

JURNAL KONSTRUKSI DAN INFRASTRUKTUR

Teknik Sipil dan Perencanaan

KEKESATAN PERMUKAAN JALAN YANG MENGGUNAKAN CAMPURAN AC-WC DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH OLEOKIMIA

Edward Wardana¹, Atmy Verani Rouly Sihombing^{2*}

¹) Program Studi Megister Terapan Rekayasa Infrastruktur, Politeknik Negeri Bandung, Bandung. Email: edward.wardana.mtri22@polban.ac.id

^{2*)} Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
Email Penulis Korespondensi : atmyvera@polban.ac.id
Nomor HP Penulis Korespondensi : 0811231324

ABSTRACT

Road pavement design must meet roadworthiness requirements to ensure user safety and comfort. One factor is road surface roughness, because low roughness can cause slippery roads and increase the risk of accidents due to vehicle slippage. Road surface roughness testing using the British Pendulum Tester (BPT) is one of the parameters to determine the roughness value. Roadworthiness requirements also apply to asphalt modifications, such as the use of Glycelin Pitch (GP) type oleochemical waste as a substitute for 60/70 pen asphalt. Roadworthiness requirements in this modification are a series of advanced tests, where various tests conducted before paving have been carried out in previous studies and meet the 2018 Bina Marga Technical Specifications Revision 2. This study focuses on road surface roughness testing with the aim of proving that GP can be used as a substitute for penetration asphalt with a content of 27% (GP1) and 14.2% (GP2). The test results showed that the mixture with GP1 provided a higher British Pendulum Number (BPN) value of 80.70 compared to GP2 which was 72.20, while the BPN value for the AC-WC control mixture was 74.50. The average surface temperature in this test was 35.4°C for the GP2 sample and 37.5°C for the GP1 sample. Based on the recommended minimum friction resistance value reference for wet conditions, the GP1 and GP2 mixtures meet the safety requirements for various types of road locations, including locations with high friction such as roundabouts and sharp turns. Thus, the GP mixture shows good potential for application on roads that require high friction, supports traffic safety, and meets road function standards.

Keyword: *Britsh Pendulum Tester (BPT), Fungsi Laik Jalan, Glicerine Pitch, HMA AC-WC, Skid Resistance.*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan peningkatan kebutuhan infrastruktur jalan di Indonesia, pemenuhan kebutuhan aspal nasional menjadi tantangan yang perlu diperhatikan. Ketergantungan Indonesia terhadap impor aspal masih cukup tinggi, mencapai sekitar 75 persen, sementara kapasitas produksi dalam negeri, yang hanya terbatas pada PT. Pertamina dengan kapasitas 350 ribu ton per tahun, belum dapat memenuhi seluruh kebutuhan tersebut. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan yang cukup besar antara produksi dan kebutuhan aspal nasional. Oleh karena itu, upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor aspal perlu dilakukan. Salah satu alternatif yang dapat dikembangkan adalah penggunaan *Glycerin Pitch* (GP) sebagai bahan substitusi aspal. *Glycerin Pitch*, yang merupakan produk turunan gliserol dari industri oleokimia, memiliki potensi untuk menggantikan aspal dalam campuran perkerasan jalan. Pemanfaatan *Glycerin Pitch* sebagai substitusi aspal tidak hanya dapat mengurangi ketergantungan pada impor aspal, tetapi juga memanfaatkan limbah industri yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal [1].

Sehubungan dengan itu, untuk mengoptimalkan penggunaan *Glycerin Pitch* sebagai substitusi aspal, perlu dipastikan bahwa desain perkerasan jalan tetap memenuhi standar keselamatan dan kinerja yang ditetapkan. Pemenuhan persyaratan administratif dan teknis yang diperlukan harus dilakukan guna menjamin fungsi jalan.

Desain perkerasan jalan harus memenuhi laik fungsi jalan harus memenuhi persyaratan administratif dan teknis yang bertujuan untuk menjamin keamanan, keselamatan, dan kelancaran bagi pengguna jalan, sehingga jalan tersebut dapat dioperasikan untuk umum. Persyaratan administratif mencakup kelengkapan terkait petunjuk, perintah, dan larangan dalam pengaturan lalu lintas, status jalan, kelas jalan, kepemilikan tanah, ruang milik jalan, leger jalan, serta lingkungan hidup, dengan tujuan memberikan kepastian hukum bagi penyelenggara dan pengguna jalan. Sementara itu, persyaratan teknis meliputi struktur perkerasan jalan (kekesatan Jalan, dan kondisi perkerasan Jalan), bangunan pelengkap dan penghubung jalan, geometrik jalan, pemanfaatan bagian-bagian jalan, manajemen dan rekayasa lalu lintas, serta perlengkapan jalan [2].

