

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Penelitian

##### 5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Dalam penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina AC 60/70 yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta, dan Aspal Ban Karet. Pengujian aspal dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Hasil pengujian aspal dapat dilihat dalam Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian AC 60/70**

NO	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 0,1$	1,0751	Memenuhi
2	Penetrasi (0,1 mm)	60 - 70	65,6	Memenuhi
3	Daktalitas (cm)	$\geq 100$	157	Memenuhi
4	Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	280	Memenuhi
5	Titik Bakar ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	281	Memenuhi
6	Kelarutan TCE (%)	$\geq 99$	100	Memenuhi
7	Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 48$	49,5	Memenuhi

**Tabel 5.2 Hasil Pengujian Aspal Ban Karet 5,5%**

NO	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 0,1$	1,0277	Memenuhi
2	Penetrasi (0,1 mm)	Min. 50	51,3	Memenuhi
3	Daktalitas (cm)	$\geq 50$	63	Memenuhi
4	Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	259	Memenuhi
5	Titik Bakar ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	274	Memenuhi
6	Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 54$	55,5	Memenuhi

### 5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Hasil pengujian agregat dapat dilihat dalam tabel 5.3 dan 5.4.

**Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar**

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,6447	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3,0	1,54648	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	> 95	99,5	Memenuhi
4	Kausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	< 40	26,6	Memenuhi

**Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus**

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,6271	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3,0	2,35	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	> 50	71,2409	Memenuhi

### 5.1.3 Hasil Pengujian Air Laut

Pengujian air laut dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta. Hasil pengujian air laut dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

**Tabel 5.5 Hasil Pengujian Air Laut**

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
			A.003	
1	pH	-	6,82	SNI 06-6989.11-2004
2	Klorida (Cl)	mg/L	12.240	SNI 6989.19:2009
3	Sulfat (SO)	mg/L	20,9	SNI 6989.20:2009

### 5.1.4 Hasil Pengujian Campuran Aspal Porus untuk Menentukan Nilai Kadar Aspal Optimum

Hasil pengujian campuran aspal porus untuk menentukan nilai KAO dapat dilihat pada Tabel 5.11, Tabel 5.12, dan Tabel 5.13 berikut.

**Tabel 5.6 Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
4,5	490,76	4,9	99,59	19,38	29,49	27,49	1,9367
5	530,51	4,3	122,34	18,84	32,35	27,85	1,9372
5,5	550,31	4,5	123,83	17,43	36,51	27,45	1,9584
6	476,42	4,4	96,10	17,44	38,37	28,30	1,9456
6,5	474,40	5,5	87,00	17,22	40,53	28,94	1,9386
Spesifikasi	> 500	2 – 6	< 400	18-25			

**Tabel 5.7 Hasil Pengujian Cantabro untuk Mencari KAO**

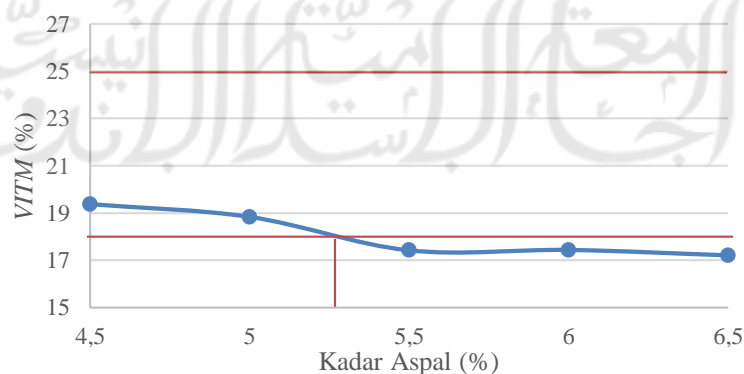
Kadar Aspal	Nilai Cantabro Loss (%)
4,5	35,58
5,5	29,90
6,5	10,77

**Tabel 5.8 Hasil Pengujian Asphalt Flow Down untuk Mencari KAO**

Kadar Aspal	Nilai Asphalt Flow Down (%)
4,5	0,24
5,5	0,38
6,5	0,97

Selanjutnya nilai KAO ditentukan berdasarkan kriteria perencanaan dari metode Australia berikut.

