifikasi Agregat Berdasarkan AASTHO

Fraksi Agregat mm	% Lolos Saringan No. 10	% Lolos Saringan No. 40	% Lolos Saringan No. 200	Kategori
Batu Pecah 20-30	0,50%	0,43%	0,12%	A-1-a
Batu Pecah 10-20	1,09%	0,90%	0,37%	A-1-a
Batu Pecah 5-10	26,68%	13,99%	7,89%	A-1-a
Abu Batu	86,40%	35,73%	9,70%	A-1-b

Berdasarkan hasil analisa saringan pada saringan no. 10 (2,00 mm), no. 40 (0,425 mm), dan no. 200 (0,075 mm) fraksi batu pecah ukuran 20-30 mm, 10-20 mm, dan 5-10 mm masuk dalam kategori A-1-a yang secara teori AASTHO kelompok A-1-a adalah klasifikasi material terbaik yang terdiri dari fragmen batuan, kerikil, dan pasir kasar. Material dalam kelompok ini memiliki sifat *non-plastic* dan memiliki daya dukung yang sangat tinggi. Rendahnya persentase lolos saringan no. 200 (0,12%, 0,37%, dan 7,89%) menunjukkan bahwa material ini bersih dari kandungan lanau atau lempung yang berlebihan, sehingga stabil terhadap pengaruh air dan beban lalu lintas.

Abu batu diklasifikasikan ke dalam kategori A-1-b, dengan nilai lolos saringan no. 10 sebesar 86,40% dan saringan no. 200 sebesar 9,70%, abu batu berfungsi sebagai komponen penyusun stabilitas campuran. Dalam sistem AASTHO, kelompok A-1 (baik A-1-a maupun A-1-b) memiliki penilaian kualitas umum sebagai tanah dasar atau lapis fondasi yang sangat baik. Secara keseluruhan, seluruh fraksi agregat yang diuji berada pada kelompok A-1. Hal ini memberikan indikasi teoretis yang kuat bahwa agregat memiliki ketahanan mekanis yang baik terhadap deformasi. Klasifikasi A-1 merupakan permukaan yang sangat ideal untuk aplikasi *prime coat*. Struktur pori yang terbentuk dari material kelompok ini bersifat terbuka namun stabil, memungkinkan aspal emulsi anionik tipe SS-1h dan SS-2h untuk meresap secara kapiler ke dalam celah antar butiran tanpa terhambat oleh lapisan lempung yang kedap.

3.3 Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat merupakan tahapan awal yang sangat menentukan kualitas serta durabilitas lapis fondasi jalan. Agregat yang digunakan dalam penelitian ini harus memenuhi standar agar mampu menahan beban lalu lintas serta memberikan landasan yang stabil bagi lapisan aspal di atasnya. Rangkaian pengujian karakteristik ini mencakup analisis distribusi ukuran butiran (analisa saringan), pemeriksaan sifat fisis berupa berat jenis dan penyerapan, pengujian ketahanan terhadap aus (abrasi), pengujian gumpalan lempung dan butiran mudah pecah, butir pecah (*angularitas*), serta CBR (*california bearing ratio*). Hasil dari masing-masing parameter pengujian karakteristik agregat pada setiap fraksi ditunjukkan pada Tabel 5 hingga Tabel 8.

Tabel 5. Hasil Pengujian Batu Pecah Ukuran 20-30 mm

Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
<i>Bulk Specific Gravity</i>	SNI 1969:2008	-	2,54	-
<i>SSD</i>	SNI 1969:2008	-	2,58	-
<i>Apparent Specific Gravity</i>	SNI 1969:2008	-	2,63	-
<i>Absorption</i>	SNI 1969:2008	%	1,27	maks. 3%
Abrasi dari Agregat Kasar	SNI 2417:2008	%	21,14	0 - 40 %
Batas Cair	SNI 1967:2008	-	Non Plastis	0 - 25
Indek Plastisitas	SNI 1966:2008	-	Non Plastis	0 - 6

Butiran Pecah pada Agregat Kasar	SNI 7619:2012	-	99,59/99,17	95/90
Gumpalan Lempung dan Butiran Mudah Pecah	SNI 4141:2015	%	0,48	0 - 5 %
CBR Rendaman	SNI 1744:2012	%	99,00	min.90 %