Persyaratan administratif dan laik fungsi jalan juga berlaku untuk modifikasi aspal, seperti penggunaan limbah *oleokimia*. *Oleokimia* merupakan bahan kimia berbasis rantai karbon yang diturunkan dari lemak / minyak melalui serangkaian proses tertentu menjadi salah satu turunannya adalah *glycerol* [3]. *Glycerol* menghasilkan *Glycelin Pitch* (GP) yang dijadikan sebagai substitusi pada aspal pen 60/70. Namun, penelitian ini akan meninjau sisi fungsi laik jalan dari segi persyaratan teknis, dengan fokus pada kriteria kekesatan perkerasan jalan (*skid resistance*).

Fokus pada kriteria kekesatan perkerasan jalan (*skid resistance*) dipilih karena salah satu penyebab utama kecelakaan lalu lintas adalah rendahnya kekesatan jalan. Kekesatan permukaan jalan dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan, di mana pada kondisi jalan raya biasa, semakin tinggi kecepatan yang diterapkan, semakin rendah tingkat kekesatannya [4]. Selain itu, kekesatan juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti variasi bentuk permukaan, kondisi ban, tekstur permukaan jalan, kondisi cuaca, dan kondisi mengemudi [5]. Salah satu kondisi tersebut dapat menyebabkan jalan menjadi licin, yang pada gilirannya meningkatkan risiko kendaraan tergelincir atau mengalami slip, sehingga mengancam keselamatan pengendara [6]. Ketahanan kekesatan sangat dipengaruhi oleh musim juga, seperti pada musim kemarau, di mana semua jalan cenderung memiliki ketahanan kekesatan yang lebih tinggi, sementara pada musim hujan ketahanan tersebut menurun [7].

Penelitian ini merupakan rangkaian pengujian lanjutan dari pengujian struktural untuk membuktikan bahwa *Glycerin Pitch* dapat digunakan sebagai substitusi aspal penetrasi sebesar 14,2% dan 27% serta memenuhi kriteria laik fungsi jalan [1], [8]. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan penggunaan *Glycerin Pitch* berdasarkan kriteria laik fungsi jalan, khususnya pada kekesatan perkerasan jalan (*skid resistance*).

Glycerin Pitch yang digunakan diklasifikasikan berdasarkan kadar anorganik, yaitu kadar anorganik lebih dari 10% dan kurang dari 10%.

Percobaan substitusi *Glycerin Pitch* pada campuran aspal panas telah dilakukan melalui serangkaian pengujian sebelumnya yang saling terkait untuk memastikan kinerja campuran aspal. Hasil dari pengujian ini adalah desain campuran *Hot Mix Asphalt* (HMA) tipe *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) yang memenuhi Spesifikasi Teknis Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 [9]. Pengujian skala penuh selanjutnya dilakukan dengan menggunakan *Asphalt Mixing Plant* (AMP) berdasarkan desain yang telah ditentukan [1]. Pada tahap ini, campuran yang diuji adalah HMA tipe AC-WC, yang umum digunakan untuk lapisan permukaan jalan di Indonesia [10].

Tahap selanjutnya adalah pengujian kekesatan permukaan jalan, di mana daya gesek permukaan jalan diuji menggunakan *British Pendulum Tester* (BPT) untuk menilai kualitas permukaan jalan berdasarkan daya gesek terhadap ban kendaraan [11].

Melalui serangkaian uji dan analisis, hasil substitusi *Glycerin Pitch* diharapkan dapat memberikan

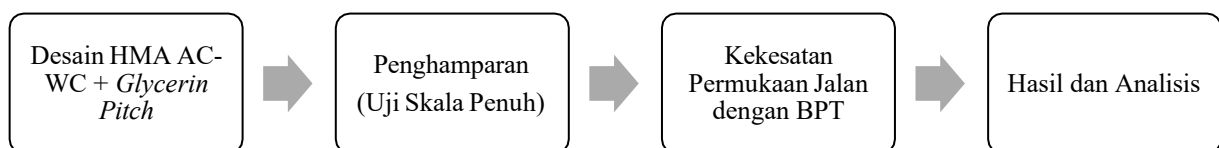
solusi alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada impor aspal dan memanfaatkan limbah industri *oleokimia* dengan efektif. Uji ini bertujuan untuk membuktikan kelayakan penggunaan *Glycerin Pitch*

sebagai pengganti aspal pen 60/70, sehingga di masa depan, penggunaan *Glycerin Pitch* dapat diterapkan secara luas di Indonesia.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Material dan pengujian yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada standar Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Material yang digunakan antara lain adalah aspal pen 60/70 yang diperoleh dari PT. Pertamina, agregat yang diperoleh dari PT. Anten Asri Perkasa, serta *Glycelin Pitch* yang diperoleh dari PT. Wilmar dan dikelompokkan berdasarkan kadar anorganik. Material tersebut akan di jadikan campuran beraspal panas dengan klasifikasi berdasarkan kadar anorganik, yaitu kadar anorganik lebih dari 10% (Pen 60/70 + GP1) dan kurang dari 10% (Pen 60/70 + GP1).

