

## **BAB 1**

### **Pendahuluan**

Jalan raya merupakan prasarana transportasi yang sangat berpengaruh dalam mewujudkan kesejahteraan masyarakat dan pertumbuhan ekonomi. Oleh karena itu peran jalan sangatlah strategis, pemerintah senantiasa melakukan pembangunan maupun perbaikan jalan setiap tahunnya. Penggunaan material baru jika dilakukan terus menerus tentunya akan menyebabkan kerusakan lingkungan dan kelangkaan material. (Permadi *et all*, 2015). Material bongkaran cenderung menjadi limbah dan tidak dimanfaatkan secara optimal. (H Maryam *et all*, 2018). Opsi selanjutnya adalah dengan pemanfaatan material daur ulang untuk bisa digunakan dalam mengurangi penggunaan agregat baru. (Permadi *et all*, 2015).

Terkait dengan pemanfaatan material lama salah satu upaya untuk memperbaiki karakteristik campuran beraspalnya adalah dengan menambahkan bahan tambah. (Prabudi & Kosim 2015). Fungsi aspal sebagai bahan pengikat dapat ditingkatkan dengan menggunakan bahan tambah berupa karet ban bekas yang berupa serbuk. (Rini *et all*). Serbuk ban bekas yang diperoleh dari vulkanisir ban karet memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam campuran aspal, serbuk ban bekas ini memiliki harga yang relatif murah (Oktaviastuti *et all*, 2020).

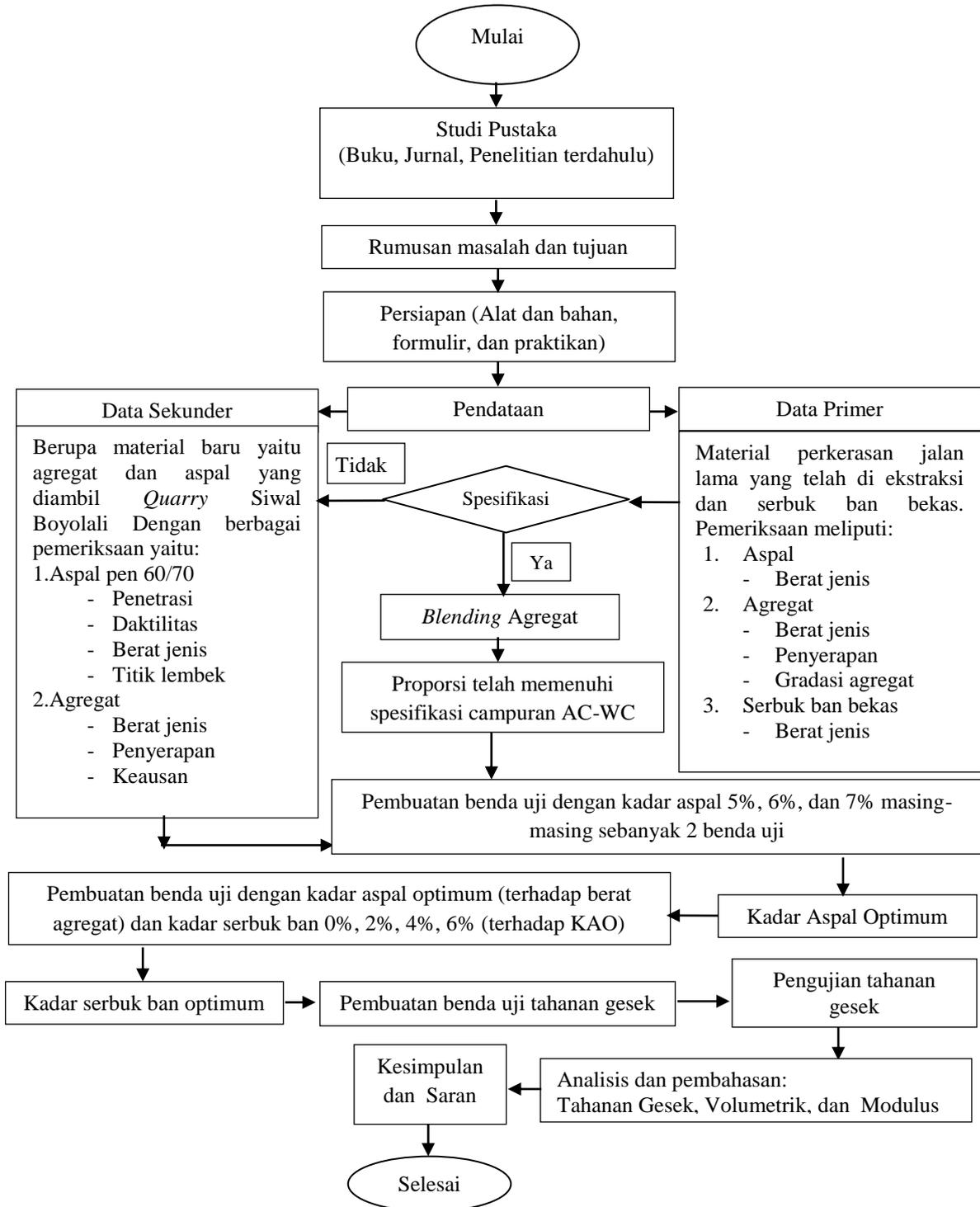
Hampir sebagian besar jalan di Indonesia menggunakan perkerasan lentur (*flexible pavement*) karena lebih nyaman bagi pengguna jalan. Teknis pencampuran yang paling sering digunakan adalah campuran aspal panas atau *Hot Mix Asphalt*. Salah satu jenis campuran aspal panas adalah *Asphalt Concrete - Wearing Course (AC- WC)*. Lapisan AC-WC ini merupakan lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, lapisan yang tahan terhadap cuaca, kedap air, dan memiliki kekesatan yang diisyaratkan dengan tebal nominal minimum 4 cm (Bina Marga, 2018).

