

BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengujian Sifat Fisik Material

Dari penelitian yang dilakukan pada laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng tirtayasa diperoleh data hasil pemeriksaan terhadap agregat kasar, agregat halus, ekstrasi RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) di peroleh dari salah satu ruas jalan Nasional di Indonesia yaitu di jalan Nasional Karawang, dan benda uji aspal sebagai berikut.

5.1.1 Agregat

Agregat yang digunakan berasal dari daerah Cilegon, Banten, agregat nya meliputi split, screening dan abu batu. Pengujian material agregat meliputi berat jenis, keausan (los angeles) analisa saringan dan kadar lumpur.

Tabel 5.1 Hasil pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian		Hasil Split	Spesifikasi	Metode Pengujian
Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	BJ Bulk	2,503	Min. 2,5	SNI-1969-2016
	BJ SSD	2,569		
	BJ Apparent	2,679	Max.3%	
	Absorption	2,630		
Pengujian Keausan Agregat Kasar		19,24	Max.40%	SNI-2417-2008
Kadar Lumpur Agregat		0,4375	Max. 1%	SNI ASTM C117-2012

Sumber: Hasil Pengujian, 2024

a. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian terhadap berat jenis dan penyerapan agregat kasar berdasarkan SNI 1969-2016 yang di lakukan sebanyak 2 kali pada masing-masing agregat kasar Split dan *Screening*. Dari hasil rata-rata pengujian berat jenis yang ditabulasi pada Tabel 5.1. terlihat hasil dari pengujian berat jenis mendapatkan hasil untuk berat jenis bulk $2,503 \text{ gr/cm}^3$, berat jenis ssd $2,569 \text{ cm}^3$, dan berat jenis apparent $2,679 \text{ gr/cm}^3$. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan agregat telah sesuai dengan spesifikasi yang diisyaratkan yaitu minimal $2,5 \text{ gr/cm}^3$. Agregat dengan berat

jenis yang kecil mempunyai volume yang besar maka dari itu dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak.

Gambar 5.1 Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar



Sumber: Analisis Penulis, 2024

b. Pengujian Penyerapan Agregat Kasar

Pada Tabel 5.1 didapatkan hasil pengujian penyerapan agregat kasar berdasarkan metode pengujian SNI 1969-2008 masing-masing untuk split dan screening yaitu. Dari hasil yang di dapat sudah memenuhi dengan spesifikasi yang disyaratkan yaitu 2,630%. Dari hasil yang di dapat sudah memenuhi dengan spesifikasi yang disyaratkan yaitu maksimal 3%. Penyerapan agregat tidak boleh melebihi dari 3% karena semakin tinggi besar nilai penyerapan maka agregat tersebut memiliki sifat porositas serta untuk mengurangi pelemahan antar ikatan aspal dengan agregat.

Gambar 5.2 Pengujian Penyerapan Agregat Kasar



Sumber: Analisis Penulis, 2024

c. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Ketahanan agregat terhadap pemecahan (degradasi) diperiksa melalui pengujian keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeles* berdasarkan metode pengujian SNI 2417-2008 yang dilakukan sebanyak 2 kali. Dari hasil rata-rata pengujian keausan agregat kasar diperoleh hasil pengujian sebesar 19,24% sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil dari pengujian agregat kasar yang akan digunakan memiliki daya tahan yang baik terhadap gesekan, sehingga mampu menahan beban dan dapat bertahan dari gesekan dari roda kendaraan di jalan. Oleh karena itu agregat tersebut memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk ketentuan agregat kasar pada persentase keausan yaitu maksimal 40%.

Gambar 5.3 Pengujian Keausan Agregat Kasar



Sumber: Analisis Penulis, 2024

d. Pengujian Kadar lumpur Agregat kasar

Pengujian terhadap kadar lumpur agregat kasar dilakukan sebanyak 2 kali pengujian pada masing-masing agregat kasar mendapatkan hasil 0,4375% berdasarkan SNI ASTM C117-2017. Dari Tabel 5.1 hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat bahwa agregat kasar telah memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 1% karena semakin banyak agregat yang mengandung banyak lumpur maka akan berkurang daya lekat aspal terhadap agregat dan dapat mempengaruhi kekuatan aspal menjadi kurang maksimal.

Gambar 5.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar



Sumber: Analisis Penulis, 2024

Agregat halus yang digunakan pada penilitan ini menggunakan Abu Batu yang berasal dari daerah Cilego, Banten. Pengujian agregat halus terdiri dari pemeriksaan gradasi dengan analisis saringan, pengujian berat dan penyerapan. Ringkasan hasil pengujian agregat halus terdapat pada **Tabel 5.2**.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian		Abu Batu	Spesifikasi	Metode Pengujian
Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	BJ Bulk	2.548	Min. 2,5	SNI-1969-2016
	BJ SSD	2.615		
	BJ Apparent	2.730		
	Absorption	2.617	Max.3%	
Kadar Lumpur Agregat		2,4	Max. 5%	SNI ASTM C117-2012

Sumber: Hasil Pengujian, 2024

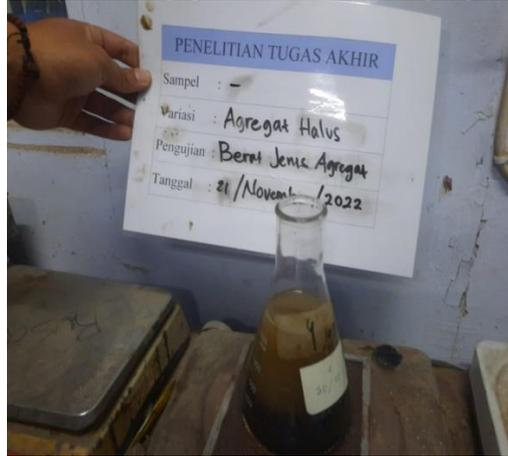
a. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian terhadap berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan SNI 1969-2008 yang dilakukan sebanyak 2 kali (2 benda uji). Dari hasil rata-rata pengujian didapat berat jenis dengan hasil untuk berat jenis bulk $2,548 \text{ gr/cm}^3$, berat jenis ssd $2,615 \text{ gr/cm}^3$ dan berat jenis *apparent* $2,730 \text{ gr/cm}^3$.

Dapat dilihat pada Tabel 5.2 hasil pengujian berat jenis agregat halus telah sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan yaitu minimal $2,5 \text{ gr/cm}^3$. Agregat dengan

berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar maka dari itu dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak.

Gambar 5.5 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus



Sumber: Analisis Penulis, 2024

b. Pengujian Penyerapan Agregat Halus

Pada Tabel 5.2 menunjukkan hasil pengujian penyerapan agregat halus berdasarkan metode pengujian SNI 1969-2008 yaitu 2,617% telah sesuai dengan standar penyerapan untuk agregat halus yaitu maksimal 3% karena semakin tinggi besar nilai penyerapan maka agregat tersebut memiliki sifat porositas serta untuk mengurangi pelemahan antar ikatan aspal dengan agregat.

Gambar 5.6 Pengujian Penyerapan Agregat Halus



Sumber: Analisis Penulis, 2024

c. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian terhadap kadar lumpur agregat halus dilakukan sebanyak 2 kali pengujian pada masing-masing agregat halus, dari pengujian tersebut

mendapatkan hasil sebesar 2,4%. Berdasarkan SNI ASTM C117-2012 pada Tabel 5.2 hasil pengujian kadar lumpur agregat halus dapat dilihat bahwa agregat halus tela memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 5% karena semakin banyak agregat yang mengandung banyak lumpur maka akan berkurang daya lekat aspal terhadap agregat dan dapat mempengaruhi kekuatan aspal menjadi kurang maksimal.

Gambar 5.7 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus



Sumber: Analisis Penulis, 2024

Berdasarkan Tabel 5.1 dan 5.2 diatas dapat dilihat bahwa pada pengujian agregat yang meliputi berat jenis agregat, penyerapan agregat, keausan agregat dan kadar lumpur agregat telah memenuhi persyaratan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

5.1.2 Hasil pengujian Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material yang pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan pada suhu tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan.

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal dengan penetrasi 60/70. Pengujian material aspal meliputi berat jenis aspal, titik lembek, penetrasi, kehilangan berat minyak aspal, viskositas dan pengujian titik nyala dan titik bakar. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan suatu campuran aspal yang memenuhi

ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan didalam kriteria perencanaan, pada suatu sampel atau kadar aspal yang akan kita uji perlu adanya hasil dari material.

Dari hasil pemeriksaan Laboratorium Teknik Sipil FT UNTIRTA, diperoleh hasil pengujian sebagai berikut:

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi Umum Bina Marga 2018		Metode Pengujian
			Minimal	Maksimal	
Aspal Penetrasi 60/70					
1	Berat Jenis	1,034	1	-	SNI 2441:2011
2	Titik Lembek 25°C (cm)	50	48	-	SNI 2432:2011
3	Penetrasi, 25°C; 100 gr	65,2	60	70	SNI 2456-2011
4	Kehilangan Berat (%)	0,21	-	0,8	SNI 06-2441-1991
5	Daktilitas	109	100	-	SNI-2432:2011
6	Viskositas	145-156	-	-	SNI 06-2433-1991
7	Titik Nyala dan Titik Bakar	325	232	-	SNI-2433-2011

sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, 2024

Hasil pengujian aspal dinyatakan memenuhi spesifikasi yang diatur dalam Spesifikasi Umum Divisi 6 Departemen Pekerjaan Umum tahun 2018.

- a. Dari hasil penelitian didapat berat jenis aspal 1,034 dengan batas minimum 1, hal ini dapat disimpulkan bahwa aspal yang akan digunakan masih berkualitas baik karena memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018. Dapat disimpulkan bahwa jika kandungan minyak dan partikel yang berada di dalam aspal semakin sedikit maka akan membuat kualitas aspal semakin baik.

Gambar 5.8 Pengujian Berat Jenis Aspal



Sumber: Analisis Penulis, 2024

- b. Dari hasil penelitian titik lembek aspal didapatkan hasil 50°C , maka dari itu aspal baik untuk digunakan pada campuran aspal karena ketika aspal $< 50^{\circ}\text{C}$ maka aspal akan mencapai derajat kelembekan (mulai meleleh). Nilai titik lembek aspal telah memenuhi persyaratan dengan hasil minimal 48°C . Pengujian titik lembek bertujuan untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur.