Tabel 6. Hasil Pengujian Batu Pecah Ukuran 10-20 mm

Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
<i>Bulk Specific Gravity</i>	SNI 1969:2008	-	2,50	-
<i>SSD</i>	SNI 1969:2008	-	2,53	-
<i>Apparent Specific Gravity</i>	SNI 1969:2008	-	2,59	-
<i>Absorption</i>	SNI 1969:2008	%	1,48	maks. 3%
Abrasi dari Agregat Kasar	SNI 2417:2008	%	23,35	0 - 40 %
Batas Cair	SNI 1967:2008	-	Non Plastis	0 - 25
Indek Plastisitas	SNI 1966:2008	-	Non Plastis	0 - 6
Butiran Pecah pada Agregat Kasar	SNI 7619:2012	-	99,88/99,88	95/90
Gumpalan Lempung dan Butiran Mudah Pecah	SNI 4141:2015	%	0,48	0 - 5 %
CBR Rendaman	SNI 1744:2012	%	99,00	min.90 %

Tabel 7. Hasil Pengujian Batu Pecah Ukuran 5-10 mm

Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
<i>Bulk Specific Gravity</i>	SNI 1969:2008	-	2,51	-
<i>SSD</i>	SNI 1969:2008	-	2,58	-
<i>Apparent Specific Gravity</i>	SNI 1969:2008	-	2,68	-
<i>Absorption</i>	SNI 1969:2008	%	2,53	maks. 3%
Batas Cair	SNI 1967:2008	-	Non Plastis	0 - 25
Indek Plastisitas	SNI 1966:2008	-	Non Plastis	0 - 6
Gumpalan Lempung dan Butiran Mudah Pecah	SNI 4141:2015	%	0,48	0 - 5 %
CBR Rendaman	SNI 1744:2012	%	99,00	min.90 %

Tabel 8. Hasil Pengujian Abu Batu

Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
<i>Bulk Specific Gravity</i>	SNI 1969:2008	-	2,50	-
<i>SSD</i>	SNI 1969:2008	-	2,55	-
<i>Apparent Specific Gravity</i>	SNI 1969:2008	-	2,64	-
<i>Absorption</i>	SNI 1969:2008	%	2,15	maks. 3%
Batas Cair	SNI 1967:2008	-	Non Plastis	0 - 25
Indek Plastisitas	SNI 1966:2008	-	Non Plastis	0 - 6
Gumpalan Lempung dan Butiran Mudah Pecah	SNI 4141:2015	%	0,48	0 - 5 %
CBR Rendaman	SNI 1744:2012	%	99,00	min.90 %

3.4 Hasil Pengujian Laju Resapan *Prime Coat*

Pengujian dilakukan dengan mengukur kedalaman penetrasi secara vertikal pada penampang melintang benda uji setelah mencapai waktu pengaliran yang ditentukan. Pengukuran dilakukan dalam kurun waktu 1, 2, 3, 4, 12, 24, hingga 48 jam Pengukuran laju resapan dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran Laju Resapan *Prime Coat*

Hasil pengukuran kedalaman resapan untuk setiap sampel uji ditunjukkan pada Tabel 9 dan Tabel

10.

Tabel 9. Laju Resapan *Prime Coat* untuk Aspal Emulsi Anionik Tipe SS-1h

Waktu Pengamatan (Jam)	Sisi A (cm)	Sisi B (cm)	Sisi C (cm)	Sisi D (cm)	Rata-rata Kedalaman		Laju Resapan	
					(cm)	(inch)	(cm/jam)	(inch/jam)
1	3,46	5,0	1,01	2,4	2,97	1,17	2,97	1,17
2	3,53	5,2	3,5	2,65	3,72	1,47	1,86	0,73
3	3,53	5,23	3,5	2,65	3,73	1,47	1,24	0,49
4	3,54	5,23	3,55	2,65	3,74	1,47	0,94	0,37
12	3,54	5,23	3,55	2,65	3,74	1,47	0,31	0,12
24	3,54	5,23	3,55	2,65	3,74	1,47	0,16	0,06
48	3,54	5,23	3,55	2,65	3,74	1,47	0,08	0,03

