

## BAB III PEMBAHASAN

### 3.1 Data Hasil Pengujian Material

Pengujian material pada perkerasan jalan adalah serangkaian proses pengujian dan evaluasi yang dilakukan untuk memastikan bahwa bahan-bahan yang digunakan dalam konstruksi jalan memenuhi standar yang ditetapkan. Tujuannya adalah untuk memastikan kekuatan, daya tahan, dan kualitas perkerasan jalan sehingga jalan dapat digunakan dengan aman dan efisien.

#### 3.1.1 Daya Tahan Bahan Agregat Kasar

Pengujian berat jenis agregat kasar adalah salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengukur berat jenis atau kerapatan dari agregat kasar yang digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan, beton, atau struktur lainnya. Berat jenis (*density*) adalah ukuran seberapa padatnya suatu bahan, dan dalam konteks agregat kasar, berat jenisnya adalah parameter penting karena dapat memengaruhi sifat-sifat beton atau perkerasan jalan. Dapat dilihat pada Tabel 3.1 hasil pengujian berat jenis agregat kasar di bawah ini.

**Tabel 3.1** Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

No	Pengujian	Sampel (gr)	
		1	2
1	Berat benda uji kering permukaan (A)	483	478
2	Berat benda uji kering oven (B)	500	500
3	Berat benda uji dalam air (C)	314	309

Untuk analisis pengujian berat jenis agregat kasar dilakukan beberapa prosedur yaitu, menimbang berat benda uji kering permukaan (A), menimbang benda uji kering oven (B), menimbang benda uji dalam air (C). Untuk analisis perhitungannya dapat dilihat di bawah ini.

Sampel 1:

$$\begin{aligned}
 \text{Bj. agregat kasar} &= \frac{A}{(B-C)} \\
 &= \frac{483}{(500-314)} \\
 &= 2.596 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Sampel 2:

$$\begin{aligned}
 \text{Bj. agregat kasar} &= \frac{A}{(B-C)} \\
 &= \frac{478}{(500-309)} \\
 &= 2.503 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Rata-rata Sampel:

$$\begin{aligned}
 \text{Bj. agregat kasar} &= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2} \\
 \text{Bj. agregat kasar} &= \frac{2.596 + 2.503}{2} \\
 &= 2.549 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Pada pengujian berat jenis agregat kasar hanya menganalisis berat jenis agregat kasar, sedangkan untuk pengujian lainnya tidak dilakukan. Dalam pengujian ini diambil dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Handayani, 2023).

### 3.1.2 Daya Tahan Bahan Agregat Halus

Pengujian berat jenis agregat halus pada perkerasan jalan adalah salah satu proses penting untuk menentukan berat jenis atau kerapatan agregat halus yang digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan. Berat jenis atau kerapatan agregat halus memiliki dampak signifikan pada campuran aspal atau beton, serta pada kinerja perkerasan jalan secara keseluruhan. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar dapat di lihat pada Tabel 3.2 hasil pengujian berat jenis agregat halus di bawah ini.

**Tabel 3.2** Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

No	Pengujian	Sampel (gr)	
		1	2
1	Berat benda uji kering permukaan (S)	500	500
2	Berat benda uji kering oven (A)	495	498
3	Berat piknometer + Air (B)	656	656
4	Berat Piknometer + benda uji + air (C)	969	975

Untuk analisis pengujian berat jenis agregat kasar dilakukan beberapa prosedur yaitu, menimbang berat benda uji kering permukaan (S), menimbang benda uji kering oven (A), menimbang berat piknometer + air (B), dan yang terakhir menimbang berat piknometer + benda uji + air (C). Untuk perhitungannya dapat di lihat di bawah ini.

Sampel 1:

Bj. agregat halus

$$= \frac{A}{\frac{(B+S-C)}{495}}$$

$$= \frac{495}{(656+500-969)}$$

$$= 2.647 \text{ gr}$$

Sampel 2:

Bj. agregat halus

$$= \frac{A}{\frac{(B+S-C)}{498}}$$

$$= \frac{498}{(656+500-975)}$$

$$= 2.751 \text{ gr}$$

Rata-rata sampel :

Bj. agregat halus

$$= \frac{\text{Sampel 1} + \text{sampel 2}}{2}$$

Bj. agregat halus

$$= \frac{2.647 + 2.751}{2}$$

$$= 2.699 \text{ gr}$$

Pada pengujian berat jenis agregat halus hanya menganalisis berat jenis agregat halus, sedangkan untuk pengujian lainnya tidak dilakukan. Dalam pengujian ini diambil dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Handayani (2023).

### 3.1.3 Pengujian Aspal

Pengujian berat jenis aspal adalah pengujian yang dilakukan untuk menentukan berat jenis atau kerapatan aspal yang digunakan dalam konstruksi jalan, termasuk campuran aspal panas (*hot mix asphalt*) dan campuran aspal dingin (*cold mix asphalt*). Berat jenis aspal adalah parameter penting karena memengaruhi karakteristik fisik campuran aspal, kekuatan, ketahanan terhadap beban, dan daya tahan perkerasan jalan. Untuk hasil pengujian berat jenis aspal dapat di lihat pada Tabel 3.3 hasil pengujian berat jenis aspal di bawah ini.