Gambar 1 menunjukkan diagram alir dalam penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian ini melibatkan pengujian di berbagai laboratorium, termasuk Politeknik Negeri Bandung dan ITB, dengan pengujian lapangan dilakukan di Kampus ITB Jatinangor. *Glycerin Pitch*, cairan kental pada suhu ruang, dipanaskan hingga 145°C - 155°C untuk memastikan tercampur secara homogen dengan aspal pen 60/70. Setelah mencapai suhu yang diinginkan, *Glycerin Pitch* ditambahkan ke aspal panas, diaduk, dan kemudian digunakan untuk pengujian lebih lanjut.

3. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain HMA AC-WC dengan *Glycerin Pitch*

Untuk memvalidasi teori dan model yang telah diterapkan di laboratorium, diperlukan uji skala penuh berupa *overlay* HMA AC-WC + GP. *Overlay* yang diuji memiliki panjang 164 meter dan lebar 6 meter, dengan skema yang ditunjukkan pada Gambar 2. Proses pencampuran untuk campuran ini dibantu oleh *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Anten Asri Perkasa. Tabel 1 menyajikan desain campuran AC-WC yang digunakan dalam uji skala penuh.

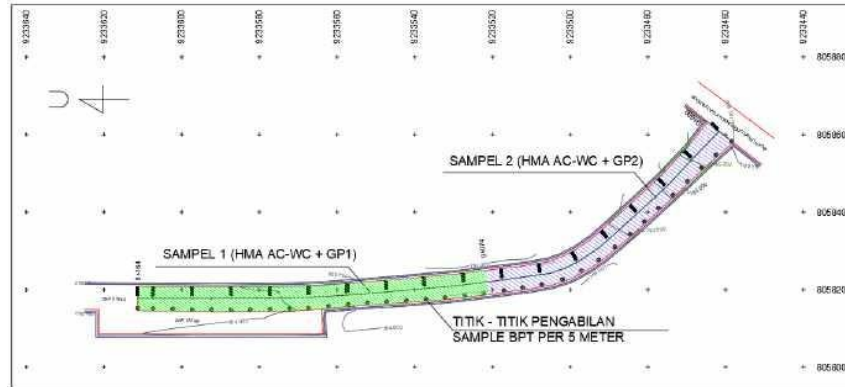
Tabel 1. Desain Campuran AC-WC Untuk Pengujian Skala Penuh [1]

Parameter	Pen 60/70 + GP1	Pen 60/70 + GP2
<i>Glycerin pitch</i>	14,2%	27%
Suhu pencampuran	150°C	150°C
Suhu pemadatan	160°C	160°C
Panjang <i>overlay</i>	90 m	74 m
Lebar <i>overlay</i>	6 meter	6 meter
Ketebalan <i>overlay</i> [12]	4 cm (toleransi – 3.0 mm)	4 cm (toleransi – 3.0 mm)
Aspal pen 60/70 + GP	6%	6,1%
Agregat :		
- <i>split</i>	12%	12%
- <i>screen</i>	44%	44%
- abu batu	41%	41%
- <i>filler</i>	3%	3%

3.2 Penghamparan (Uji Skala Penuh)

Untuk memvalidasi teori dan model yang telah diterapkan di laboratorium, diperlukan uji skala penuh (Gambar 10) dalam bentuk *overlay* HMA AC-WC + GP [1]. *Overlay* yang diuji memiliki panjang 164 meter, lebar 6 meter, dan tebal 0,04 meter, dengan skema yang ditunjukkan pada Gambar 2. Proses pencampuran untuk campuran ini dibantu oleh *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT Anten Asri Perkasa

Tabel 2 merupakan Langkah – Langkah untuk penghamparan.