Gambar 5.9 Pengujian Titik Lembek Aspal



Sumber: Analisis Penulis, 2024

- c. Dari hasil penelitian penetrasi didapat nilai penetrasi sebesar 65,2 dengan batas 60/70 maka dari itu ketika semakin meningkat nya besar angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin rendah, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin tinggi. Dari nilai diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian menunjukkan tingkat kekerasan aspal sesuai dengan aspal yang akan digunakan yaitu aspal penetrasi 60/70.

Gambar 5.10 Pengujian Penetrasi Aspal



Sumber: Analisis Penulis, 2024

- d. Dari hasil penelitian kehilangan berat aspal didapat 0,21% dari batas maksimum 0,8% dapat disimpulkan bahwa aspal yang akan digunakan memiliki durabilitas yang baik karena dapat mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca atau perubahan 40 temperatur selama masa pelayanan jalan.

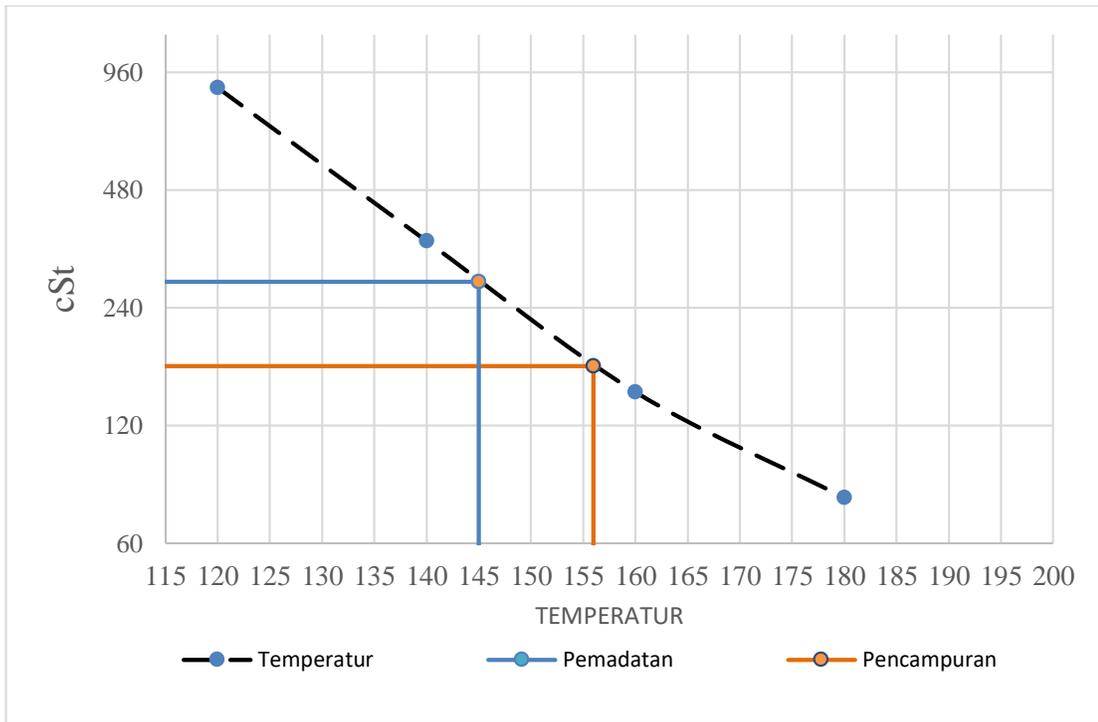
Gambar 5.11 Pengujian Kehilangan Berat Aspal



Sumber: Analisis Penulis, 2024

- e. Dari hasil penelitian viskositas didapat hasil 145-156°C, pengujian ini berpengaruh pada suhu pencampuran dan pemadatan terhadap kekentalan zat cair.

Gambar 5.12 Grafik Pengujian Viskositas



Sumber: Analisis Penulis, 2024

Gambar 5.13 Pengujian viskositas Aspal



Sumber: Analisis Penulis, 2024

Dari hasil Grafik 5.12 mendapatkan hasil 280cSt pada suhu 145°C untuk pemadapan dan 170cSt untuk suhu 156°C untuk pencampuran yang dimana nilai tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

- f. Dari hasil penelitian titik nyala dan titik bakar yaitu di dapatkan hasil 325°C dapat disimpulkan bahwa aspal memiliki ketahanan yang baik terhadap resiko kebakaran dan bahan panas lainnya karena telah memenuhi persyaratan yaitu

minimal 232°C. Semakin tinggi suhu titik bakar aspal maka semakin baik karena tidak mudah terbakar.

Gambar 5.14 Pengujian Titik Nyala dan Bakar Aspal



Sumber: Analisis Penulis, 2024

5.1.3 Hasil Pengujian RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*)

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) yang digunakan dalam penelitian ini ini diperoleh dari salah satu ruas jalan Nasional di Indonesia yaitu di jalan Nasional Karawang. Pengujian material ini meliputi ekstrasi RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kadar bitumen RAP dan gradasi agregat RAP yang digunakan dalam campuran aspal beton. Ringkasan hasil pengujian ekstrasi terdapat pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Ekstrasi RAP

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Metode Pengujian
Gradasi agregat RAP	1137	SKBI-24.26.1987
Kadar aspal RAP	5.308	

Sumber: Modul Praktikum Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Pengujian terhadap ekstrasi di lakukan sebanyak 2 kali pengujian pada masing-masing ekstrasi berdasarkan SKBI-24.26.1987. Berdasarkan Tabel 5.4 di ketahui hasil gradasi agregat RAP yaitu sebesar 1137 gram/cm³, untuk kadar aspal RAP 5,308% gram/cm³. Dari hasil pengujian ekstrasi yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa nilai kadar aspal yaitu 4%-7% sehingga kadar aspal RAP yang terdapat dari RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) untuk campuran aspal dapat digunakan.

mengesktrasi aspal daur ulang RAP (*reclaimed asphalt pavement*) dimkasudkan untuk pemisahan aspal RAP dan agregat bekas RAP, yang nanti nya akan menjadi campuran untuk benda uji, yang tentu nya dilakukan pengujian terhadap aspal dan agregat bekas tersebut.adapun langkah langkah pelaksanaan untuk ekstrasi aspal daur ulang , sebagai berikut:

- a) Menimbang sampel dan saringan ekstrasi sebelum melakukan ekstrasi aspal.
- b) Meletakkan mesin *Centrifuge Extractor* pada lantai dasar yang keras.
- c) Melepaskan pengunci *Centrifuge Extractor* lalu memasukan sampel dan bahan pelarut kemudian memasang saringan ekstrasi dan memasang penutup alat tersebut. Serta menguncinya.
- d) Menyalakan mesin *Centrifuge Extractor* dan mengulanginya 3-4 kali hingga bersih atau jenuh.
- e) Pada proses ke 4, Pelarut yang terakhir keluarkan yang sudah bersih atau jenuh ditadah di gelas ukur untuk digunakan pada sampel berikutnya.
- f) Setelah selesai lalu, mengeluarkan sampe hingga pelarutnya habis.
- g) Setelah itu diamankan sampai dingin, lalu ditimbang beserta wadahnya.

Mengulangi prosedur tersebut untuk sampel atau RAP (*reclaimed asphalt pavement*) berikutnya.

Gambar 5.15 Pengujian Ekstrasi Aspal



Sumber: Analisis Penulis, 2024

Setelah pengujian ekstraksi RAP(*Reclaimed Asphalt Pavement*) dapat di lihat dari Tabel 5.4 menghasilkan kadar aspal dan gradasi agregat, setelah itu gradasi agregat dilakukan pengujian agregat, yaitu meliputi berat jenis dan penyerapan agregat dan kadar lumpur yang mana dapat di lihat pada Tabel 5.5 berikut;

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Agregat Kasar RAP

Jenis Pengujian		Hasil Split	Spesifikasi	Metode Pengujian
Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	BJ Bulk	2.614	Min. 2,5	SNI-1969-2016
	BJ SSD	2.680		
	BJ Apparent	2.799		
	Absorption	2.521	Max.3%	
Pengujian Keausan Agregat Kasar		19.100	Max.40%	SNI-2417-2008
Kadar Lumpur Agregat		0.437	Max. 1%	SNI ASTM C117-2012

Sumber: Analisis Penulis, 2024

a. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian terhadap berat jenis dan penyerapan agregat kasar berdasarkan SNI 1969-2016 yang di lakukan sebanyak 2 kali pada masing-masing agregat kasar Split dan *Screening*. Dari hasil rata-rata pengujian berat jenis yang ditabulasi pada Tabel 5.5. terlihat hasil dari pengujian berat jenis mendapatkan hasil untuk berat jenis bulk $2,614 \text{ gr/cm}^3$, berat jenis ssd $2,680 \text{ cm}^3$, dan berat jenis apparent $2,799 \text{ gr/cm}^3$. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan agregat telah sesuai dengan spesifikasi yang diisyaratkan yaitu minimal $2,5 \text{ gr/cm}^3$. Agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar maka dari itu dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak.

Gambar 5.16 Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar RAP



Sumber: Analisis Penulis, 2024

b. Pengujian Penyerapan Agregat Kasar

Pada Tabel 5.5 didapatkan hasil pengujian penyerapan agregat kasar berdasarkan metode pengujian SNI 1969-2008 masing-masing untuk split dan screening yaitu. Dari hasil yang di dapat sudah memenuhi dengan spesifikasi yang disyaratkan yaitu 2,521%. Dari hasil yang di dapat sudah memenuhi dengan spesifikasi yang disyaratkan yaitu maksimal 3%. Penyerapan agregat tidak boleh melebihi dari 3% karena semakin tinggi besar nilai penyerapan maka agregat tersebut memiliki sifat porositas serta untuk mengurangi pelemahan antar ikatan aspal dengan agregat.

c. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Ketahanan agregat terhadap pemecahan (degradasi) diperiksa melalui pengujian keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeles* berdasarkan metode pengujian SNI 2417-2008 yang dilakukan sebanyak 2 kali. Dari hasil rata-rata pengujian keausan agregat kasar diperoleh hasil pengujian sebesar 19,24% sehingga dapat disimpulkan bahwa agregat kasar yang akan digunakan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk ketentuan agregat kasar pada persentase keausan yaitu maksimal 40%. Pengujian keausan tersebut menunjukkan bahwa agregat yang akan digunakan dalam campuran merupakan komponen yang mendukung beban sehingga dapat tahan terhadap gesekan dari roda kendaraan di jalan.