**Tabel 3.3** Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal

Jenis pengujian	Percobaan		Rata-rata
	I	II	
Berat Piknometer (gr) (A)	120	120	120
Berat Piknometer + Air (gr) (B)	274	274	274
Berat Piknometer + Aspal (gr) (C)	190	185	188
Berat Piknometer + Aspal + Air (gr) (D)	275	281	278
Berat jenis semu ( <i>apparent specific gravity</i> ) $\frac{C - A}{(B - A) - (D - C)}$	1.014	1.120	1.067

Untuk analisis pengujian berat jenis aspal dilakukan beberapa prosedur yaitu, menimbang berat piknometer (A), menimbang berat piknometer + air (B), menimbang berat piknometer + aspal (C), menimbang berat piknometer + aspal + air (D). Untuk perhitungan berat jenis aspal dapat di lihat di bawah ini.

Sampel 1:

$$\begin{aligned} \text{Bj. aspal} &= \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \\ \text{Bj.aspal} &= \frac{(190-120)}{(274-120)-(275-190)} \\ &= 1.014 \text{ gr} \end{aligned}$$

Sampel 2:

$$\begin{aligned} \text{Bj.aspal} &= \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \\ \text{Bj.aspal} &= \frac{(185-120)}{(274-120)-(281-185)} \\ &= 1.120 \text{ gr} \end{aligned}$$

Rata-rata sampel :

$$\begin{aligned} \text{Bj.aspal} &= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2} \\ \text{Bj.aspal} &= \frac{1.014 + 1.120}{2} \\ &= 1.067 \text{ gr} \end{aligned}$$

Pada pengujian berat jenis aspal hanya menganalisis berat jenis aspal, sedangkan untuk pengujian lainnya tidak dilakukan. Nilai rata – rata untuk kedua sampel adalah 1.067 gr. Dalam pengujian ini diambil dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Handayani (2023).

### 3.1.4 Pengujian kadar pH dan Kadar Garam

Pengujian kadar air laut digunakan untuk mengetahui bagaimana kadar pH dan kadar garam yang terkandung pada air laut sebatik. Pengujian kadar pH pada air laut adalah proses pengukuran tingkat keasaman atau kebasaan air laut. pH adalah skala logaritmik yang digunakan untuk mengukur konsentrasi ion hidrogen (H+) dalam suatu larutan. Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14, dimana nilai pH 0-6,9 menunjukkan larutan asam dengan pH 0 paling asam, nilai pH 7 adalah netral, yang berarti larutan tersebut tidak bersifat asam atau basa. Nilai pH 7,1-14 menunjukkan larutan basa dengan pH 14 paling basa. Ketentuan kadar pH air laut berkisar antara 7,5 hingga 8,4. Kondisi ini dianggap sebagai rentang pH yang normal untuk air laut. Kadar pH air laut yang berada dalam rentang ini menunjukkan bahwa air laut memiliki sifat yang netral hingga sedikit basa, sedangkan pada pengujian kadar pH pada air laut menunjukkan nilai kadar pH 6 dimana dengan kadar pH tersebut air laut sebatik dikategorikan bersifat asam dan pengujiannya menggunakan kertas lakmus dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.

Pengujian kadar garam pada air laut adalah proses untuk mengukur konsentrasi garam dalam air laut, biasanya diungkapkan dalam satuan persentase. Kandungan garam dalam air laut utamanya terdiri dari natrium klorida (NaCl), tetapi juga mencakup sejumlah kecil ion-ion lain seperti magnesium, kalsium, sulfat, dan lainnya. Pada pengujian kadar garam yang telah dilakukan didapatkan kandungan kadar garam sebesar 2 % pada pengujian menggunakan hidrometer, dengan ketentuan kadar garam air laut biasanya berada dalam kisaran sekitar 3,3% hingga 3,7%. Ini berarti bahwa setiap 100 gram air laut mengandung sekitar 3,3 hingga 3,7 gram garam. Rentang ini dapat bervariasi sedikit tergantung pada lokasi geografis dan kondisi lingkungan tertentu. Dapat dilihat pada Gambar. 3.1 di bawah ini untuk pengujian kadar garam.



**Gambar 3.1** Pengujian Kadar Garam Menggunakan Hidrometer



**Gambar 3.2** Pengujian Kadar pH Air Laut

### 3.2 Perhitungan *Mix Design*

*Mix design* aspal adalah komposisi perkerasan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal, dengan proporsi yang telah disusun sebelumnya. Berikut adalah Tabel 3.4 saringan yang digunakan pada perkerasan jalan AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) di bawah ini.

**Tabel 3.4** Spesifikasi Saringan Bina201 8 Marga Revisi 2

Saringan No (inch)	Bukaan (mm)	Spesifikasi agregat lolos saringan (%)	
		Min	Max
3/4"	19	100	100
1/2"	12.5	90	100
3/8"	9.5	77	90
No.4"	4.75	53	69
No.8"	2.36	33	53
No.16"	1.18	21	40
No.30"	0.600	14	30
No.50"	0.300	9	22
No.100"	0.150	6	15
No.200"	0.075	4	9
PAN	0.000	0	0

Sumber : Bina Marga 2018 Revisi 2

Untuk nilai konstanta pada perencanaan *mix design* campuran antara 0.5 – 1. Pada penelitian ini menggunakan nilai konstanta 0.5 untuk nilai konstantanya dengan kadar aspal 5%. Dapat di lihat pada Tabel 3.5 *mix design* dengan kadar aspal 5%.

Perhitungan nilai konstanta (0.5 – 1 sesuai dengan bina marga 2018 revisi 2) pada penelitian ini digunakan nilai konstanta 0,5. Berikut adalah perhitungan nilai Pb yang akan digunakan.

