

RAVELLING CAMPURAN ASPAL BETON DENGAN ALAT ROTATION ABRASION TEST

Hery Awan Susanto¹ Eva Wahyu Indriyati² dan Gilbert Toti Pratama³

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Mayjen Sungkono Km.5, Blater, Purbalingga, Jawa Tengah

Email penulis korespondensi: hery.susanto@unsoed.ac.id

Abstrak : Ravelling dapat terjadi pada permukaan perkerasan lentur yang umumnya disebabkan oleh melemahnya ikatan antar aspal dan agregat. Faktor-faktor penyebab terjadinya ravelling diantaranya air void dan kadar aspal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *air void* dan kadar aspal terhadap *ravelling* campuran *Hot Mix Asphalt*. Pengujian dilakukan dengan alat modifikasi *Wet Track Abrasion Test* di laboratorium. Hasil dari pengujian menunjukkan nilai *ravelling* menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal dengan nilai tertinggi pada kadar aspal 4,5% dan nilai terendah pada kadar aspal 6,5%. Nilai *ravelling* pada sampel basah (*wet*) lebih besar dibanding nilai *ravelling* pada sampel kering (*dry*). Campuran yang ideal terdapat pada kadar aspal 5,5% dan VIM 4,5% karena memenuhi seluruh parameter Marshall dan memiliki ketahanan *ravelling* yang cukup baik.

Kata kunci : *Ravelling, air void, kadar aspal, Hot Mix Asphalt.*

Abstract: Ravelling can occur on the surface of flexible pavement which is generally caused by the weakening of the bond between asphalt and aggregate. Factors that cause ravelling include air voids and asphalt content. The purpose of this study was to determine the effect of air voids and asphalt content on the ravelling of Hot Mix Asphalt mixtures. The test was conducted with a modified Wet Track Abrasion Test tool in the laboratory. The results of the test showed that the ravelling value decreased as the asphalt content increased with the highest value at 4.5% asphalt content and the lowest value at 6.5% asphalt content. The ravelling value on wet samples is greater than the ravelling value on dry samples. The ideal mixture is found at 5.5% asphalt content and 4.5% VIM because it meets all Marshall parameters and has good ravelling resistance

Keywords: *Ravelling, air void, asphalt content, Hot Mix Asphalt.*

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu aspek penting dalam kelangsungan hidup manusia. Dengan adanya jalan, manusia dapat berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain untuk memenuhi kebutuhan. Kondisi jalan yang baik akan mendukung kelancaran aktivitas manusia, sebaliknya kondisi jalan yang rusak akan menghambat pergerakan manusia atau barang. Menurut Departemen Pekerjaan Umum Direktorat & Jenderal Bina Marga (1983) tentang Manual Pemeliharaan Jalan, jenis kerusakan jalan dibedakan atas: retak (*cracking*), distorsi, cacat permukaan (*disintegration*), pengausan (*polished aggregate*), kegemukan (*bleeding or flushing*), dan penurunan pada bekas penanaman utilitas. Salah satu jenis cacat permukaan jalan adalah butiran lepas atau *ravelling*. Butiran lepas adalah disintegrasi permukaan perkerasan

aspal melalui pelepasan partikel agregat yang berkelanjutan, berawal dari permukaan perkerasan menuju ke bawah atau dari pinggir ke dalam.

Abdul (2017) dalam risetnya mengatakan bahwa kerusakan jalan didominasi oleh jenis kerusakan *ravelling* sebesar 66,82%. Sedangkan Erzy Muhanisa et al. (2017) dalam risetnya mengatakan bahwa *ravelling* menjadi jenis kerusakan yang paling banyak terjadi kedua sebesar 14,86%. Berdasarkan data di atas maka dirasa perlu untuk meneliti lebih lanjut mengenai *ravelling* dengan harapan dapat mengurangi kerusakan jalan terutama *ravelling* pada ruas-ruas jalan di Indonesia.

Ravelling disebabkan oleh beberapa faktor, seperti suhu, persentase agregat kasar, kadar aspal, kadar air void dan lain-lain (Arifin et al. 2007; Hill and Braham, 2018; You et al.,

2018). Penelitian tentang faktor suhu dan persentase agregat kasar telah dilakukan sebelumnya oleh Voskuilen & Verhoef (2003). Oleh sebab itu studi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh air void dan kadar aspal terhadap *ravelling* HMA (*Hot Mix Asphalt*).