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui presentase material perkerasan jalan lama dan material baru untuk pembuatan campuran beraspal AC-WC yang ditambah dengan bahan *additive* berupa serbuk karet ban.

## BAB-2

### Metode

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Perkerasan dan Transportasi Jalan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta dan Laboratorium Balai Bahan Jalan Bandung. Untuk lebih jelasnya langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Bagan Alir Penelitian

## BAB-3

### Hasil dan Pembahasan

#### a. Hasil Pemeriksaan Material

Tujuan pemeriksaan material adalah untuk mengetahui kualitas dari material yang akan digunakan untuk penelitian. Pengujian aspal, agregat kasar, agregat medium, dan agregat halus menggunakan data sekunder dari AMP PT. Selo Progo Sakti sedangkan pengujian material perkerasan jalan lama menggunakan data primer. Setiap pengujian memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018, sehingga material dapat digunakan sebagai penyusun campuran panas.

Data primer merupakan data yang diambil dari pengujian langsung di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta oleh penulis. Material yang digunakan adalah perkerasan jalan lama yang diambil dari Jalan Sambungmacan, Sragen yang kemudian dilakukan uji ekstraksi untuk mengetahui kadar aspal yang terkandung dalam material lama. Agregat yang telah terpisah dengan aspal kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah memenuhi spesifikasi yang ditentukan/ tidak. Berikut adalah tabel hasil pengujian perkerasan jalan lama:

Tabel 1. Hasil Pengujian Ekstraksi

No.	Jenis Bahan Percobaan	Berat	
		1	2
1	Berat sample	500	gr
2	Berat kerucut kosong	305	gr
3	Berat kertas saring	2	gr
4	Berat kerucut 1 + kertas saring 1 + sample (sebelum diuji)	807	gr
5	Berat kerucut 2 + kertas saring 2 (sebelum diuji)	285	gr
6	Berat kerucut 1 + kertas saring 1 + sample ( setelah diuji )	782	gr
7	Berat kerucut 2 + kertas saring 2 + endapan ( setelah diuji)	285,97	gr
8	Berat sample (setelah diuji)	475	gr
9	Berat endapan	0,97	gr
10	Kadar bitumen $1 - ((8+9)/1)*100\%$	4,81	%

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa aspal yang terkandung dalam perkerasan jalan lama adalah sebesar 4,81%.

## b. Hasil Pengujian Gradasi Perkerasan Jalan Lama

Hasil pengujian gradasi perkerasan jalan lama dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil pengujian Analisa Saringan Perkerasan Jalan Lama

Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Jumlah Berat Tertinggal (gr)	Persen Jumlah Tertinggal (%)	Persen Lolos (%)	Keterangan
19,1	0	0	0	100	Memenuhi
12,5	19,2	19,2	5,33	94,67	Memenuhi
9,5	16,4	35,6	9,89	90,11	Tidak Memenuhi
4,75	64	99,6	27,67	72,33	Tidak Memenuhi
2,36	38,4	138	38,33	61,67	Tidak Memenuhi
1,18	22,4	160,4	44,56	55,44	Tidak Memenuhi
0,6	22,4	182,8	50,78	49,22	Tidak Memenuhi
0,3	28,4	211,2	58,67	41,33	Tidak Memenuhi
0,15	24	235,2	65,33	34,67	Tidak Memenuhi
0,075	4,4	239,6	66,56	33,44	Tidak Memenuhi
Pan	0,4	240	66,67	33,33	Tidak Memenuhi
$\Sigma =$	240				

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa ada beberapa distribusi agregat yang belum memenuhi spesifikasi, sehingga dilakukan rekayasa blending, yaitu dengan menambahkan agregat baru pada setiap ukuran saringan dengan jumlah total agregat adalah 1200 gr. Penambahan agregat ini disesuaikan dengan distribusi agregat spesifikasi AC-WC batas tengah. Penambahan agregat baru dilakukan dengan cara coba-coba dengan presentase agregat baru 60%, 70%, dan 80%. Pada penambahan agregat baru 60% dan 70%, nilai Stabilitas dan Flow tidak memenuhi spesifikasi maka presentase yang digunakan untuk penambahan agregat baru adalah 80%. Berikut tabel perbandingan agregat baru dan material perkerasan jalan lama:

Setelah didapat perbandingan agregat baru dan perkerasan jalan lama, kemudian dilakukan rekayasa blending agregat hingga memenuhi spesifikasi AC-WC batas tengah. Tabel dan gambar rekayasa blending dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3.