CA	= 57 % (agregat tertahan di saringan No. 8)
FA	= 36.5 % (agregat tertahan saringan No. 8 – saringan No.200)
Filler	= 6.5 % (agregat lolos saringan No. 200)
Konstanta (K)	= 0.5 (range nilai konstanta laston AC-WC adalah 0,5 – 1)
Pb	= 0.035 (% CA) + 0.045(% FA) + 0.18 (% Filler) + 0.5
	= 0.035 (57) + 0.045 (36.5) + 0.18 (6.5) + 0.5
	= 5.3075
%	= 5.31 %
Pb dibulatkan	= 5.31 %
Keterangan	
CA	= <i>Coarse Aggregate</i>
FA	= <i>Fine Aggregate</i>
<i>Filler</i>	= <i>Filler</i>
Konstanta (K)	= 0.5 – 1 (range nilai konstanta 0,5 – 1)
Pb	= Kadar aspal rencana

Dalam penelitian ini, kadar aspal yang digunakan adalah 5% sesuai dengan pendekatan dari nilai Pb 0,5. Berikut adalah perhitungan berat aspal per 60/70 yang akan digunakan pada penelitian ini.

Berat benda uji	= 1200 gr
Berat Aspal	= kadar aspal (%) x Berat benda uji (gr)
	= 5 % x 1200 gr
	= 60 gr

Berdasarkan berat aspal yang telah diperoleh diatas yaitu 60 gram maka berat agregat total dapat dihitung sebagai berikut.

Kadar Aspal	= 5 %
Berat benda uji	= 1200 gr

Berat Aspal = 60 gr  
 Berat total agregat = 1200 gr – 60 gr  
 = 1140 gr

Berikut adalah Tabel 3.5 *mix design* dengan kadar aspal 5 % di bawah ini.

**Tabel 3.5** *Mix Design* dengan Kadar Aspal 5 %

Saringan No. (inch)	Bukaan (mm)	Spesifikasi agregat lolos saringan (%)		% lolos dan tertahan			Berat agregat tertahan (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan total	Tertahan tiap saringan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	100	100	0	0	0	0
1/2"	12.5	90	100	95	5	5	57	57
3/8"	9.5	77	90	83.5	16.5	11.5	131.1	188.1
No. 4"	4.75	53	69	61	39	22.5	256.5	44.6
No. 8"	2.36	33	53	43	57	18	205.2	649.8
No. 16"	1.18	21	40	30.5	69.5	12.5	142.5	792.3
No. 30"	0.600	14	30	22	78	8.5	96.9	889.2
No. 50"	0.300	9	22	15.5	84.5	6.5	74.1	963.3
No. 100"	0.150	6	15	10.5	89.5	5	57	1020.3
No. 200"	0.075	4	9	6.5	93.5	4	45.6	1065.9
PAN	0	0	0	0	100	6.5	74.1	1140
Jumlah							1140	

### 3.2.1 Perhitungan Spesifikasi Agregat Lolos Saringan (%)

1. Perhitungan Saringan Lolos Saringan = (min – max)/2 (dapat di lihat Tabel 3.5)

$$\text{Saringan} = (\text{Min} + \text{Max})/2$$

$$\text{Saringan No } 1/2'' = (90+100)/2 = 95 \text{ gr}$$

$$\text{Saringan No } 3/8'' = (77+90)/2 = 83.5 \text{ gr}$$

2. Perhitungan Saringan Tertahan Total (dapat di lihat Tabel 3.5)

$$\text{Perhitungan saringan tertahan total} = 100 - \text{saringan lolos}$$

$$\text{Tertahan Total} = 100 - \text{lolos}$$

$$= 100 - 95 = 5 \text{ gr}$$

$$= 90 - 83.5 = 16.5 \text{ gr}$$

3. Perhitungan Berat Agregat Tertahan (dapat di lihat Tabel 3.5)

$$\text{Perhitungan saringan } 1/2''$$

$$\text{Berat agregat tertahan} = \% \text{ agregat tertahan} \times \text{berat total agregat}$$

$$= \frac{5}{100} \times 1140$$

$$= 57 \text{ gr}$$

$$\text{Perhitungan saringan } 3/8''$$

$$\text{Berat agregat tertahan} = \% \text{ agregat tertahan} + \text{berat total agregat}$$

$$= \frac{11.5}{100} \times 1140$$

$$= 131.1 \text{ gr}$$

4. Perhitungan Jumlah Berat Agregat Tertahan (dapat dilihat pada Tabel 3.4)

$$\text{Perhitungan jumlah saringan tertahan } 1/2''$$

$$\text{Jumlah berat tertahan agregat saringan } 1/2'' = 0 + 57$$

$$= 57 \text{ gr}$$

$$\text{Jumlah berat tertahan agregat saringan } 3/8'' = 57 + 131.10$$

= 188.1 gr

### 3.3 Analisis Pengujian Marshall

Setelah melakukan pengujian *marshall* maka didapatkan hasil data yang akan di analisis dengan tujuan mendapatkan nilai karakteristik *marshall* pada stabilitas, kelelahan (*flow*), *Marshall Quotient* (MQ), rongga udara dalam campuran (*Void In The Mix*), rongga udara berisi aspal (*Void Filled With Asphalt*), rongga udara pada mineral agregat (*Void Mineral Aggregate*), dapat dilihat pada Tabel 3.6 angka koreksi di bawah ini digunakan untuk menyesuaikan antara ketebalan aspal yang telah direncanakan dan membantu menyesuaikan ketebalan yang akan direncanakan.