TINJUAN PUSTAKA

Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Menurut Sukirman & Raya (1992) konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dimampatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya. Peranan komponen-komponen perkerasan lentur (Federal Highway Administration, 2006):

- a) Lapisan aus (*wearing course*) yang memberikan cukup kekesatan, gesek, dan penutup kedap air atau drainase air permukaan.
- b) Lapisan perkerasan terikat atau tersementasi yang memberikan daya dukung yang cukup, sekaligus sebagai penghalang air yang masuk ke dalam material tak terlihat di bawahnya.
- c) Lapis pondasi (*base course*) dan pondasi bawah (*subbase course*) tak terikat yang memberikan tambahan kekuatan, dan ketahanan terhadap pengaruh air yang merusak struktur perkerasan serta pengaruh degradasi yang lain. (erosi dan intrusi butiran halus)
- d) Tanah dasar (*subgrade*) yang memberikan cukup kekakuan, kekuatan yang seragam dan merupakan landasan yang stabil bagi lapisan material granular tak terikat dan tanah dasar.

Kerusakan *Ravelling*

Kerusakan jalan akibat lepasnya butir agregat pada permukaan jalan beraspal dapat diakibatkan oleh kandungan aspal yang

rendah, campuran yang kurang baik, pemadatan yang kurang, segregasi, atau pengelupasan aspal. (Direktorat Jendral Bina Marga PUPR, 2017).

Air Void

Air void dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. *Air void* yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kedekatan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. *Air void* yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat (Razzaq et al., 2017; Roy et al., 2013). *Air void* yang dimaksud dalam penelitian ini adalah *Voids in the Mix (VIM)*, yaitu volume rongga yang berisi udara di dalam campuran aspal.

Kadar Aspal

Kadar aspal adalah perbandingan antara banyaknya aspal yang digunakan dalam campuran dengan banyaknya agregat yang digunakan dalam campuran, dinyatakan dalam persen.

Menurut Soehartono (1986) beberapa kasus kerusakan jalan disebabkan oleh kadar aspal yang kurang sehingga terjadi stripping dan *ravelling*. Tingginya daya serap (absorpsi) agregat merupakan salah satu penyebab kurangnya kadar aspal di campuran (Misbah, 2017). Kerusakan juga menjadi parah akibat tidak diikutinya toleransi temperatur, baik pada waktu pencampuran maupun penghamparan.

Alat Uji *Ravelling*

Alat uji yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kehilangan berat benda uji setelah diberi beban. Alat ini merupakan suatu alat sederhana dari alat *Wet Track Abrasion Test (WTAT)*. Dalam

perancangan alat ini beberapa pertimbangan yang sangat dibutuhkan agar mendekati/mewakili alat sebenarnya, diantaranya variabel beban roda, waktu putaran, dan kecepatan mesin pemutarnya.

Dari variabel yang telah ditentukan, maka spesifikasi umum untuk alat uji ini adalah:

- a) Kecepatan : 0 - 2600 rpm
- b) Beban Roda : 8 kg
- c) Waktu putaran : 20 menit
- d) Benda Uji : Benda uji Marshall

METODA RISET

Jenis dan Lokasi Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimental meliputi pengujian material, *mix design* campuran, pengujian *Marshall* serta pengujian abrasi. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan analisis terhadap nilai abrasi dengan beberapa variasi kadar aspal dan *air void*. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jenderal Soedirman, Purbalingga.

Variabel Penelitian

Menurut Suharsimi (2006), variabel penelitian adalah objek penelitian atau apa yang menjadi perhatian suatu penelitian. Sedangkan menurut Sugiyono (2010), variabel penelitian adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya.

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Yang merupakan variabel bebas pada penelitian ini adalah kadar aspal sebesar ±1% dari nilai KAO dan juga kadar air void sebesar 2, 4, dan 7%. *Air void* sebesar 4% mewakili kadar yang memenuhi spesifikasi, sedangkan air void sebesar 2% dan 7% mewakili kadar yang ada di luar spesifikasi. Variabel bebasnya adalah ketahanan ravelling pada campuran Hot Mix Asphalt.

Benda Uji

Kadar aspal dan kadar air void merupakan variabel bebas dalam penelitian ini. Oleh karena itu dibutuhkan pengujian dengan beberapa variasi kadar aspal dan *air void*. Sebelumnya, dilakukan perhitungan Kadar Aspal Optimum rencana yang nantinya akan diuji Marshall dengan rumus :

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta} \quad (1)$$

Jumlah benda uji dalam penelitian ini terlampir pada Tabel 1 dan Tabel 2

Tabel 1. Benja Uji KAO

Fraksi (%)	Jumlah Benda Uji
4,5	3
5	3
5,5	3
6	3
6,5	3
Jumlah	15

Tabel 2. Benda Uji Ravelling

Kadar Aspal	Kadar Air Void	Benda Uji Ravelling
KAO - 1%	2%	3
	4%	3
	7%	3
KAO	2%	3
	4%	6
	7%	3
KAO + 1%	2%	3
	4%	3
	7%	3
Total Benda Uji		30

