

PEMANFAATAN MATERIAL DAUR ULANG PADA CAMPURAN *HRS-WC* DENGAN PEMADATAN *ROLLER SLAB* DITINJAU DARI STABILITAS, *IRI* DAN KOEFISIEN RELATIF BAHAN

Oryza Kharin Justisia, Agus Riyanto

**Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Surakarta**

Abstrak

Perkerasan jalan umumnya dibangun menggunakan material dengan kualitas tertentu dari *quary*. Penggunaan material baru secara terus-menerus akan menghabiskan sumber material tersebut. Dengan metode daur ulang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Penelitian ini sebagian besar menggunakan material lama dan dicampur dengan material baru sebagai campuran perkerasan *HRS-WC* yang dinilai dapat meningkatkan daya dukung dari material sisa pembongkaran jalan. Penelitian berbasis data sekunder yang terdiri dari hasil pemeriksaan agregat baru dan agregat sisa pembongkaran jalan serta hasil pemeriksaan aspal daur ulang yang telah diremajakan. Sedangkan data primer terdiri dari hasil pengujian gradasi agregat. Pemadatan menggunakan *roller slab* dengan 64 lintasan pada klasifikasi lalu lintas berat. Untuk benda uji dengan pemadatan *roller slab* perlu didiamkan selama 24 jam, setelah itu dilakukan *coredrill*. Variasi kadar aspal yang digunakan 4%, 6%, dan 8% dengan 3 benda uji tiap variasi kadar aspal. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh 6,75%. Setelah mendapat nilai KAO, kemudian benda uji dibuat untuk mendapatkan nilai stabilitas, ketidakrataan atau *IRI* (*International Roughness Index*), dan koefisien relatif bahan. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan material daur ulang dengan pemadatan *roller slab* menghasilkan stabilitas yang tinggi sebesar 1526,57 kg, 1785,79 kg, dan 2109,07, sehingga cocok pada jalan dengan beban lalu lintas berat. Nilai *IRI* sebesar 1,869 m/km, 2,242 m/km, dan 1,495 m/km, sehingga penggunaan material daur ulang dengan pemadatan *roller slab* menghasilkan perkerasan dengan kerataanya baik (permukaannya tergolong halus), sedangkan nilai koefisien relatif bahan sebesar 0,24 bisa dikatakan cukup memadai sebagai lapisan aus. Berdasarkan hasil di atas dapat dinyatakan bahwa perkerasan dengan material daur ulang yang ditinjau dari Stabilitas, *IRI* (*International Roughness Index*), dan koefisien relatif bahan memenuhi spesifikasi.

Kata kunci : Alat pemadat *roller slab*, *HRS-WC*, material daur ulang, Stabilitas, *IRI*.

Abstract

Road pavements are generally constructed using materials of a certain quality from the quarry. The continuous use of new materials will deplete material resources. The recycling method can be used to overcome these problems. This study mostly uses old materials mixed with new materials as a mixture of *HRS-WC* pavement which is considered to be able to increase the carrying capacity of the material left over from road demolition. Research based on secondary data consists of the results of the inspection of new aggregates and aggregate left over from road demolition as well as the results of the inspection of recycled asphalt that has been rejuvenated. While the primary data consists of the results of aggregate gradation testing. Compaction using *roller slab* with 64 passes in heavy traffic classification. For specimens with *roller slab* compaction, it is necessary to leave it for 24 hours, after which it is core drilled. Variations in asphalt content used were 4%, 6%, and 8% with 3 specimens for each variation in asphalt content. The Optimum Asphalt Content value was obtained at 6.75%. After obtaining the Optimum Asphalt Content value, then the test object is made to obtain the stability, unevenness, or *IRI* (*International Roughness Index*) values, and the relative coefficient of

the material. Based on the research results, the use of recycled materials with roller slab compaction produces high stability of 1526.57 kg, 1785.79 kg, and 2109.07 kg, making it suitable for roads with heavy traffic loads. The IRI values are 1.869 m/km, 2.242 m/km, and 1.495 m/km, so the use of recycled materials with roller slab compaction produces pavement with good flatness (the surface is relatively smooth), while the material relative coefficient value is 0.24 which can be said to be sufficient as a wear layer. Based on the results above, it can be stated that the pavement with recycled materials in terms of Stability, IRI (International Roughness Index), and the relative coefficient of materials meets the specifications.