**Tabel 3.6** Angka Koreksi

waktu rendaman (jam)	sampel	Berat kering (gr)	Berat dalam air (gr)	Berat SSD (gr)	Tinggi 3 sisi (cm)			Rata-rata (cm)	Angka koreksi (cm)
					1	2	3		
6 jam	1	1.182	684	1190	6.22	6.22	6.23	6.22	1.03
	2	1.182	698	1187	6.19	6.20	6.19	6.19	1.04
	3	1.183	682	1187	6.11	6.13	6.12	6.12	1.06
12 jam	1	1.182	680	1197	6.44	6.45	6.43	6.44	0.93
	2	1.179	689	1188	6.12	6.13	6.13	6.13	1.06
	3	1.186	685	1197	6.32	6.32	6.33	6.32	1.02
24 jam	1	1.189	686	1178	6.09	6.08	6.09	6.09	1.07
	2	1.182	698	1190	6.12	6.11	6.12	6.12	1.06
	3	1.207	694	1218	6.46	6.47	6.46	6.46	0.94

Berikut adalah Tabel 3.7 hasil pengujian *marshall* yang telah dilakukan.

**Tabel 3.7** Hasil Pengujian Marshall

Lama Rendaman (Jam)	Sampel	Density	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
6	1	2.34	15.91	73.02	4.29	2749.11	4.30	639.33
	2	2.31	16.90	67.96	5.41	2729.54	4.25	642.24
	3	2.34	15.68	74.34	4.02	2711.30	4.27	634.96
	rata - rata	2.33	16.16	71.78	4.57	2729.98	4.27	638.84
12	1	2.30	17.06	67.18	5.60	2275.36	4.40	517.13
	2	2.33	16.29	71.00	4.72	2522.69	4.38	575.96
	3	2.32	16.62	69.34	5.09	2382.12	4.45	535.31
	rata - rata	2.32	16.66	69.18	5.14	2393.39	4.41	542.80
24	1	2.34	15.91	73.02	4.29	2451.29	4.50	544.73
	2	2.34	15.66	74.46	4.00	2357.65	4.75	496.35
	3	2.35	15.30	76.49	3.60	2028.03	5.0	405.61
	rata - rata	2.34	<b>15.62</b>	74.66	3.96	2278.99	4.75	482.23
ketentuan		>2	>16	>65	>3.5 - 5	>800	>3	>250

Pada Tabel 3.7 hasil perhitungan *marshall* merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan pada pengujian *marshall test*. Berikut adalah hasil perhitungan pada Tabel 3.7 hasil perhitungan *marshall* di atas.

Analisis hasil pengujian *marshall*

#### 1. Density

Pada perhitungan *density* untuk angka yang digunakan dapat dilihat pada lampiran untuk lama rendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam. Untuk analisis di bawah ini menggunakan data dengan lama rendaman 6 jam.

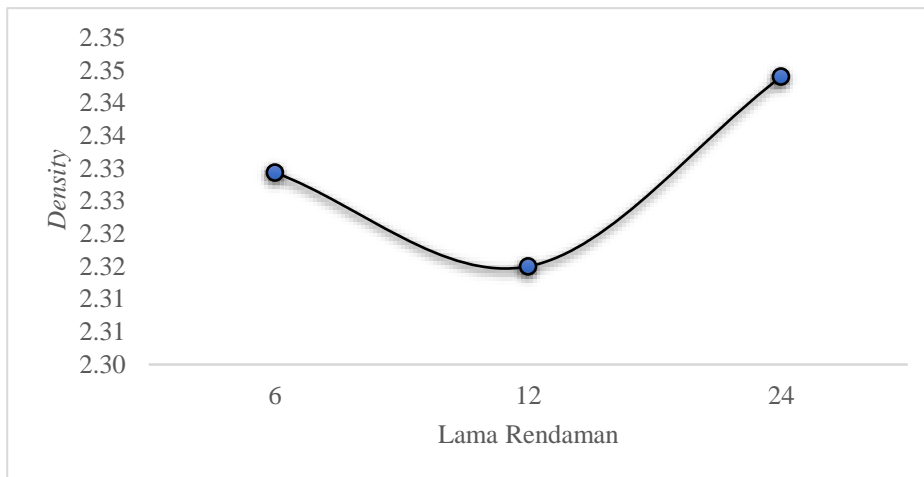
$$\text{Marshall Quotient} = \frac{c}{f}$$

$$\text{Sampel 1} = \frac{1182}{506}$$

$$= 2.34 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sampel 2} &= \frac{1182}{512} \\
 &= 2.31 \text{ gr} \\
 \text{Sampel 3} &= \frac{1183}{505} \\
 &= 2.34 \text{ gr} \\
 \text{Rata - rata} &= \frac{2.34+2.31+2.34}{3} \\
 &= 2.33 \text{ gr} \\
 \text{Keterangan} &= \\
 \text{c} &= \text{berat kering (dapat dilihat pada lampiran 1)} \\
 \text{f} &= \text{berat dalam air (dapat dilihat pada lampiran 1)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *density* di atas dapat dilihat pengaruh lama rendaman air laut selama 6 jam. Berikut adalah Gambar 3.3 grafik *density* dengan lama rendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam.