Analisis Data

1. Analisis Karakteristik *Marshall*

Untuk mengetahui nilai-nilai dari Pengujian *Marshall*, maka dibutuhkan data sebagai berikut:

- a. Berat kering (gr)
- b. Berat jenuh air/SSD (gr)
- c. Berat dalam air (gr)
- d. Tebal/Tinggi benda uji (mm)
- e. Pembacaan arloji stabilitas
- f. Kelelehan/*flow* (mm)
- g. Berat jenis aspal (gr/cm3)
- h. Berat jenis agregat

Adapun perhitungan yang digunakan dalam mencari karakteristik *Marshall* mengacu pada RSNI M-01-2003. Setelah data diinput, didapatkan nilai-nilai karakteristik *Marshall* yaitu:

- a. Nilai stabilitas
- b. Kelelahan plastis (*flow*)
- c. VIM (*Void in Mix*)
- d. VMA (*Void in Mineral Aggregate*)
- e. VFA (*Volume of Void Filled with Asphalt*)
- f. MQ (*Marshall Quotient*)
- g. Kepadatan (*Density*)

2. Analisis Alat Uji *Ravelling*

Hasil dari alat uji *ravelling* dapat ditentukan dari berat benda uji setelah diberi beban dalam keadaan basah. Semakin besar hasil dari nilai abrasi maka semakin banyak pelepasan butiran (*ravelling*) yang terjadi. Nilai uji alat uji *ravelling* dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Nilai uji Ravelling (\%)} = \frac{a-b}{L} \quad (2)$$

Dimana:

- a = Berat benda uji semula (gr)
- b = Berat benda uji setelah 300 putaran (gr)
- L = Luasan permukaan benda uji (πr^2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Agregat yang digunakan diperoleh dari PT. Sambas Wijaya. Sebelum digunakan dalam penelitian, baik agregat kasar, halus maupun *filler* diuji terlebih dahulu untuk memastikan agregat yang digunakan telah memenuhi spesifikasi yang ada (BSN, 1990; BSN, 1996). Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil	Syarat
Abrasi dengan mesin 100 Putaran Los Angeles	3%	Maks. 8%
500 Putaran	17%	Maks. 40%
Berat jenis bulk (gr/cc)	2,83	>2,5
Berat jenis SSD (gr/cc)	2,86	>2,5
Berat jenis apparent (gr/cc)	2,93	>2,5

Penyerapan Air (%)	1,49%	<3%
Kelekatan Agregat terhadap Aspal 100% (%)		Min. 95%

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil	Syarat
Berat jenis bulk (gr/cc)	2,62	>2,5
Berat jenis SSD (gr/cc)	2,65	>2,5
Berat jenis apparent (gr/cc)	2,70	>2,5
Penyerapan Air (%)	1,13	<3%
Agregat Lolos Ayakan No. 200 (%)	8,91	<10%

Tabel 5. Hasil Pengujian *Filler* Abu Batu

Jenis Pengujian	Hasil	Syarat
Berat jenis (gr/cc)	2,395	2,25 - 2,7
<i>Filler</i> Lolos Ayakan No. 200	82%	> 75%

Dapat dilihat pada Tabel 3 hasil pengujian Abrasi masing-masing 3 dan 17%, kedua hasil tersebut telah memenuhi syarat dari SNI (maks. 8% dan 40%). Kemudian dilakukan juga pengujian untuk mendapatkan berat jenis bulk, berat jenis SSD, dan berat jenis apparent yang masing-masing bernilai 2,83; 2,86; dan 2,93 yang semuanya memenuhi syarat dari SNI, yaitu >2,5. Setelah itu dilakukan juga pengujian penyerapan air dan kelekatan agregat terhadap aspal dengan hasil 1,49% dan 100% yang kembali memenuhi syarat, yaitu masing-masing <3% dan minimal 95%.

Pada Tabel 4, pengujian agregat halus yang dilakukan yaitu pengujian berat jenis bulk, berat jenis SSD, dan berat jenis apparent dengan hasil masing-masing 2,62; 2,65; dan 2,70 yang semuanya telah memenuhi syarat yaitu >2,5. Kemudian dilakukan pengujian penyerapan air dan agregat lolos ayakan no. 200 dengan hasil masing-masing 1,13% dan 8,91% yang telah memenuhi syarat masing-masing yaitu sebesar <3% dan maksimal 10%.

