



Pengaruh Kadar Aspal dan Kepadatan pada Nilai Kekesatan (*Skid Resistance*) Permukaan Perkerasan Beton Aspal Lapis Aus

Mashuri^{a*}, D. Syahbani^a, R. Rahman^a dan E.R. Labaso^a

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km 9, Palu 94118, Indonesia

* Corresponding author's e-mail: mashurimt70@gmail.com

Received: 6 June 2024; revised: 7 July 2024; accepted: 9 July 2024

Abstract: Asphalt concrete wearing course is located on the topmost surface layer so that this layer is indirect contact with vehicle wheels and other environmental factors, such as sunlight, rainwater. This condition makes asphalt concrete wearing course pavement susceptible to wear on the surface layer. This condition causes wear on the surface of the asphalt concrete wearing course pavement, so that the surface becomes slippery because the skid resistance decreases, especially in wet conditions. The large asphalt content and density of the mixture can affect the skid resistance of the asphalt concrete wearing course surface. The purpose of this study was to determine the effect of bitumen content and density on the skid resistance value of the asphalt concrete wearing course surface. This research was conducted at the Transportation and Highway Laboratory, Tadulako University. This study used five variations of asphalt content, namely 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5% and 7.0% by weight of the mixture. Measurement of the skid resistance value of the asphalt concrete wearing course pavement surface using the British Pendulum Tester (BPT). The measurement procedure is based on SNI 4427: 2008. One-way ANOVA Method with a significance level of 95% is used to determine the effect of asphalt content and density on the surface skid resistance value of asphalt concrete wearing course pavement. The results of this study found that asphalt content and pavement density had affected the skid resistance value of the asphalt concrete wearing course pavement surface. The results of this study have also found that the relationship model between asphalt content and the skid resistance value of the asphalt concrete wearing course pavement surface is $y = -2.8543x + 87.965$, $R^2 = 0.8279$. The relationship model between density and the surface skid resistance value of the asphalt concrete wearing course pavement, $y = -85.006x + 2621.46$, $R^2 = 0.935$. This means that the higher the asphalt content and the density of the asphalt concrete wearing course pavement, the lower the surface skid resistance.

Keywords: *skid resistance, asphalt concrete wearing course, asphalt content*

Abstrak: Perkerasan beton aspal lapis aus terletak pada lapis permukaan paling atas sehingga bersentuhan langsung dengan roda kendaraan dan faktor lingkungan lainnya seperti panas matahari dan air hujan. Kondisi ini menimbulkan pengausan pada permukaan perkerasan beton aspal lapis aus, sehingga permukaannya menjadi licin karena kekesatan menurun terutama pada kondisi basah. Kadar aspal yang tinggi dan kepadatan campuran dapat mempengaruhi sifat kekesatan permukaan beton aspal lapis aus. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh kadar aspal dan kepadatan terhadap nilai kekesatan permukaan beton aspal lapis aus. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Penelitian ini menggunakan lima variasi kadar aspal yaitu 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5% dan 7.0% terhadap berat campuran. Pengukuran nilai kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus menggunakan *British Pendulum Tester* (BPT). Prosedur pengukurannya berdasarkan SNI 4427:2008. Metode Anova satu arah dengan tingkat signifikansi 95% digunakan untuk mengetahui pengaruh kadar aspal dan kepadatan pada nilai kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus. Hasil penelitian ini mendapatkan bahwa kadar aspal dan kepadatan perkerasan telah mempengaruhi nilai kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus. Hasil penelitian ini juga telah menemukan bahwa model hubungan antara kadar aspal dan nilai kekesatan permukaan perkerasan adalah $y = -2.8543x + 87.965$, $R^2 = 0.8279$. Model hubungan antara kepadatan dengan nilai kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus, $y = 085.006x + 2621.46$, $R^2 = 0.935$. Artinya semakin tinggi kadar aspal dan kepadatannya maka akan membuat kekesatan permukaannya semakin rendah.

Kata kunci: *kekesatan, beton aspal lapis aus, kadar aspal*

1. Pendahuluan

Perkerasan beton aspal lapis aus terletak pada lapis permukaan paling atas sehingga bersentuhan langsung dengan roda kendaraan dan faktor lingkungan lainnya seperti panas matahari, air hujan, salju dan material kontaminan di atas perkerasan [1-2]. Kekesatan perkerasan ini akan berubah seiring dengan berjalannya waktu. Aspal dengan penetrasi rendah dipakai untuk daerah yang memiliki cuaca panas atau volume lalu-lintas tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi dipakai untuk daerah dingin atau volume lalu-lintas rendah [3].

Kekesatan perkerasan beton aspal lapis aus merupakan parameter penting yang mempengaruhi keselamatan

berkendara di jalan raya dan memiliki peran besar mengurangi kecelakaan terutama pada kondisi permukaan basah. Kekesatan merupakan sifat permukaan jalan yang mencirikan kekasaran permukaan jalan dan pengaruh gaya gesek pada saat permukaan perkerasan menerima beban roda [4-5].