Keywords : Roller slab compactor, HRS-WC, recycled materials, stability, IRI.

1. PENDAHULUAN

Keberadaan jalan raya sangat diperlukan menunjang laju pertumbuhan ekonomi masyarakat. Salah satunya, Ruas Jalan Sambungmacan, Mantingan, Sragen merupakan konektivitas jalan nasional yang menghubungkan Provinsi Jawa Tengah dengan Provinsi Jawa Timur dan pengguna jalan yang melintas didominasi oleh kendaraan berat. Pengaruh volume dan beban kendaraan akan berpotensi mengalami kerusakan jalan. Penanganan kerusakan jalan dapat dilakukan seperti pelapisan ulang permukaan lapisan jalan. Umumnya akan menghasilkan material sisa pembongkaran jalan dan pembuangannya juga akan membutuhkan biaya, maka lebih baik material sisa pembongkaran jalan tersebut dimanfaatkan kembali untuk diolah sebagai perkerasan baru yang ditambahkan material baru.

Pembangunan jalan raya untuk perkerasan masih didominasi oleh penggunaan aspal. Campuran aspal yang sering digunakan di Indonesia saat ini adalah campuran aspal panas atau *Hot Mix Asphalt*. Salah satu jenis campuran yang digunakan adalah *HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course)* yang diyakini menghasilkan jalan dengan kelenturan dan keawetan yang cukup baik.

Perkerasan jalan di Indonesia masih sering terjadi kegagalan atau kerusakan baik struktural maupun fungsional. Jika terjadi kegagalan baik struktural maupun fungsional tentunya akan mengalami penurunan kualitas perkerasan jalan. Untuk itu perlu dilakukan pemeriksaan kondisi perkerasan jalan, terdapat beberapa parameter yang ditinjau pada penelitian ini adalah stabilitas, ketidakrataan atau *IRI*, dan koefisien relatif bahan.

Pemadatan campuran aspal berpengaruh penting terhadap kekuatan dan kepadatan yg diinginkan. Biasanya prosedur pemadatan dalam pembuatan benda uji di laboratorium dilakukan dengan pembebanan statis menggunakan *Marshall Hammer*. Alat Pemadat *Roller Slab (APRS)* merupakan alat pemadatan di Laboratorium yang memiliki sistem pemadatan menyerupai *tandem roller* dan *pneumatic tire roller* dengan cara digilas agar mendapatkan nilai stabilitas, *IRI* dan koefisien relatif bahan yang prosedurnya mendekati kondisi di lapangan.

Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan material sisa hasil pembongkaran Jalan Sambungmacan, Mantingan, Sragen KM 36 yang diharapkan mampu mengurangi limbah padat yang tidak terpakai. Selain itu, penggunaan Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS) dalam penelitian ini untuk memudahkan dalam pembuatan benda uji perkerasan.

2. METODE

Basis dari penelitian ini adalah eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan total benda uji sebanyak 18 buah. Material yang digunakan terdiri dari material baru dan material perkerasan jalan lama atau material daur ulang. Untuk material baru, *fresh aggregate* yang digunakan bersumber dari *quarry* Siwal Boyolali. Sedangkan material daur ulang diambil dari ruas jalan nasional Palur - Sambungmacan Mantingan Sragen dan aspal daur ulang yang telah diremajakan.

Tahapan-tahapan penelitian sebagai berikut: persiapan alat dan bahan, pengumpulan data sekunder diambil dari informasi data penelitian yang telah ada sebelumnya dan data primer diambil saat melakukan penelitian secara langsung di Laboratorium Bahan Perkerasan dan Transportasi Jalan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, penentuan kadar aspal optimum dengan variasi kadar aspal 4%, 6%, dan 8%, pembuatan benda uji dengan APRS, pengujian stabilitas dan ketidakrataan, analisa data dan pembahasan, dan yang terakhir memberikan kesimpulan serta saran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pemeriksaan Material