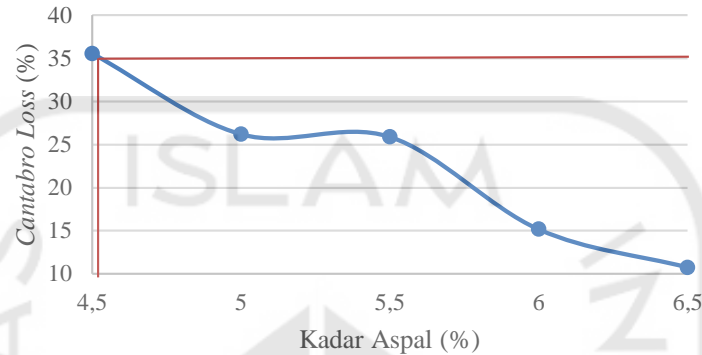
1. Mencari kadar rongga minimum dalam campuran



**Gambar 5.1 Grafik Hubungan antara Penambahan Kadar Aspal dengan Nilai VITM**

Berdasarkan Gambar 5.1 nilai *VITM* 18% diset untuk mendapatkan kadar aspal maksimum yaitu 5,27%.

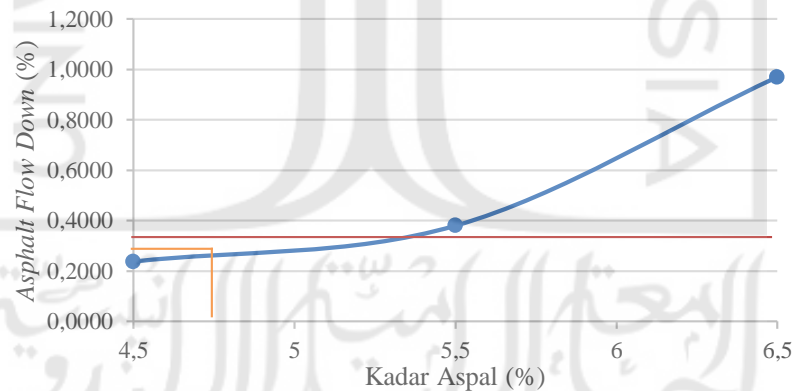
2. Mencari nilai *cantabro loss* maksimum



**Gambar 5.2 Grafik Hubungan antara Penambahan Kadar Aspal dengan Nilai *Cantabro Loss***

Berdasarkan Gambar 5.2 nilai *Cantabro Loss* 35% diset untuk mendapatkan kadar aspal minimum yaitu 4,55%.

3. Plotting kadar aspal sementara pada grafik *asphalt flow down*, kadar aspal sementara diperoleh dari rata-rata nilai maksimum dan minimum.



**Gambar 5.3 Grafik Hubungan antara Penambahan Kadar Aspal dengan Nilai *Asphalt Flow Down***

Setelah mendapatkan kadar aspal maksimum dan minimum, langkah berikutnya adalah menghitung kadar aspal sementara. Kadar aspal sementara diperoleh dari rata-rata nilai kadar aspal maksimum dan minimum dengan diperoleh nilai 4,91%, kemudian diplot pada Gambar 5.3 grafik *Asphalt Flow Down* dan

mendapatkan nilai 0,27%. Kadar aspal optimum merupakan penjumlahan nilai kadar aspal rata-rata dengan nilai *asphalt flow down* yaitu sebesar 5,18%.

### 5.1.5 Hasil Pengujian *Marshall Standart* Pada Berbagai Variasi Durasi Rendaman Air Laut

Hasil pengujian campuran Aspal Porus pada kadar aspal optimum meliputi pengujian *Marshall*, *Index of Retained Strength*, *Indirect Tensile Strength*, Permeabilitas, *Cantabro*, dan *Asphalt Flow Down*. Nilai-nilai dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.15 sampai Tabel 5.20.

**Tabel 5.9 Hasil Pengujian *Marshall Standart* dengan dan tanpa Penambahan Limbah Ban Karet dengan Variasi Durasi Rendaman Air Laut**

Lama Rendaman	Kadar karet (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
0 hari/ 0 jam	0	531,20	3,83	138,94	19,50	32,15	28,7	1,917
	5,5	548,76	3,90	141,01	18,81	34,00	28,5	1,923
2 hari/ 48 jam	0	527,91	3,80	138,80	19,13	32,67	28,4	1,926
	5,5	538,01	3,85	139,67	18,36	34,68	28,1	1,934
4 hari/ 96 jam	0	502,01	3,77	133,83	19,00	32,86	28,3	1,929
	5,5	521,73	3,67	135,62	17,96	35,30	27,8	1,943
Spesifikasi		> 500	2-6	< 400	18-25			