**Gambar 3.3** Grafik *Density*

Berdasarkan Tabel 3.7 pada sampel 1 dengan lama rendaman 6 jam adalah 2.34 gr, sampel 2 dengan lama rendaman 12 jam dengan nilai 2.31 gr, sampel 3 dengan lama rendaman 24 jam dengan nilai 2.34 gr, dan untuk nilai rata-rata dari tiga sampel tersebut adalah 2.33 gr sudah sesuai dengan syarat ketentuan Bina Marga 2018 revisi 2 dengan ketentuan  $>2$  gr. Pada Gambar 3.3 di atas nilai *density* untuk tiga sampel mengalami perubahan, dimana untuk lama rendaman 6 jam dan 12 jam mengalami penurunan dengan nilai untuk 6 jam 2.33 gr dan 12 jam 2.32 gr, sedangkan sampel dengan lama rendaman selama 24 jam mengalami kenaikan dengan nilai 2.34 gr. Pada Gambar 3.3 grafik mengalami penurunan pada lama rendaman 12 jam dan mengalami kenaikan pada lama rendaman 24 jam disebabkan oleh temperatur pemadatan, komposisi penyusun, dan kadar aspal yang digunakan. (Maulana, 2016).

2. Stabilitas dengan Lama Rendaman 6 Jam

Stabilitas =  $P \times$  angka koreksi (nilai p dapat dilihat pada lampiran dan nilai angka koreksi dilihat pada Tabel 3.5 angka koreksi)

$$\begin{aligned}
 \text{Sampel 1} &= 2669,04 \times 1.03 \\
 &= 2749.11 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sampel 2} &= 2624.56 \times 1.04 \\
 &= 2729.54 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sampel 3} &= 2669,04 \times 1.06
 \end{aligned}$$

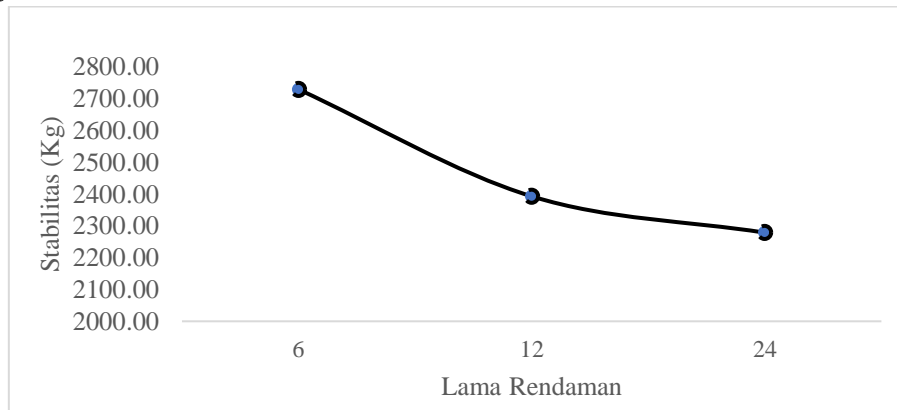


$$\begin{aligned} &= 2729.98 \text{ Kg} \\ \text{Rata - rata} &= \frac{2749.11+2729.54+2729.98}{3} \\ &= 2729.98 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan =

p = nilai p dapat dilihat pada lampiran 1

Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas di atas dapat dilihat pengaruh lama rendaman air laut selama 6 jam. Berikut adalah Gambar 3.4 grafik stabilitas dengan lama rendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam.



**Gambar 3.4** Grafik Stabilitas

Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas pada Tabel 3.7 nilai stabilitas dengan lama rendaman 6 jam sampel 1 didapatkan nilai 2729.98 kg, sampel 2 dengan nilai 2729.54 kg, sampel 3 dengan nilai 2711.30 kg, dan untuk nilai rata-rata dari ketiga sampel tersebut adalah 2729.98 kg sudah sesuai dengan ketentuan Bina Marga 2018 revisi 2 dengan nilai stabilitas > 800 Kg. Untuk nilai stabilitas pada sampel ketiga sampel dengan lama rendaman 6 jam sudah sesuai dengan ketentuan karena > 800 kg, dimana dengan nilai stabilitas > 800 kg maka ketiga sampel tersebut semakin kuat menahan beban sedangkan jika < 800 maka perkerasan jalan tidak kuat menahan beban. Pada Gambar 3.4 stabilitas di atas, untuk nilai rata – rata lama rendaman 6 jam didapatkan nilai 2729.98 kg, lama rendaman 12 jam dengan nilai 2393.39 Kg, dan pada lama rendaman 24 jam dengan nilai 2278.99 kg mengalami penurunan yang disebabkan oleh lama rendaman pada sampel tersebut.

### 3. Flow (Kelelehan) dengan Lama Rendaman 6 Jam

*Flow* = Nilai yang didapatkan pada pengujian *marshall* (dapat dilihat pada Tabel 3.7 hasil pengujian *marshall*)