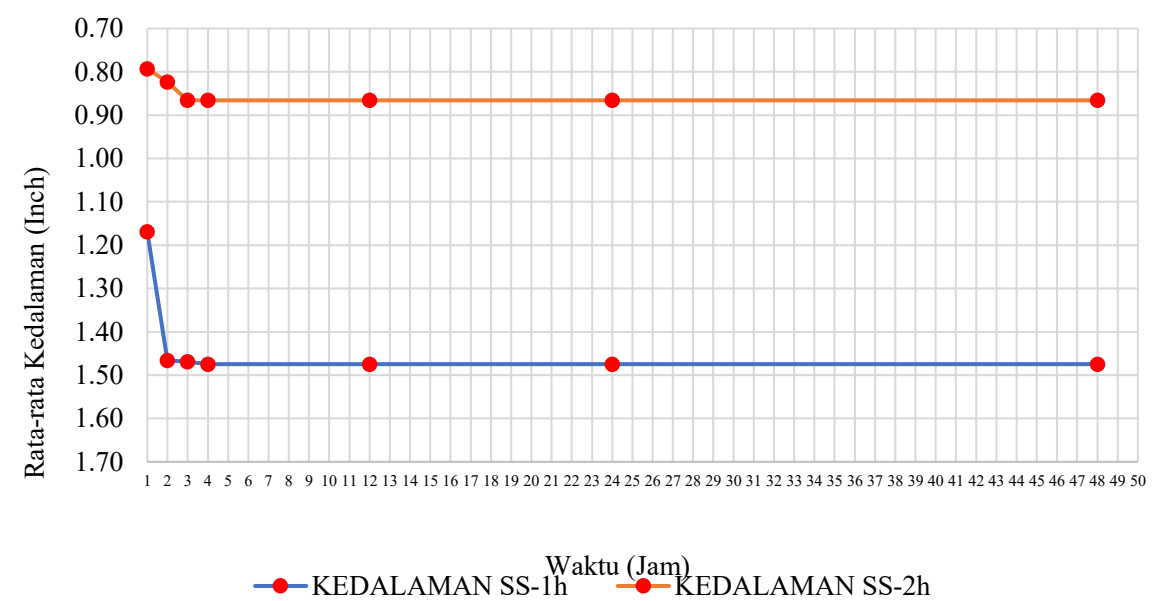
Tabel 10. Laju Resapan *Prime Coat* untuk Aspal Emulsi Anionik Tipe SS-2h

Waktu Pengamatan (Jam)	Sisi A (cm)	Sisi B (cm)	Sisi C (cm)	Sisi D (cm)	Rata-rata Kedalaman		Laju Resapan	
					(cm)	(inch)	(cm/jam)	(inch/jam)
1	1,68	2,3	1,64	2,43	2,01	0,79	2,01	0,79
2	1,8	2,4	1,68	2,48	2,09	0,82	1,05	0,41
3	1,88	2,63	1,75	2,53	2,20	0,87	0,73	0,29
4	1,88	2,63	1,75	2,53	2,20	0,87	0,55	0,22
12	1,88	2,63	1,75	2,53	2,20	0,87	0,18	0,07
24	1,88	2,63	1,75	2,53	2,20	0,87	0,09	0,04
48	1,88	2,63	1,75	2,53	2,20	0,87	0,05	0,02