**Tabel 5.10 Hasil Pengujian *Index of Retained Stength* dengan dan tanpa Penambahan Limbah Ban Karet dengan Variasi Durasi Rendaman Air Laut**

Hari / Jam	<i>Index of Retained Stength</i> (%)	
	Pen 60/70	Aspal Karet
0	68,59	71,02
48	68,27	70,70
96	67,43	70,54

**Tabel 5.11 Hasil Pengujian Permeabilitas dengan dan tanpa Penambahan Limbah Ban Karet dengan Variasi Durasi Rendaman Air Laut**

Jenis Aspal	K (Tekanan 1:1)	K (Tekanan 2:2)	Kategori
Pen 60/70	1,99,E-03	1,61,E-03	Drainasi Sedang
Aspal Karet	1,10,E-03	1,19,E-03	Drainasi Sedang

**Tabel 5.12 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* dengan dan tanpa Penambahan Limbah Ban Karet dengan Variasi Durasi Rendaman Air Laut**

Lama Rendaman Air Laut	<i>Indirect Tensile Strength</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Pen 60/70	Aspal Karet
0 HARI / 0 JAM	12,02	10,23
2 HARI / 48 JAM	11,85	9,27
4 HARI / 96 JAM	10,81	8,92

**Tabel 5.13 Hasil Pengujian *Cantabro* dengan dan tanpa Penambahan Limbah Ban Karet dengan Variasi Durasi Rendaman Air Laut**

Hari / Jam	<i>Cantabro Loss</i> (%)	
	Pen 60/70	Aspal Karet
0	28,49	27,04
48	34,59	27,48
96	50,11	47,62

**Tabel 5.14 Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* dengan dengan dan tanpa Penambahan Limbah Ban Karet**

Kadar Ban Karet (%)	Nilai <i>Asphalt Flow Down</i> (%)
0	0,21
5,5	0,18

Pengujian hipotesis statistik bertujuan untuk mengetahui apakah hipotesa tersebut dapat diterima atau ditolak. Data-data yang dikumpulkan dari laboratorium terkait dengan pengujian aspal telah diuji secara statistic menggunakan Uji *T Independent* dan Uji *Annova*.

Data-data uji sifat fisik aspal karet terhadap aspal Pen 60/70 dianalisis menggunakan analisis statistik *t-test*. Hasil rekapitulasi analisis dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

**Tabel 5.15 Rekapitulasi Data Uji Statistika *T-Test* untuk Pengujian Karakteristik Aspal Pen 60/70 terhadap Aspal Karet**

Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
Berat Jenis	H0, diterima	Tidak Signifikan
Penetrasi (mm)	H0, ditolak	Signifikan
Daktalitas (cm)	H0, ditolak	Signifikan
Titik Nyala (°C)	H0, ditolak	Signifikan
Titik Bakar (°C)	H0, ditolak	Signifikan
Titik Lembek (%)	H0, ditolak	Signifikan
Kelarutan <i>TCE</i> (°C)	H0, ditolak	Signifikan

Data karakteristik pengujian *Marshall* standar, *IRS*, dan *Cantabro* juga diuji dengan menggunakan uji statistic *Annova* untuk mengetahui signifikansi rata-rata dan varian antara bahan Aspal Pen 60/70 dan aspal karet. Rekapitulasi pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 berikut.

**Tabel 5.16 Rekapitulasi Data Uji Statistika One way *Annova* untuk Pengujian Karakteristik *Marshall* Standard Aspal Pen 60/70 terhadap Aspal Karet**

Parameter	Keterangan	Hasil Analisis
Stabilitas (kg)	H0, diterima	Tidak Signifikan
<i>Flow</i> (mm)	H0, diterima	Tidak Signifikan
<i>Marshall Quotien</i> (kg/mm)	H0, diterima	Tidak Signifikan

**Tabel 5.17 Rekapitulasi Data Uji Statistika *One Way Annova* untuk Pengujian Karakteristik *IRS*, *ITS* dan *Cantabro* Aspal Pen 60/70 terhadap Aspal Karet**

Parameter	Keterangan	Hasil Analisis
<i>IRS</i> (%)	H0, diterima	Tidak Signifikan
<i>ITS</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	H0, diterima	Tidak Signifikan
<i>Cantabro</i> (%)	H0, ditolak	Signifikan

Data karakteristik pengujian *Marshall* standar, *IRS*, dan *Cantabro* juga diuji dengan menggunakan uji statistic *t-test* untuk mengetahui signifikansi rata-rata dan varian antara bahan Aspal Pen 60/70 dan aspal karet. Rekapitulasi pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan Tabel 5.19 berikut.