Tujuan pemeriksaan material adalah untuk mengetahui kualitas dari material yang akan digunakan, seperti pengujian gradasi agregat. Untuk mengetahui gradasi agregat pada material hasil pembongkaran jalan, dilakukan pengujian gradasi dengan menggunakan satu set saringan. Pengujian tersebut untuk mengetahui apakah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 tahun 2018 yang telah ditentukan atau tidak pada setiap saringan. Apabila pendistribusian agregat belum memenuhi spesifikasi, maka harus dilakukan rekayasa *blending*. Berikut adalah tabel hasil pengujian gradasi agregat:

Tabel 1. Hasil Pengujian Gradasi Agregat

Ukuran Saringan	Berat Tertinggal (gr)	Kumulatif Berat Tertinggal (gr)	Persen Jumlah Tertinggal (%)	Persen Lolos (%)	Keterangan
3/4"	0	0	0	100	Memenuhi
1/2"	19,2	19,2	5,33	94,67	Memenuhi
3/8"	16,4	35,6	9,89	90,11	Tidak Memenuhi
No. 4	64	99,6	27,67	72,33	Tidak Memenuhi

No. 8	38,4	138	38,33	61,67	Tidak Memenuhi
No. 16	22,4	160,4	44,56	55,44	Tidak Memenuhi
No. 30	22,4	182,8	50,78	49,22	Tidak Memenuhi
No. 50	28,4	211,2	58,67	41,33	Tidak Memenuhi
No. 100	24	235,2	63,33	34,67	Tidak Memenuhi
No. 200	4,4	239,6	66,56	33,44	Tidak Memenuhi
Pan	0,4	240	66,67	33,33	Tidak Memenuhi
Σ	240				

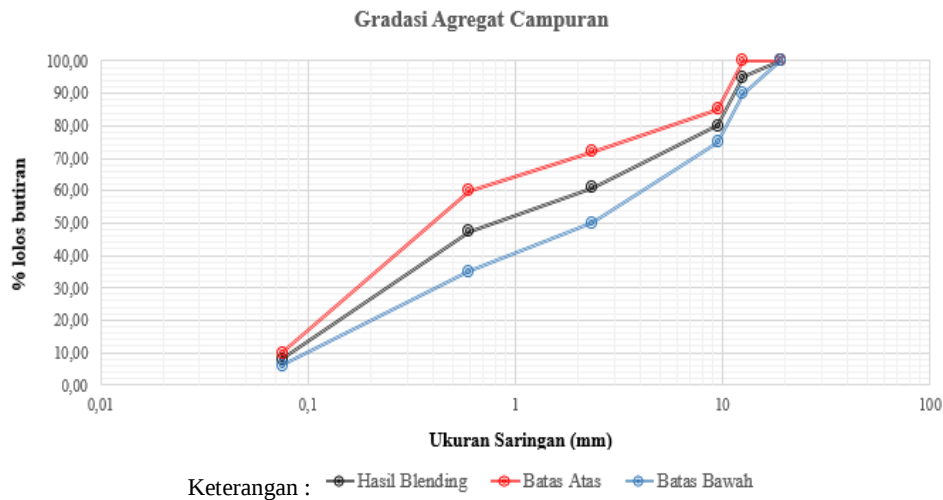
Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa pendistribusian agregat dengan ayakan 9,5 mm (3/8") sampai dengan pan belum memenuhi spesifikasi, sehingga harus dilakukan rekayasa *blending* pada agregat sisa pembongkaran jalan tersebut. *Blending* agregat dilakukan dengan cara menambahkan *fresh aggregate* pada setiap ukuran ayakan yang masih tidak memenuhi spesifikasi.

3.2 Hasil Rekayasa *Blending* Agregat

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa dilakukan rekayasa *blending*, yaitu dengan penambahan agregat pada setiap ukuran saringan dengan jumlah total agregat adalah 1200 gr. Penambahan agregat baru dilakukan dengan presentase 80%, sedangkan material perkerasan jalan lama dengan presentase 20%. Setelah didapat perbandingan agregat baru dan perkerasan jalan lama, kemudian dilakukan rekayasa *blending* agregat hingga memenuhi spesifikasi *HRS-WC* batas tengah. Tabel dan gambar rekayasa *blending* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1 berikut:

Tabel 2. Rekayasa *Blending* Agregat Campuran

No Saringan		Persen Lolos				Persen Tertahan		
						Berat Agregat	Berat Agregat	
						20%	80%	
mm	ASTM	BA	BT	BB	Lolos	Daur Ulang	Baru	Keterangan
		%	%	%	%	gr	gr	
19	3/4"	100	100	100	0	0	0	Memenuhi
12,5	1/2"	100	95	90	5	12	48	Memenuhi
9,5	3/8"	85	80	75	20	36	144	Memenuhi
2,36	No. 8	72	61	50	39	45,6	182,4	Memenuhi
0,6	No. 30	60	4,75	35	52,5	3,4	129,6	Memenuhi
	No.							
0,075	200	10	8	6	92	94,8	379,2	Memenuhi
pan		0	0	0	100	19,2	76,8	Memenuhi
$\Sigma =$						240	960	
						1200		



Gambar 1. Grafik Rekayasa Blending Agregat Campuran

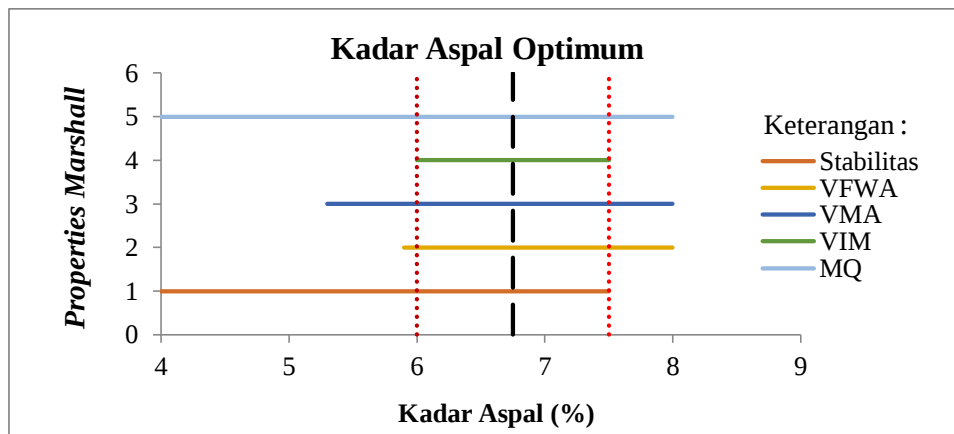
Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1, dengan menggunakan perbandingan 80% agregat baru dan 20% material perkerasan jalan lama, agregat telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018.

3.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Setelah dilakukan rekayasa blending kemudian dilakukan pembuatan benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum dengan variasi kadar aspal 4%, 6%, dan 8% dari total campuran, yaitu 1200 gr. Masing-masing kadar aspal dibuat 3 buah. Hasil perhitungan *Marshall* untuk menentukan kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal	Kode Uji	Properties Marshall					
		VIM	VMA	VFWA	Stabilitas	Flow	MQ
%	-	%	%	%	kg	mm	kg/mm
4	1	6,79	15,72	56,79	1204,80	3,12	386,16
	2	5,59	14,63	61,78	1211,12	3,15	384,48
	3	7,02	15,93	55,90	1840,88	3,10	593,83
	Rerata	6,47	15,43	58,16	1418,93	3,12	454,82
6	1	5,82	18,73	68,92	1627,63	3,00	542,54
	2	6,07	18,95	67,95	2117,63	2,95	717,84
	3	6,12	18,99	67,77	1724,15	3,05	565,29
	Rerata	6,01	18,89	68,21	1823,14	3,00	608,56
8	1	3,45	20,33	83,02	1390,61	3,05	455,94
	2	2,16	19,27	88,76	1341,17	3,20	419,11
	3	3,42	20,30	83,15	1473,41	3,15	467,75
	Rerata	3,01	19,96	84,98	1401,73	3,13	447,60



Gambar 2. Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO)