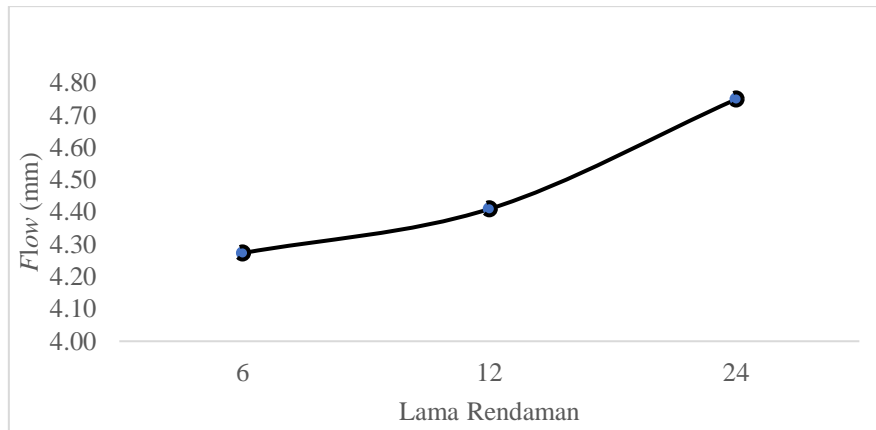
Sampel 1 = 4.30 mm

Sampel 2 = 4.25 mm

Sampel 3 = 4.27 mm

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata} &= \frac{4.30+4.25+4.27}{3} \\ &= 4.27 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas di atas dapat dilihat pengaruh lama rendaman air laut selama 6 jam. Berikut adalah Gambar 3.5 grafik *flow* dengan lama rendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam.



**Gambar 3.5** Grafik *Flow*

Berdasarkan hasil pengujian *flow* pada Tabel 3.7, untuk sampel 1 dengan lama rendaman 6 jam adalah 4.30 mm, sampel 2 dengan nilai 4.25 mm, sampel 3 dengan nilai 4.27, dan untuk nilai rata-rata dari ketiga sampel tersebut adalah 4.27 mm sudah sesuai dan memenuhi syarat Bina Marga 2018 revisi 2 dengan nilai *flow* > 3 mm. Pada Gambar 3.5 nilai *flow* untuk ketiga sampel dengan lama rendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 mengalami perubahan, dimana untuk rata-rata dengan lama rendaman 6 jam dengan nilai 4.27 mm, 12 jam dengan nilai 4.41 mm, dan 24 jam dengan nilai 4.75 mm mengalami kenaikan dikarenakan oleh lama rendaman yang dilakukan, semakin lama sampel direndam maka semakin tinggi juga nilai *flow* nya.

4. *Marshall Quotient* (MQ) dengan Lama Rendaman 6 Jam

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{\text{stabilitas}}{\text{flow}}$$

$$\begin{aligned} \text{Sampel 1} &= \frac{2749.11}{4.30} \\ &= 639.33 \text{ kg/mm} \end{aligned}$$

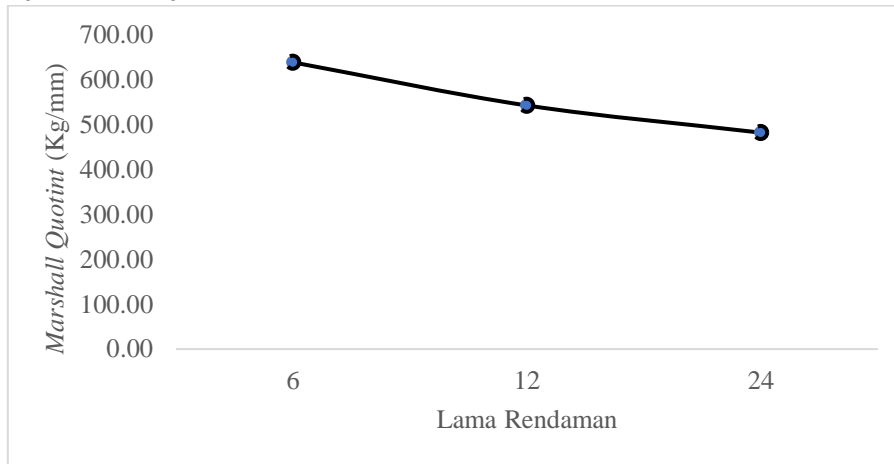
$$\begin{aligned} \text{Sampel 2} &= \frac{2729.54}{4.25} \\ &= 642.24 \text{ kg/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sampel 3} &= \frac{2711.30}{4.27} \\ &= 634.96 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata} &= \frac{639.33 + 642.24 + 634.96}{3} \\ &= 638.85 \text{ kg/mm} \end{aligned}$$

Keterangan : nilai stabilitas dan *flow* dapat dilihat pada Tabel 3.7

Berdasarkan hasil perhitungan *marshall quotient* di atas dapat dilihat pengaruh lama rendaman air laut selama 6 jam. Berikut adalah Gambar 3.6 grafik *marshall quotient* dengan lama rendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam.



**Gambar 3.6** Grafik *Marshall Quotient*

Berdasarkan hasil pengujian *marshall quotient* dapat dilihat pada Tabel 3.7 hasil pengujian *marshall*. Untuk sampel 1 dengan lama rendaman 6 jam adalah 639.33 kg/mm, sampel 2 dengan nilai 642.24 kg/mm, sampel 3 dengan nilai 634.96 kg/mm, dan untuk nilai rata-rata dari 3 sampel tersebut adalah 638.85 kg/mm sudah sesuai dengan ketentuan bina marga 2018 revisi 2 dengan nilai > 250 kg/mm. Pada Gambar 3.6 grafik *marshall quotient* di atas nilai *marshall quotient* untuk ketiga sampel dengan lama rendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam mengalami penurunan, dimana untuk rata - rata dengan lama rendaman 6 jam dengan nilai 638.85 kg/mm, 12 jam dengan nilai 542.80 kg/mm , dan 24 jam dengan nilai 482.23 kg/mm mengalami penurunan disebabkan oleh lama rendaman yang dilakukan. Berdasarkan dari hasil yang diperoleh semakin lama sampel direndam maka semakin rendah juga nilai *marshall quotient* nya. Jika nilai stabilitas tinggi, *flow* nya rendah maka perkerasan akan kaku dan getas jika pengaplikasian di lapangan maka akan mudah retak, sedangkan jika nilai stabilitas rendah dan nilai *flow* tinggi maka perkerasan mudah mengalami perubahan bentuk (deformasi).