**Tabel 5.18 Rekapitulasi Data Uji Statistika *T-Test* untuk Pengujian Karakteristik *Marshall* Standard Aspal Pen 60/70 terhadap Aspal Karet**

Parameter	Keterangan	Hasil Analisis
Stabilitas (kg)	H0, diterima	Tidak Signifikan
<i>Flow</i> (mm)	H0, diterima	Tidak Signifikan
<i>Marshall Quotien</i> (kg/mm)	H0, diterima	Tidak Signifikan

**Tabel 5.19 Rekapitulasi Data Uji Statistika *T- Test* untuk Pengujian Karakteristik *IRS*, *ITS* dan *Cantabro* Aspal Pen 60/70 terhadap Aspal Karet**

Parameter	Keterangan	Hasil Analisis
<i>IRS</i> (%)	H0, ditolak	Signifikan
<i>ITS</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	H0, ditolak	Signifikan
<i>Cantabro</i> (%)	H0, diterima	Tidak Signifikan

## 5.2 Pembahasan

### 5.2.1 Karakteristik Bahan

#### 1. Karakteristik Aspal

Pembahasan pengujian karakteristik aspal Pen 60/70 adalah sebagai berikut.

##### a. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Hasil pengujian berat jenis aspal Pertamina Pen 60/70 adalah 1,0751. Hasil ini menunjukkan bahwa pengujian aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $\geq 1,00$ .



b. Penetrasi Aspal

Pengujian penetrasi aspal dimaksudkan untuk menentukan penetrasi aspal termasuk kategori keras atau lembek, dengan cara memasukkan jarum, beban kedalam aspal pada suhu tertentu dan dalam jangka waktu tertentu. Hasil pengujian penetrasi aspal Pertamina Pen 60/70 sebesar 65,6 mm, sehingga memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu antara 60 – 70 mm.

c. Daktalitas

Pengujian daktalitas bertujuan untuk dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan berisi aspal keras sebelum putus. Hasil pengujian daktalitas pada aspal Pen 60/70 sebesar 157 cm, sehingga telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $\geq 100$  cm.

d. Titik Lembek

Pengujian titik lembek dapat menunjukkan kepekaan aspal terhadap temperatur. Hasil pengujian titik lembek aspal Pen 60/70 sebesar 49,5°C, sehingga memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga  $\geq 48^\circ\text{C}$ .

e. Titik Nyala

Pengujian titik nyala bertujuan untuk mengetahui batas temperatur dimana aspal masih cukup aman untuk dipanaskan. Hasil pengujian titik nyala menunjukkan nilai sebesar 280°C untuk aspal Pen 60/70. Nilai yang didapat pada pengujian ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $\geq 232^\circ\text{C}$ .

f. Kelarutan dalam Karbon Tetra Klorida ( $\text{CCL}_4$ )

Pengujian kelarutan bertujuan untuk mengetahui kelarutan aspal dalam Karbon Tetra Klorida sehingga dapat mengetahui persentase kandungan mineral lain dalam aspal. Hasil pengujian kelarutan aspal Pertamina Pen 60/70 dalam  $\text{CCL}_4$  menunjukkan nilai sebesar 100%, sehingga telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $\geq 99\%$ .

## 2. Karakteristik Agregat Kasar

Pembahasan terhadap pengujian karakteristik agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut.

### a. Berat Jenis Agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara berat agregat dengan berat volume air. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar Clereng adalah sebesar 2,6447. Hasil ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $> 2,5$ .

### b. Penyerapan Agregat Terhadap Air

Penyerapan agregat terhadap air kemampuan suatu bahan untuk menyerap air, rongga atau pori pada agregat. Hasil pengujian penyerapan agregat terhadap air adalah sebesar 1,54,65%, nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $< 3\%$ .

### c. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan suatu agregat yang terselimuti oleh aspal terhadap permukaan agregat. Hasil pengujian kelekatan agregat adalah sebesar 99,5%. Hasil ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu sebesar  $> 95\%$ .

### d. Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian keausan bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap penghancuran dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Hasil pengujian menunjukkan nilai sebesar 26,6%. Hasil ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $< 40\%$ .