Gambar 5.17 Pengujian Keausan Agregat Kasar RAP



Sumber: Analisis Penulis, 2024

d. Pengujian Kadar lumpur Agregat kasar

Pengujian terhadap kadar lumpur agregat kasar dilakukan sebanyak 2 kali pengujian pada masing-masing agregat kasar mendapatkan hasil 0,4375% berdasarkan SNI ASTM C117-2017. Dari Tabel 5.5 hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat bahwa agregat kasar telah memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 1% karena semakin banyak agregat yang mengandung banyak lumpur maka akan berkurang daya lekat aspal terhadap agregat dan dapat mempengaruhi kekuatan aspal menjadi kurang maksimal.

Selanjutnya dilakukan pengujian agregat halus dimana meliputi pemeriksaan gradasi dengan analisis saringan, pengujian berat dan penyerapan. Ringkasan hasil pengujian agregat halus terdapat pada **Tabel 5.6**.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Agregat Halus RAP

Jenis Pengujian		Hasil Split	Spesifikasi	Metode Pengujian
Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	BJ Bulk	2.646	Min. 2,5	SNI-1969-2016
	BJ SSD	2.718		
	BJ Apparent	2.852		
	Absorption	2.722	Max.3%	
kadar Lumpur Agregat		2.4	Max.5%	SNI ASTM C117-2012

Sumber: Analisis Penulis, 2024

a. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian terhadap berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan SNI 1969-2008 yang dilakukan sebanyak 2 kali (2 benda uji). Dari hasil rata-rata pengujian didapat berat jenis dengan hasil untuk berat jenis bulk $2,646 \text{ gr/cm}^3$, berat jenis ssd $2,718 \text{ gr/cm}^3$ dan berat jenis *apparent* $2,852 \text{ gr/cm}^3$.

Dapat dilihat pada Tabel 5.6 hasil pengujian berat jenis agregat halus telah sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan yaitu minimal $2,5 \text{ gr/cm}^3$. Agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar maka dari itu dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak.

Gambar 5.18 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus RAP



Sumber: Analisis Penulis, 2024

b. Pengujian Penyerapan Agregat Halus

Pada Tabel 5.6 menunjukkan hasil pengujian penyerapan agregat halus berdasarkan metode pengujian SNI 1969-2008 yaitu 2,722% telah sesuai dengan standar penyerapan untuk agregat halus yaitu maksimal 3% karena semakin tinggi besar nilai penyerapan maka agregat tersebut memiliki sifat porositas serta untuk mengurangi pelemahan antar ikatan aspal dengan agregat.

Gambar 5.19 Pengujian Penyerapan Agregat Halus RAP



Sumber: Analisis Penulis, 2024

c. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian terhadap kadar lumpur agregat halus dilakukan sebanyak 2 kali pengujian pada masing-masing agregat halus, dari pengujian tersebut mendapatkan hasil sebesar 2,4%. Berdasarkan SNI ASTM C117-2012 pada Tabel 5.6 hasil pengujian kadar lumpur agregat halus dapat dilihat bahwa agregat halus tela memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 5% karena semakin banyak agregat yang mengandung banyak lumpur maka akan berkurang daya lekat aspal terhadap agregat dan dapat mempengaruhi kekuatan aspal menjadi kurang maksimal.

Berdasarkan Tabel 5.5 dan 5.6 diatas dapat dilihat bahwa pada pengujian agregat yang meliputi berat jenis agregat, penyerapan agregat, keausan agregat dan kadar lumpur agregat telah memenuhi persyaratan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian ekstrasi RAP

Jenis alat Centrifuge Extractor	Sampel 1		Sampel 2	
berat bowl extraction (a)	=	2903	=	2903
berat sampel kering +bowl sebelum di ekstraksi (b)	=	4103	=	4103
berat sampel kering + bowl setelah di ekstraksi (c)	=	4041.6	=	4035
berat sampel kering sebelum di ekstraksi (d)	=	1200	=	1200
berat sampel kering setelah di ekstraksi(e)	=	1138.6	=	1132
berat filter sebelum dipakai (f)	=	15.5	=	15.5
berat filter setelah di pakai (g)	=	16.5	=	16.5
selisih berat filter (h)	=	1	=	1
berat total agregat (i)	=	1139.6	=	1133
berat bitumen dalam campuran (j)	=	60.4	=	67
persentase bitumen dalam campuran (k)	=	5.033333	=	5.583333

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Tabel 5.8 Hasil pengujian saringan ekstrasi RAP

SAMPel 1												
Analisis Saringan Hasil Extrasi											total	
No.saring	3/4	1/2	3/8	4	8	16	30	50	100	200	pan	
berat tertahan		45	173.5	288	206	128	76.5	36	88.5	29.6	67.5	1138.6
% tertahan		3.95	15.24	25.29	18.09	11.24	6.72	3.16	7.77	2.60	5.93	100
% lolos		96.05	80.81	55.52	37.42	26.18	19.46	16.30	8.53	5.93	0.00	

Sampel 2												
Analisis Saringan Hasil Extrasi											total	
no.saring	3/4	1/2	3/8	4	8	16	30	50	100	200	pan	
berat tertahan			168.5	323	175.5	154	84	54	95.5	33.5	44	1132
% tertahan			14.89	28.53	15.50	13.60	7.42	4.77	8.44	2.96	3.89	100
% lolos			85.11	56.58	41.08	27.47	20.05	15.28	6.85	3.89	0.00	

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Perhitungan hasil pengujian ekstrasi RAP(*Reclaimed Asphalt Pavement*) adalah sebagai berikut:

a. Menentukan berat sampel kering+ bowl sebelum di ekstrasi (b)

$$\begin{aligned}
 b &= a + \text{berat sampel (d)} & (5.1) \\
 &= 2903 + 1200 \text{ gr} & = 4103 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

b. Menghitung berat sampel kering + bowl setelah di ekstraksi (c)

$$\begin{aligned}
 c &= a + \text{berat sampel setelah ekstraksi (e)} & (5.2) \\
 &= 2903 - 1138,6 & = 4041,6 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

c. Berat total agregat (i)

$$\begin{aligned}
 h &= \text{berat e} + h & (5.3) \\
 &= 1138,6 + 1 & = 1139,6 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

d. Berat bitumen dalam campura (j)

$$\begin{aligned}
 j &= d - i & (5.4) \\
 &= 1200 + 1139,6 & = 60,4 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

e. Persentase bitumen dalam campuran (k)

$$k = \frac{100 \times j}{d} & (5.5)$$

$$= \frac{100 \times 60,4}{1200} = 5,033 \%$$

f. Berat total agregat

$$\text{Berat agregat (e) sampel 1} + \text{berat agregat (e) sampel 2} / 2 \quad (5.6)$$

$$= \frac{1139,6 + 1133}{2} = 1136,3 \text{ gr}$$

g. Berat total bitumen

$$\text{Berat bitumen (j) sampel 1} + \text{berat bitumen sampel 2} / 2 \quad (5.7)$$

$$= \frac{60,4 + 67}{2} = 63,7 \text{ gr}$$

h. Berat total persentase bitumen

$$\text{Berat bitumen (k) sampel 1} + \text{berat bitumen (k) sampel 2} / 2 \quad (5.8)$$

$$= \frac{5,033 + 5,583}{2}$$

$$= 5,31\%$$

5.2 Rancangan Campuran Aspal

Rancangan campuran dilakukan sebelum pembuatan benda uji untuk menentukan proporsi dari agregat dan aspal yang akan digunakan di dalam campuran aspal. Proporsi agregat dalam campuran yang digunakan harus memenuhi spesifikasi yang disyaratkan didalam peraturan Departemen Pekerjaan Umum Divisi 6 Tahun 2018 Revisi 2.

5.2.1 Proporsi Agregat Campuran

Proporsi agregat campuran dapat diketahui setelah menguji analisa saringan. Uji analisa saringan dilakukan untuk mendapatkan persentase lolos dari setiap agregat yang digunakan dalam campuran. Hasil rancangan campuran ditampilkan dalam

bentuk grafik yang terdapat pada batasan spesifikasi jenis campuran AC-BC dari variasi ukuran butir berdasarkan nilai titik tengah dari spesifikasi yang digunakan dalam nilai persen, dimana campuran menggunakan gradasi ini diharapkan akan menghasilkan hasil yang disyaratkan. Hasil gradasi agregat gabungan dapat dilihat pada **Tabel 5.9** berikut:

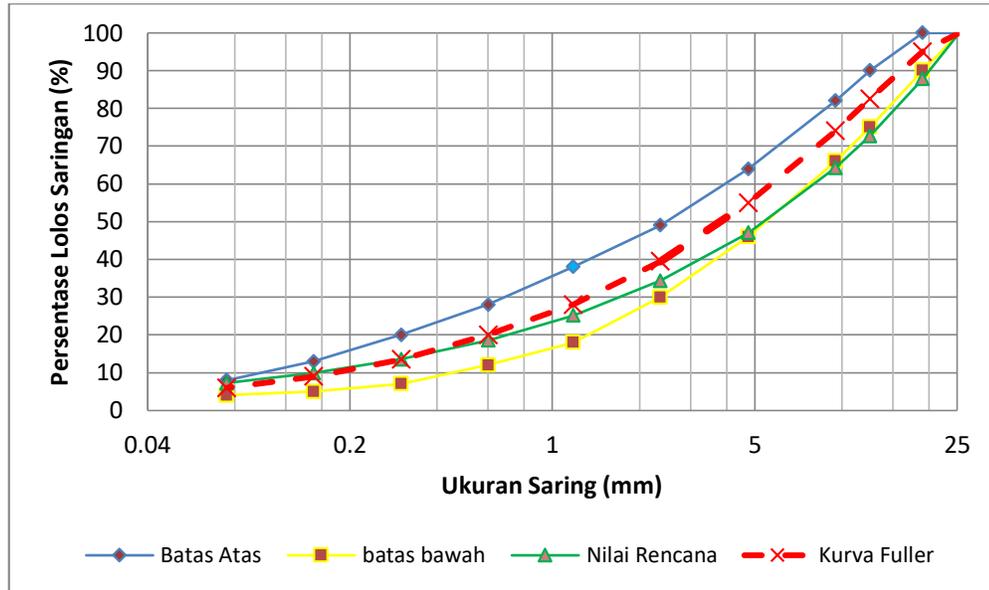
Tabel 5.9 Presentase Lolos Gradasi Campuran

Ukuran Ayakan		Batas Bawah	Batas Atas	Persentase Digunakan
1"	25.4	100	100	0
3/4"	19	90	100	5
1/2"	12.5	75	90	12.5
3/8"	9.5	66	82	8.5
No. 4	4.75	46	64	19
No. 8	2.36	30	49	15.5
No. 16	1.18	18	38	11.5
No. 30	0.6	12	28	8
No. 50	0.3	7	20	6.5
No. 100	0.15	5	13	4.5
No. 200	0.075	4	8	3
Pan				6

sumber: Hasil Pengujian dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, 2024

Dari hasil pengujian analisis saringan menunjukkan perhitungan dari setiap komposisi pada saringan bahwa masing-masing agregat memenuhi kelayakan untuk menentukan asil proporsi campuran yang baik berguna untuk proporsi pada setiap sampel nya yang sesuai untuk jenis lapisan Laston.