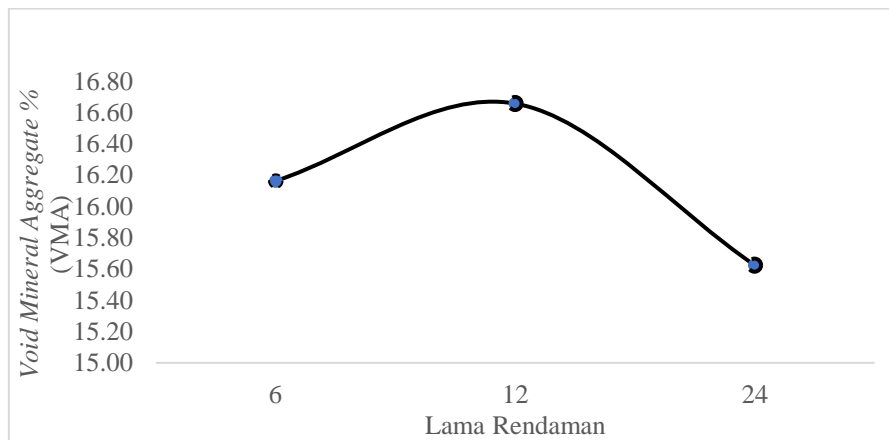
5. *Void Mineral Aggregate* (VMA) dengan Lama Rendaman 6 Jam

$$\begin{aligned}
 \text{VMA} &= 100 - j \\
 \text{Sampel 1} &= 100 - 84.09 \\
 &= 15.91 \% \\
 \text{Sampel 2} &= 100 - 83.10 \\
 &= 16.90 \% \\
 \text{Sampel 3} &= 100 - 84.32 \\
 &= 15.68 \% \\
 \text{Rata-rata} &= \frac{15.91+16.90+15.68}{3} \\
 &= 16.16 \%
 \end{aligned}$$

Keterangan =

j = nilai j dapat dilihat pada lampiran 1

Berdasarkan hasil perhitungan *void mineral aggregate* (VMA) di atas dapat dilihat pengaruh lama rendaman air laut selama 6 jam. Berikut adalah Gambar 3.7 grafik *void mineral aggregate* (VMA) dengan lama rendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam.



**Gambar 3. 7** Grafik *Void Mineral Aggregate %* (VMA)

Berdasarkan hasil pengujian nilai VMA pada Tabel 3.7 dengan lama rendaman 6 jam sampel 1 adalah 15.91%, sampel 2 dengan nilai 16.90 %, sampel 3 dengan nilai 15.68%, dan untuk nilai rata-rata dari 3 sampel tersebut adalah 16.16 % telah sesuai dengan ketentuan Bina Marga 2018 revisi 2 dengan nilai > 16 %. Untuk nilai VMA sampel 2 sudah sesuai dengan ketentuan karena >16 % dimana VMA ialah persentasi rongga di dalam campuran agregat dalam campuran aspal panas yang sudah terisi aspal, sedangkan sampel 1 dan sampel 3 tidak memenuhi kriteria yang telah ditentukan dikarenakan nilai *j* (dapat dilihat pada lampiran 1) lebih besar sehingga nilai VMA pada kedua sampel dibawah 16 %. Berdasarkan Gambar 3.7, rata-rata dari tiga sampel dengan rendaman berbeda adalah sebagai berikut, lama rendaman 6 jam dengan nilai 16.16 %, lama rendaman 12 jam dengan nilai 16.66 %, dan lama rendaman 24 jam dengan nilai 15.64 % yang mengalami penurunan. Rata-rata dari sampel dengan lama rendaman 6 jam dan 12 jam telah memenuhi ketentuan Bina Marga 2018 revisi 2 (> 16%). Namun, rata-rata nilai pada lama rendaman 24 jam tidak memenuhi ketentuan Bina Marga 2018 revisi 2.

6. *Void In The Mix* (VITM) dengan Lama Rendaman 6 Jam

$$\text{VITM} = 100 - \left(100 \times \frac{g}{h}\right)$$

$$\begin{aligned} \text{Sampel 1} &= 100 - \left(100 \times \frac{2.34}{2.44}\right) \\ &= 4.29 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sampel 2} &= 100 - \left(100 \times \frac{2.31}{2.44}\right) \\ &= 5.41 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sampel 3} &= 100 - \left(100 \times \frac{2.34}{2.44}\right) \\ &= 4.02 \% \end{aligned}$$

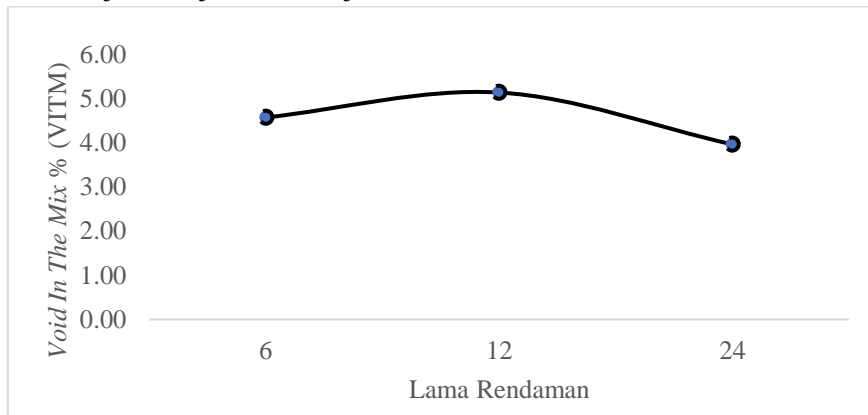
$$\begin{aligned} \text{Rata - rata} &= \frac{4.29+5.41+4.02}{3} \\ &= 4.58 \% \end{aligned}$$