Pada Tabel 5 terdapat pengujian berat jenis dengan hasil 2,395 yang telah memenuhi syarat yaitu 2,25-2,7 dan pengujian *filler* lolos ayakan No. 200 dengan hasil 82%, yang telah memenuhi syarat >75%. Berdasarkan hasil pengujian agregat di atas, maka agregat yang dipilih telah memenuhi spesifikasi sehingga dapat digunakan untuk penelitian ini.

Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan diperoleh dari PT. Satria Buana Pamula Sakti. Sebelum digunakan dalam penelitian, aspal diuji terlebih dahulu untuk memastikan agregat yang digunakan telah memenuhi spesifikasi yang ada (Nancy et al., 2004). Hasil pengujian terdapat pada

Tabel 6. Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70

Jenis Pengujian	Hasil	Syarat
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	65,4	60-70
Titik Lembek (°C)	55,55	≥ 48
Daktilitas pada 25°C, (cm)	125	≥ 100
Titik Nyala (°C)	257	≥ 232
Titik Bakar (°C)	269	
Berat Jenis	1,02	≥ 1
Viskositas Kinematis (cSt)		
- Pembacaan Suhu 120°	431,37	
- Pembacaan Suhu 140°	329,43	
- Pembacaan Suhu 160°	195,86	
- Pembacaan Suhu 180°	102,73	

Tabel 6 menunjukkan nilai uji penetrasi untuk aspal yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 65,4 dmm, yang artinya telah memenuhi syarat sebesar 60-70 dmm. Nilai uji titik lembek aspal pada penelitian ini adalah sebesar 55,55 °C, yang artinya telah memenuhi spesifikasi yaitu ≥ 48 °C. Nilai uji daktilitas aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 125 cm, yang artinya telah memenuhi spesifikasi yaitu ≥ 100 cm. Nilai titik nyala aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah 257 °C, di mana nilai tersebut telah memenuhi syarat yaitu ≥ 232 °C. Nilai titik bakar aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah 269 °C. Nilai berat jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 1,02 gr/cc yang artinya telah memenuhi syarat sebesar ≥ 1 gr/cc. Pengujian viskositas dilakukan untuk mengetahui kekentalan aspal. Dari semua pengujian tersebut, dapat dilihat bahwa aspal yang diuji dapat memenuhi spesifikasi yang ada sehingga aspal tersebut dapat digunakan dalam penelitian.

Hasil Pengujian Zeolit Teraktivasi

Untuk zeolit yang sudah teraktivasi, pengujian yang dilakukan adalah pengujian gradasi dan kadar air, hasil pengujian gradasi zeolit yang

digunakan dalam campuran WMA, dengan hasil untuk lolos ayakan No.200 sebesar 100% dan memenuhi SNI ASTM C117:2012. Hasil pengujian kadar air didapatkan nilai sebesar 20%, memenuhi syarat yaitu 18-22% sesuai SNI 1970:2016 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 11.

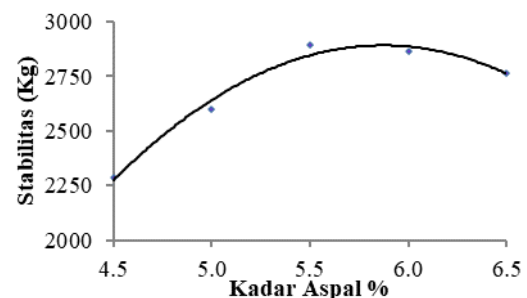
Tabel 7. Hasil Pengujian Zeolit Teraktivasi

No Saringan	Gradasi (% lolos)	Kadar Air (%)
30	100	
50	100	
100	100	20
200	100	

Hasil Pengujian Marshall untuk Penentuan Nilai KAO

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari sampel perkerasan lentur yang kemudian dapat dijadikan acuan untuk menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Nilai parameter yang dihasilkan pada pengujian Marshall adalah sebagai berikut:

1. Stabilitas

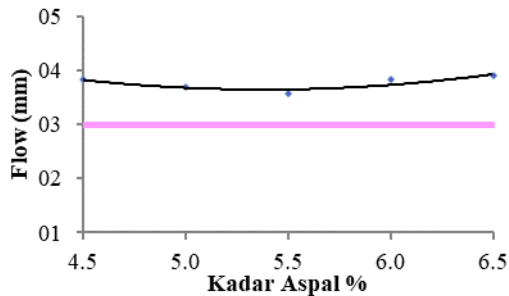


Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara kadar aspal dan nilai stabilitas. Nilai stabilitas menggambarkan kekuatan dari perkerasan dalam menahan beban lalu lintas sampai mengalami kelelahan plastis. Nilai stabilitas akan terus meningkat seiring dengan penambahan aspal hingga mencapai batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum akan membuat stabilitas menurun sehingga lapis perkerasan menjadi terlalu kaku dan bersifat getas (Pohan, 2016). Nilai stabilitas pada penelitian ini terus meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal sampai pada nilai kadar aspal 5,5% kemudian kembali turun setelah melewati nilai kadar

aspal tersebut. Nilai stabilitas pada setiap kadar aspal telah memenuhi spesifikasi yaitu >800 kg.