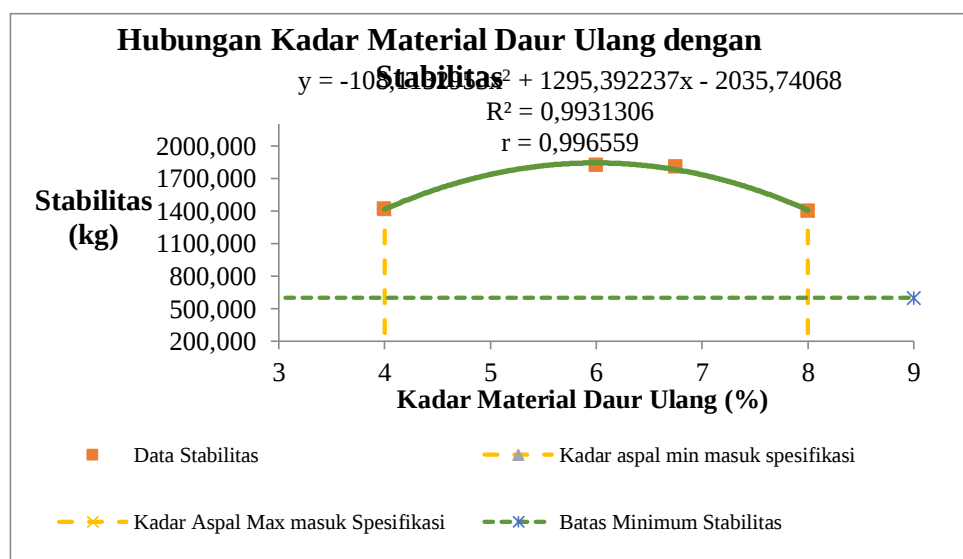
Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 2 didapatkan nilai kadar aspal minimum sebesar 6% dan nilai kadar aspal maksimum sebesar 7,5%, sehingga nilai kadar aspal optimum didapatkan sebesar 6,75%.

3.4 Mencari Nilai Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menahan beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Jalan yang digunakan untuk lalu lintas yang tinggi dan yang lebih dominan kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas yang tinggi. Hasil pengujian nilai stabilitas dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar grafik hubungan kadar material daur ulang dengan stabilitas dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai Stabilitas

Pengujian	Kadar Aspal (%)				Spesifikasi
	4	6	6,75	8	
Stabilitas (kg)	1418,930	1823,140	1807,140	1401,730	Min. 600 kg



Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Pada Gambar 3, didapatkan bahwa nilai stabilitas semakin tinggi hingga titik optimum, kemudian turun seiring penambahan kadar aspal material daur ulang. Nilai stabilitas pada kadar 4% sampai 8% telah memenuhi spesifikasi campuran *HRS-WC* yang ditetapkan oleh Bina Marga tahun 2018 yaitu minimal 600 kg. Berdasarkan persamaan regresi didapatkan nilai optimum pada $X = 5,99\%$ dan $Y = 1844,56$ kg. Koefisien korelasi didapatkan nilai r sebesar 0,997, hasil tersebut menunjukkan bahwa kekuatan hubungan antara kadar aspal material daur ulang dengan stailitas sangat kuat. Sedangkan koefisien determinasi sebesar 0,993, artinya bahwa sebesar 99,3% hasil stabilitas dipengaruhi oleh kadar material daur ulang dan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain.

3.5 Mencari Nilai Ketidakrataan atau *International Roughness Index*

IRI adalah indeks internasional yang menunjukkan besaran ketidakrataan permukaan jalan dalam satuan m/km. Untuk mencari nilai *IRI* digunakan metode *Sand Pacth Method* atau metode pengukuran volume dengan menggunakan berat. Besarnya volume pasir yang mengisi ketidakrataan pada benda uji didapatkan dari berat pasir otawa yang mengisi rongga benda uji dibagi dengan berat volume pasir otawa. Hasil pengujian nilai ketidakrataan atau *IRI* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai *IRI*

KAO	Sampel	Sisi	Volume dari Berat Pasir				Diameter Sampel	IRI
			Awal	Akhir	Berat Pasir pada Permukaan	Berat Volume Pasir Ottawa		
%	buah		gr	gr	gr	gram/cm ³	cm	m/km
6,75	1	atas	50	48	2,0	1,81	9,8	1,869
		bawah	50	47	3,0			
	2	atas	50	47	3,0			
		bawah	50	47	3,0			
	3	atas	50	48	2,0			
		bawah	50	48	2,0			

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa penggunaan material daur ulang dengan pemadatan *roller slab* menunjukkan nilai *IRI* pada benda uji telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan sebesar ≤ 4 m/km. Hal ini disebabkan seluruh campuran *HRS-WC* dapat menyatu dengan baik pada saat dipadatkan, sehingga dapat mengurangi tingkat ketidakrataan dan masuk dalam spesifikasi jalan kondisi baik.