Keterangan =

*g* = *density* (dapat dilihat pada lampiran 1)

h = B<sub>j</sub>. maksimum (dapat dilihat pada lampiran 1)

Berdasarkan hasil perhitungan *void in the mix* (VITM) di atas dapat dilihat pengaruh lama rendaman air laut selama 6 jam. Berikut adalah Gambar 3.8 grafik *void in the mix* (VITM) dengan lama rendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam.



**Gambar 3.8** Grafik *Void In The Mix* (VITM)

Berdasarkan hasil pengujian nilai *void in the mix* pada Tabel 3.7 dengan lama rendaman 6 jam sampel 1 adalah 4.29 %, sampel 2 dengan nilai 5.41 %, sampel 3 dengan nilai 4.02 %, dan untuk nilai rata-rata dari ketiga sampel tersebut adalah 4.58 % sesuai dengan ketentuan Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 dengan nilai 3.5 - 5 %. Pada gambar 3.8 untuk rata-rata dengan lama variasi rendaman (6 jam, 12 jam, dan 24 jam) telah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 dengan ketentuan nilai 3.5 – 5 %, dimana nilai tertinggi pada rendaman 12 jam dan nilai terkecil pada rendaman 24 jam.

7. *Void Filled With Asphalt* (VFWA) dengan Lama Rendaman 6 Jam

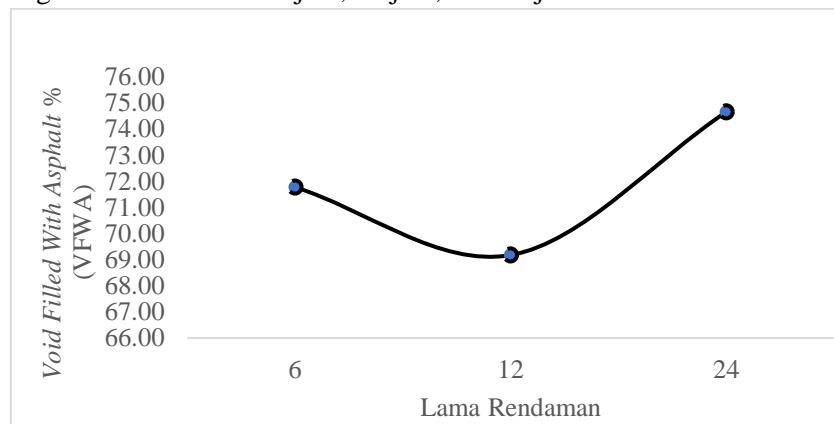
$$\begin{aligned} \text{VFWA} &= 100 \times \frac{i}{l} \\ \text{Sampel 1} &= 100 \times \frac{11.62}{15.91} \\ &= 73.02 \% \\ \text{Sampel 2} &= 100 \times \frac{11.48}{16.90} \\ &= 67.96 \% \\ \text{Sampel 3} &= 100 \times \frac{11.65}{15.68} \\ &= 74.34 \% \\ \text{Rata - rata} &= \frac{73.02+67.96+74.34}{3} \\ &= 71.77 \% \end{aligned}$$

Keterangan =

i = nilai i dapat dilihat pada lampiran 1

l = jumlah kandungan rongga

Berdasarkan hasil perhitungan *void filled with asphalt* (VFWA) di atas dapat dilihat pengaruh lama rendaman 6 jam. Berikut adalah Gambar 3.9 grafik *void filled with asphalt* (VFWA) dengan lama rendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam.



**Gambar 3.9** Grafik *Void Filled With Asphalt* % (VFWA)

Berdasarkan hasil pengujian nilai VFWA pada Tabel 3.7 dengan lama rendaman 6 jam sampel 1 adalah 73.02 %, sampel 2 dengan nilai 67.96 %, sampel 3 dengan nilai 74.34 %, dan untuk nilai rata-rata dari 3 sampel tersebut adalah 71.78 % sesuai dengan ketentuan Bina Marga 2018 revisi 2 dengan nilai >65 %. Untuk nilai VFWA ketiga sampel sudah sesuai dengan ketentuan Bina Marga 2018 revisi 2 karena > 65 % dimana persentasi ruang kosong yang terisi oleh aspal dalam campuran agregat dan aspal yang telah dipadatkan diantara rongga-rongga antara agregat harus > 65 %. Pada grafik VFWA di atas untuk rata-rata dari ketiga lama rendaman, untuk lama rendaman 6 jam dengan nilai 71.34 % dan 12 jam mengalami penurunan dengan nilai 69.18 %, dan pada lama rendaman 24 jam dengan nilai 74.66 % mengalami kenaikan akan dan sudah memenuhi ketentuan Bina Marga 2018 revisi 2 yang telah ditetapkan sebesar >65 % maka sudah memenuhi syarat, dimana nilai tertinggi untuk nilai VITM pada rendaman 24 jam dan nilai terendah pada rendaman 12 jam.