## 3. Karakteristik Agregat Halus

Pembahasan terhadap pengujian karakteristik agregat halus yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut.

### a. Berat Jenis Agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara berat agregat dengan berat volume air. Hasil pengujian berat jenis agregat halus Clereng sebesar 2,6271. Hasil ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga yaitu  $> 2,5$ .

b. Penyerapan Agregat Terhadap Air

Penyerapan agregat terhadap air adalah kemampuan suatu bahan untuk menyerap air. Hasil pengujian penyerapan agregat halus terhadap air sebesar 2,35%. Hasil ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga yaitu  $< 3\%$

c. *Sand Equivalent*

Nilai *sand equivalent* agregat halus menunjukkan tingkat kebersihan agregat terhadap debu, lumpur atau kotoran lainnya. Hasil pengujian *sand equivalent* agregat halus Clereng sebesar 71,2409%. Nilai *sand equivalent* memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $> 50\%$ .

4. Karakteristik Air Laut

Pengujian air laut bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral yang terdapat didalam air laut

### 5.2.2 Pengaruh Limbah Ban Karet Terhadap Sifat Fisik Aspal

Pembahasan pengujian karakteristik aspal karet adalah sebagai berikut.

1. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Hasil pengujian menunjukkan nilai berat jenis aspal Pen 60/70 adalah 1,0751 dan berat jenis aspal karet adalah 1,0277, nilai berat jenis menggunakan aspal karet memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $\geq 1,00$ .

2. Penetrasi Aspal

Pengujian penetrasi aspal dimaksudkan untuk menentukan penetrasi aspal termasuk katategori keras atau lembek, dengan cara memasukkan jarum, beban kedalam aspal pada suhu tertentu dan dalam jangka waktu tertentu. Hasil pengujian menunjukkan nilai penetasi aspal Pen 60/70 adalah 65,6 mm dan penetrasi aspal karet sebesar 51,3 mm. Nilai penetrasi aspal karet memiliki nilai yang lebih kecil dari aspal Pen 60/70, hal tersebut menunjukkan aspal karet memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari aspal Pen60/70. Penetrasi kedua aspal tersebut memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu Pen

60/70 antara 60 mm sampai 70 mm dan aspal modifikasi antara 50 mm sampai 80 mm.

3. Daktalitas

Pengujian daktalitas bertujuan untuk dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan berisi aspal keras sebelum putus. Hasil pengujian menunjukkan nilai daktalitas aspal pen 60/70 adalah 157 cm dan daktalitas aspal karet sebesar 63 cm. Nilai daktalitas menggunakan aspal karet memiliki nilai yang lebih kecil daripada nilai daktalitas menggunakan aspal Pen 60/70, hal ini menunjukkan bahwa aspal karet memiliki sifat yang lebih getas dari aspal Pen 60/70. Nilai daktalitas kedua jenis aspal memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu Pen 60/70  $\geq$  100 cm dan aspal karet yaitu  $\geq$  50 cm.

4. Titik Lembek

Pengujian titik lembek aspal bertujuan untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur dimana aspal akan lembek apabila berada pada temperatur tinggi. Hasil pengujian titik lembek aspal Pen 60/70 adalah 49,5°C dan aspal karet adalah 55,5°C. Nilai titik lembek aspal karet lebih tinggi dari aspal Pen 60/70, hal ini menunjukkan aspal karet tidak mudah meleleh. Nilai titik lembek kedua jenis aspal memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu aspal Pen 60/70  $\geq$  48°C dan aspal modifikasi  $\geq$  54°C.

5. Kelarutan dalam CCL<sub>4</sub>

Pengujian kelarutan bertujuan untuk mengetahui kelarutan aspal dalam Karbon Tetra Klorida sehingga dapat mengetahui persentase kandungan mineral lain dalam aspal. Hasil pengujian kelarutan aspal Pertamina Pen 60/70 dalam CCL<sub>4</sub> menunjukkan nilai sebesar 100%, sehingga telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $\geq$  99%. Pada aspal modifikasi tidak dilakukan pengujian kelarutan karena pada aspal modifikasi ada substansi lain selain aspal.