3.6 Mencari Nilai Koefisien Relatif Bahan

Koefisien kekuatan relatif (a) merupakan kemampuan bahan (lapis perkerasan) dalam menjalankan fungsi sebagai bagian dari perkerasan. Untuk mencari nilai koefisien relatif bahan diperlukan nilai *Stiffness modulus* (S_{bit}) dan nilai *Stiffness modulus of the Mix* (S_{mix}).

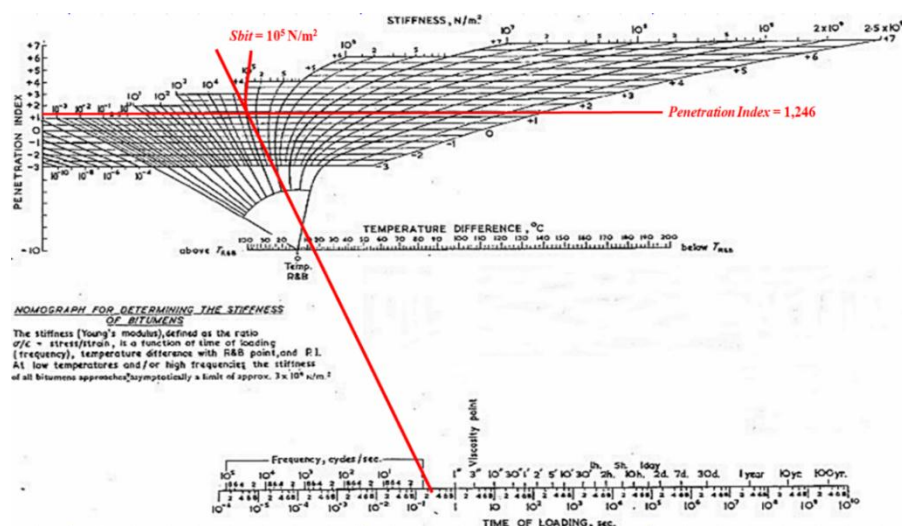
3.6.1 Penentuan Nilai Modulus Kekakuan Aspal (*Sbit*)

Untuk menghitung nilai *Sbit* diperlukan beberapa parameter, yaitu waktu pembebanan, *temperature difference*, dan *penetration index*. Pada penelitian ini, kecepatan yang digunakan sebesar 5 km/jam, 10 km/jam, dan 15 km/jam. Panjang lintasan diasumsikan dengan panjang telapak roda sebesar 35 cm. Beberapa parameter untuk menentukan nilai modulus kekakuan aspal dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Parameter Penentu Nilai *Sbit*

Jenis Limbah	Time of Loading (detik)			Temperature Difference	Penetration Index
	V (5)	V (10)	V (15)		
Aspal Daur Ulang	0,252	0,126	0,084	15,50	1,246

Pada perhitungan di atas, dapat dilihat lama waktu pembebanan dengan kecepatan 5 km/jam sebesar 0,252 detik, kecepatan 10 km/jam sebesar 0,126 detik, dan kecepatan 15 km/jam sebesar 0,084 detik. Kemudian dilakukan pembacaan Grafik Nomogram *Sbit* Van Der Poel. Grafik *Sbit* pada $V = 5$ km/jam dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Nomogram Van Der Poel untuk Menentukan Nilai *Sbit*

Pada pembacaan nomogram Van Der Poel di atas, diperoleh hasil *Sbit* yang dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil *Sbit*

Kadar Aspal Optimum (%)	Kecepatan (km/jam)	<i>Sbit</i> (N/m²)
6,75	5	1×10^5
	10	$1,5 \times 10^5$
	15	$2,3 \times 10^5$