Gambar 2. Skema Penghamparan dan Skema Pengambilan Sample BPT

Tabel 2. Langkah Penghamparan

Langkah	Uraian
Penyediaan Bahan AC-WC dengan <i>Glycerin Pitch</i>	Proses pencampuran dilakukan di <i>Asphalt Mixing Plant</i> (AMP) PT. Anten Asri Perkasa (Gambar 3). Volume total produksi = 81.00 ton Sampel 1 (pen 60/70 + GP1) = 44.53 ton Sampel 2 (pen 60/70 + GP2) = 36.47 ton
Pembersihan Permukaan Jalan	Pembersihan permukaan jalan dari kotoran, debu, dan material lain agar aspal menempel dengan baik dengan alat <i>air compressor</i> (Gambar 4). Pembersihan dilaksanakan melebihi 20 cm dari tepi bidang yang akan disemprot dengan kompresor [13].
Penerapan <i>Tack Coat</i>	Penerapan lapisan perekat antara lapisan lama dan baru dengan alat <i>asphalt sprayer</i> (Gambar 5). <i>Tack Coat</i> berfungsi untuk memberikan daya ikat yang kuat antara lapisan lama dan lapisan baru, memastikan daya tahan lama dan stabilitas jalan [13].
Proses Pengaspalan	Pengaspalan dimulai dengan alat overlay menggunakan <i>asphalt finisher</i> (Gambar 6). Lebar = 6 meter Panjang = 164 meter Tebal = 0.04 meter
Pemadatan Awal	Campuran HMA AC-WC + GP disebarakan menggunakan <i>asphalt finisher</i> (Gambar 7), dilanjutkan dengan pemadatan menggunakan <i>tandem roller</i> (Gambar 8). Kecepatan alat = 4 km/jam Jumlah lintasan = 6 kali lintasan Lebar pemadatan efektif = 1,68 meter Faktor efisiensi alat = 0,83 Berat alat = 8 – 10 ton
Pemadatan Akhir	Pemadatan akhir dilakukan untuk menghilangkan alur yang ditinggalkan oleh <i>pneumatic tire roller</i> (Gambar 9). Kecepatan alat = 6 km/jam, Jumlah lintasan = 14 kali lintasan Lebar pemadatan efektif = 2,29 meter Faktor efisiensi alat = 0,83 Berat alat = 8,5 ton



Gambar 3. Produksi HMA AC-WC+GP di AMP



Gambar 4. Pembersihan Permukaan Jalan



Gambar 5. Penerapan *Tack Coat*



Gambar 6. Proses Penghamparan



Gambar 7.
Alat Asphalt Finisher



Gambar 8.
Pemadatan dengan Tandem Roller



Gambar 9.
Pemadatan dengan *Pneumatic Tire Roller*



Gambar 10.
Hasil Pengujian Skala Penuh

3.3 Kekesatan Permukaan Jalan dengan BPT

Ketahanan kekesatan memiliki dua komponen utama, yaitu adhesi dan histeresis. Kedua komponen ini sangat bergantung pada dua sifat permukaan perkerasan, yaitu tekstur makro dan mikro. Tekstur makro dan mikro permukaan perkerasan sangat dipengaruhi oleh jenis, ukuran, bentuk, dan kualitas

agregat kasar yang digunakan dalam campuran aspal. Jenis campuran aspal panas yang umum digunakan biasanya memiliki nilai tekstur mikro yang serupa (atau setidaknya dapat dibandingkan). Kinerja kekesatan pada aspal mengikuti urutan yang sama dengan tekstur makro yang dimilikinya. Ketahanan kekesatan perkerasan aspal cenderung berubah (biasanya menurun) seiring berjalannya waktu dan dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan. Selain itu, perbedaan suhu permukaan perkerasan dapat memengaruhi secara signifikan keandalan pengukuran ketahanan kekesatan [14].

Skid resistance adalah kemampuan suatu permukaan perkerasan untuk memberikan gaya gesek pada roda kendaraan, sehingga mencegah tergelincir atau slip, terutama pada kondisi basah. Permukaan perkerasan dianggap memiliki nilai *skid resistance* yang memadai ketika terdapat tahanan gesek yang cukup antara ban dan permukaan jalan, serta permukaan tidak licin sehingga tidak menyebabkan kendaraan mudah slip baik dalam kondisi kering maupun basah. Secara khusus, permukaan perkerasan yang basah lebih berpotensi membahayakan kendaraan dengan permukaan ban halus dibandingkan saat permukaan dalam kondisi kering [15].

Alat BPT (Gambar 11) adalah instrumen dinamis yang digunakan untuk mengevaluasi energi yang terbuang saat permukaan karet di bagian bawah bandul bersentuhan dengan permukaan uji. Pengujian dilakukan baik di lapangan maupun di laboratorium untuk menentukan nilai kehalusan permukaan atau tingkat pemolesan pada objek lengkung. Nilai yang dihasilkan, dikenal sebagai *British Pendulum Number* (BPN) atau *Skid Resistance Value* (SRV), mengindikasikan tingkat gesekan atau hambatan permukaan yang diuji [11]. Semakin tinggi nilai BPN, semakin kasar (kesat) permukaan jalan tersebut, sementara semakin rendah nilai BPN, semakin halus (licin) permukaan jalan tersebut [16].