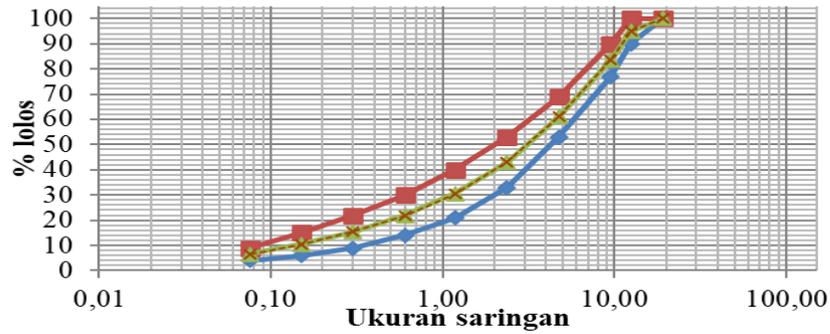
Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 3, dengan menggunakan perbandingan 80% agregat baru dan 20% material perkerasan jalan lama, agregat memenuhi spesifikasi yang digunakan, sehingga dapat dilakukan pembuatan benda uji.

Tabel 3. Perbandingan 80% Agregat Baru dan 20% Material Perkerasan Jalan lama

Ukuran	ASTM	Pesen Agregat Lolos				Agregat Tertahan			
		Batas Atas	Batas Tengah	Batas Bawah	Lolos Kumulatif	Lolos	Berat	Berat Material Daur Ulang (20%)	Berat Agregat Baru (80%)
		%	%	%	%	%	gr	Gr	gr
19	¾"	100	100	100	0	0	0	0	0
12.5	1/2"	100	95	90	5	5	60	12	48
9.5	3/8"	90	83.5	77	16.5	11.5	138	27.6	110.4
4.75	No. 4	69	61	53	39	22.5	270	54	216
2.36	No. 8	53	43	33	57	18	216	43.2	172.8
1.18	No. 16	40	30.5	21	69.5	12.5	150	30	120
0.6	No/ 30	30	22	14	78	8.5	102	20.4	81.6
0.3	No. 50	22	15.5	9	84.5	6.5	78	15.6	62.4
0.15	No. 100	15	10.5	6	89.5	5	60	12	48
0.075	No. 200	9	6.5	4	93.5	4	48	9.6	38.4
Pan		0	0	0	100	6.5	78	15.6	62.4

Tabel 4. Rekayasa Blending Agregat Campuran

Ukuran Saringan (mm)	Berat Awal Agregat (gr)	Tambahan Agregat (gr)	Berat Tertinggal (gr)	Kumulatif Tertinggal (gr)	Persen Jumlah Tertinggal (%)	Persen Lolos (%)	Keterangan
19,1	0	0	0	0	0	100	Memenuhi
12,5	19,2	40,8	60	60	5	95	Memenuhi
9,5	16,4	121,6	138	198	16,5	83,5	Memenuhi
4,75	64	206	270	468	39	61	Memenuhi
2,36	38,4	177,6	216	684	57	43	Memenuhi
1,18	22,4	127,6	150	834	69,5	30,5	Memenuhi
0,6	22,4	79,6	102	936	78	22	Memenuhi
0,3	28,4	49,6	78	1014	84,5	15,5	Memenuhi
0,15	24	36	60	1074	89,5	10,5	Memenuhi
0,075	4,4	43,6	48	1122	93,5	6,5	Memenuhi
Pan	0,4	77,6	78	1200	100	0	Memenuhi
Σ =	240	960					



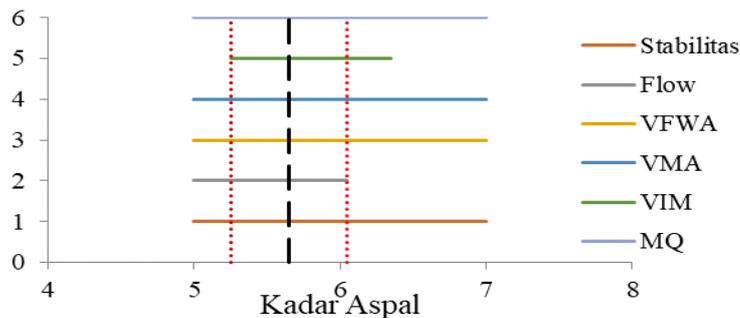
Gambar 3. Grafik Rekayasa Blending Agregat Campuran