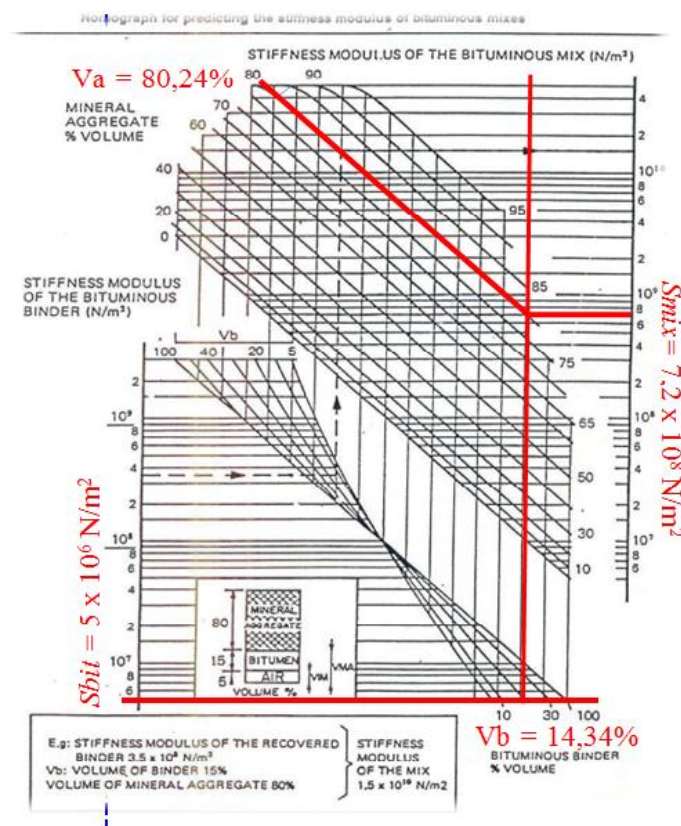
Setelah mendapatkan nilai *Sbit*, dapat dilihat bahwa nilai *Sbit* di atas lebih kecil dari batas minimal, maka nilai *Sbit* yang dipakai adalah 5×10^6 N/m².

3.6.2 Penentuan Nilai Modulus Kekakuan Campuran (S_{mix}) dan Nilai Koefisien Relatif Bahan (a)
 Untuk mencari nilai *Stiffness modulus of the Mix* (S_{mix}) menggunakan beberapa parameter antara lain nilai S_{bit} , volume aspal (V_b), dan volume agregat (V_g). Besarnya nilai V_b dan V_g pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Hasil v_b dan v_a

Kadar Aspal Optimum (%)	Volume Agregat (v_a) (%)	Volume Aspal (v_b) (%)
6,75	80,24	14,34

Nilai *Stiffness modulus of the Mix* (S_{mix}) diperoleh dengan pembacaan nomogram Shell yang dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



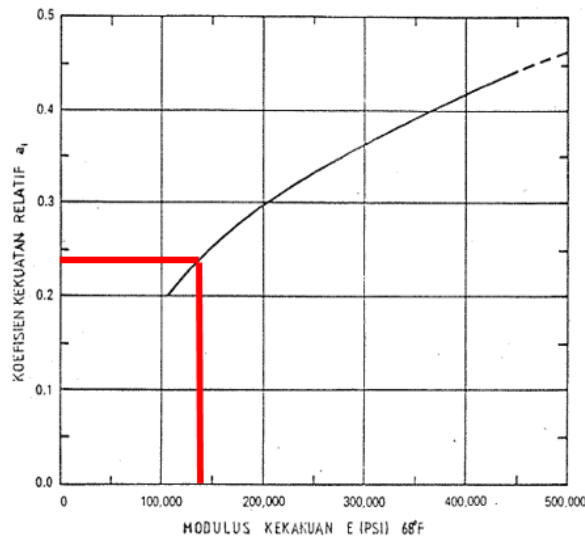
Gambar 5. Grafik Nomogram Shell untuk Mencari S_{mix}

Pada pembacaan nomogram Shell di atas, diperoleh hasil S_{mix} yang dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil *Stiffness Modulus of The Mix* (S_{mix})

Kadar Aspal Optimum (%)	S_{bit} (N/m^2)	S_{mix} (N/m^2)	(psi)
6,75	5000000	720000000	104427

Berdasarkan Tabel 9 dapat disimpulkan bahwa nilai *Stiffness modulus of the Mix (Smix)* material daur ulang sebesar $7,2 \times 10^8$ N/m² atau sama dengan 104427 psi. Setelah mendapatkan nilai *Smix*, untuk mencari nilai koefisien relatif (a) dengan parameter nilai *Smix* dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Grafik Nilai Koefisien Relatif Bahan (a)