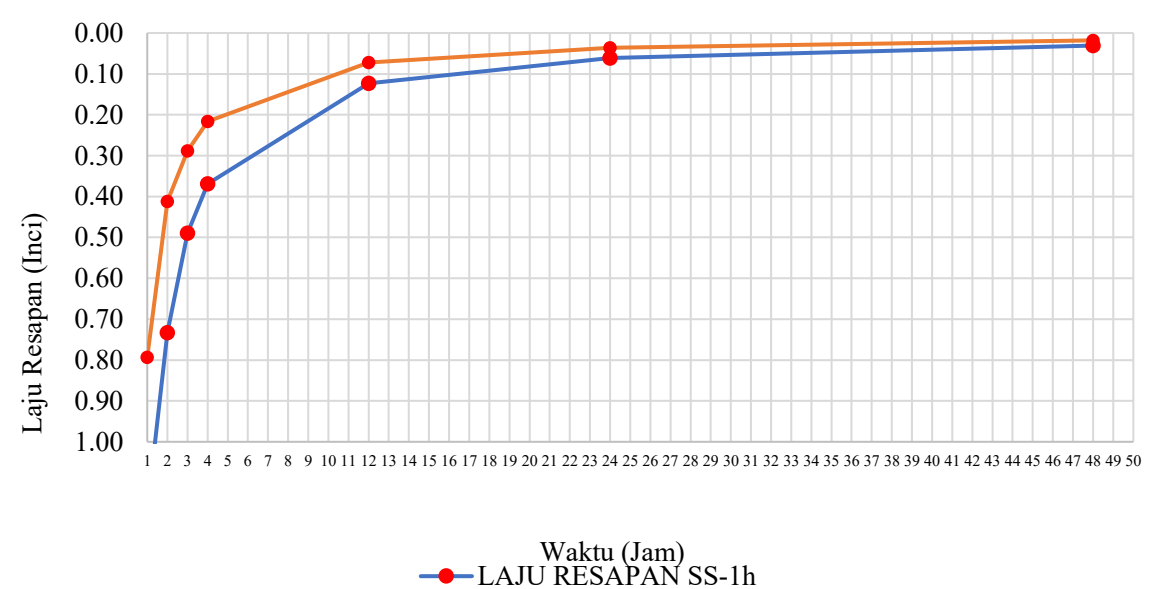
Berdasarkan data pada Tabel 9, terlihat bahwa laju resapan aspal emulsi anionik tipe SS-1h mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu dimana laju tertinggi terjadi pada jam pertama (1,17 inci/jam). Hal ini dikarenakan awal kontak dengan LFA, tegangan permukaan dan gaya kapiler bekerja maksimal pada pori yang masih kosong. Seiring waktu, viskositas aspal yang meningkat akibat penguapan fase air (*breaking process*) memperlambat pergerakan partikel aspal. Peningkatan kedalaman secara bertahap hingga jam keempat dan kemudian mencapai kondisi stabil dengan rata-rata kedalaman sebesar 1,47 inci hingga waktu pengamatan 48 jam. Hal ini selaras dengan teori Mantila dan Button (1994), dalam mencapai performa yang efektif, diperlukan kedalaman penetrasi sekurang-kurangnya 0,5 cm atau 0,2 inch. Durasi resapan selama 4 jam menunjukkan

bahwa fase air dalam emulsi SS-1h memberikan waktu yang cukup bagi aspal untuk menjangkau kedalaman optimal sebelum proses *breaking* (pemisahan air dan aspal) selesai secara sempurna. Namun pada Tabel 10, aspal emulsi SS-2h menunjukkan laju resapan yang lebih cepat berhenti, dengan durasi rata-rata hanya sampai 3 jam. Seiring berjalannya waktu, akumulasi kadar residu aspal yang tinggi (65,4%) memicu proses pemecahan emulsi (*breaking*) dan pembentukan lapisan film padat yang menyumbat jalur kapiler (*pore blocking*), sehingga viskositas aspal meningkat dan menghentikan penetrasi cairan secara permanen. Hal ini sesuai dengan teori Liu et al. (2025) yang menjelaskan kedalaman penetrasi berkurang karena peningkatan viskositas aspal.

Hubungan antara waktu pengamatan terhadap kedalaman resapan dan laju resapan *prime coat* dapat ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Hubungan antara Waktu Pengamatan Terhadap Kedalaman Resapan



Gambar 5. Hubungan antara Waktu Pengamatan Terhadap Laju Resapan

3.4 Analisis Kondisi Residu

Analisis dilakukan setelah pengamatan selama 48 jam. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi kondisi akhir lapis resap ikat (*prime coat*) setelah seluruh fase air dalam emulsi menguap sepenuhnya (*curing*). Pada tahap ini, aspal emulsi telah berubah menjadi residu padat yang berfungsi sebagai pengikat antar butiran agregat. Hasil analisis residu akhir setelah 48 jam ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Residu Setelah 48 Jam