### c. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Setelah dilakukan rekayasa blending kemudian dilakukan pembuatan benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum dengan variasi kadar aspal 5%, 6%, dan 7% dari total campuran, yaitu 1200 gr. Masing-masing kadar aspal dibuat 2 buah. Hasil perhitungan Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal	Kode Uji	VIM	VMA	VFWA	Stabilitas	Flow	MQ
%	-	%	%	%	kg	mm	kg/mm
5	1	6,02	16,98	64,52	934,83	3,38	276,58
	2	5,10	16,17	68,43	1037,45	2,35	441,47
	<b>Rerata</b>	<b>5,56</b>	<b>16,57</b>	<b>66,48</b>	<b>986,14</b>	<b>2,86</b>	<b>359,02</b>
6	1	3,74	16,92	77,88	1005,65	3,95	254,59
	2	3,60	16,80	78,57	1184,35	3,77	314,15
	<b>Rerata</b>	<b>3,67</b>	<b>16,86</b>	<b>78,23</b>	<b>1095,00</b>	<b>3,86</b>	<b>284,37</b>
7	1	1,60	16,99	90,57	829,60	7,98	103,96
	2	1,87	17,21	89,15	880,64	8,07	109,12
	<b>Rerata</b>	<b>1,73</b>	<b>17,10</b>	<b>89,86</b>	<b>855,12</b>	<b>8,02</b>	<b>106,54</b>



Gambar 4. Grafik Kadar Aspal Optimum

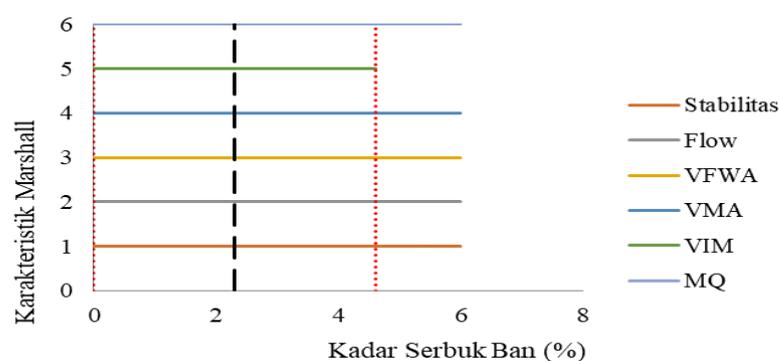
Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 4 didapatkan nilai kadar aspal minimum sebesar 5,25% dan nilai kadar aspal maksimum sebesar 6,05%, sehingga nilai kadar aspal optimum didapatkan sebesar 5,65%.

#### d. Penentuan Kadar Serbuk ban Optimum

Setelah mendapatkan nilai kadar aspal optimum, kemudian dilakukan pembuatan benda uji dengan mencampurkan serbuk ban dengan aspal. Variasi kadar serbuk ban yang digunakan adalah 0%, 2%, 4%, dan 6% dari berat total aspal. Kemudian dilakukan pengujian Marshall Test, dan didapatkan hasil pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Penentuan Kadar Serbuk Ban Optimum

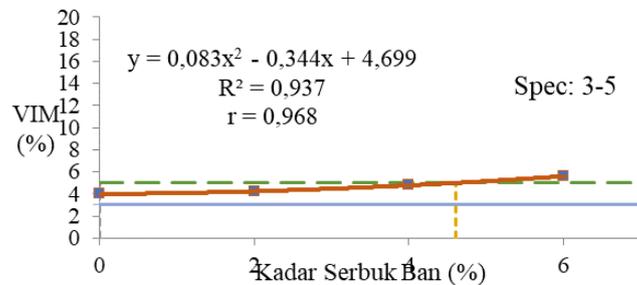
Kadar Ban	Kode Uji	VIM	VMA	VFWA	Stabilitas	Flow	MQ
%	-	%	%	%	kg	mm	kg/mm
0	1	4,92	17,51	70,36	1353,76	2,80	483,48
	2	4,58	17,43	70,75	1511,60	2,88	524,86
	<b>Rerata</b>	<b>4,00</b>	<b>16,01</b>	<b>76,00</b>	<b>1432,68</b>	<b>2,84</b>	<b>504,17</b>
2	1	4,35	17,01	74,45	728,86	1,63	447,15
	2	4,01	16,72	76,03	2461,56	2,86	860,69
	<b>Rerata</b>	<b>4,18</b>	<b>16,86</b>	<b>75,24</b>	<b>1595,21</b>	<b>2,25</b>	<b>653,92</b>
4	1	5,24	18,02	70,92	1829,02	1,90	962,64
	2	4,40	17,30	74,53	1590,25	2,16	736,22
	<b>Rerata</b>	<b>4,82</b>	<b>17,66</b>	<b>72,73</b>	<b>1709,63</b>	<b>2,03</b>	<b>849,43</b>
6	1	5,48	18,45	70,33	1921,55	2,30	835,45
	2	5,68	18,63	69,51	1133,70	1,80	629,83
	<b>Rerata</b>	<b>5,58</b>	<b>18,54</b>	<b>69,92</b>	<b>1527,62</b>	<b>2,05</b>	<b>732,64</b>



Gambar 5. Grafik Kadar Serbuk Ban Optimum

Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 5 didapatkan nilai kadar serbuk ban minimum sebesar 0% dan nilai kadar serbuk ban maksimum sebesar 4,6% sehingga nilai kadar aspal optimum sebesar 2,3%.