6. Indeks Penetrasi Aspal / *Penetration Indeks* (PI)

Kepekaan terhadap suhu adalah sensitifitas perubahan sifat viskoelastisitas aspal akibat perubahan suhu dimana sifat ini dinyatakan indeks penetrasi aspal

(PI). Nilai Penetrasi dapat dinyatakan dengan nilai titik lembek dalam bentuk PI (*Penetration Indeks*). Semakin tinggi nilai titik lembek maka nilai PI akan semakin tinggi pada nilai penetrasi yang sama, dengan tingginya nilai PI dapat mengurangi kemungkinan terjadinya deformasi. Kepekaan aspal tersebut dinyatakan dengan Indeks Penetrasi (IP) yang berkisar antara -3 sampai 7. Nilai-nilai dari hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut.

**Tabel 5.20 Indeks Penetrasi Aspal Pen 60/70 dan Aspal Karet**

Benda Uji	Titik Lembek (°C)	Penetrasi (mm)	PI
Aspal Karet	55,5	51,3	0,150
Aspal Pen 60/70	49,5	65,6	-0,674

Dari hasil pengujian nilai penetrasi dan titik lembek, dapat dilihat bahwa dengan penambahan ban karet pada campuran aspal pen 60/70 terjadi penurunan nilai penetrasi dan kenaikan temperatur titik lembek. Hal ini berarti bahwa penggunaan ban karet pada aspal Pen 60/70 akan meningkatkan kekerasan aspal.

Berdasarkan nilai PI pada Tabel 5.20 dapat dilihat bahwa penambahan limbah ban karet dapat meningkatkan nilai PI. Nilai PI yang besar menunjukkan ketahanan aspal terhadap perubahan temperatur. Dapat disimpulkan bahwa campuran dengan aspal karet memiliki nilai PI yang lebih baik dibandingkan aspal Pen 60/70.

### 5.2.3 Karakteristik *Marshall*, *Cantabro* dan *Asphalt Flowdown* untuk mencari KAO

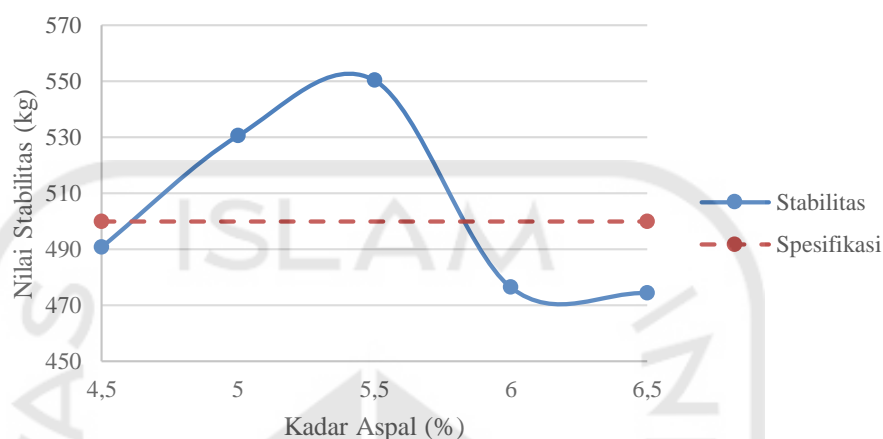
#### 1. Karakteristik *Marshall*

Berikut ini merupakan pembahasan dari pengujian karakteristik *Marshall* campuran Aspal Porus dalam kondisi standar. Pembahasan karakteristik *Marshall* adalah sebagai berikut.

##### a. Stabilitas

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran perkerasan sampai terjadi kelelahan plastis. Semakin tinggi nilai stabilitas, maka semakin tinggi kemampuan campuran perkerasan dalam menahan beban lalu lintas. Nilai stabilitas didapat langsung dari pembacaan pada alat *Marshall* pada

saat pengujian. Berikut ini adalah hasil nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.4.