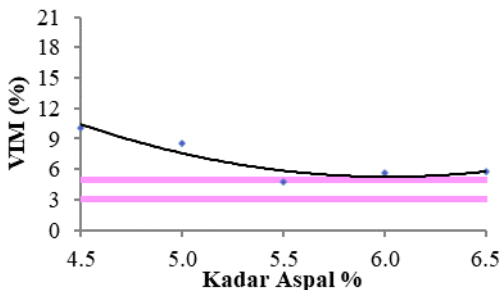
2. Flow



Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Flow

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan flow. Nilai flow menggambarkan besarnya deformasi yang terjadi pada perkerasan yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh. Nilai flow yang menjadi plastis dan mudah terjadi deformasi ketika diberi beban. Sedangkan campuran yang memiliki nilai flow yang terlalu rendah, akan cenderung menjadi kaku dan getas (Pohan, 2016). Nilai flow terus menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal sampai pada nilai kadar aspal 5,5% kemudian kembali naik setelah melewati nilai kadar aspal 5,5%. Nilai flow pada setiap kadar aspal telah memenuhi spesifikasi yaitu >3 mm.

3. VIM (Voids in Mix)

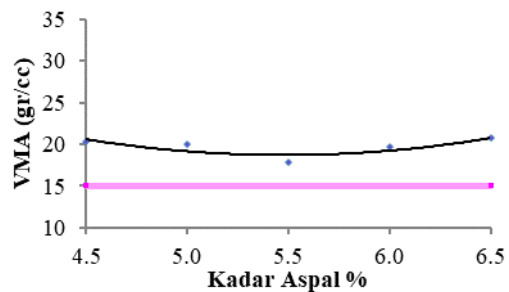


Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan VIM. VIM adalah volume rongga yang berisi udara di dalam campuran aspal. Nilai VIM yang semakin tinggi menunjukkan semakin banyak rongga yang

ada di dalam campuran, disebabkan karena sedikitnya volume aspal yang menutup rongga-rongga dalam campuran. Sebaliknya, nilai VIM yang semakin rendah menunjukkan semakin sedikit rongga yang ada di dalam campuran, disebabkan karena sedikitnya volume aspal yang menutup rongga-rongga dalam campuran (Kumalawati, 2013). Nilai VIM dari penelitian tersebut selaras dengan nilai VIM pada campuran ini yang cenderung terus menurun sampai pada kadar aspal 5,5% kemudian kembali naik setelah melewati kadar aspal 5,5%. Nilai VIM pada kadar aspal 5,5% telah memenuhi spesifikasi yang ada sebesar 3-5% yaitu 4,78%. Sedangkan nilai VIM pada kadar aspal yang lain tidak ada yang memenuhi spesifikasi.

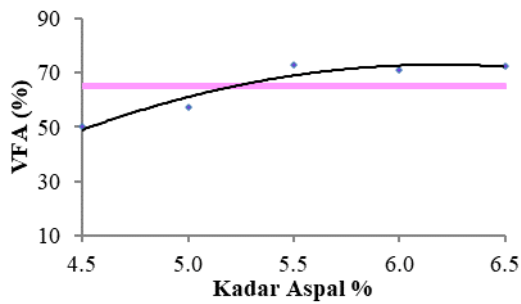
4. VMA (Voids in Mineral Aggregate)



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VMA

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara kadar aspal dan VMA. VMA adalah besarnya rongga udara yang ada di antara butir-butir agregat dari suatu campuran aspal yang telah dipadatkan. Nilai VMA yang terlalu besar mengakibatkan stabilitas campuran yang semakin buruk dan juga tidak ekonomis. Sedangkan nilai VMA yang terlalu kecil mengakibatkan durabilitas campuran yang semakin buruk (Pohan, 2016). Nilai VMA pada penelitian ini cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal sampai pada nilai kadar aspal 5,5%, kemudian kembali naik setelah melewati nilai kadar aspal tersebut. Nilai VMA pada setiap kadar aspal telah memenuhi spesifikasi yaitu >15 %.