Alat British Pendulum Tester (BPT) dikembangkan oleh *Road Research Laboratory* (RRL) untuk memberikan praktisi jalan raya metode pengukuran yang relatif sederhana dalam mengevaluasi kekesatan permukaan jalan yang basah dan licin. BPT memiliki keuntungan karena mudah digunakan dan memberikan indikator gesekan serta mikrotekstur pada kecepatan rendah (yaitu, 10 km/jam) untuk setiap permukaan perkerasan, baik di lapangan maupun dalam analisis laboratorium terhadap sampel inti atau sampel yang disiapkan [17].

Berikut adalah kategori dan tipe lokasi berdasarkan angka kekesatan permukaan jalan [18] :

1. Kategori A mencakup lokasi-lokasi yang sulit, seperti bundaran, belokan dengan jari-jari kurang dari 150 meter pada jalan bebas hambatan, kemiringan 1:20 atau lebih curam dengan panjang lebih dari 100 meter, serta lengan pendekat simpang bersinyal pada jalan bebas hambatan, yang memerlukan angka kekesatan sebesar 65.
2. Kategori B mencakup jalan utama atau cepat, jalan kelas 1, dan jalan dengan lalu lintas berat di perkotaan (lebih dari 2000 kendaraan per hari), yang memerlukan angka kekesatan sebesar 55.
3. Kategori C mencakup lokasi-lokasi lainnya yang memiliki angka kekesatan sebesar 45.

Pengujian kekesatan permukaan perkerasan (Gambar 12) dilakukan menggunakan alat pendulum dengan karet peluncur standar untuk mengukur hambatan gesekan (*frictional*). Sebelum pengujian, permukaan yang diuji dibersihkan dan dibasahi dengan air bersih, serta harus bebas dari butiran-butiran lepas. Jika benda uji berada pada posisi yang tidak mendatar, seperti di tanjakan atau turunan, peralatan dapat disiapkan agar mendatar dengan mengatur sekrup sehingga kepala bandul menyesuaikan kedudukannya dengan bebas di atas permukaan. Pendulum diposisikan dengan karet peluncur menyentuh permukaan yang diuji, kemudian batang pendulum diangkat dan dikunci pada posisi tertentu. Setelah itu, batang pendulum dilepaskan dan dibiarkan agar karet peluncur menggesek permukaan yang diuji, lalu segera ditangkap saat bandul kembali berayun ke arah sebaliknya. Pembacaan angka pada piringan skala ukur, yang menunjukkan nilai BPN, akan semakin besar seiring dengan semakin kesat permukaan yang diuji. Setiap pengujian dilakukan sebanyak empat kali dengan karet alam (*British rubber*) atau lima kali dengan karet sintetis [19].

Hal-hal yang perlu dilaporkan dalam pengujian nilai BPN antara lain mencakup nilai BPN atau nilai pemolesan beserta rata-ratanya, baik yang belum dikoreksi maupun yang telah dikoreksi terhadap variasi temperatur untuk setiap pengujian permukaan uji. Koreksi nilai BPN dilakukan

berdasarkan temperatur permukaan uji. Untuk temperatur di bawah 27°C, tidak ada koreksi yang diberikan. Pada temperatur antara 27°C hingga 32°C, koreksi yang diterapkan adalah +1. Jika temperatur berada di kisaran 32°C hingga 37°C, koreksi yang diberikan adalah +2, dan pada temperatur lebih dari 37°C, koreksi yang diterapkan adalah +3 [11].



Gambar 11. Alat BPT



Gambar 12. Proses Pengujian BPT

Berdasarkan hasil pengujian skala penuh, dapat dilihat pada Gambar 13 permukaan perkerasan jalan yang selanjutnya diuji kekesatannya menggunakan *British Pendulum Tester* (BPT) di Jalan Lingkungan Institut Teknologi Bandung, Kampus Jatinangor. Nilai kekesatan permukaan jalan / *British Pendulum Number* (BPN) ditunjukkan pada Gambar 14 dan Tabel 3.