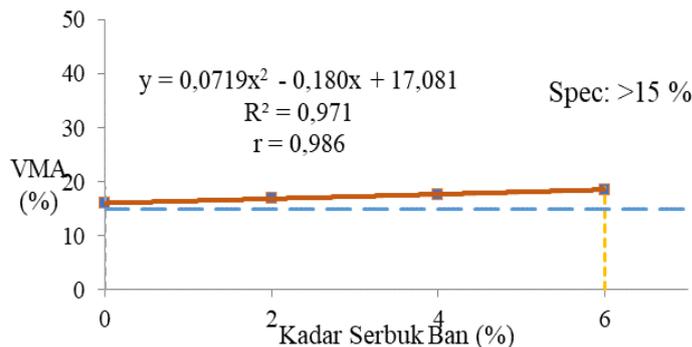
**e.Pengaruh Penambahan *Additive* pada Nilai VIM terhadap KSO**



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Kadar Serbuk Ban dengan VIM

Berdasarkan Gambar 6 di atas dapat dilihat bahwa nilai VIM pada kadar 6% yaitu 5,58% > 5% tidak memenuhi spesifikasi. Berdasarkan persamaan regresi yang didapatkan nilai optimum X = 6% dan Y = 5,58 %. Didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar  $r = 0,968$ , nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara kadar serbuk ban dengan nilai VIM sangat kuat. Koefisien determinasi didapatkan nilai  $R^2 = 0,937$ , yang berarti bahwa 93,7% hasil VIM dipengaruhi oleh kadar serbuk ban dan sisanya dipengaruhi oleh variabel lainnya.

**f.Pengaruh Penambahan *Additive* pada Nilai VMA terhadap KSO**

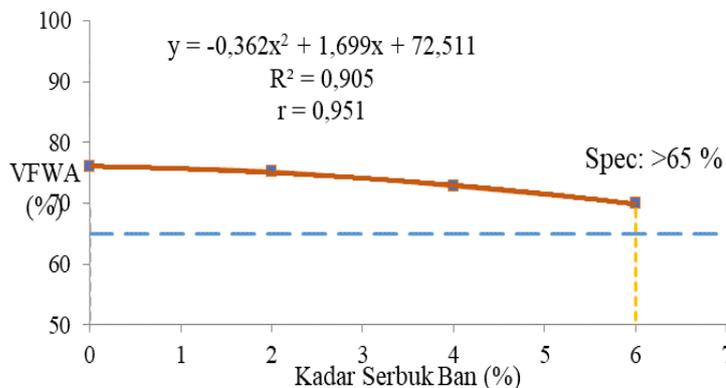


Gambar 7. Grafik Hubungan antara Kadar Serbuk Ban dengan VMA

Berdasarkan Gambar 7 di atas, nilai VMA untuk setiap penambahan kadar ban lebih dari 15% artinya memenuhi spesifikasi. Berdasarkan persamaan regresi yang didapatkan nilai optimum X = 6% dan Y = 18,54 %. Didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar  $r = 0,986$ , nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara kadar serbuk ban dengan nilai VMA sangat kuat. Koefisien

determinasi didapatkan nilai  $R^2 = 0,971$  yang berarti bahwa 97,1% hasil VMA dipengaruhi oleh kadar serbuk ban dan sisanya dipengaruhi oleh variabel lainnya.

**g. Pengaruh Penambahan Additive pada Nilai VFWA terhadap KSO**



Gambar 8. Grafik Hubungan antara Kadar Serbuk Ban dengan VFWA

Berdasarkan Gambar 8 di atas, nilai VFWA untuk setiap penambahan kadar ban lebih dari 65% artinya memenuhi spesifikasi. Nilai VFWA semakin menurun seiring dengan bertambahnya kadar serbuk ban. Berdasarkan persamaan regresi yang didapatkan nilai optimum  $X = 6\%$  dan  $Y = 76\%$ . Didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar  $r = 0,951$ , nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara kadar serbuk ban dengan nilai VIM sangat kuat. Koefisien determinasi didapatkan nilai  $R^2 = 0,905$ , yang berarti bahwa 90,5% hasil VFWA dipengaruhi oleh kadar serbuk ban dan sisanya dipengaruhi oleh variabel lainnya.

**h. Analisa Penambahan Serbuk Ban terhadap Tahanan Gesek**

Alat yang digunakan untuk uji tahanan gesek adalah British Pendulum Tester (BPT), untuk mengukur gesekan dari permukaan perkerasan jalan. Benda uji yang digunakan berjumlah 4 buah dengan ukuran 10 x 15 cm. Penelitian ini tidak menggunakan variasi suhu, maka angka koreksinya +1. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Pengujian Nilai Tahanan Gesek

No	Pembacaan kekesatan (BPN)					Rata-rata	Nilai BPN
	1	2	3	4	5		
1	89	90	93	82	81	87	88
2	86	80	93	93	93	89	90
3	97	97	97	97	97	97	98
4	72	86	85	92	84	83,8	85
						Rerata	90,25

Berdasarkan Tabel 9 dapat dilihat bahwa nilai tahanan gesek rata-rata dari keempat sampel adalah  $90,25 > 55$  BPN yang artinya cukup memadai. Dimana nilai tahanan gesek maksimum adalah 98 BPN dan nilai minimum 85 BPN

### **i. Mencari Nilai Modulus Kekakuan**

Modulus kekakuan merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui besarnya nilai struktural jalan atau nilai konstruksi. Untuk menentukan nilai modulus kekakuan, penelitian ini menggunakan pendekatan empiris dengan bantuan nomogram. Parameter yang digunakan untuk menentukan besarnya nilai modulus kekakuan campuran adalah, *time of loading*, *temperature difference*, *penetration index*, *bitumen volume (vb)*, dan *mineral aggregate volume (va)*.