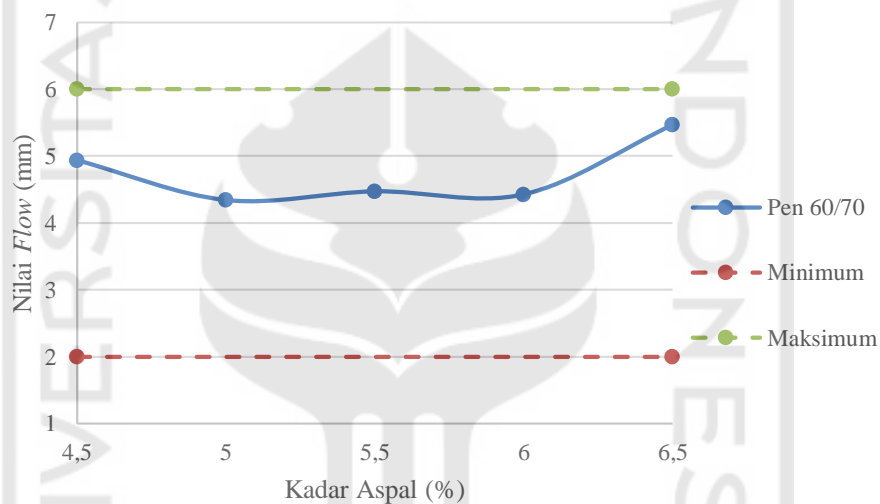
**Gambar 5.4 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.4 di atas dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan kadar aspal pada campuran maka stabilitas yang semula naik akan turun setelah mencapai batas maksimum. Aspal porus merupakan gradasi senjang yang nilai stabilitasnya tidak cukup tinggi karena adanya rongga yang besar pada campuran beraspal, yang mana luas permukaan butiran agregat yang harus diselimuti aspal relatif lebih sedikit dibandingkan dengan gradasi rapat. Dengan terpenuhinya permukaan agregat yang terselimuti maka stabilitas mencapai batas maksimum dan akan berkurang ketahanannya setelah seluruh permukaan agregat telah terselimuti. Sehingga dengan penambahan kadar aspal nilai stabilitas akan meningkat hingga mencapai batas optimum dan akan menurun akibat kadar aspal yang melebihi kadar optimum.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Harmadana (2016), menunjukkan bahwa penambahan *crumb rubber* sebanyak 5,5% dan 6,5% menghasilkan nilai stabilitas tertinggi yaitu 645 kg dan 533 kg. Penambahan dalam jumlah ini menghasilkan nilai stabilitas yang memenuhi standar persyaratan untuk campuran aspal porus sebagaimana yang ditentukan oleh *AAPA*.

b. *Flow*

Kelelahan (*Flow*) menyatakan besarnya penurunan campuran akibat beban sampai batas runtuh. Semakin tinggi nilai kelelahan (*Flow*) suatu campuran, maka semakin tinggi pula kelenturan lapis permukaan, tingkat kelelahan tersebut dipengaruhi oleh persen kadar aspal dan nilai daktalitas campuran. Semakin rendah nilai daktalitas campuran, maka akan semakin rendah fleksibilitas lapis perkerasan. Grafik nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.

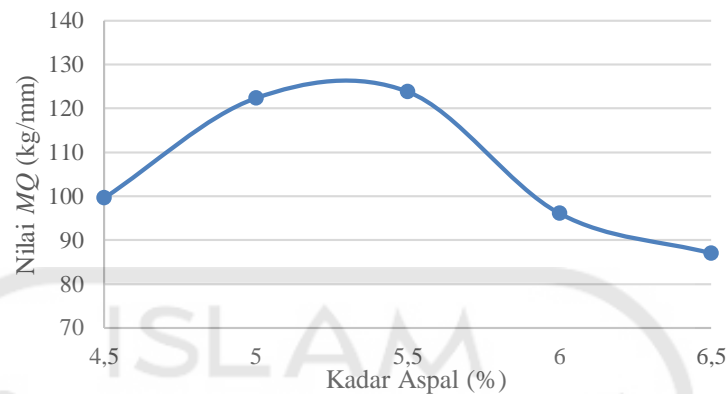


**Gambar 5.5 Hubungan Nilai Kadar Aspal dengan Nilai *Flow***

Berdasarkan Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa nilai *flow* mengalami peningkatan dan penurunan, hal ini dikarenakan distribusi agregat yang tidak merata dan turunnya temperatur aspal pada proses pemadatan.

c. *Marshall Quotient*

*Marshall Quotient* adalah perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada Gambar 5. 6 berikut.