No.	Jenis Aspal Emulsi	Berat Sampel Awal (gr)	Berat Residu Akhir (gr)	BJ Bitumen (gr/lit)	Luas Wadah (m ²)	Volume Residu (l/m ²)	Spesifikasi (l/m ²)	Keterangan
1	Anionik Tipe SS-1h	120,51	72,55	1,031	0,09	0,78	0,22 – 0,72	Tidak Sesuai
2	Anionik Tipe SS-2h	120,51	78,81	1,031	0,09	0,85	0,22 – 0,72	Tidak Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian residu, dilakukan analisis terhadap volume residu aspal yang tertinggal pada permukaan lapis fondasi agregat (LFA) kelas A setelah melewati masa *curing* (penguapan air). Volume residu dari kedua jenis aspal emulsi anionik tidak memenuhi standar yang ditetapkan (0,22 – 0,72 l/m²). Hal ini dapat dikarenakan berat aspal yang digunakan adalah berat maksimal yang berada pada rentang volume *prime coat* 0,4 – 1,3 l/m². Semakin tinggi volume takaran yang dipilih maka semakin besar pula residunya. Residu yang melebihi 0,72 l/m² berisiko menyebabkan permukaan LFA menjadi terlalu licin atau berminyak. Jika residu terlalu tebal, aspal tidak hanya meresap tetapi juga membentuk lapisan film yang tebal di atas permukaan, yang dapat bertindak sebagai bidang gelincir bagi lapisan perkerasan di atasnya. Hal ini selaras dengan hasil penelitian Ren et al. (2023) yang menegaskan bahwa penggunaan takaran *prime coat* yang terlalu banyak dapat membentuk lapisan film aspal yang terlalu tebal pada permukaan. Namun, meskipun volume residu pada SS-1h telah melebihi standar, distribusi aspal lebih merata ke dalam pori karena viskositasnya yang rendah. Hal ini meminimalkan risiko penumpukan aspal di permukaan. Pada tipe SS-2h, residu yang dihasilkan sebesar 0,85 l/m². Volume residu yang tinggi cenderung mempercepat proses penyumbatan pori di permukaan agregat. Hal ini menciptakan hambatan bagi aliran aspal berikutnya untuk masuk lebih dalam, sehingga laju resapan berhenti lebih cepat (jam ke-3). Sebaliknya, residu SS-1h yang sedikit lebih rendah dapat memperlambat proses penyumbatan pori.

3.6 Analisis Faktor yang Mempengaruhi Laju Resapan

Berdasarkan hasil analisis mengenai laju resapan, terlihat adanya fluktuasi laju resapan yang dipengaruhi oleh beberapa variabel teknis sebagai berikut.

3.6.1 Breaking Process

Menurut Fadhillah et al. (2022) efektivitas aplikasi aspal emulsi sangat bergantung pada karakteristik bahan, laju penyemprotan, durasi proses *breaking* dan *curing*, serta spesifikasi lapisan perkerasan yang digunakan. Ketika aspal emulsi bersentuhan dengan agregat LFA, kecepatan resapan akan sangat bergantung pada seberapa cepat fase air menguap atau terserap oleh agregat (*breaking process*). Kestabilan resapan tercapai apabila fase emulsi telah mengalami penguapan air secara sempurna (*breaking*). Tipe SS-1h memiliki fase air yang relatif lebih banyak untuk menjaga viskositas tetap rendah, sehingga membutuhkan waktu penguapan yang lebih panjang. Durasi 4 jam pada SS-1h menunjukkan masa *setting* yang lebih lambat, memberikan waktu bagi aspal untuk mencapai kedalaman penetrasi yang lebih optimal sebelum menjadi statis. Namun, jika proses *breaking* terjadi terlalu cepat sebelum aspal sempat meresap jauh ke dalam pori, maka akan terbentuk lapisan tipis aspal di permukaan yang justru menghambat penetrasi lebih lanjut.

3.6.2 Penyumbatan Pori

Proses penetrasi akan terhenti secara alami ketika rongga udara pada permukaan LFA tertutup oleh lapisan tipis aspal yang menyelimuti permukaan dari agregat. Tipe SS-2h umumnya memiliki kadar residu aspal yang lebih tinggi atau distribusi ukuran partikel yang lebih padat. Hal ini mempercepat terjadinya penyumbatan pada mulut pori-pori agregat. Berhentinya resapan SS-2h pada jam ke-3 menunjukkan bahwa formasi lapisan tipis aspal terbentuk lebih dini di permukaan, sehingga sisa cairan di atasnya tidak dapat lagi masuk ke dalam struktur LFA. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Gabry et al. (2024) bahwa meskipun sempat terjadi peningkatan penetrasi, namun proses penetrasi tersebut berhenti di titik tertentu karena *prime coat* telah mengisi rongga dan bagian yang tidak rata pada permukaan lapis fondasi atas.