Kekesatan adalah kinerja perkerasan untuk mencegah ban kendaraan meluncur di sepanjang permukaan perkerasan selama proses pengereman kendaraan berlangsung [6]. Kekesatan perkerasan jalan beraspal merupakan karakteristik penentu yang berkontribusi pada keselamatan lalu lintas. Beberapa faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah tekstur permukaan yang

dapat dirancang dan dikendalikan oleh para perencana perkerasan seperti pemilihan gradasi, besarnya kadar aspal yang digunakan pada campuran perkerasan [7]. Di samping itu kekesatan permukaan perkerasan juga dipengaruhi oleh tingkat kepadatannya. Kepadatan perkerasan beton aspal yang tinggi akan cenderung memperkecil nilai kekesatan permukaannya, demikian sebaliknya. Dalam penggunaannya harus dilakukan pengujian terlebih dahulu, karena dalam perkerasan jalan harus mempunyai gradasi yang baik. Sehingga perkerasan jalan memiliki kualitas yang baik [8].

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi kadar aspal dan kepadatan pada nilai kekesatan (*skid resistance*) [9] campuran perkerasan beton aspal lapis aus (AC-WC) [10].

2. Metode Penelitian

2.1. Jenis dan tempat penelitian

Penelitian ini dikategorikan sebagai jenis penelitian eksperimen dimana pada penelitian ini telah dilakukan percobaan percobaan di laboratorium. Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu Sulawesi Tengah.

2.2. Tahapan penelitian

Tahapan/prosedur penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

a) Tahapan persiapan

Tahapan persiapan meliputi persiapan bahan dan alat penelitian. Bahan penelitian yang digunakan meliputi agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal penetrasi 60/70 produksi Pertamina. Adapun alat yang digunakan untuk mengukur kekesatan permukaan sampel perkerasan beton aspal lapis aus adalah alat *British Pendulum Tester* (BPT) [11] yang ada di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.

b) Tahapan pemeriksaan material dan bahan penelitian

Pemeriksaan ini meliputi pemeriksaan agregat dan pengujian aspal pen 60/70 [12]. Metode pengujian agregat dan aspal mengikuti Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku. Spesifikasi yang digunakan adalah Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 [13].

c) Tahapan rancangan gradasi campuran perkerasan beton aspal lapis aus.

Metode rancangan gradasi yang digunakan adalah Metode *by sieve*. Gradasi yang digunakan adalah gradasi di bawah gradasi ideal dari amplop gradasi campuran perkerasan beton aspal lapis aus.

d) Tahap perhitungan Perkiraan Kadar Aspal Optimum (pKAO)

Perkiraan Kadar Aspal Optimum (pKAO) menggunakan formula [14].

$$pKAO = 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0.18 (\%filler) + K \quad (1)$$

CA : Persen agregat tertahan saringan no. 8

FA : Persen agregat lolos saringan no. 8 dan tertahan di saringan 200

Filler : Persen agregat minimum 75% lolos saringan no. 200

K : Konstanta; 0.5 – 1.0 untuk Laston/AC
2.0 – 3.0 untuk Lataston/HRS

Variasi kadar aspal yang digunakan untuk pembuatan benda pKAO adalah dua macam kadar aspal di bawah pKAO dan tiga macam kadar aspal di atas pKAO. Masing masing kadar aspal terdiri atas tiga benda uji, sehingga total benda uji kondisi pKAO adalah $3 \times 6 = 18$ benda uji.

e) Tahap penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Pengujian Marshall dan volumetrik benda uji kondisi pKAO dilakukan untuk mengetahui karakteristik stabilitas, *flow*, kepadatan, VIM, VFB, VMA dan MQ. Pembuatan *barchart* dimana sumbu x adalah kadar aspal (%) dan sumbu y adalah karakteristik Marshall dan *volumetric* campuran. Dengan memperhatikan spesifikasi yang berlaku maka didapatkan batas bawah (A) dan batas atas (B) kadar aspal yang memenuhi spesifikasi sehingga Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dihitung:

$$KAO = 0.5 (A + B) \quad (2)$$

dimana:

A= Batas atas kadar aspal yang memenuhi spesifikasi campuran Beton aspal lapis aus

B= Batas bawah kadar aspal yang memenuhi spesifikasi campuran Beton aspal lapis aus

f) Tahap pembuatan benda uji kekesatan dengan *British Pendulum Tester* (BPN) [15].

Pengujian kekesatan benda uji di laboratorium menggunakan benda uji yang luas permukaannya paling sedikit berukuran 89 mm x 152 mm. Proses pemadatan benda uji ini menggunakan alat pematik Marshall. Namun karena benda uji ini lebih besar dari benda Uji Marshall standar maka jumlah tumbukan benda uji ini sebanyak 2 x 145 kali, dimana kepadatannya setara dengan 2 x 75 tumbukan pada benda uji Marshall standar. Benda uji kekesatan dibuat dalam 5 macam variasi kadar aspal yaitu 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5% dan 7.0%. Pemilihan variasi kadar aspal tersebut didasarkan pada rentang kadar aspal yang biasa digunakan pada perkerasan beraspal yaitu 5.0% - 6.0%.

g) Tahap pengujian nilai kepadatan benda uji kekesatan yang dilakukan untuk semua variasi kadar aspal.

h) Tahap pengujian nilai kekesatan permukaan benda uji untuk semua variasi kadar aspal menggunakan *British Pendulum Tester* (BPT). Satuan nilai kekesatan adalah *British Pendulum Number* (BPN) dimana semakin besar pembacaan nilai BPN maka semakin kesat permukaan benda uji. Demikian sebaliknya semakin kecil pembacaan nilai BPN maka semakin tidak kesat permukaan benda uji.