Gambar 13. Permukaan Jalan sebelum dan Sesudah Uji Penghamparan

Tabel 3. Nilai British Pendulum Number (BPN) HMA AC-WC + GP

	Sta.	Jarak dari Tepi Perkerasan (cm)	Temperatur Permukaan (°C)	Rata - Rata (BPN)	Koreksi	Nilai BPN	Rata - Rata Per Jenis Campuran (BPN)	Rata - Rata Temperatur Permukaan (°C)
Sampel 2 (HMA AC- WC Pen 60/70 + GP 14,2 %)	0+000	70	33.4	71.8	2	73.8	72.2	35.4
	0+005	70	30.1	81.4	1	82.4		
	0+010	70	28	82.4	1	83.4		
	0+015	70	29.7	78.2	1	79.2		
	0+020	70	36.8	84.4	2	86.4		
	0+025	70	40.1	77.2	3	80.2		
	0+030	70	33.7	60.4	2	62.4		
	0+035	70	32.5	74.4	2	76.4		
	0+040	70	40.9	65.4	3	68.4		
	0+045	70	39.7	57.6	3	60.6		
	0+050	70	36.7	61.2	3	64.2		
	0+055	70	31.6	76.6	2	78.6		
	0+060	70	40.4	60.8	3	63.8		
	0+065	70	34.6	60.8	2	62.8		
	0+070	70	41.1	63	3	66		
	0+075	70	37.7	64.2	3	67.2		
	0+080	70	33.9	66.4	2	68.4		
	0+085	70	33.7	67.4	2	69.4		
Sampel 1 (HMA AC-	0+090	70	34.7	65.4	2	67.4		
	0+095	70	38.4	66.2	3	69.2		
	0+100	70	45.4	63.8	3	66.8		
	0+105	70	33.33	63.2	3	66.2		
	0+110	70	44.4	65.6	3	68.6		
	0+115	70	36.4	83	2	85		

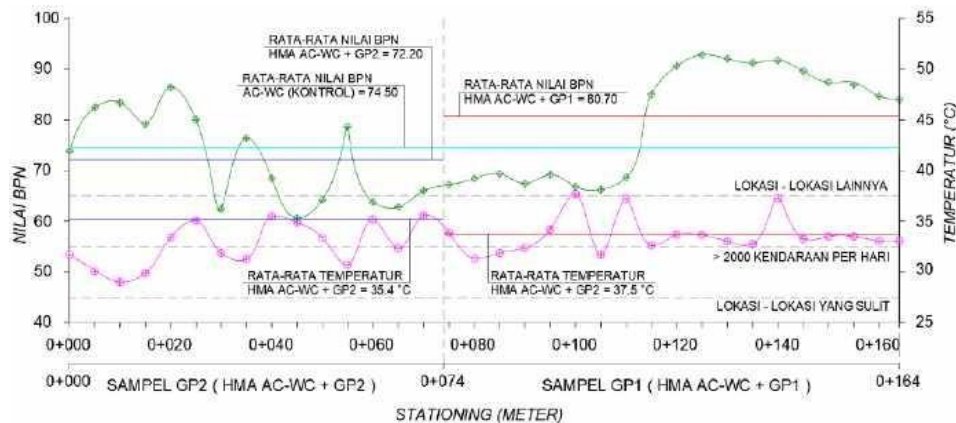
	Sta.	Jarak dari Tepi Perkerasan (cm)	Temperatur Permukaan (°C)	Rata - Rata (BPN)	Koreksi	Nilai BPN	Rata - Rata Per Jenis Campuran (BPN)	Rata - Rata Temperatur Permukaan (°C)
WC Pen	0+120	70	37	88.6	2	90.6	80.7	37.5
60/70 + GP 27 %)	0+125	70	37.3	89.8	3	92.8		
	0+130	70	36	90	2	92		
	0+135	70	36.8	89.2	2	91.2		
	0+140	70	44.5	89.2	3	92.2		
	0+145	70	36.5	87.6	2	89.6		
	0+150	70	37	85.4	2	87.4		
	0+155	70	37	84.9	2	86.9		
	0+160	70	36.1	82.6	2	84.6		

Percobaan juga dilakukan pada sampel kontrol yaitu HMA AC-WC baik pengujian langsung ataupun dari hasil pengujian sebelumnya. Tabel 4 Menunjukkan hasil kontrol.

Tabel 4. Nilai British Pendulum Number (BPN) HMA AC-WC

Temperatur (°C)	26 [20]	30 [20]	35 [20]	40 [20]	42 *	45 [20]	60 [16]
BPN	88	85	81	76	74	73	58,43

**Hasil pengujian di lapangan*



Gambar 14. Grafik Hubungan BPN dengan Temperatur

Korelasi antara Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan hubungan yang konsisten antara temperatur permukaan dengan nilai *British Pendulum Number* (BPN) pada campuran aspal HMA AC-WC, baik untuk sampel yang mengandung GP (Sampel 1 dan Sampel 2) maupun kontrol HMA AC-WC.

Tabel 4 diketahui bahwa meningkatnya temperatur permukaan, nilai BPN cenderung menurun. Misalnya, pada temperatur 26°C, nilai BPN adalah 88, sedangkan pada temperatur 60°C, nilai BPN menurun hingga 58,43. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur permukaan, semakin rendah nilai BPN, yang berarti kekesatan permukaan jalan menurun.