3.6.3 Tegangan Permukaan dan Daya Serap Kapiler

Berdasarkan teori Asphalt Institute (2008) permukaan fondasi dengan tekstur kasar dan gradasi terbuka cenderung memberikan jalur infiltrasi yang lebih luas dibandingkan permukaan yang halus atau tertutup. Gradasi yang terbuka menyediakan lebih banyak area kontak dan celah antar-butiran yang memungkinkan aspal emulsi meresap lebih efektif. Aspal emulsi SS-1h memiliki kadar air yang lebih tinggi untuk menjaga viskositasnya tetap rendah. Air yang dikombinasikan dengan bahan pengemulsi menurunkan tegangan permukaan aspal tersebut. Semakin rendah tegangan permukaan, semakin tinggi *wetting ability*

(kemampuan membasahi). Aspal tidak menggumpal sebagai tetesan, melainkan menyebar hingga ke dinding agregat. Kemampuan membasahi yang lebih baik ini memungkinkan SS-1h menjangkau celah-celah terkecil di dalam struktur LFA yang tidak dapat dimasuki oleh SS-2h, yang menjelaskan mengapa durasi aktivitas resapannya lebih lama.

3.6.4 Viskositas (Kekentalan)

Menurut Zhang et al. (2022) dari sudut pandang antara ikatan dasar dan permukaan, peningkatan viskositas dapat memberikan manfaat namun dapat menyebabkan kesulitan saat proses penetrasi. Aspal emulsi anionik yang digunakan berbeda pada tingkat kekentalannya, dimana aspal emulsi dengan tipe SS-2h memiliki tekstur yang lebih kental dibandingkan dengan tipe SS-1h. Aspal dengan viskositas rendah memiliki hambatan internal yang kecil untuk mengalir. Tekstur aspal anionik dengan tipe SS-1h lebih encer, oleh karena itu proses penetrasinya lebih cepat di dalam pori-pori LFA yang sempit. Gesekan antara aspal dan dinding batuan pada SS-1h lebih kecil, sehingga aspal dapat terus turun hingga jam ke-4 dengan kedalaman penetrasi 1,47 inci. Sebaliknya, SS-2h yang lebih kental mengalami hambatan gesek yang besar, sehingga energinya habis lebih cepat dan berhenti mengalir pada jam ke-3 dengan kedalaman penetrasi 0,87 inci.

3.6.5 Suhu

Peningkatan suhu akan menurunkan ikatan antarmolekul pada aspal emulsi. Hal ini membuat aspal yang tadinya kental menjadi lebih cair (encer). Aspal emulsi tipe SS-1h dengan viskositas rendah ini dapat menembus pori-pori LFA yang paling sempit sekalipun, karena hambatan alirnya kecil, proses penetrasinya memiliki durasi yang lebih panjang hingga 4 jam sebelum akhirnya mendingin atau airnya menguap habis. Pada tipe SS-2h, kombinasi viskositas tinggi dan suhu menyebabkan aspal mencapai titik *breaking* lebih cepat. Begitu air menguap pada jam ke-3, emulsi berubah menjadi padat (residu), sehingga resapan otomatis berhenti. Hal ini sejalan dengan teori Asphalt Institute (2008) dimana proses *breaking* akan terhambat pada kondisi suhu yang rendah.

4. KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian laju resapan *prime coat* aspal emulsi anionik, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Hasil pengujian menunjukkan bahwa aspal anionik tipe SS-1h lebih unggul dalam mencapai kedalaman penetrasi (1,47 inci dalam 4 jam) dibandingkan tipe SS-2h (0,87 inci dalam 3 jam), karena kandungan air pada tipe SS-1h yang lebih banyak membuat aspal SS-1h tetap encer lebih lama sehingga punya waktu tambahan untuk masuk ke pori-pori LFA sebelum mengeras. Pengaplikasian ini telah memenuhi kriteria Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II, baik dari segi waktu pengeringan minimal 4 jam maupun kualitas material agregat pendukung (uji berat jenis, gumpalan lempung dan butiran mudah pecah, analisa gradasi, angularitas, abrasi, dan CBR), sehingga penggunaan takaran 1,3 liter/m² dalam penelitian ini terbukti efektif untuk menciptakan ikatan struktural yang kuat pada perkerasan jalan. Namun, setelah dilakukan pengamatan 48 jam, didapatkan residu aspal untuk tipe SS-1h sebesar 0,78 l/m² dan untuk tipe SS-2h sebesar 0,85 l/m² tidak memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II (0,22 – 0,72 l/m²).
- 2) Hasil analisis menunjukkan bahwa laju resapan *prime coat* pada LFA paling dominan dikontrol oleh proses pemecahan emulsi (*breaking process*) dan penyumbatan pori (*pore blocking*), karena pengendapan partikel bitumen padat inilah yang secara langsung mengunci jalur aliran fluida di dalam agregat. Hambatan fisik akibat penyumbatan tersebut kemudian berinteraksi dengan daya serap kapiler dan tegangan permukaan yang mengatur kuat-lemahnya gaya isap awal cairan saat menarik aspal ke dalam rongga kosong. Gaya isap kapiler ini sangat bergantung pada tingkat kemudahan mengalir fluida yang ditentukan oleh nilai viskositas aspal, di mana kekentalan aspal itu sendiri pada akhirnya ikut dipengaruhi oleh faktor suhu lingkungan selama proses peresapan berlangsung di laboratorium.