Adapun prosedur pengujian *British Pendulum Tester*, BPT [16]:

(a) Letakkan alat BPT pada titik pengujian dan mengatur keseimbangan alat,

- (b) Pengaturan titik nol pada alat BPT,
- (c) Pengaturan bidang kontak karet pendulum terhadap permukaan sampel benda uji,
- (d) Pengujian dilakukan dengan meluncurkan pendulum,
- (e) Membasahi permukaan benda uji dengan air dan meratakan dengan kuas,
- (f) Ukur temperatur permukaan benda uji beberapa kali. Bila temperatur menunjukkan angka yang tetap maka dilakukan pengujian,
- (g) Melakukan peluncuran batang pendulum dan catat hasilnya dan peluncuran dilakukan sebanyak 4 kali.

Prosedur pengujian dari (a) sampai (g) dilakukan pada setiap variasi kadar aspal yang diskenariokan pada penelitian ini.

- a) Tahap pengolahan dan penyajian data
Data kekesatan permukaan benda uji pada setiap variasi kadar aspal dan kepadatannya disajikan dalam bentuk tabel dan gambar grafik.
- b) Tahap analisis dan pembahasan
Tahap ini digunakan Metode regresi linier sederhana untuk melihat adanya hubungan antara variabel y dengan variabel x. Variabel y adalah nilai kekesatan dari hasil pengujian dan variabel x adalah kadar aspal dan kepadatan campuran beton aspal lapis aus.
- c) Tahap kesimpulan dan rekomendasi
Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian. Pada tahap ini akan memberikan suatu informasi mengenai besarnya seberapa besar variabel variabel x dapat menjelaskan variabel y.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisik Agregat

Hasil pemeriksaan karakteristik fisik agregat yang digunakan pada campuran perkerasan beton aspal lapis aus dirangkum pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan karakteristik fisik agregat kasar Fraksi 3/4", Fraksi 1/2" dan 3/8"

No	Pengujian	Fraksi agregat Kasar			Spesifikasi.
		3/4"	1/2"	3/8"	
1	Berat Jenis	-	-	-	
	a. BJ. Bulk	2,597	2,591	2,597	
	b. BJ SSD	2,626	2,643	2,646	Min. 2,5
	c. BJ.Apparent	2,707	2,732	2,731	
	d. Penyerapan Agregat (%)	1,839	1,980	1,883	Maks. 3
2	Abrasi (%)	30,37	30,37	30,37	Maks. 40

Tabel 2. Hasil pemeriksaan karakteristik fisik agregat halus

No	Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi.
1	Berat Jenis		
	a. BJ. Bulk	2,516	
	b. BJ SSD	2,571	Min. 2,5
	c. BJ.Apparent	2,664	
2	Penyerapan Agregat (%)	2,208	Maks. 3

Tabel 3. Hasil pemeriksaan karakteristik fisik material Pengisi (*filler*) debu batu

Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi
a. Berat Jenis	2,415	2,25 – 2,70
b. Lolos saringan Nomor 200 (%)	100	Min. 75%

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar, agregat halus dan material pengisi (*filler*) debu batu memenuhi Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Bina Marga Tahun 2010.

3.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal pen. 60/70

Hasil pemeriksaan karakteristik aspal pen 60/70 produksi Pertamina yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4 dan memenuhi Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Bina Marga Tahun 2010.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan karakteristik aspal pen 60/70

Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi
a. Berat Jenis	1,054	Min. 1.0
b. Penetrasi, 25 ^o C, 5 detik (div)	67.0	60 - 70
c. Titik lembek (^o C)	48.15	Min. 48
d. Titik nyala (^o C)	326	Min. 232
e. Titik bakar (^o C)	333	-
f. Kehilangan berat (%)	0.073	0.80
g. Daktilitas, cm (250C, 5 cm/menit)	107.5	100
h. Viskositas, cSt (135 ^o C)	430.42	385