### **j. Penentuan Nilai Modulus Kekakuan Aspal (Sbit)**

Komponen untuk menentukan nilai modulus kekakuan aspal dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut:

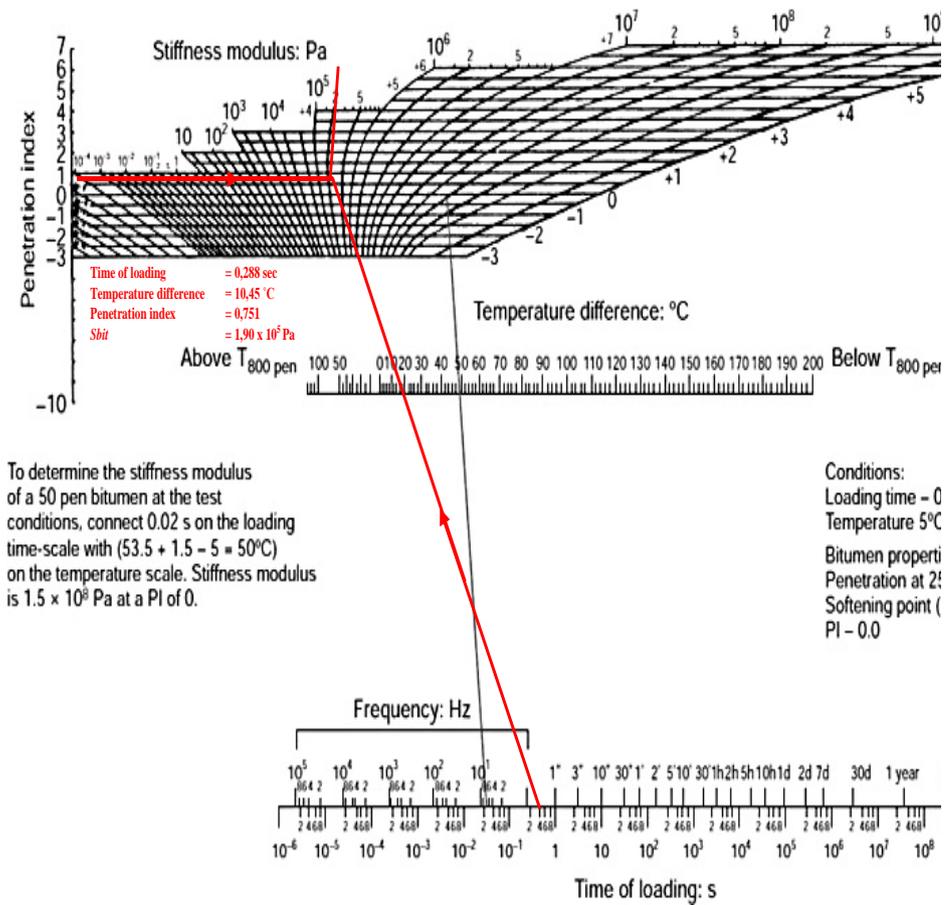
Tabel 8. Variabel Penentu Sbit

Jenis	Time of Loading (detik)			Temperature Difference	Penetration Index
	V (5)	V (10)	V (20)		
Limbah				©	
Serbuk					
Ban	0,288	0,144	0,072	10,45	0,751

Untuk menghitung waktu pembebanan, kecepatan yang digunakan adalah 5 km/jam, 10 km/jam, dan 20 km/jam karena mengasumsikan kecepatan minimal/rata-rata kendaraan dengan beban tonase yang besar di daerah simpang sebesar itu. Pada kecepatan 5 km/jam dengan panjang tapak roda 40 cm, waktu pembebanannya adalah 0,288 detik, dan seterusnya.

Setelah semua komponen untuk mencari Sbit didapat, kemudian memasukkan ketiga komponen tersebut ke dalam Grafik Nomogram Sbit Van Der Poel. Grafik Sbit pada  $V = 5$  km/jam dapat dilihat pada Gambar 9.

Nilai *Sbit* pada kecepatan 10 km/jam dan 20 km/jam dicari dengan menggunakan langkah yang sama. Besarnya nilai *Sbit* dapat dilihat pada Tabel 9.