Tabel 3 memiliki fenomena yang serupa pada sampel HMA AC-WC + GP. Pada kedua sampel (Sampel 1 dan Sampel 2), dengan meningkatnya temperatur permukaan dari 28°C hingga 41,1°C, nilai BPN cenderung menurun. Misalnya, pada Sampel 2, pada temperatur 33,4°C (0+000), nilai BPN adalah 71,8, sedangkan pada temperatur yang lebih tinggi, seperti 40,1°C (0+025), nilai BPN turun menjadi 77,2. Hal yang serupa terlihat pada Sampel 1, dengan variasi nilai BPN pada suhu yang lebih tinggi.

Jika dibandingkan dengan standar nilai resistensi gesek minimum yang disarankan pada kondisi basah, nilai BPN kedua sampel melebihi angka kekesatan untuk kategori a (65). Kategori ini mencakup lokasi-lokasi sulit seperti bundaran dan belokan tajam. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kekesatan permukaan jalan dengan campuran GP2 dan GP1 memenuhi syarat keselamatan untuk berbagai tipe lokasi.

Berdasarkan pengujian, nilai BPN dari kedua campuran GP2 dan GP1 lebih besar dari angka kekesatan minimum yang disarankan untuk kategori A (Kondisi eksisting dalam katagori : Lokasi-lokasi sulit seperti bundaran dan belokan tajam dengan nilai BPN 65), yang menunjukkan bahwa keduanya memenuhi persyaratan keselamatan jalan untuk lokasi-lokasi yang memerlukan kekesatan tinggi, seperti bundaran dan belokan tajam.

Selain itu, Sampel GP1 memiliki nilai BPN yang lebih tinggi 80.70 dibandingkan dengan Sampel GP2

72.20. Nilai BPN yang lebih tinggi menunjukkan bahwa kekesatan permukaan jalan GP1 lebih baik, yang berarti lebih aman digunakan pada jalan yang membutuhkan resistensi gesek tinggi, seperti pada lokasi-lokasi dengan belokan tajam atau bundaran.

3.4 Rekapitulasi Hasil Penelitian

Pengujian skala penuh dilakukan untuk memvalidasi penerapan campuran HMA AC-WC dengan *Glycerin Pitch* (GP) melalui *overlay* sepanjang 164 meter dan lebar 6 meter. Campuran aspal yang digunakan terdiri dari dua variasi komposisi *Glycerin Pitch*, yaitu GP1 dengan 14,2% dan GP2 dengan 27%. Hasil penghamparan dilakukan dengan langkah-langkah yang meliputi pembersihan permukaan jalan, penerapan *tack coat*, penghamparan aspal menggunakan *asphalt finisher*, dan pemadatan dengan tandem *roller* serta *pneumatic tire roller*. Proses ini menghasilkan permukaan perkerasan yang kemudian diuji kekesatannya menggunakan alat British Pendulum Tester (BPT). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *British Pendulum Number* (BPN) pada campuran GP1 adalah 80,7 dan GP2 adalah 72,2

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian kekesatan permukaan jalan yang menggunakan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan bahan tambahan *Glycerin Pitch*, dapat disimpulkan bahwa penggunaan GP1 (Pen 60/70 + GP 27%) atau *Glycerin Pitch* dengan kadar anorganik < 10% sebagai bahan substitusi aspal menunjukkan hasil yang lebih baik dalam meningkatkan kualitas kekesatan permukaan jalan (*skid resistance*) dibandingkan dengan GP2 (Pen 60/70 + GP 14,2%) atau *Glycerin Pitch* dengan kadar anorganik > 10%. Sampel GP1 memiliki nilai BPN yang lebih tinggi, yaitu 80,70, dibandingkan dengan Sampel GP2 yang memiliki nilai BPN sebesar 72,20. Nilai BPN yang lebih tinggi menunjukkan bahwa kekesatan permukaan jalan GP1 lebih baik, yang berarti lebih aman digunakan pada jalan yang membutuhkan resistensi gesek tinggi, seperti pada lokasi-lokasi dengan belokan tajam atau bundaran. Hal ini membuktikan bahwa *Glycerin Pitch* memiliki potensi sebagai alternatif bahan substitusi aspal yang efektif dan layak digunakan, terutama dalam konteks kelayakan fungsi jalan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, rekomendasi untuk penelitian selanjutnya dan pengembangan lebih lanjut terkait penggunaan campuran beraspal dengan *Glycerin Pitch* adalah melakukan pengujian terhadap persyaratan teknis laik fungsi jalan lain nya. Persyaratan teknis meliputi struktur perkerasan jalan (kondisi perkerasan Jalan), bangunan pelengkap dan penghubung jalan, geometrik jalan, pemanfaatan bagian-bagian jalan, manajemen dan rekayasa lalu lintas, serta perlengkapan jalan.