4.2 Saran/Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat diusulkan saran sebagai berikut.

- 1) Berdasarkan temuan bahwa laju resapan telah stabil pada jam ke-3 hingga ke-4, proses penghamparan lapis permukaan di atas *prime coat* sebaiknya dilakukan setelah melewati rentang waktu tersebut untuk memastikan fase *breaking* aspal telah sempurna.
- 2) Pemilihan aspal untuk *prime coat* juga perlu diperhatikan, karena dapat memberikan pengaruh yang signifikan pada hasil pengujian. Mengingat suhu dan kelembapan sangat memengaruhi kecepatan penguapan air (*breaking process*), perlu dilakukan pengawasan terhadap suhu permukaan LFA saat aplikasi di lapangan agar aspal tidak mengeras terlalu cepat sebelum mencapai kedalaman optimal.

REFERENSI

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) M-145. (2004). *Standard Specification for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*. Washington, DC: AASHTO.
- ASTM International D2487. (2025). *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*. West Conshohocken, PA: ASTM.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Standar Nasional Indonesia 1969 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Standar Nasional Indonesia 2417 Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Standar Nasional Indonesia 1744 Metode Uji CBR Laboratorium*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Standar Nasional Indonesia 7619 Metode Uji Penentuan Persentase Butir Pecah*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Standar Nasional Indonesia 4141 Metode Uji Gumpalan Lempung dan Butiran Mudah Pecah dalam Agregat*. Jakarta: BSN.
- Fadhilah, M. R., Suparma, B. L., & Siswosukarto, S. (2022). Penentuan Optimum Setting Time Aspal Emulsi Jenis CRS-1 dan CRS-1P Sebagai Material Lapis Perekat. *Jurnal Transportasi*, XXII(1), 1-10.
- Gabry, M. E., Mahdy, K., Soliman, A. A., & Soltan, A. (2024). Assessing Prime Coat Permeation with Superpave Gyratory Compaction. *Earth and Environmental Science*, 1396(1), 1-10.
- Liu, S., Liu, C., Yang, Z., Li, J., & Gong, J. (2025). Performance evaluation of an eco-friendly prime coat material formulated with reclaimed asphalt pavement and waste bio-oil. *Coatings*, 15(2), 201.
- Lyrre, L., & Kurniati, E. (2025). Analisis infrastruktur jalan dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) terhadap pertumbuhan ekonomi di Kabupaten Way Kanan. *Journal of Social Science and Multidisciplinary Analysis*, 2(2), 41-60.
- Mantila, C. A., & Button, J. W. (1994). *Prime Coat Methods and Materials to Replace Cutback Asphalt*. Austin: Texas Transportation Institute.
- Meng, G., Wu, B., & Huang, J. (2021). Modelling and Experimental Validation of Flexural Tensile Properties of Steel Fiber Reinforced Concrete. *Construction and Building Materials*, 273(7), 1-8.
- Ren, K., Liu, C., Wu, Z., An, H., Qu, J., Zhan, H., & Lv, S. (2023). Laboratory Investigation on Performance of Waste-Oil Cutback Asphalt as Prime Coat on Cement Stabilized Macadam Base. *Construction and Building Materials*, 365, 1-13.
- Yuda, T. D. (2023). *Analisa Pengaruh Sebaran Tack Coat Pada Perkerasan Jalan di Jalan Kapten Sumarsono (Studi Kasus)*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Zhang, X., Xu, J., Cai, Y., & Tang, Y. (2022). Properties and Preparation of a New High-Permeability Emulsified Asphalt and Its Modification. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, XII(24), 1-19.