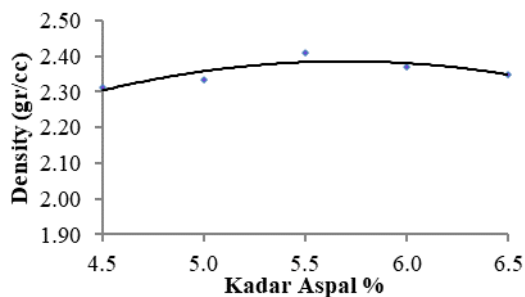
5. VFA (Voids Filled with Asphalt)



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VFA

Gambar 5 menunjukkan hubungan kadar aspal dan VFA. VFA adalah banyaknya rongga yang terisi oleh aspal, dinyatakan dalam persen. Nilai VFA akan meningkat bersamaan dengan meningkatnya kadar aspal, disebabkan semakin tinggi kadar aspal semakin banyak pula rongga antar agregat dalam campuran tinggi menyebabkan aspal menjadi naik ke nilai VFA yang rendah teroksidasi (Kumalawati, 2013). Nilai VFA pada penelitian tersebut selaras dengan nilai VFA pada penelitian ini, yang cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal sampai pada nilai kadar aspal 5,5% lalu kembali menurun setelah melewati nilai kadar aspal tersebut. Nilai VFA pada kadar aspal 5,5%, 6%, dan 6,5% telah memenuhi spesifikasi sebesar >65%, sedangkan untuk kadar aspal 4,5% dan 5% tidak memenuhi spesifikasi.

6. Density

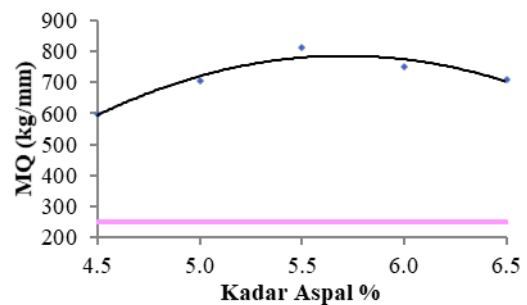


Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Density

Gambar 6 menunjukkan hubungan kadar aspal dan density. Density adalah nilai yang merepresentasikan kerapatan campuran setelah dipadatkan. Semakin tinggi nilai

density menunjukkan kerapatan yang semakin baik, sehingga akan semakin tahan terhadap air dan udara. Campuran yang memiliki nilai density yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang memiliki nilai density yang rendah (Pohan, 2016). Nilai density cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal sampai pada nilai kadar aspal 5,5% lalu menurun sampai kadar aspal 6,5%.

7. Marshall Quotient



Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan MQ

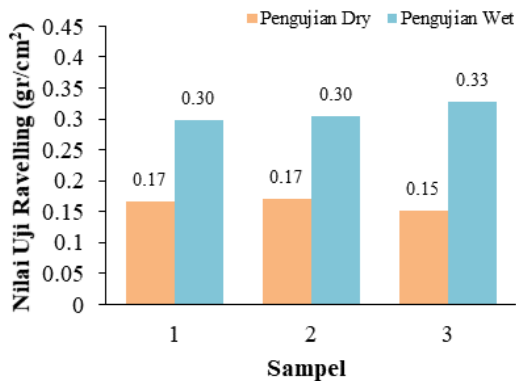
Gambar 7 menunjukkan hubungan kadar aspal dan MQ. MQ merupakan nilai perbandingan stabilitas dengan flow. Semakin tinggi nilai MQ, artinya campuran semakin kaku (Pohan, 2016). Nilai MQ cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal sampai pada nilai kadar aspal 5.5% lalu Kembali menurun setelah melewati nilai kadar aspal tersebut. Nilai MQ pada setiap kadar aspal telah memenuhi spesifikasi yaitu >250 kg/mm. Rekapitulasi dari hasil pengujian parameter Marshall dari masing-masing kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 8. Bagian yang ditandai dengan warna berbeda menyisyratkan komponen yang memenuhi spesifikasi. Kadar aspal 5.5% dipilih karena telah memenuhi seluruh parameter Marshall.

Tabel 8. Kadar Air Optimum

Parameter	Syarat	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %	6,5 %
Marshall						
Stability (Kg)	>800					
Flow (mm)	> 3					
MQ (Kg/mm)	> 250					
VIM (%)	3 s/d 5					
VMA (%)	> 15					
VFA (%)	> 65					
Density (gr/cc)	> 1					

Ketahanan Ravelling Campuran Aspal Panas

Pengujian ravelling dilakukan untuk mengetahui seberapa baik sebuah perkerasan untuk menahan beban dan gesekan dari roda kendaraan. Dalam pengujian ini, benda uji akan diuji dengan dua kondisi, yaitu kondisi *wet* (basah) dan *dry* (kering).