3.3. Penentuan Komposisi Agregat dalam Campuran Perkerasan Beton Aspal Lapis Aus

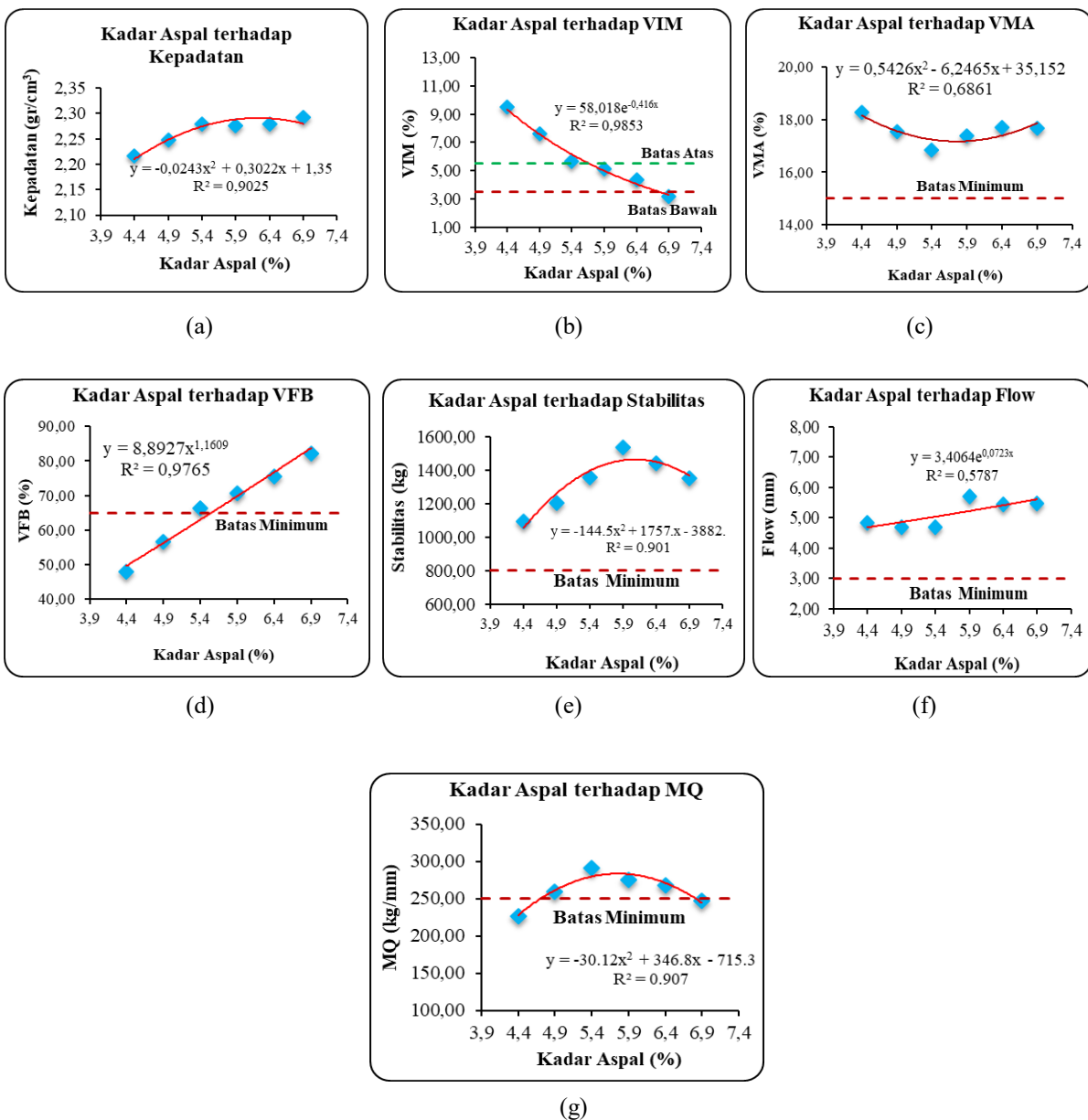
Agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari fraksi 3/4", fraksi 1/2" dan fraksi 3/8". Penentuan proporsi agregat dalam campuran menggunakan metode *by sieve*. Gradasi yang dipilih pada penelitian ini adalah gradasi yang berada di bawah gradasi ideal campuran beton aspal lapis aus dimana masih masuk dalam spesifikasi gradasi campuran beton aspal lapis aus. Kebutuhan agregat setiap benda uji adalah 1200 gram. Berat agregat yang tertahan disetiap nomor saringan dirangkum pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil penentuan berat agregat disetiap saringan untuk campuran beton aspal lapis aus

Saringan	Spesifikasi	%	%	Berat Tertahan (gram)
No.	Maks.	Min.	Lolos Tertahan	
3/4"	100	100	100	0
1/2"	100	90	92,50	7,50
3/8"	90	77	80,25	12,25
#4	69	53	57,00	23,25
#8	53	33	38,00	19,00
#16	40	21	25,75	12,25
#30	30	14	18,00	7,75
#50	22	9	12,25	5,75
Total			100	1200

Tabel 6. Hasil Pengujian karakteristik Marshall dan volumetrik campuran perkerasan beton aspal lapis aus kondisi perkiraan kadar aspal optimum (pKAO)

Kadar aspal (%)	4.4	4.9	5.4	5.9	6.4	6.9	Spesifikasi
Kepadatan (gr/cm ³)	2.216	2.248	2.279	2.276	2.280	2.293	-
VIM (%)	9.520	7.595	5.677	5.139	4.359	3.165	3,5 - 5,5
VMA (%)	18.281	17.550	16.852	17.383	17.705	17.677	Min. 15
VFB (%)	47.931	56.723	66.357	70.559	75.506	82.131	Min. 65
Stabilitas (kg)	1092.314	1203.252	1358.739	1537.965	1443.045	1349.653	Min. 800
Flow (mm)	4.843	4.680	4.697	5.717	5.447	5.477	Min. 3
MQ (kg/mm)	226.495	258.698	291.385	274.665	267.584	247.258	Min. 250