Berdasarkan Gambar 6 dengan nilai *Smix* 104427 psi diperoleh nilai koefisien relatif bahan sebesar 0,240, sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan *roller slab* dengan material daur ulang pada campuran *HRS-WC* memiliki nilai kekuatan struktural.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

- 1) Berdasarkan pengujian stabilitas, diperoleh nilai stabilitas pada kadar aspal 4% sampai 8% telah memenuhi spesifikasi campuran *HRS-WC* yang ditetapkan oleh Bina Marga tahun 2018 yaitu minimal 600 kg. Berdasarkan persamaan regresi didapatkan nilai optimum pada $X = 5,99\%$ dan $Y = 1844,56$ kg. Koefisien korelasi didapatkan nilai r sebesar 0,997, sedangkan koefisien determinasi sebesar 0,993, artinya bahwa sebesar 99,3% hasil stabilitas dipengaruhi oleh kadar material daur ulang.
- 2) Nilai ketidakrataan atau *International Roughness Index* pada campuran *HRS-WC* didapatkan sebesar 1,869 m/km dengan spesifikasi nilai *IRI* maksimum sebesar 4 m/km dan masuk dalam spesifikasi jalan dengan kondisi baik
- 3) Hasil nilai koefisien relatif bahan diperoleh beberapa parameter nilai diantaranya nilai *Sbit* dan *Smix*. Pada hasil penelitian diperoleh nilai *Sbit* dengan kecepatan 5 km/jam sebesar 10^5 N/m², kecepatan 10 km/jam sebesar $1,5 \times 10^5$ N/m², dan kecepatan 15 km/jam sebesar $2,3 \times 10^5$ N/m². Sedangkan nilai *Smix* sebesar $7,2 \times 10^8$ N/m². Maka didapatkan nilai koefisien

relatif bahan (a) sebesar 0,24, sehingga penggunaan *roller slab* dengan material daur ulang pada campuran HRS-WC memiliki nilai kekuatan struktural.

4.2 Saran

- 1) Perlu adanya pemeriksaan pada alat sebelum digunakan agar tidak terjadi kendala saat melakukan penelitian.
- 2) Pada saat pengujian *Marshall Test*, saat kedua cincin pengujian sudah menempel, maka alat harus segera dimatikan agar proofing ring tidak rusak.
- 3) Diharapkan untuk lebih teliti saat pembacaan nomogram Van Der Poel dan nomogram Shell agar tidak salah dalam pembacaan hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (1982). “*Standart Spesification For Transportation Materials and Method of Sampling and testing. Part II, Specification*” 13th Edition, Washington, D.C.
- Al-Riza, Ardan’s. (2020). “*Komparasi Pemadatan Alat Pemadat Roller Slab dengan Marshall Hammer pada Campuran AC-WC Ditinjau dari Aspek Workabilitas dan Properties Marshall*”
- Aries. (2009). “*Alat Pemadat Roller Slab (APRS)*”. *Jurnal Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Bina Marga. (2018). “*Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal. Direktorat Jendral Bina Marga*”. Departemen Pekerjaan Umum.
- Batubara, A.M. (2018). “*Studi Korelasi antara Internastional Roughness Index (IRI) dan Surface Distress Index (SDI) pada Permukaan Perkerasan (Studi Kasus:Beberapa Jalan di Kota Medan, Sumatera Utara)*”
- Pradani, Novita dan Hendra Setiawan. (2013). “*Analisis Sifat Fisik Material Perkerasan Jalan Hasil Daur Ulang*”. *Jurnal Infrastruktur, Vol.3, No. 2*.
- Pratama, Panji Kukuh. (2020). “*Komparasi Pemanfaatan Limbah Plastik dan Limbah Karet Sebagai Campuran AC-WC Ditinjau dari Mean Texture Depth, Marshall Properties, dan Stiffness Modulus*”
- Rum Harnaeni, Senja. Endah Kirnawan, Pancar. 2013. “*Tinjauan Void Canpuran Aspal Yang Dipadatkan Menggunakan Alat Pemadat Roller Slab (APRS) Dan Stamper*
- Shell Bitumen. (2003). *The Shell Bitumen Handbook*. London. UK.
- Van der Poel C. (1954). *Proceedings of 1st international congress of rheology*. Vol 2. Butterworth's Scientific Publications, London.