Gambar 8. Perbandingan Nilai Ravelling pada Kondisi Dry dan Wet

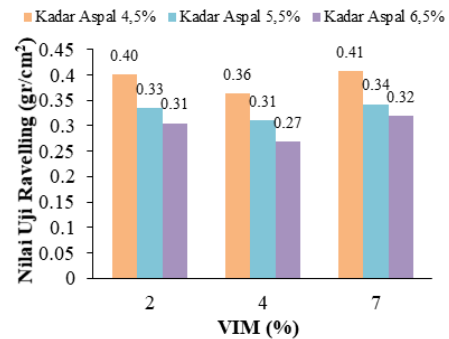
Berdasarkan Gambar 8. Perbandingan Nilai Ravelling pada Kondisi *Dry* dan *Wet*, dapat dilihat bahwa hasil pengujian pada kondisi wet menghasilkan nilai ravelling yang lebih besar dibandingkan dengan hasil pengujian pada kondisi dry, dengan kata lain ketahanan ravelling pada kondisi wet lebih buruk dari ketahanan ravelling pada kondisi dry. Hal ini disebabkan karena air yang masuk ke dalam benda uji dapat membuat rongga-rongga di dalam benda uji terisi air sehingga ikatan antara aspal dengan agregat menjadi kurang kuat.

Hubungan Nilai Uji Ravelling dengan VIM

Data yang sama pada sub sebelumnya kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara nilai ravelling dengan VIM pada masing-masing kadar aspal. Grafik Hubungan Nilai Uji Ravelling Terhadap VIM dapat dilihat pada Gambar 9.

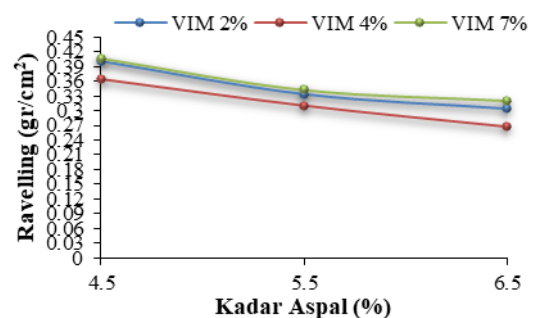
Dari gambar 8 dan 9, dapat dilihat bahwa nilai uji ravelling yang paling kecil selalu ada pada kadar VIM 4%, sedangkan pada kadar VIM 2% dan 7% cenderung sama. Hal ini sesuai dengan penelitian Zaltuom (2018) yang

mengatakan bahwa peningkatan air void sebanyak 1 % dari rencana dapat mengakibatkan 35% pengurangan umur perkerasan, yang salah satunya disebabkan oleh ravelling.



Gambar 9. Grafik Hubungan Nilai Uji Ravelling Terhadap VIM

Air void yang besar juga menyebabkan komponen – komponen lain masuk ke dalam campuran, misalnya debu, Adanya debu yang masuk ke dalam campuran bisa membuat ikatan antara aspal dan agregat menjadi kurang kuat karena aspal mungkin akan berikatan dengan debu tersebut. Sedangkan kadar *air void* yang kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat.



Gambar 10. Grafik Hubungan Nilai Uji Ravelling dengan Kadar Aspal

Berdasarkan Gambar 10, nilai uji ravelling cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal dengan nilai maksimal terdapat pada kadar aspal 4,5% dan nilai terkecil terdapat pada kadar aspal 6,5% yang berarti ketahanan ravelling paling baik terjadi pada kadar aspal 6,5% dan ketahanan ravelling paling buruk terjadi pada kadar aspal 4,5%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang

dilakukan oleh Harvey et al. (1995) juga mengatakan bahwa setiap 1% pengurangan kadar aspal mengakibatkan 12% pengurangan pada umur jalan, yang dapat disebabkan oleh *ravelling*. Hal ini diakibatkan oleh semakin sedikit kadar aspal, semakin banyak rongga-rongga antar agregat yang tidak tertutup aspal yang menyebabkan ikatan antara agregat dan aspal menjadi kurang kuat, sehingga dapat mengakibatkan *ravelling*.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan mengenai pengaruh *air void* dan kadar aspal terhadap *ravelling* pada *hot mix asphalt* sebagai berikut:

1. Nilai *ravelling* pada kadar aspal 4,5%; 5,5%; dan 6,5% memiliki nilai minimum pada kadar VIM 4%, sedangkan pada kadar VIM 2% dan 7% nilai *ravelling* cenderung sama,
2. Nilai *ravelling* menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal dengan nilai tertinggi pada kadar aspal 4,5% dan nilai terendah pada kadar aspal 6,5%,
3. Nilai *ravelling* pada sampel basah (wet) lebih besar dibanding nilai *ravelling* pada sampel kering (dry),
4. Campuran yang ideal terdapat pada kadar aspal 5,5% dan VIM 4,5% karena memenuhi seluruh parameter Marshall dan memiliki ketahanan *ravelling* yang cukup baik.