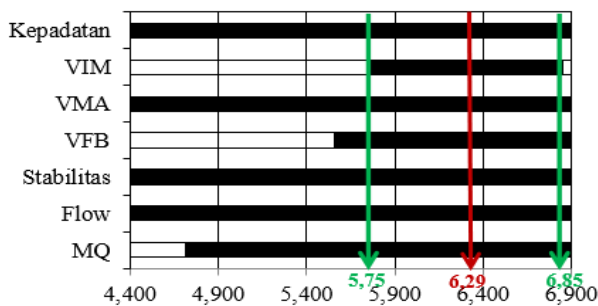


Gambar 1. Grafik hubungan kadar aspal – karakteristik marshall dan volumetrik campuran perkerasan beton aspal lapis aus

3.4. Kadar Aspal Optimum Campuran Perkerasan Beton Aspal Lapis Aus

Hasil pengujian karakteristik Marshall dan Volumetrik campuran perkerasan beton aspal lapis aus benda uji kondisi perkiraan Kadar Aspal Optimum (pKAO) disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1a diketahui bahwa nilai kepadatan perkerasan beton aspal lapis aus (AC-WC) cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar aspal sampai mencapai kepadatan maksimum dan turun kembali seiring bertambahnya kadar aspal. Pada Gambar 1b diketahui bahwa nilai VIM perkerasan AC-WC akan cenderung turun seiring bertambahnya kadar aspal. Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi VIM berkisar 5.75% - 6.85%. Dari Gambar 1c terlihat bahwa nilai VMA perkerasan AC-WC cenderung turun seiring bertambahnya kadar aspal sampai mencapai VMA minimum dan meningkat kembali seiring bertambahnya kadar aspal hingga 6.9%. Bertambahnya kadar aspal dari 4.4% - 6.9% memberikan nilai VMA sesuai dengan spesifikasi yaitu minimum 15%. Pada Gambar 1d diketahui bahwa nilai VFB perkerasan AC-WC cenderung naik bila kadar aspal semakin bertambah. Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi VFB adalah 5.5% - 6.9%. Dari Gambar 1e diketahui bahwa nilai stabilitas perkerasan AC-WC cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar aspal hingga mencapai stabilitas maksimum dan stabilitas turun kembali seiring bertambahnya kadar aspal. Pada Gambar 1e juga diketahui bahwa nilai stabilitas perkerasan AC-WC memenuhi stabilitas minimum, 800 kg pada rentang kadar aspal 4.4% - 6.9%. Sementara Gambar 1f diketahui bahwa nilai pelelehan (*flow*) cenderung meningkat bila kadar aspal meningkat dari 4.4% - 6.9%. Nilai pelelehan perkerasan AC-WC memenuhi spesifikasi, minimal 3.0 mm pada rentang kadar aspal 4.4% - 6.9%. Berdasarkan Gambar 1g diketahui bahwa nilai kekakuan (MQ) perkerasan AC-WC cenderung meningkat bila kadar aspal bertambah sampai mencapai MQ maksimum, kemudian MQ cenderung turun kembali bila kadar aspal terus bertambah. Rentang kadar aspal dimana masih memenuhi spesifikasi MQ adalah 4.8% - 6.9%.

Dengan memperhatikan spesifikasi karakteristik Marshall dan volumetrik campuran Beton aspal lapis aus maka dibuatlah bar chart hubungan kadar aspal dengan karakteristik Marshall dan volumetrik campuran seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Bar chart penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran perkerasan Beton aspal lapis aus

Kadar Aspal Optimum (KAO) dihitung sebagai berikut:
 $KAO = 0.5 (5.75\% + 6.85\%) = 6.29\% \sim 6.30\%$

3.5. Kepadatan campuran perkerasan Beton aspal lapis aus Kondisi KAO

Kepadatan pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO) perlu diketahui untuk mencari jumlah tumbukan pada pembuatan benda uji *skid resistance*. Hal ini dilakukan karena ukuran sampel benda uji kekesatan beton aspal menggunakan alat *British Pendulum Tester* (BPT) paling sedikit 89.0 mm x 152 mm [8]. Bentuk sampel benda uji pada penelitian ini adalah silinder dengan diameter 152 mm dan tinggi 40 mm.

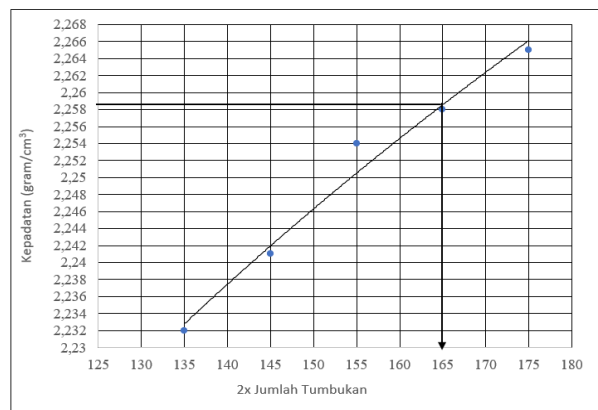
Nilai Kepadatan campuran perkerasan Beton aspal lapis aus kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO) disajikan pada Tabel 7. Penentuan jumlah tumbukan benda uji kekesatan dengan menggunakan alat *British Pendulum Tester* (BPT) dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 7. Kepadatan campuran perkerasan Beton Aspal Lapis Aus kondisi Kadar Aspal Optimum

Kepadatan (gram/cm ³)						
Nomor Benda Uji						Rata-rata
1	2	3	4	5	6	
2.155	2.176	2.225	2.281	2.284	2.303	2.238

Berdasarkan grafik pada Gambar 3, maka dapatlah ditentukan jumlah tumbukan benda uji *British Pendulum Tester* (BPT) pada penelitian ini sebesar 2 x 165 kali tumbukan.