Gambar 9. Grafik Nomogram untuk Menentukan Nilai Modulu Kekakuan Aspal (Sbit)

Tabel 9. Hasil Sbit pada Kadar Serbuk Ban Optimum

Kadar Serbuk Ban Optimum (%)	Kecepatan (km/jam)	Sbit (N/m <sup>2</sup> )
2,3	5	1,90 x 10 <sup>5</sup>
	10	3,35 x 10 <sup>5</sup>
	20	5,80 x 10 <sup>5</sup>

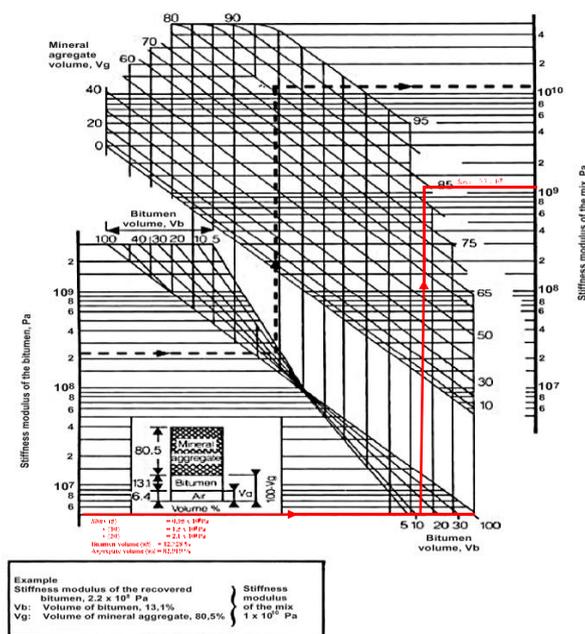
#### k. Penentuan Nilai Modulus Kekakuan Campuran (Smix)

Berdasarkan nilai Sbit yang sudah didapat, maka bisa dicari besarnya nilai modulus kekakuan campuran dengan menggunakan parameter nilai Sbit, Bitumen volume (vb), dan Mineral aggregate volume (va). Hasil Pengujian Volumetrik Aspal Serbuk Ban dengan menggunakan rumus interpolasi dapat dicari besarnya nilai va dan vb pada kadar serbuk ban optimum yang dapat dilihat pada Tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil  $v_b$  dan  $v_a$  Kadar Serbuk Ban Optimum

Kadar Serbuk Ban Optimum (%)	Volume	
	Agregat ( $v_a$ ) (%)	Volume Aspal ( $v_b$ ) (%)
2	83,137	12,687
2,3	83,018	12,709
4	82,343	12,835

Besarnya nilai modulus kekakuan campuran kemudian dicari dengan menggunakan parameter tersebut pada Grafik Nomogram Shell 1977 untuk mencari  $S_{mix}$  dapat dilihat pad Gambar 10 sebagai berikut:



Gambar 10. Grafik Nomogram Shell 1977 untuk Mencari  $S_{mix}$  Serbuk Ban Hasil nilai modulus kekakuan campuran ( $S_{mix}$ ) Serbuk Ban dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. *Stiffness Modulus of The Mix ( $S_{mix}$ )* Serbuk ban

Kadar Serbuk Ban Optimum (%)	Kecepatan (km/jam)	$S_{mix}$ (N/m <sup>2</sup> )
2,3	5	$0,3 \times 10^9$
	10	
	20	

Berdasarkan Tabel 13 tersebut dapat dilihat bahwa nilai modulus kekakuan campuran serbuk ban sebesar  $0,3 \times 10^9$  (N/m<sup>2</sup>).

## **BAB-4**

### **Kesimpulan dan Saran**

#### **Kesimpulan**

Berdasarkan analisis data dan pembahasan terhadap penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian tahanan gesek empat benda uji dengan hasil KSO yaitu 2,3% didapat nilai tahanan gesek rata-rata 90,25 BPN > 55 BPN yang artinya nilai Skid Resistance / tahanan gesek material tersebut dikatakan cukup memadai.
2. Mengetahui nilai volumetrik dengan penambahan additive serbuk ban pada campuran AC-WC yaitu:
  - a. Semakin banyak kadar serbuk ban yang digunakan nilai VIM semakin besar.
  - b. Nilai VMA semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar serbuk ban.
  - c. Nilai VFWA menurun seiring dengan bertambahnya kadar serbuk ban.Feomena ini perlu dijaga tatkala kadar aditif yang bertambah bisa menjadi batasan / konstrain pemakaian karena berimplikasi terhadap VIM yang besar atau VFWA yang kecil demikian juga nilai VMA, sehingga mutu bahan menjadi menurun.
3. Hasil perhitungan nilai modulus kekakuan campuran dengan kadar serbuk ban optimum sebesar  $0,3 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ . Nilai modulus kekakuan juga bisa diartikan sebagai nilai struktural bahan jalan atau nilai konstruksi jalan.

#### **Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan peneliti membuat saran sebagai berikut:

1. Adanya masa pandemi Covid-19, menyebabkan penelitian menjadi lama / molor karena harus menunggu laboratorium yang di kampus dan Lit-Bang Laboratorium Jalan Raya Bandung sampai buka lockdown.
2. Saat mixing dan pemanasan serbuk ban karet relatif agak susah meleleh ketika pemanasan (butuh suhu tinggi dan waktu lama) untuk bisa menyatu secara homogen ketika dicampur dengan aspal.

## DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 1982. Standart Spesification For Transportation Materials and Method of Sampling and testing. Part II, Specification, 13th Edition, Washington, D.C.
- AASHTO. 1986. Guide For Design of Pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials. 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.
- Asphalt Institute. 1982. Research and Development of the Asphalt Institute's Thickness Design Manual. (MS-1), RR-82-2. Maryland. USA
- Bina Marga. 1983. Manual Pemeliharaan.
- Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal. Direktorat Jendral Bina Marga. Departemen Pekerjaan Umum.
- Bonnaure F, Gest G, Gervois A, Uge P. 1977. Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1999. Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak. Pedoman Teknis No. 025/T/BM/1999, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Faroz, Ricksan Rachdianan & Herman. 2017. Studi Pengaruh Temperatur terhadap Modulus Kekakuan Campuran Menggunakan Aspal Berpolimer BituBale. Raka Racana Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, No. 4, Vol. 3.
- Kasan, Muhammad. Studi Karakteristik Volumetrik Campuran Beton Aspal Daur Ulang. SMARTEK.
- Kennedy, T.W. (2000). Characterization of Asphalt Pavement Material Using the Indirect Tensile Strength. Proceeding Association of Asphalt Paving Technology, Volume 46. Center for Transportation Research The University of Texas, San Antonio, USA.
- Khairani Cut, Sofyan M. Saleh, Sugiarto Sugiarto. 2018. Uji Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Dengan Tambahan Parutan Ban Bekas. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala.
- Maryam H. St, Lambang Basri, Muh Hamdan. 2018. Analisis Formulasi Pemanfaatan Material Daur Ulang Untuk Campuran Aspal Beton. OSF Preprints.
- Mashuri & Batti. 2011. Pemanfaatan Material Limbah Pada Campuran Panas. Makalah Ilmiah Teknik Sipil. (3): 204-212.
- Nurdin Bukit dan Erna Frida. 2011. Pengolahan Ban Bekas Berwawasan Lingkungan Menjadi Bahan Bumper Pada Outomotif. Jurnal Teknologi Indonesia, 34, 123– 131.

- Oktaviastuti, Blima & Leliana, A. 2020. Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Ban Bekas Pada Konstruksi Hotrolled Sheet-Wearing Course. *REKAYASA: JURNAL SIPIL*, 5(1), 7-12.
- Oktaviastuti, Blima, Handika Setya Wijaya, Prana Indrawan. 2017. Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Bekas Untuk Bahan Tambah Campuran ATB (Asphalt Treated Base). *Jurnal Reka Buana* Volume 3 No 1.
- Permadi, Muhammad Rizal, et all. 2015. Pengaruh Penggunaan Material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai Material Penyusun Terhadap Karakteristik Campuran Beraspal Baru AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Volume 4, Nomer 4.
- Prabudi, Darma & Kosim. 2015. Pengaruh Kinerja Penambaha Karet Ban Bekas Sebagai Substitui Pengganti Campuran Beraspal Daur Ulang Pada Lapis Permukaan Atas. *Pilar Jurnal Teknik Sipil*, Volume 12, No. 2. Halaman 63
- 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.
- Putra RASS, A Setyawan, dan F P Pramesti. 2020. The Effect of Vehicle Speed On the Stiffness Modulus of Conventional Asphalt and Bioasphalt.
- Putra, Audy Dwi, Sigit Pranowo H, dan Raden Jachrizal Sumabrata. 2019. Kinerja Ketahanan Selip Terhadap Perubahan Suhu Perkerasan Aspal Daur Ulang Campuran Panas Dengan Tambahan Karet Remah. *Prosiding Konferensi AIP 2114*, 040012.
- Rini, Tiara Kusuma, et all. Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban terhadap Kuat Tekan Marshall pada Campuran Beton Aspal.
- Roberts, F.L., Kandhal, P. S., Brown, E. R., Lee, D., and Kennedy, T. W. 1991. *Hot-Mix Asphalt Materials, Mix Design, and Construction*. NAPA Education Foundation, Lanham, Maryland.
- Saptoyo, Aji. 2011. Evaluasi Nilai Kekesatan Permukaan (Skid Resistance) Aspal Beton dengan Perbedaan Indeks Penetrasi Akibat Perubahan Temperatur Permukaan. *Skripsi*. Universitas Indonesia
- Shell Bitumen. 2003. *The Shell Bitumen Handbook*. London. UK.
- Sjahdanulirwan, M. dan A. Tatang Dachlan. 2013. Kajian Kekesatan Permukaan Perkerasan Jalan Beton Aspal, Beton Semen, dan Beton Karet. *Jurnal Jalan-Jembatan*, Vol. 30, No. 3, 152-163.
- SNI. 2008. Cara Uji Kekesatan Permukaan Perkerasan Menggunakan Alat British Pendulum Tester (BPT)
- Van der Poel C. 1954. *Proceedings of 1st international congress of rheology*. Vol 2. Butterworth's Scientific Publications, London.
- Yuniarti Ratna & Desi Widianty. 2018. Tinjauan Terhadap Sifat Volumetric Campuran Beton Aspal Berdasarkan Distribusi Ukuran Agregat. *Jurnal Spektrum*. 5 (2) Halaman 99.