REFERENSI

- [1] E. Wardana and A. V. R. Sihombing, "Performance of Road Pavement Using AC-WC Mixture with Glycerin Oleochemical Waste Substitution Material Based on Marshall Testing and IRI Value.," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 1416, no. 1, p. 012046, Dec. 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1416/1/012046.
- [2] M. BASUKI HADIMULJONO, *PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT REPUBLIK INDONESIA NOMOR 4 TAHUN 2023 TENTANG PEDOMAN LAIK FUNGSI JALAN*. 2023. Accessed: Jun. 10, 2025. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/257263/permen-pupr-no-4-tahun-2023>
- [3] D. Darnoko *et al.*, "Teknologi pengolahan kelapa sawit dan produk turunannya," *Pusat*

Penelitian Kelapa Sawit. Medan, 2002.

- [4] S. P. Hadiwardoyo, E. S. Sinaga, and H. Fikri, "The influence of Buton asphalt additive on skid resistance based on penetration index and temperature," *Constr Build Mater*, vol. 42, 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.12.018.
- [5] N. P. Yulianti, S. Sulaiman, and R. Utami, "Performance improvement of Asphalt Concrete-Wearing Course with modification of masterbatch SIR20," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1108, no. 1, p. 012005, Mar. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1108/1/012005
- [6] D. Tahan Saputro, L. Budi Suparma, and I. Satyarno, "PENGARUH PROSES PENCAMPURAN KERING DAN BASAH TERHADAP KEKESATAN AC-WC LIMBAH PLASTIK," *Agustus*, vol. 22, no. 2, pp. 97–108, 2022.
- [7] "Principles of highway engineering and traffic analysis," *Choice Reviews Online*, vol. 28, no. 02, 1990, doi: 10.5860/choice.28-0980.
- [8] R. Septiani and A. R. Sihombing, "Glycerin Pitch as a partial replacement of pen 60/70 in AC-WC mixture," in *E3S Web of Conferences*, 2024. doi: 10.1051/e3sconf/202447907023.
- [9] Directorate General of Highways, "Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)," *Ministry of Public Works and Housing*, no. Oktober, 2020.
- [10] Humairah Annisa, "Analisis Penggunaan Serat Jute Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Peningkatan Kuat Tarik Tidak Langsung," *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lamappapoleonro (JTEKSIL)*, vol. 1, no. 2, 2023, doi: 10.57093/jteksil.v1i2.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, "Cara uji kekesatan permukaan perkerasan menggunakan alat British Pendulum Tester (BPT)," 2008.
- [12] A. Kafabihi and B. Wedyantadji, "PENGUNAAN ASPAL BUTON PADA CAMPURAN AC-WC (ASPHALT CONCRETE - WEARING COURSE)," 2020.
- [13] Wanta Isty M, Malingkas Grace Y, and Tjakra Jermias, "Metode Pelaksanaan Pekerjaan Preservasi Ruas Jalan Sam Ratulangi Manado," <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno> , vol. 22 No. 90, no. p-ISSN: 0215-9617, 2024.
- [14] S. Rosta and L. Gáspár, "Skid Resistance of Asphalt Pavements," *Eng*, vol. 4, no. 2, pp. 1597–1615, Jun. 2023, doi: 10.3390/eng4020091.
- [15] K. B. R. Hakim, Sumiyattinah, and N. S, "ANALISIS PENGARUH KONTAMINAN TERHADAP KEKESATAN (SKID ESISTANCE) PADA PERMUKAAN PERKERASAN (STUDI KASUS JLN. LETNAN JENDRALSUTOYO)," <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/21178>, 2017.
- [16] A. Putrawirawan, "THE SOAKED EFFECT ON THE SKID RESISTANCE DECRESSION CAUSED BY WEAR PROCESS ON AC-WC USING THE LIMESTONE AGGREGATE," vol. 1, 2017.
- [17] N. Anagi, S. P. Hadiwardoyo, R. J. Sumabrata, and N. Wahjuningsih, "Performance of skid resistance of warm-mix asphalt with buton natural asphalt-rubber (BNA-R) and zeolite additives as a result of road surface temperature changes," in *AIP Conference Proceedings*, 2017. doi: 10.1063/1.4985478.
- [18] G. F. Salt, "Research on skid-resistance at the Transport and Road Research Laboratory (1927-1977)," *Transp Res Rec*, vol. 622, pp. 26–38, 1977, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/>
- [19] Badan Standardisasi Nasional, "Cara uji kekesatan permukaan perkerasan menggunakan alat British Pendulum Tester (BPT)," 2008.
- [20] S. P. Hadiwardoyo, O. Senawibowo, R. Jachrizal Sumabrata, and D. Iskandar, "Laboratory investigation on skid resistance of hot mix asphalt pavement with nano crumb rubber contribution," *Civil Engineering and Architecture*, vol. 8, no. 4, 2020, doi: 10.13189/cea.2020.080430.