Dengan demikian benda uji pengujian kekesatan dengan alat BPT harus ditumbuk paling sedikit 165 tumbukan per bidang agar kepadatannya dapat setara dengan kepadatan benda uji Marshall pada kadar aspal yang sama yaitu 2.238 gram/cm³. Setelah jumlah tumbukan tersebut diketahui maka dilakukan pembuatan benda uji kekesatan dengan alat BPT pada variasi kadar aspal 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5% dan 7.0%.



Gambar 3. Grafik Hubungan Jumlah Tumbukan – Kepadatan Campuran Perkerasan Beton aspal lapis aus kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO)

3.6. Hubungan Nilai Kekesatan Permukaan Perkerasan Beton aspal lapis aus Kondisi KAO – Kadar aspal

Hasil pengujian nilai kekesatan campuran perkerasan beton aspal dalam satuan *British Pendulum Number* (BPN) pada beberapa nilai kadar aspal disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengujian kekesatan (BPN) perkerasan beton aspal lapis aus pada beberapa variasi kadar aspal

Nilai BPN				
Kadar Aspal (%)				
5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
73.00	71.52	71.40	71.47	66.01
73.72	72.67	71.03	70.53	67.58

Melihat pengaruh kadar aspal pada nilai kekesatan perkerasan beton aspal lapis aus menggunakan Analisa Anova satu arah pada tingkat kepercayaan 95% atau $\alpha=5.0\%$.

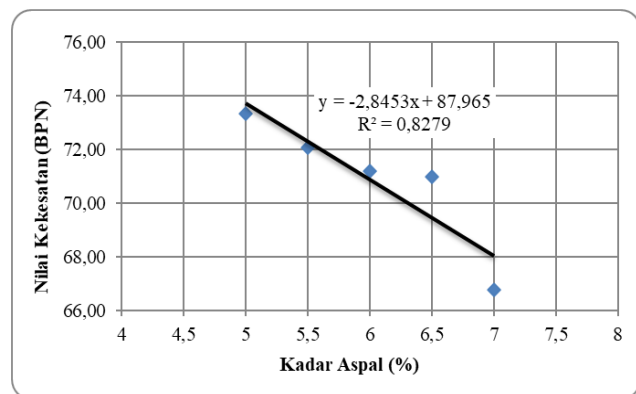
Pengembangan hipotesis dilakukan sebagai berikut:
 H_0 ; Tidak terdapat pengaruh kadar aspal pada nilai BPN perkerasan beton aspal lapis aus
 H_1 ; Terdapat pengaruh kadar aspal pada nilai BPN perkerasan beton aspal lapis aus
 Hasil Uji Anova satu arah disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Anova satu arah Kadar aspal dengan nilai Kekesatan (BPN) perkerasan beton aspal lapis aus

Sumber Variasi	SS	Derajat Kebebasan DF	MS	Fhitung	Ftabel
Antar sampel	48,87	4	12,21	22,9424	7,388
Dalam sampel	2,663	5	0,532		
Total		9			

Berdasarkan pada Tabel 9 diketahui bahwa Hipotesa H_0 ditolak karena $F_{hitung} = 22.9421 > F_{tabel} = 7.388$. Dengan demikian nilai kadar aspal telah mempengaruhi nilai kekesatan (BPN) campuran perkerasan beton aspal lapis aus.

Model hubungan antara Kadar aspal dengan Nilai Kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar aspal – Nilai Kekesatan Permukaan Perkerasan Beton aspal lapis aus

Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa model hubungan antara kadar aspal dengan kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus adalah berhubungan linier dan bersifat negatif. Hal ini berarti semakin tinggi kadar aspal dalam perkerasan beton aspal lapis aus akan menurunkan nilai kekesatan permukaannya. Penurunan nilai kekesatan permukaan juga akan menurunkan nilai

koefisien gesek permukaan perkerasan beton aspal lapis aus. Dengan demikian permukaan perkerasan beton aspal lapis aus cenderung bertambah licin bila kadar aspalnya semakin tinggi terutama pada kondisi permukaan basah.

Dilihat dari nilai Determinan (R^2) = 0,8279 artinya 82,79% variasi nilai kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus dapat dijelaskan oleh kadar aspal.

3.7. Hubungan Nilai Kekesatan Permukaan Perkerasan Beton aspal lapis aus Kondisi KAO – Kepadatan

Hasil pengujian kekesatan permukaan (nilai BPN) pada beberapa nilai kepadatan campuran perkerasan beton aspal lapis aus disajikan pada Tabel 10. Melihat pengaruh kepadatan pada nilai kekesatan perkerasan beton aspal lapis aus menggunakan Analisa Anova satu arah pada tingkat kepercayaan 95% atau $\alpha=5.0\%$. Pengembangan hipotesis dilakukan sebagai berikut:

H_0 ; Tidak terdapat pengaruh kepadatan pada nilai BPN perkerasan beton aspal lapis aus
 H_1 ; Terdapat pengaruh kepadatan pada nilai BPN perkerasan beton aspal lapis aus
 Hasil Uji Anova satu arah disajikan pada Tabel 11.