Gambar 5.20 Grafik Gradasi Campuran Aspal Lapis AC-BC



Sumber: Analisis Penulis, 2023

5.2.2 Perkiraan Awal Kadar Aspal

Tabel 5.10 Pembagian Butir Agregat Kasar dan Agregat Halus

Ukuran Ayakan		Batas Bawah	Batas Atas	Persentase Digunakan	PB
1"	25.4	100	100	0	CA=60.5
3/4"	19	90	100	5	
1/2"	12.5	75	90	12.5	
3/8"	9.5	66	82	8.5	
No. 4	4.75	46	64	19	
No. 8	2.36	30	49	15.5	
No. 16	1.18	18	38	11.5	FA=33.5%
No. 30	0.6	12	28	8	
No. 50	0.3	7	20	6.5	
No. 100	0.15	5	13	4.5	
No. 200	0.075	4	8	3	
Pan				6	FF=6%

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Kadar aspal ditentukan dengan cara menghitung nilai Pb

$$Pb = 0,035 (CA) + 0,045 (FA) + 0,18 (FF) + \text{Konstanta} \quad (5.9)$$

Keterangan:

Pb = Kadar Aspal Perkiraan

CA = Agregat kasar tertahan saringan no.8

FA = Agregat lolos saringan no.8 tertahan saringan no.200

FF = Agregat halus lolos saringan no.200

Dalam penelitian ini digunakan nilai konstanta 1.

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K$$

$$Pb = 0,035 (60,5) + 0,045 (33,5) + 0,18 (6) + 0,5$$

$$Pb = 5,205\% = 5\%$$

Tabel 5.11 Perkiraan Nilai Kadar Aspal

Pb-1	Pb-0,5	Pb	Pb+0,5	Pb+1
4%	4,5%	5%	5,5%	6%

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka untuk mendapatkan kadar aspal optimum, kadar aspal divariasikan menjadi 5 variasi kadar aspal sebagai berikut:

Tabel 5.12 Perkiraan Nilai Kadar Aspal

Ukuran Ayakan		Batas Bawah	Batas Atas	Persentase Digunakan	PB
1"	25.4	100	100	0	CA= 60.5
3/4"	19	90	100	5	
1/2"	12.5	75	90	12.5	
3/8"	9.5	66	82	8.5	
No. 4	4.75	46	64	19	
No. 8	2.36	30	49	15.5	FA= 33.5%
No. 16	1.18	18	38	11.5	
No. 30	0.6	12	28	8	
No. 50	0.3	7	20	6.5	
No. 100	0.15	5	13	4.5	
No. 200	0.075	4	8	3	FF=6%
Pan				6	

Sumber: Data Penulis, 2024

5.2.3 Kebutuhan Berat Agregat

Contoh perhitungan untuk kadar aspal 5% dengan

$$\begin{aligned} \text{Berat Total} &= 1200 \text{ gr} \\ \text{Berat Aspal} &= \text{Kadar Aspal} \times \text{Berat total} \end{aligned} \quad (5.10)$$

$$\begin{aligned} &= 5 \% \times 1200 \\ &= 60 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Total Agregat} &= \text{Berat total} - \text{Berat aspal} \\ &= 1200 - 60 \end{aligned} \quad (5.11)$$

$$= 1140 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Split 1-2} &= \text{Berat agregat} \times \% \text{ berat} \\ &= 1140 \times 60,5 \% \end{aligned} \quad (5.12)$$

$$= 689,7 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Screening} &= \text{Berat agregat} \times \% \text{ berat} \\ &= 1140 \times 33,5 \% \end{aligned} \quad (5.13)$$

$$= 381,9 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Abu batu} &= \text{Berat Agregat} \times \% \text{ berat} \\ &= 1140 \times 6 \% \end{aligned} \quad (5.14)$$

$$= 68 \text{ gr}$$

Tabel 5.13 Perhitungan Agregat Untuk Campuran kebutuhan benda uji .

Nomor/ Ukuran Saringan		Spesifikasi Gradasi Laston (AC-BC)		Kurva Fuller	Nilai Tengah Gradasi (Gradasi Rencana)	Persentase Tertahan Gabungan	Persentase Tertahan		BJ Apparent		BJ Bulk	
inch	mm	(%)		(%)	(%)	(%)	75%	25%	BJ RAP	BJ Agregat	BJ RAP	BJ Agregat
1"	25.4	100	-	100	100.0	0.0	0.0	0.0				
3/4"	19	90	-	100	87.8	5.0	3.8	1.3	2.799	2.679	2.614	2.503
1/2"	12.5	75	-	90	72.7	12.5	9.4	3.1	2.799	2.679	2.614	2.503
3/8"	9.52	66	-	82	64.3	8.5	6.4	2.1	2.799	2.679	2.614	2.503
No. 4	4.76	46	-	64	47.1	55.0	19.0	4.8	2.799	2.679	2.614	2.503
No. 8	2.36	30	-	49	34.3	39.5	15.5	11.6	2.852	2.730	2.646	2.548
No. 16	1.18	18	-	38	25.1	28.0	11.5	8.6	2.852	2.730	2.646	2.548
No. 30	0.6	12	-	28	18.5	20.0	8.0	6.0	2.852	2.730	2.646	2.548
No. 50	0.3	7	-	20	13.6	13.5	6.5	4.9	2.852	2.730	2.646	2.548
No. 100	0.15	5	-	13	9.9	9.0	4.5	3.4	2.852	2.730	2.646	2.548
No. 200	0.075	4	-	8	7.3	6.0	3.0	2.3	2.852	2.730	2.646	2.548
PAN						6.0	4.5	1.5	2.852	2.730	2.646	2.548
Total Berat Agregat (gr)						100.0	75.0	25.0				
Berat Aspal Total (gr)												
Persen Berat Aspal Terhadap Agregat (%)												
Berat Sampel (gr)												

Agregat RAP	Bitumen	RAP	Bitumen Baru	Agregat Baru	Total
4.0%					
14.400	0.795	15.195		43.2	90.50
36.000	1.988	37.988		108.0	145.99
24.480	1.352	25.832		73.4	99.27
54.720	3.021	57.741		164.2	221.90
44.640	2.465	47.105		133.9	181.02
33.120	1.829	34.949		99.4	134.31
23.040	1.272	24.312		69.1	93.43
18.720	1.034	19.754		56.2	75.91
12.960	0.716	13.676		38.9	52.56
8.640	0.477	9.117		25.9	35.04
17.280	0.954	18.234		51.8	70.07
288.0	15.9	303.90	32.10	864.00	1200.00
48.00					
4.00					
1200					

Material	Persentase		Berat	
Aspal	Aspal	2.68%	32.1	BP 23%
	Aspal RAP 5.3%	1.33%	15.9	
Agregat	Agregat RAP 25%	24%	288	
	Agregat Baru 75%	72%	864	
total = 1200		100.00%	1200	3.657

Sumber: Analisis Penulis, 2024

5.2.4 Pembuatan Benda Uji Marshall

Setelah mengetahui komposisi dan kadar aspal rencana, selanjutnya pembuatan benda uji laston AC-BC untuk menentukan kada aspal optimum campuran. Pada penelitian ini benda uji yang dibuat sebanyak 45 sampel untuk setiap kadar variasi. Dan 9 sampel untuk setiap kadar variasi setelah didapat kadar aspal optimum (KAO) dari setiap kadar variasi yaitu 0%, 25%, dan 50%.

Pembuatan benda uji mengikuti standar SNI 06-2489-1991 (Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat *Marshall*). Pemadatan dilakukan penumbukan sebanyak 2 x 75 kali untuk tipe lalu lintas tinggi, dengan menggunakan alat *Marshall Compaction Hammer* untuk lalu lintas sesuai yang disyaratkan Bina Marga Untuk Campuran Laston Lapis Antara (AC-BC).

Metode pencampuran yang digunakan adalah metode pada umumnya yaitu metode kering yakni mencampurkan aspal panas dan bahan-bahan lain seperti agregat kasar/split screen, RAP (*reclaimed asphalt pavement*) dan *filler*.

a. Pembuatan Benda Uji Campuran Beraspal

- 1) Menghitung perkiraan awal kadar aspal (Pb) sebagai berikut :

Pb = Menghitung perkiraan awal kadar aspal (Pb) sebagai berikut :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta} \quad (5.15)$$

Keterangan :

Pb : Kadar aspal tengah (ideal), persen terhadap berat campuran

CA : Persen agregat tertahan saringan No.8

FA : Persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200

FF : Persen agregat minimal 75% lolos No.200

K : Konstanta Nilai konstanta kira-kira 0,5 sampai 1,0 untuk laston dan 2,0 sampai 3,0 untuk laston. Untuk jenis campuran lain gunakan nilai 1,0 sampai 2,5.

- 2) Setelah didapat nilai kadar aspal, selanjutnya berat jenis maksimum dihitung dengan mengambil data dari percobaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar.
- 3) Kemudian melanjutkan mengesktrasi aspal daur ulang RAP (*reclaimed asphalt pavement*) dimaksudkan untuk pemisahan aspal dan agregat bekas, yang nantinya akan menjadi campuran untuk benda uji, yang tentunya dilakukan pengujian terhadap aspal dan agregat bekas tersebut. adapun langkah langkah pelaksanaan untuk ekstrasi aspal daur ulang , sebagai berikut:
 - h) Menimbang sampel dan saringan ekstrasi sebelum melakukan ekstrasi aspal.