SARAN

Saran atau rekomendasi yang bisa diberikan untuk penelitian-penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variabel yang berbeda, salah satunya adalah variasi beban dan kecepatan,
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi variabel yang lebih banyak, sehingga dapat mendapatkan komposisi campuran yang benar-benar ideal,
3. Perlu dilakukan penyesuaian lebih lanjut terhadap alat pengujian *ravelling* yang digunakan

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, A. (2017). Evaluasi Tingkat Kerusakan Perkerasan Jalan pada Ruas Jalan Madura Kota Gorontalo. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 5(1), 84–97.
- Arifin, S. et al. (2007). Pengaruh Nilai Abrasi Agregat Terhadap Karakteristik Beton Aspal. *Smartek*, 5(1).
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). SNI 03-1968-1990. Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar.
- Badan Standarisasi Nasional. (1996). SNI 03-4142-1996, Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan Nomor 200 (0, 0075 mm). BSN. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat, & Jendral Bina Marga. (1983). Manual Pemeliharaan Jalan. Penerbit Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 1983.
- Direktorat Jendral Bina Marga PUPR. (2017). Surat Edaran 07/SE/Db/2017 Teknologi, Pemilihan Preventif, Pemeliharaan Jalan, Perkerasan.
- Erzy Muhania, Z., Aini, Rahmawati, A., & Setiawan, D. (2017). Analisis Kondisi Kerusakan Jalan Pada Lapis Permukaan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) (Studi Kasus : Ruas Jalan Puring-Petanahan, Kebumen, Jawa Tengah).
- Federal Highway Administration. (2006). Highway Statistics 2004. Federal Highway Administration.
- Harvey, J. T., Deacon, J. A., Tsai, B.-W., & Monismith, C. L. (1995). Fatigue Performance of Asphalt Concrete Mixes and its Relationship to Asphalt Concrete Pavement Performance in California. 26.
- Hicks, R. G., Santucci, L., & Ashchenbrener, T. (2003). Introduction and Seminar Objectives on Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements. Transportation Research Board National Seminar, 3–19.
- Hill, R., & Braham, A. (2018). Investigating the Raveling Test for Full-depth Reclamation. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 12(2), 222–226.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat; Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kumalawati, A. et al. (2013). Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Batu Apung Sebagai Pengganti Filler Untuk Campuran Aspal. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 191–200.

- Misbah, M. (2017). Pengaruh Variasi Kadar Aspal Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Panas Aspal Agregat (AC-BC) dengan Pengujian Marshall. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 2(1).
- Nancy, N. et al. (2004). Analisis Keseragaman Aspal Keras Produksi Dalam Negeri. *Jurnal Transportasi*, 4(2), 144621.
- Pohan, B. S. (2016). Perbandingan Aspal Berongga dengan Aspal Normal berdasarkan Nilai Stabilitas. Universitas Medan Area.
- Razzaq, A. K., Ali Hussain, N., & Hasan, H. J. M. (2018). Evaluating the Effect of Air Voids and Asphalt Content on the Mechanical Properties of HMA by Adopting Indirect Tensile Strength Test.
- Roy, N., Veeraragavan, A., & Krishnan, J. M. (2013). Influence of Air Voids of Hot Mix Asphalt on Rutting Within the Framework of Mechanistic-Empirical Pavement Design. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 104, 99–108.
- SNI 1969:2008. (2008). SNI 1969: 2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- Soehartono. (1986). Aspal Beton Sebagai Alternatif Perkerasan Jalan. In *Majalah Jalan & Transportasi* (pp. 52–55).
- Sugiyono, P. D. (2010). *Metode Penelitian Pendidikan. Pendekatan Kuantitatif*.
- Suharsimi, A. (2006). *Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Bina Aksara.
- Sukirman, S., & Raya. (1992). *Perkerasan Lentur Jalan*. Nova.Umum, D. P. (1990). *RSNI-M-01-2003 Metode Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall*. Pustran. Balit. Bang, Bandung.
- Voskuilen, J. L. M., & Verhoef, P. N. W. (2003). Causes of Premature Ravelling Failure in Porous Asphalt. Performance Testing and Evaluation of Bituminous Materials PTEBM'03. Proceedings of the 6TH International Rilem Symposium Held Zurich, Switzerland, 14-16 April 2003.
- You, Q., Zheng, N., & Ma, J. (2018). Study of Ravelling Failure on Dense Graded Asphalt Pavement. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers–Transport*, 171(3), 146–155.
- Zaltuom, A. M. (2018). A Review Study of the Effect of Air Voids on Asphalt Pavement Life.