Tabel 10. Hasil pengujian kekesatan (BPN) pada beberapa variasi kepadatan perkerasan beton aspal lapis aus

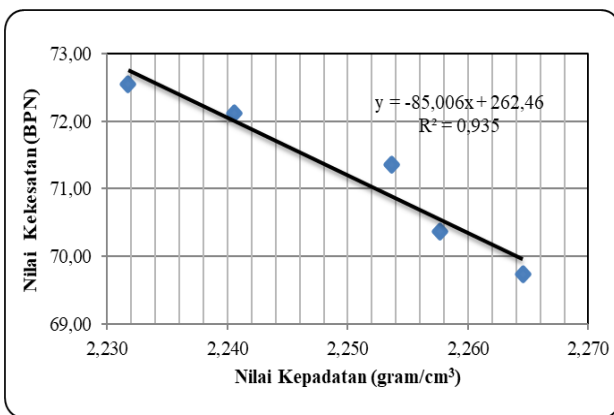
No	Nilai Kekesatan (BPN)				
	Kepadatan (gr/cm3)				
	2,232	2,241	2,254	2,258	2,265
1	76,05	67,50	74,15	64,65	68,70
2	75,60	66,45	74,50	65,00	68,40
3	75,55	66,00	75,30	65,85	68,25
4	75,80	66,60	74,35	65,70	67,50
5	76,00	66,75	74,80	66,00	68,10
6	75,00	66,75	74,50	69,15	68,40
7	74,15	69,40	71,00	69,05	67,50
8	74,65	67,05	71,00	69,55	68,40
9	74,90	69,60	72,75	68,10	67,95
10	75,00	70,20	71,75	68,00	68,20
11	76,75	69,30	76,00	68,00	71,00
12	76,50	68,30	75,30	67,60	71,35
13	76,30	68,80	74,70	67,55	71,45
14	77,00	68,40	75,35	66,35	71,65
15	77,20	68,55	75,60	67,75	71,30
16	68,55	74,15	69,00	69,90	70,00
17	68,60	75,20	67,25	71,00	72,15
18	68,80	74,70	66,45	72,15	72,20
19	69,00	75,00	68,15	73,00	71,10
20	69,05	75,30	67,30	72,85	71,65
21	68,30	75,90	68,05	74,55	69,95
22	68,25	76,65	67,90	74,60	67,50
23	68,00	75,20	66,35	74,50	68,60
24	68,50	76,50	67,90	75,00	68,40
25	68,15	76,30	67,95	75,25	68,75
26	70,50	77,45	71,40	73,70	71,35
27	70,85	76,65	70,85	73,95	70,00
28	71,00	76,55	71,15	74,00	70,80
29	71,20	77,05	69,60	74,40	71,00
30	71,00	77,00	70,35	73,95	70,70
Rerata	72,54	72,11	71,36	70,37	69,74

Tabel 11. Hasil Uji Anova satu arah: Kepadatan dengan nilai Kekesatan (BPN) perkerasan beton aspal lapis aus

Sumber Variasi	SS	Derajat Kebebasan DF	MS	Fhitung	Ftabel
Antar sampel	163,95	4	40,987		
Dalam sampel	1567,9	145	10,813	3,791	7,388
Total		149			

Berdasarkan pada Tabel 11 diketahui bahwa Hipotesa H_0 ditolak karena $F_{hitung} = 3.791 > F_{tabel} = 2.430$. Dengan demikian nilai kepadatan mempengaruhi nilai kekesatan (BPN) campuran perkerasan beton aspal lapis aus.

Model hubungan antara Kepadatan dengan Nilai Kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Kepadatan – Nilai Kekesatan Permukaan Perkerasan Beton aspal lapis aus

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa model hubungan antara kepadatan dengan kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus adalah berhubungan linier dan bersifat negatif. Hal ini berarti semakin tinggi kepadatan perkerasan beton aspal lapis aus akan menurunkan nilai kekesatan permukaannya. Penurunan nilai kekesatan permukaan juga akan menurunkan nilai koefisien gesek permukaan perkerasan beton aspal lapis aus. Dengan demikian permukaan perkerasan beton aspal lapis aus cenderung bertambah licin bila kepadatannya semakin tinggi terutama pada kondisi permukaan basah. Dilihat dari nilai Determinan (R^2) = 0,935 artinya 93,50% variasi nilai kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus dapat dijelaskan oleh nilai kepadatannya.