- i) Meletakkan mesin *Centrifuge Extractor* pada lantai dasar yang keras.
 - j) Melepaskan pengunci *Centrifuge Extractor* lalu memasukan sampel dan bahan pelarut kemudian memasang saringan ekstrasi dan memasang penutup alat tersebut. Serta menguncinya.
 - k) Menyalakan mesin *Centrifuge Extractor* dan mengulangnya 3-4 kali hingga bersih atau jenuh.
 - l) Pada proses ke 4, Pelarut yang terakhir keluarkan yang sudah bersih atau jenuh ditadah di gelas ukur untuk digunakan pada sampel berikutnya.
 - m) Setelah selesai lalu, mengeluarkan sampe hingga pelarutnya habis.
 - n) Setelah itu diamkan sampai dingin, lalu ditimbang beserta wadahnya.
 - o) Mengulangi prosedur tersebut untuk sampel atau RAP (*reclaimed asphalt pavement*) berikutnya.
- 4) Jika semua data telah didapatkan, yang dilakukan berikutnya adalah megnhitung berat sampel, berat aspal dan berat agregat berdasarkan persentase tertahan.
 - 5) Mencampurkan agregat dengan aspal pada suhu dibawah 150 C
 - 6) Melakukan pemadatan terhadap sampel sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisi (atas dan bawah) dengan alat penumbuk.
 - 7) Mendinginkan benda uji terlebih dahulu agar mengeras sebelum mengeluarkannya dari cetakan, dan kemudian mendinginkannya kurang lebih 24 jam.
 - 8) Mengukur ketebalan, menimbang, dan kemudian merendam benda uji dalam air biasa pada suhu normal selama 24 jam/
 - 9) Menimbang kembali benda uji untuk mendapatkan berat jenuh (SSD)
 - 10) Sebelum menguij benda uji dengan alat *Marshall*, merendam benda uji terlebih dahulu dalam waterbath selama 30 menit.
- b. Proses Pencampuran Benda Uji
- 1) Menyiapkan bahan untuk setiap benda uji diperlukan yaitu campuran beraspal sebanyak ± 1200 gr.

- 2) Memanaskan panci pencampur beserta agregat kasar/split, screening, RAP (*reclaimed asphalt pavement*), dan *filler* diaduk sampai suhu 165 ° C. Sementara itu aspal juga dipanaskan secara terpisah pada suhu 150 ° C dalam panci aspal,
- 3) Dalam memanaskan aspal hal yang perlu diperhatikan adalah adukan yang konsisten, hal ini dimaksudkan untuk menghindari pengumpulan dengan kana lain campuran tidak menjadi homogen.
- 4) Setelah pemanasan campuran mencapai suhu 165 ° C lalu meletakkannya pada timbangan dalam keadaan panas, setelah itu tuangkan aspal yang telah dipanasi pada suhu 150° C sebanyak kadar aspal yang dibutuhkan.
- 5) Kemudian campuran tersebut diaduk dengan cepat sampai seluruh permukaan agregat terselimuti aspal secara merata. Suhu selama pengadukan, campuran diusahakan tetap dipertahankan 155° C, dimana hal ini dikontrol dengan termometer.
- 6) Melakukan pemadatan terhadap sampel sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisi (atas dan bawah) dengan menggunakan alat penumbuk.
- 7) Mendinginkan benda uji terlebih dahulu agar mengeras sebelum mengeluarkannya dari cetakan, dan kemudian mendinginkannya kurang lebih 24 jam.
- 8) Mengukur ketebalan, menimbang, dan kemudian merendam benda uji dalam air biasa pada suhu normal selama 24 jam,
- 9) Menimbang kembali benda uji untuk mendapatkan berat jenuh (SSD).

Sebelum menguji benda uji dengan alat *Marshall*, merendam benda uji terlebih dahulu dalam waterbath selama 30 menit.

Gambar 5.21 Pembuatan Benda uji



Sumber: Analisis Penulis, 2024

5.2.5 Perhitungan Sifat Volumetrik Aspal

Contoh untuk kadar aspal 6% dan kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0% yang di rendam dengan air tawar selama 24 jam. Berikut merupakan hasil rekapitulasi berat aspal betn dapat dilihat pada **Tabel 5.14**

Tabel 5.14 Data Berat Aspal Beton padat

No	Jenis Agregat	Berat jenis		Komposisi Campuran, % Terhadap Berat Total Benda Uji, P
		Bulk	Apparent	
1	Agregat Kasar	2.503	2.679	45
2	Agregat Halus	2.548	2.730	55
3	Agregat Gabungan	2.528	2.707	94
4	Kadar Aspal	1.034		6

Sumber: Data Penulis, 2024

Analisa perhitungan marshall dengan benda uji aspal lapis antara dengan kadar aspal 6%.

Diketahui :

Kadar Aspal = 6 %

Persentase Agregat Kasar = 45 %

Persentase Agregat Halus	= 55 %
Bj Bulk Agregat Kasar	= 2,503 gr/ml
Bj Bulk Agregat Halus	= 2,548 gr/m
Bj Apparent Agregat Kasar	= 2.679 gr/ml
Bj Apparent Agregat Halus	= 2.730 gr/ml
Bj Bulk Gabungan	= 2,528 gr/ml
Bj Apparent Gabungan	= 2,707 gr/ml
Bj Bulk Aspal	= 1,052 gr/ml
Berat Benda Uji Kering	= 1173 gram
Berat Benda Uji SSD	= 1179 gram
Berat Benda Uji Dalam Air	= 667 gram

i. Menentukan Berat jenis Efektif Agregat (Gse)

$$Gse = \frac{Gsb + Gsa}{2} \quad (5.16)$$

$$Gse = \frac{2,528 + 2,707}{2} = 2,617 \text{ gr/ml}$$

j. Menghitung Isi Benda Uji

$$\begin{aligned} \text{Isi Benda Uji} &= \text{Berat Benda Uji SSD} - \text{Berat Benda Uji Dalam Air} \quad (5.17) \\ &= 1179 - 667 = 512 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

k. Berat jenis Campuran Maksimum

$$\begin{aligned} Gmm &= \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{Gse} + \frac{\% \text{ aspal}}{Gb}} \quad (5.18) \\ &= \frac{100}{\frac{94}{2,617} + \frac{6}{1,034}} = 2,40 \text{ gr/ml} \end{aligned}$$

l. Persentase pori antar butir campuran agregat

$$\text{VMA} = 100 - \left(\frac{G_{mb} \times P_b}{G_{sb}} \right) \quad (5.19)$$

$$= 100 - \left(\frac{2,29 \times 6}{2,528} \right) = 14,81 \%$$

m. Persentase pori benda uji

$$\text{VIM} = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (5.20)$$

$$= 100 \times \frac{2,40 - 2,29}{2,40}$$

$$= 4,43 \%$$

n. Stabilitas

$$\text{Stabilitas} = \text{Pembacaan Dial} \times \text{Angka Korelasi} \times \text{Kalibrasi Alat} \quad (5.21)$$

$$= 104 \times 1 \times 10,46$$

$$= 1087,84 \text{ kg}$$

o. Marshall Quotient

$$\text{MQ} = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} = \frac{1087,84}{2,39} \quad (5.22)$$

$$= 455,16 \text{ kg/mm}$$

Dari hasil perhitungan diatas bias disimpulkan setiap nilai pada pengujian memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga tentang batas-batas minimal dalam pengujian aspal.

5.3 Pengujian Campuran Aspal Beton

5.3.1 Hasil Pengujian *Marshall*

Rekapitulasi hasil pengujian Marshall (kadar normal 0%) untuk mencari kadar aspal optimum yang akan digunakan dapat dilihat pada **Tabel 5.15**

Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall*

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal	RAP			Spesifikasi
		0	25	50	
VIM	4	9.61	9.48	9.42	3 % - 5 %
	4.5	8.34	8.24	8.16	
	5	7.13	7.04	6.43	
	5.5	4.96	4.94	4.66	
	6	5.10	3.85	3.78	
VMA	4	15.33	15.26	15.25	Min 14 %
	4.5	15.21	15.17	15.16	
	5	15.14	15.13	14.64	
	5.5	14.22	14.29	14.11	
	6	15.40	14.37	14.41	
VFA	4	37.35	37.88	38.26	Min 65 %
	4.5	45.14	45.70	46.16	
	5	52.92	53.48	56.11	
	5.5	65.16	65.40	66.99	
	6	66.90	73.26	73.75	
Stabilitas	4	1108.76	1059.95	1094.81	Min 800 kg
	4.5	1089.58	1047.74	1065.18	
	5	1073.89	1039.03	1040.77	
	5.5	1052.97	991.96	1011.13	
	6	1047.74	983.24	990.21	
Flow	4	2.20	2.22	2.25	2 mm - 4 mm
	4.5	2.24	2.26	2.30	
	5	2.25	2.31	2.34	
	5.5	2.28	2.33	2.39	
	6	2.32	2.37	2.42	
MQ	4	504.56	476.93	487.29	Min 250 kg/mm
	4.5	488.04	464.25	462.50	
	5	477.87	449.22	444.84	
	5.5	461.38	425.74	422.53	
	6	451.57	414.50	408.79	

Sumber: Data Penulis, 2024

Berdasarkan **Tabel 5.15** hasil rekapitulasi pengujian *Marshall* diatas campuran aspal dan variasi RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) di dapatkan nilai stabilitas tertinggi pada kadar aspal 4% sebesar 1108,6. Nilai Stabilitas mengalami kenaikan dan penurunan dengan adanya penambahan kadar aspal dan campuran RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) mengalami penurunan, hal ini dikarenakan pada kadar aspal 5.5% sudah mencapai nilai optimum. Pada nilai stabilitas secara keseluruhan memenuhi spesifikasi untuk campuran yaitu minimal 800kg. Untuk nilai *flow* disetiap variasi kadar aspal mengalami kenaikan dan untuk nilai tertinggi pada kadar aspal 6%. Pada kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sendiri mengalami kenaikan dari variasi 0%, 25% dan 50% semakin tinggi kadar variasi RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) semakin tinggi pula nilai *flow*nya, namun nilai *flow* seluruhnya memenuhi spesifikasi umum. Untuk nilai VIM menunjukkan bahwa penambahan kadar aspal pada campuran akan menurunkan nilai VIM. Pada setiap variasi RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) yang memenuhi spesifikasi yaitu kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0% dengan kadar aspal 5,5% , kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 25% dan 50% dengan kadar aspal 5,5% dan 6%. Untuk VMA menunjukkan bahwa nilai VMA mengalami penurunan sampai variasi 5,5 kadar aspal dan mengalami kenaikan di variasi kadar aspal 6%, secara keseluruhan hasil yang didapat menunjukkan bahwa VMA memenuhi persyaratan yang disyaratkan yaitu minimal 14%.