Kepadatan perkerasan beton aspal lapis aus sangat dipengaruhi oleh kadar aspalnya (Gambar 1a). Kepadatan dan kadar aspal merupakan salah satu faktor penentu bentuk tekstur permukaan perkerasan. Kelebihan bahan pengikat aspal dalam perkerasan dapat menyebabkan *bleeding*. *Bleeding* mengakibatkan pengurangan atau total lepas *microtexture* dan *macrotexture*. Kepadatan dan kadar aspal yang tinggi cenderung mengakibatkan rongga udara dan kedalaman tekstur permukaan perkerasan beton aspal lapis aus menjadi lebih kecil sehingga nilai *skid resistance* (BPN) permukaannya menjadi rendah. Artinya permukaan perkerasan beton aspal lapis aus menjadi licin.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini mendapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Nilai Kekesatan (*skid resistance*) permukaan perkerasan beton aspal lapis aus (AC-WC) dipengaruhi oleh kadar aspal yang digunakan. Semakin tinggi kadar aspal dalam perkerasan AC-WC cenderung menurun nilai kekesatannya.
- 2) Model hubungan kadar aspal dengan nilai kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus adalah berhubungan linier dan bersifat hubungan negatif. Ini berarti kadar aspal yang semakin tinggi dalam perkerasan AC-WC akan menyebabkan permukaan perkerasan aspal AC-WC semakin licin karena kekesatan permukaannya semakin kecil.
- 3) 82.79% variasi perubahan nilai kekesatan permukaan beton aspal lapis aus dapat dijelaskan oleh nilai kadar aspal dalam perkerasan.
- 4) Nilai Kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus (AC-WC) dipengaruhi oleh tingkat kepadatannya. Semakin tinggi kepadatan perkerasan beton aspal lapis aus cenderung menurun nilai kekesatannya
- 5) Model hubungan kepadatan perkerasan dengan nilai kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus adalah berhubungan linier dan bersifat hubungan negatif. Ini berarti semakin tinggi nilai kepadatan perkerasan beton aspal lapis aus cenderung menyebabkan permukaan perkerasan AC-WC semakin licin karena nilai kekesatan permukaannya semakin kecil terutama saat kondisi basah.
- 6) 93.50% variasi perubahan nilai kekesatan permukaan perkerasan beton aspal lapis aus dapat dijelaskan oleh nilai kepadatannya.
- 7) Kepadatan dan kadar aspal yang tinggi dalam campuran mengakibatkan rongga udara dalam perkerasan beton aspal lapis aus menjadi kecil sehingga dapat mempengaruhi tekstur permukaannya sehingga nilai kekesatannya bisa menjadi rendah.

Daftar Pustaka

- [1] E. Gunawan, *Penggunaan Slurry Seal sebagai Pemeliharaan Permukaan Jalan*, Surakarta: Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2011.
- [2] Mashuri, J.F. Batti, and L. Listiana, “Pengaruh Penggunaan Kapur Padam sebagai Bahan Pengisi (filler) pada Ketahanan Pengelupasan Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)”, *Jurnal Mektek*, vol. 15, no. 2, p. 1, 2013.
- [3] Departemen Perumahan, *Pekerjaan Perkerasan Jalan*. Jakarta : Virama Karya. 2013.
- [4] R.B. Kogbara, E.A. Masad, E. Kassem, A.T. Scarpas, and K. Anupam, “A State of The Art Review of Parameters Influencing Measurement and Modeling of Skid Resistance of Asphalt Pavement”, *Journal Construction and Building Materials*, vol 114, p. 602, 2016.
- [5] B. Mataei, H. Zakeri, M. Zahedi, and F.M. Nejad, “Pavement Friction and Skid Resistance Measurement

- Methods: A Literature Review”, *Open Journal of Civil Engineering*, vol. 6, no. 4, p. 537, 2016.
- [6] F. Guo, J. Pei, J. Zhang, R. Li, B. Zhou, and Z. Chen, “Study on the Skid Resistance of Asphalt Pavement: A State of The Art Review and Future Prospective”, *Journal Construction and Building Materials*, vol. 303, p. 1, 2021.
- [7] N. Martina, M.F.R. Hasan, & Y. Setiawan, “Pengaruh Serbuk Ban Bekas Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Campuran Aspal Porous”, *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, vol. 24, no. 2, p. 144, 2019.
- [8] I. Arifiardi, W. Hadi, and A. Purnomo, “Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Carita Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Lapis Permukaan Aspal Beton Terhadap Persyaratan Parameter Marshall”, *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 11, no. 1, p. 16, 2016.
- [9] M. Yu, Z. You, G. Wu, L. Kong, C. Liu, and J. Gao, “Measurement and Modeling of Skid Resistance of Asphalt Pavement: A Review”, *Construction and building materials*, vol. 260, p. 1, 2020.
- [10] I.N.A. Thanaya, I.G.R. Puranto, and I.N.S. Nugraha. “Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks”, *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 22, no. 2, p. 77, 2016.
- [11] M.S. Sjahdanulirwan and A.T. Dachlan, “Kajian Kekesatan Permukaan Perkerasan Jalan Beton Aspal, Beton Semen, dan Beton Karpet”, *Jurnal Jalan-Jembatan*, vol. 30, no. 3, p. 152, 2013.
- [12] I.J. Pandia, A.S. Lubis, AP Rambe, “Korelasi Skid Resistance dengan Kedalaman Tekstur pada Permukaan Perkerasan Lentur”, *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 22, no. 2, p. 109, 2016.
- [13] Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, *Spesifikasi Umum Bina Marga: Bidang Pekerjaan Jalan*, Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010.
- [14] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, Jakarta, 2003.
- [15] F. Aprizaldy, E. Sulandari, and S. Mayuni, “Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Kekesatan Jalan pada Perkerasan Lentur”, *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, vol. 4, no. 4, p. 1, 2017.
- [16] J. Gloria, *Pengaruh Penggunaan Natural Rubber Dalam Proses Pematatan Campuran Lapis Tipis Aspal Beton*, Yogyakarta: Universitas Atma Jaya, 2015.