Gambar 5.22 Pengujian Marshall Test



Sumber: Analisis Penulis, 2024

5.3.2 Karakteristik Campuran Aspal Beton

a. Analisis pengaruh kadar aspal terhadap VMA (*Void in Mineral Agregates*)
 volume rongga udara dalam agregat campuran (VMA) merupakan banyaknya rongga diantara butir-butir agregat di dalam campuran aspal yang dinyatakan dalam persentase terhadap volume campuran aspal.

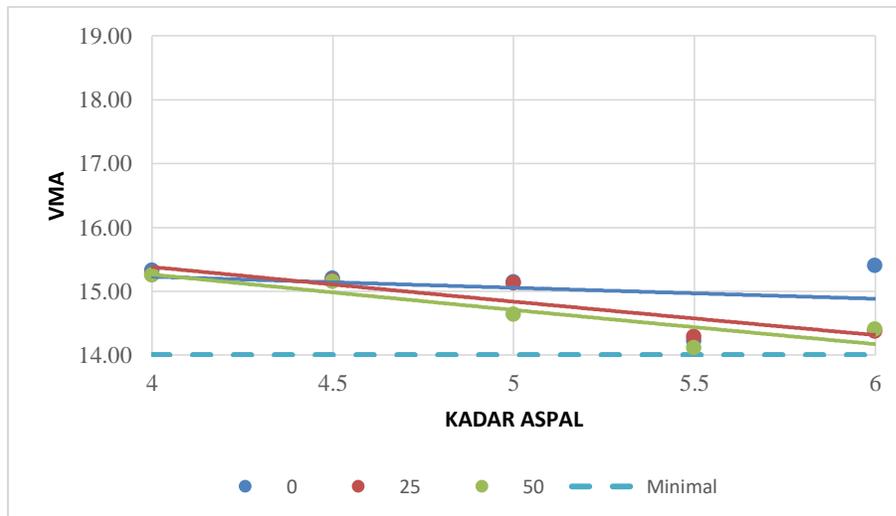
Besarnya rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran dapat mengalami masalah durabilitas, sedangkan jika VMA terlalu besar maka campuran dapat mengalami masalah stabilitas. Nilai VMA berpengaruh pada sifat kedekatan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran.

Tabel 5.16 Data Hasil Pengujian VMA

Kadar Aspal	RAP			Spesifikasi
	0	25	50	
4	15.33	15.26	15.25	Min 14 %
4.5	15.21	15.17	15.16	
5	15.14	15.13	14.64	
5.5	14.22	14.29	14.11	
6	15.40	14.37	14.41	

Sumber: Data Penulis, 2024

Gambar 5.23 Grafik Hubungan Nilai VMA dan Kadar Aspal



Sumber: Data Penulis, 2024

Pada gambar diatas pengaruh penambahan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) terhadap nilai VMA pada variasi kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) diatas bahwa dengan adanya penambahan kadar aspal kedalam campuran cenderung akan menurunkan nilai VMA namun penurunan nilai VMA masih dalam batas yang telah di syaratkan. Tinggi nya nilai VMA berada di variasi 0% di karenakan variasi tersebut lebih kaku dan tidak menutupi semua rongga agregat, dan untuk nilai VMA terendah berada di variasi 50%, hal ini dimungkinkan karena pada campuran dengan bahan RAP, aspal lebih lunak dan mampu mengisi pori-pori agregat dengan baik, seiring bertambah nya kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) maka semakin banyak bahan peremaja atau bahan pengikat untuk mengisi pori-pori pada agregat. Secara keseluruhan hasil yang didapat menunjukan bahwa VMA memenuhi persyaratan yang disyaratkan yaitu minimal 14% dalam persyaratan Spesifikasi Umum Divisi 6 Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

b. Analisis pengaruh kadar aspal terhadap VIM (*Void In Mixture*)

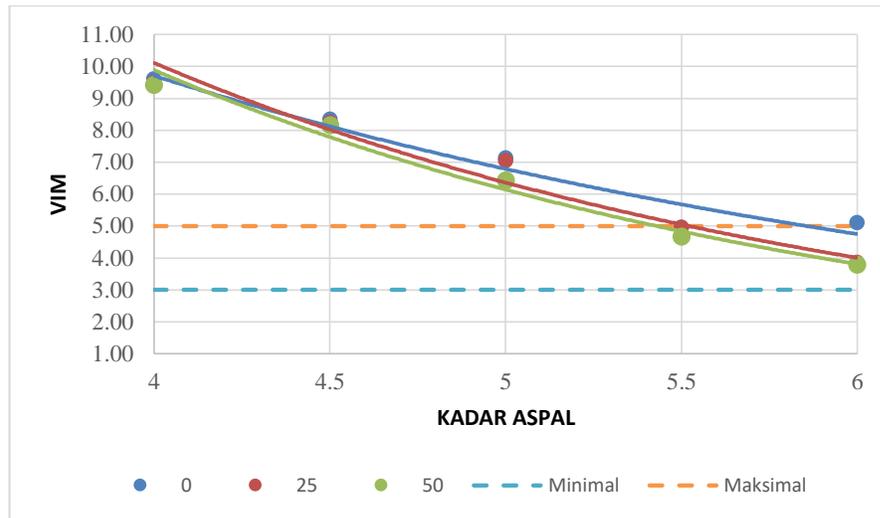
VIM adalah rongga udara dalam campuran (VIM) dalam campuran perkerasan aspal terdiri atas ruang udara di antara partikel agregat yang menyelimuti aspal. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butiran-butiran agregat akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperature. VIM yang terlalu besar bisa mengakibatkan aspal cepat penuaan dan menurunkan sifat durabilitas aspal.

Tabel 5.17 Data Hasil Pengujian VIM

Kadar Aspal	RAP			Spesifikasi
	0	25	50	
4	9.61	9.48	9.42	3 % - 5 %
4.5	8.34	8.24	8.16	
5	7.13	7.04	6.43	
5.5	4.96	4.94	4.66	
6	5.10	3.85	3.78	

Sumber: Data Penulis, 2024

Gambar 5.24 Grafik Hubungan Nilai VIM dan Kadar Aspal



Sumber: Data Penulis, 2024

Pada grafik memperlihatkan bahwa pengaruh penambahan kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) terhadap nilai VIM Pada setiap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan kadar aspal kedalam campuran cenderung menurunkan nilai VIM. Semakin besar kadar aspal yang digunakan maka nilai VIM cenderung akan mengalami penurunan. Dari Tabel 5.17 dapat dilihat bahwa variasi kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0% menunjukkan nilai yang lebih tinggi, dikarenakan campuran aspal yang lebih kaku dan menyebabkan aspal tidak dapat mengisi penuh rongga dalam campuran. Sedangkan pada semua variasi campuran aspal memiliki elastisitas yang cukup baik. Sehingga semakin besar kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) maka akan semakin baik untuk elastisitas nya.

c. Analisis Pengaruh Kadar Aspal Terhadap VFA

Void Filler with Asphalt (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Semakin tinggi nilai VFA maka semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, tetapi nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*. Nilai

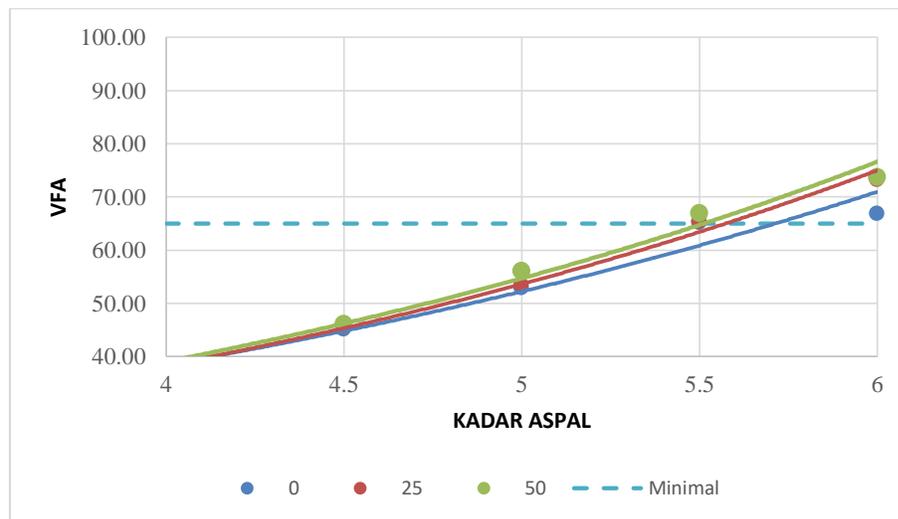
VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan *film* aspal akan menjadi tipis dan mudah retak apabila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya dapat menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 telah disyaratkan bahwa nilai dari VFA minimal yaitu 65%.

Tabel 5.18 Data Hasil Pengujian VFA

Kadar Aspal	RAP			Spesifikasi
	0	25	50	
4	37.35	37.88	38.26	Min 65 %
4.5	45.14	45.70	46.16	
5	52.92	53.48	56.11	
5.5	65.16	65.40	66.99	
6	72.87	73.26	73.75	

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Gambar 5.25 Grafik Hubungan Nilai VFA dan Kadar Aspal



Sumber: Analisis Penulis, 2024

Pada Gambar 5.25 menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai VFA pada setiap variasi kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar aspal, hal ini disebabkan karena besarnya kadar aspal yang digunakan dapat mengisi rongga yang terdapat pada campuran. Semakin besar nilai VFA maka campuran akan semakin baik, karena semakin banyak

rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi.

Nilai VFA tertinggi terdapat pada kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 50% dengan kadar aspal 6% yaitu sebesar 73,75. Dari hasil pengujian campuran dengan menggunakan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) secara umum nilai VFA lebih tinggi, dimana kadar aspal lebih tinggi yang mengindikasikan bahwa campuran yang menggunakan bahan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) menyebabkan aspal lebih mampu mengisi rongga agregat dan memiliki selimut aspal yang lebih tebal.

Dari Tabel 5.18 dapat dilihat bahwa semua variasi kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) telah memenuhi persyaratan kecuali pada kadar aspal 4%, 4,5% dan 5,0%.

d. Pengaruh kadar aspal terhadap Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan yang menerima beban sampai terjadi *flow* yang dinyatakan dalam satuan kilogram. Stabilitas tergantung dari gesekan antar agregat dan kohesi. Gesekan agregat tergantung dari testur permukaan agregat, bentuk partikel, kepadatan campuran dan tebal lapisan aspal itu sendiri (Surkiman,1999).

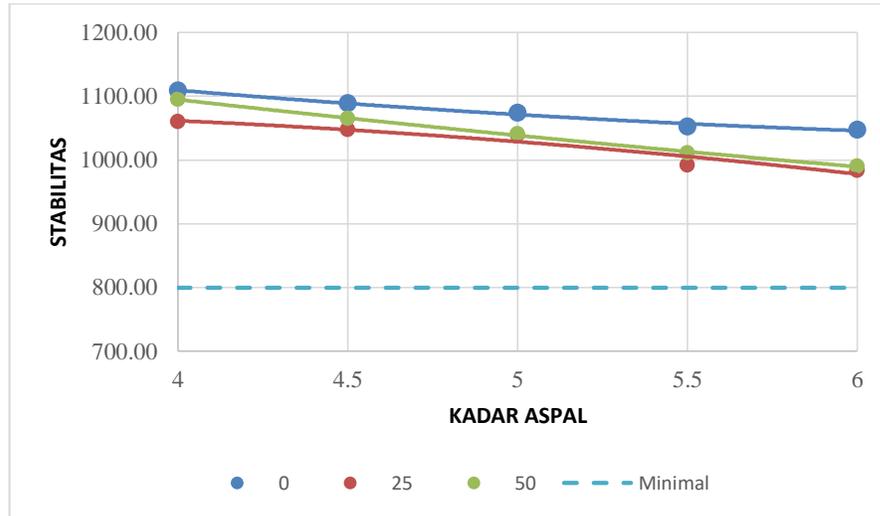
Pengujian stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) secara berlebihan. Dalam penentuan nilai stabilitas dapat ditentukan dengan angka kalibrasi pada alat Stability Marshall Tester dikali angka korelasi dan pembacaan dial.

Tabel 5.19 Data Hasil Pengujian Stabilitas

Kadar Aspal	RAP			Spesifikasi
	0	25	50	
4	1108.76	1059.95	1094.81	Min 800 kg
4.5	1089.58	1047.74	1065.18	
5	1073.89	1039.03	1040.77	
5.5	1052.97	991.96	1011.13	
6	1047.74	983.24	990.21	

Sumber: Data Penulis, 2024

Gambar 5.26 Hubungan Nilai Stabilitas dan Kadar Aspal



Sumber: Data Penulis, 2024

Pada **gambar 5.26** menunjukkan bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai terhadap stabilitas mengalami naik turun. Hal ini disebabkan karena campuran mengalami kegemukan atau bleeding, dimana tebal selimut aspal menjadi berlebihan yang dapat mengurangi sifat saling mengunci atau *interlocking* antar agregat. Nilai stabilitas tertinggi terdapat pada kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0% dengan kadar aspal 4% yaitu sebesar 1108,76 kg. Pada variasi kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) jika dibandingkan dengan kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 25% dan 50% mengalami penurunan lalu ada kenaikan seiring bertambahnya variasi kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*). Penambahan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) terhadap nilai stabilitas cenderung mengalami kenaikan setiap penambahan kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), hal ini terjadi karena semakin ditambah kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) maka akan semakin tinggi kadar bahan peremaja yang digunakan, memungkinkan aspal dalam campuran AC-BC menjadi lebih lunak sehingga kekuatan campuran untuk memikul beban menjadi berkurang.

e. Pengaruh kadar aspal terhadap *Flow*

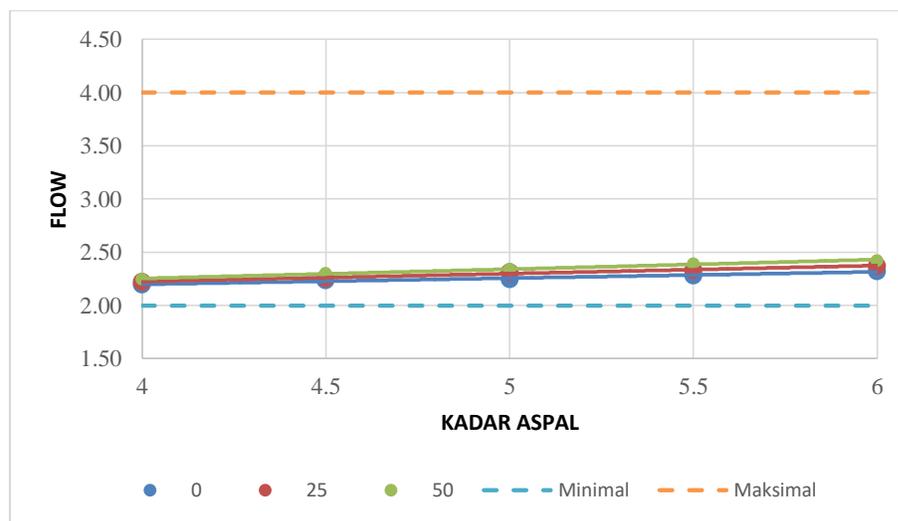
Kelelahan (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban dinyatakan dalam satuan mm. parameter *flow* digunakan untuk mengetahui deformasi (perubahan bentuk) vertikal campuran pada saat dibebani hingga hancur (pada stabilitas maksimum). Nilai *flow* akan meningkat seiring meningkatnya kadar aspal.

Tabel 5.20 Data Hasil Pengujian *Flow*

Kadar Aspal	RAP			Spesifikasi
	0	25	50	
4	2.20	2.22	2.25	2 mm - 4 mm
4.5	2.24	2.26	2.30	
5	2.25	2.31	2.34	
5.5	2.28	2.33	2.39	
6	2.32	2.37	2.42	

Sumber: Data Penulis, 2024

Gambar 5.27 Hubungan Nilai *Flow* dan Kadar Aspal



Sumber: Data Penulis, 2024

Pada **gambar 5.27** menunjukkan bahwa nilai *flow* pada setiap variasi kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) mengalami kenaikan dimana untuk campuran kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0% memiliki nilai *flow* paling rendah karena kekakuan aspal yang lebih tinggi, sedangkan untuk campuran yang mengandung RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), campuran aspal dan bahan

peremaja menjadi lunak, sehingga nilai flow lebih tinggi. Hal ini memungkinkan campuran RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0% menerima beban yang lebih besar dibandingkan campuran yang mengandung bahan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebelum mengalami deformasi. Seiring dengan penambahan kadar aspal, hal ini menjelaskan bahwa campuran lebih tahan terhadap perubahan bentuk atau deformasi akibat menerima beban dari lalu lintas. Dimana untuk campuran kadar. Dapat dilihat bahwa persyaratan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu nilai *flow* harus dalam rentang 2 mm – 4 mm.

f. Pengaruh kadar aspal terhadap MQ (*Marshall Quotient*)

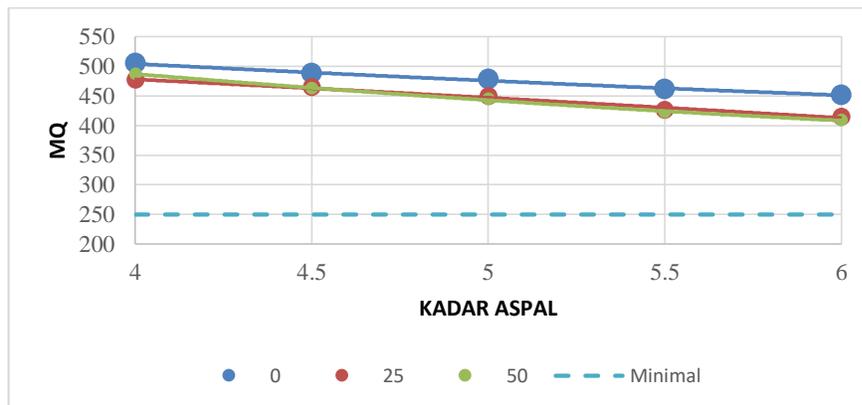
Nilai *Marshall Quotient* (MQ) merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelelahan yang digunakan untuk pendekatan terhadap kekakuan atau kelenturan campuran. Nilai MQ yang tinggi menunjukkan nilai kekakuan lapisan perkerasan yang tinggi.

Tabel 5.21 Data Hasil Pengujian MQ

Kadar Aspal	RAP			Spesifikasi
	0	25	50	
4	504.56	476.93	487.29	Min 250 kg/mm
4.5	488.04	464.25	462.50	
5	477.87	449.22	444.84	
5.5	461.38	425.74	422.53	
6	451.57	414.50	408.79	

Sumber: Data Penulis, 2024

Gambar 5.28 Hubungan Nilai MQ dan Kadar Aspal



Sumber: Data Penulis, 2024

Pada gambar 5.28 dapat dilihat nilai MQ campuran RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0% menghasilkan nilai MQ yang lebih tinggi, sesuai dengan hasil uji stabilitas dan flow, sedangkan pada variasi campuran dengan bahan RAP, nilai MQ yang dihasilkan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal, dimana seiring dengan bertambahnya kadar aspal, nilai stabilitas yang dihasilkan mengalami penurunan, dan nilai flow mengalami peningkatan. Penambahan kadar aspal variasi kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0%, 25%, dan 50% semuanya telah memenuhi persyaratan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu nilai MQ minimal 250 kg/mm.

g. Analisis Penentuan Kadar Aspal Optimum

Penentuan kadar aspal optimum bertujuan untuk menentukan kadar aspal efektif pada campuran berdasarkan kadar aspal yang memenuhi nilai karakteristik *marhall*.

Gambar 5.29 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum

RAP 0%	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4.00	4.5	5	5.5	6	
VIM						3% - 5%
VMA						Min 14%
VFA						Min 65%
Stabilitas						Min 800 kg
Flow						2mm - 4mm

Sumber : Data Penulis, 2024

Gambar 5.30 Grafik penentuan kadar Aspal Optimum

RAP 25%	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4.00	4.5	5	5.5	6	
VIM						3% - 5%
VMA						Min 14%
VFA						Min 65%
Stabilitas						Min 800 kg
Flow						2mm - 4mm

Sumber: Data Penulis, 2024

Gambar 5.31 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum

RAP 50%	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4.00	4.5	5	5.5	6	
VIM						3% - 5%
VMA						Min 14%
VFA						Min 65%
Stabilitas						Min 800 kg
Flow						2mm - 4mm

Sumber: Data Penulis, 2024

Dari ketiga gambar diatas dapat dilihat pada grafik barchart menunjukkan bahwa nilai yang didapat dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar aspal optimum (KAO) yang didapat pada kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0% yaitu pada kadar 5,5%, dan kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 25% dan 50% yaitu pada kadar 5,75%

Pemakaian RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebagai pengganti agregat dan kadar aspal menunjukkan bahwa penambahan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) menyebabkan terjadinya kenaikan nilai KAO. Kadar aspal optimum menjadi persyaratan mutlak dalam setiap campuran lapis perkerasan beraspal. Besaran kadar aspal optimum berbeda-beda, tergantung dari propertis aspal, agregat, gradasi agregat dan jenis campuran itu sendiri.

5.4 Pengujian Campuran Aspal Beton Tahap Kedua

5.4.1 Hasil Pengujian Marshall

Rekapitulasi hasil pengujian Marshall dengan bahan tambah RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dengan kadar 0%, 25% dan 50% menggunakan kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:

Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall dengan Kadar Aspal Optimum

Karakteristik Marshall	Kadar RAP	Kadar Aspal	Hasil	Spesifikasi
VIM	0	5.5	4.96	3 % - 5 %
	25	5.75	4.40	
	50	5.75	4.22	
VMA	0	5.5	14.22	Min 14 %
	25	5.75	14.33	
	50	5.75	14.26	
VFA	0	5.5	65.16	Min 65 %
	25	5.75	69.32	
	50	5.75	70.40	
Stabilitas	0	5.5	1052.97	Min 800 kg
	25	5.75	986.73	
	50	5.75	1002.42	
Flow	0	5.5	2.28	2 mm - 4 mm
	25	5.75	2.35	
	50	5.75	2.41	
MQ	0	5.5	461.38	Min 250 kg/mm
	25	5.75	419.61	
	50	5.75	416.26	

Sumber: Data Penulis, 2024

Berdasarkan rekapitulasi hasil pengujian *marshall* pada Tabel 5.22 di atas. Nilai VMA tertinggi yaitu 14,33 pada kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 25% dengan kadar aspal optimum 5,75 dan cenderung mengalami naik turun dari setiap penambahan kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), hal ini terjadi karena penggunaan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebagai bahan pengganti agregat dan aspal.

Nilai VIM tertinggi yaitu 4,96 pada kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0% dengan kadar aspal optimum 5,5 dan menunjukkan bahwa penambahan kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) cenderung menurunkan nilai VIM, hal ini terjadi karena kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) mempengaruhi daya serap terhadap aspal yang baik , maka dari itu menjadi factor dari menurunnya nilai VIM pada penelitian RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebagai bahan tambah *filler*.

Nilai Stabilitas optimum yaitu 1052,97kg pada RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0% dengan kadar aspal optimum 5,5%, hal ini karena Pada kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0% lebih kaku, dan setiap penambahan kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) akan mengakibatkan penambahan bahan peremaja semakin meningkat, memungkinkan aspal dalam campuran dalam AC-BC menjadi lebih lunak sehingga kekuatan campuran untuk memikul beban menjadi kurang.

Nilai Flow optimum yaitu 2,41 mm pada kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 50% dengan kadar aspal optimum 5,75%. Dengan penambahan kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dan tentu nya bahan peremaja juga lebih banyak, sehingga nilai flow juga lebih tinggi.

Nilai MQ yang didapat mengalami peningkatan hingga nilai optimumnya, setelah itu nilai *Marshall Quotient* (MQ) akan mengalami penurunan, namun seluruhnya memenuhi spesifikasi umum bina marga 2018 Revisi 2.

Tabel 5.23 Kelebihan dan kekurangan pengaruh dari kadar RAP terhadap nilai Kadar Aspal Optimum

No	Kelebihan	Kekurangan
1	Semakin besar kadar RAP yang di gunakan akan semakin baik terhadap nilai VFA, Stabilitas, dan di karenakan bertambah nya bahan peremaja yang di butuhkan untuk mengisi kekosongan-kekosongan atau pori-pori dengan baik	Semakin besar kadar RAP yang di gunakan akan memungkinkan nilai MQ tersendiri melewati ambang batas, dan akan mempengaruhi nilai fleksibilitas dan durabilitas sesuai dengan kebutuhan beban lalu lintas.
2	Untuk nilai VIM sendiri semakin besar kadar RAP akan semakin baik di karenakan menurunkan nilai VIM itu sendiri. VIM yang terlalu besar bisa mengakibatkan aspal cepat penuaan dan menurunkan sifat durabilitas nya.	Semakin besar kadar RAP yang digunakan akan menurunkan nilai VMA, ketika nilai VMA semakin kecil akan mengakibatkan kepada sifat durabilitas nya

Sumber: Data Penulis, 2024

5.4.2 Hasil Pengujian Stabilitas Marshall Sisa

Rekapitulasi hasil pengujian stabilitas Marshall dengan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebagai pengganti agregat dan aspal dengan kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0%, 25% dan 50% menggunakan kadar aspal optimum dapat dilihat Pada Tabel Dibawah ini :

Tabel 5.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Stabilitas *Marshall* Sisa

Jenis Pengujian	Kadar RAP	Kadar Aspal Optimum	Hasil Pengujian	Minimal 90%
Stabilitas Marshall Sisa (kg)	0	.5.5	1000.32	947.676
	25	5.75	937.39	888.054
	50	5.75	952.30	902.175

Sumber: Data Penulis, 2024

Berdasarkan hasil rekapitulasi stabilitas marshall sisa dapat dilihat pada Tabel 5.23. Stabilitas marshall sisa pada kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0%, 25% dan 50% memenuhi spesifikasi umum divisi 6 bina marga tahun 2018. Sehingga hal ini dapat disimpulkan bahwa campuran aspal tersebut dapat bertahan terhadap pengaruh cuaca, air, temperatur atau keausan akibat gesekan kendaraan.

5.5 Penentuan Proporsi Ideal yang Memenuhi Semua Karakteri

Penentuan proporsi ideal yang memenuhi semua karakteristik marshall campuran beton aspal untuk penambahan kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebagai bahan pengganti agregat dan aspal dimaksudkan untuk menentukan proporsi ideal pencampuran arang efektif dalam campuran. Rekapitulasi hasil analisis penentuan proporsi ideal penambahan serat rami ditunjukkan pada Tabel 5.24.

Tabel 5.25 Hasil Analisis Proporsi Ideal Penambahan Kadar RAP dengan Kadar Aspal Optimum

Kadar RAP	Kadar Aspal Optimum	VIM	VMA	Stabilitas	Flow	MQ	Stabilitas Marshall Sisa
		3% - 5%	Min. 14%	Min. 800 kg	2 mm - 4 mm	Min. 250	
0	5.5	4.96	14.22	1052.97	2.28	461.384	1000.32
25	5.75	4.40	14.33	986.73	2.35	419.61	937.39
50	5.75	4.22	14.26	1002.42	2.41	416.263	952.30

Sumber: Data Penulis, 2024

Tabel 5.26 Hasil Analisis Proporsi Ideal Pengganti kadar RAP dengan Kadar Aspal Optimum Terhadap Nilai Stabilitas

Jenis Pengujian	Kadar RAP (%)	Kadar Aspal Optimum (%)	Hasil Pengujian
Stabilitas (kg)	0	5.5	1052.97
	25	5.75	986.73
	50	5.75	1002.42

Sumber: Data Penulis, 2024

Pada Tabel 5.25 diatas dapat ditentukan proporsi ideal pengganti RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) pada campuran aspal berdasarkan nilai stabilitas tertinggi pada setiap proporsi campuran yang memenuhi semua karakteristik marshall campuran sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6. Nilai stabilitas tertinggi yaitu pada kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) 0% dengan kadar aspal 5.5 dengan nilai stabilitas 1052.97 kg.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada campuran aspal beton lapis antara (AC-BC) dengan bahan pengganti agregat dan aspal RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan hasil penelitian semakin banyak penggunaan bahan pengganti RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) maka akan menurunkan nilai VIM dan VMA, tetapi pada nilai VFA mengalami kenaikan. Bahan pengganti RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dapat meningkatkan nilai stabilitas seiring meningkatnya kadar RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), tetapi untuk nilai kadar tertinggi berada pada yang tidak menggunakan kadar pengganti RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*).
- b. Campuran dengan bahan pengganti RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) cenderung lebih kecil di dibandingkan tanpa RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dikarenakan campuran tanpa RAP lebih kaku, sedangkan campuran yang memakai RAP semakin tinggi campuran RAP nya maka hasil yang didapatkan akan semakin meningkat di karenakan kebutuhan untuk bahan peremaja akan semakin besar yang mana memungkinkan aspal dalam campuran AC-BC akan semakin lunak sehingga kekuatan untuk memikul beban akan berkurang.
- c. Dengan hasil penelitian di atas dapat di simpulkan untuk persentase optimum aspal daur ulang pada campuran Asphalt Concrete Base Course (AC-BC) yaitu pada kadar RAP 0%.

6.2 Saran

Setelah melakukan penelitian pembuatan campuran aspal beton lapis antara dengan bahan pengganti RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) maka ada beberapa saran yang didapatkan, yaitu sebagai berikut:

- a. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*).

- b. Pada saat pengujian ekstraksi RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) harus lebih teliti ketika pelaksanaannya karena aspal yang didapat untuk melakukan pembuatan benda uji.
- c. Untuk pembuatan benda uji perlu pengawasan lebih teliti, ketika pada suhu pencampuran dan suhu pemadatan karena dapat mempengaruhi hasil pengujian.
- d. Memberikan pelatihan dan sosialisasi kepada pelaksana proyek jalan tentang teknologi dan manfaat penggunaan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) agar penerapannya dapat maksimal