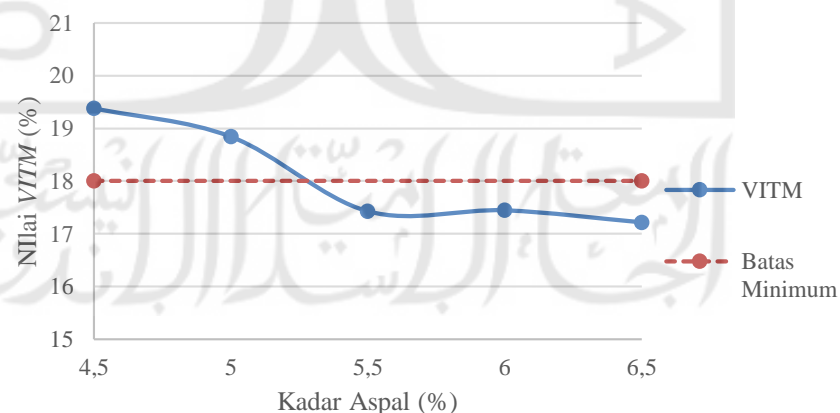


**Gambar 5.6 Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Marshall Quotient**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.6 dapat dilihat bahwa bertambahnya proporsi kadar aspal nilai  $MQ$  menurun setelah mencapai batas optimum, hal ini mengindikasikan bahwa aspal yang melekat dan terabsorpsi kedalam agregat mampu memperkuat campuran aspal porus sehingga tahan terhadap beban deformasi.

d. *VITM (Void in the Total Mix)*

*VITM* adalah prosentase rongga udara dalam campuran terhadap total volume campuran agregat dan aspal. Nilai *VITM* dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



**Gambar 5.7 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai VITM**

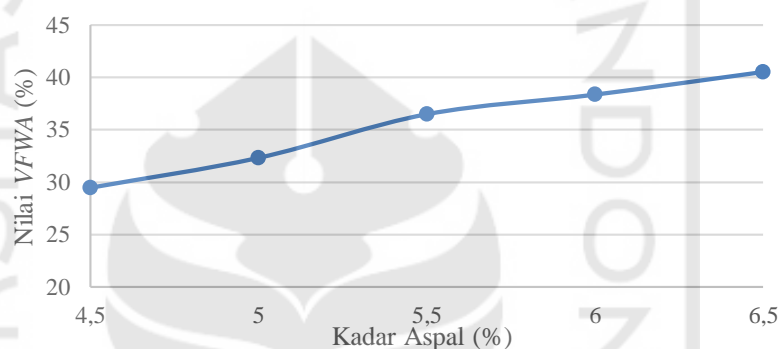
Dari Gambar 5.7 menunjukkan bahwa nilai *VITM* semakin kecil seiring bertambahnya kadar aspal, karena rongga udara terisi aspal semakin besar



dan memperkecil volume rongga udara dan campuran menjadi semakin padat.

e. *VFWA (Void Filled With Asphalt)*

*VFWA* merupakan persentase rongga dalam campuran aspal yang telah berisi aspal, sehingga semakin bertambahnya kadar aspal maka nilai *VFWA* akan semakin bertambah. Nilai *VFWA* dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.

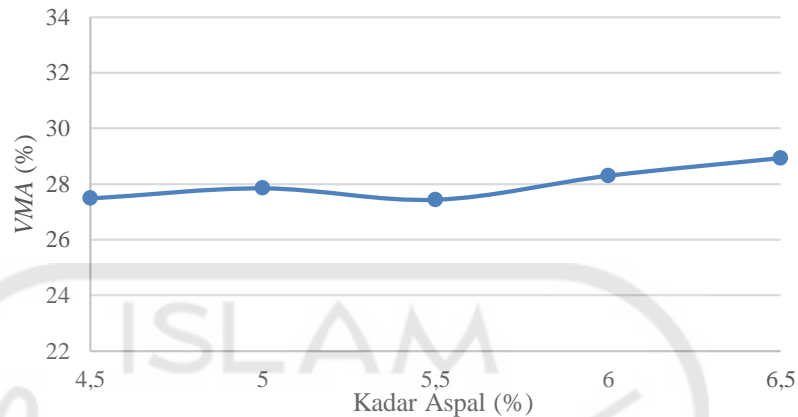


**Gambar 5.8 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *VFWA***

Dari Gambar 5.8 dapat dilihat bahwa seiring dengan penabahan kadar aspal maka nilai *VFWA* semakin bertambah. Faktor yang mempengaruhi adalah gradasi agregat yang tergolong senjang akan mempunyai nilai *VFWA* yang kecil. Hal ini terjadi karena penyerapan yang terjadi pada gradasi senjang cukup besar dan mengakibatkan aspal yang diserap oleh agregat juga besar, sehingga sisa aspal yang menutup rongga menjadi lebih kecil dan banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal menjadi kecil.

f. *VMA (Void in Mineral Agregat)*

*VMA* adalah jarak antara mineral agregat, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal. Nilai *VMA* dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.

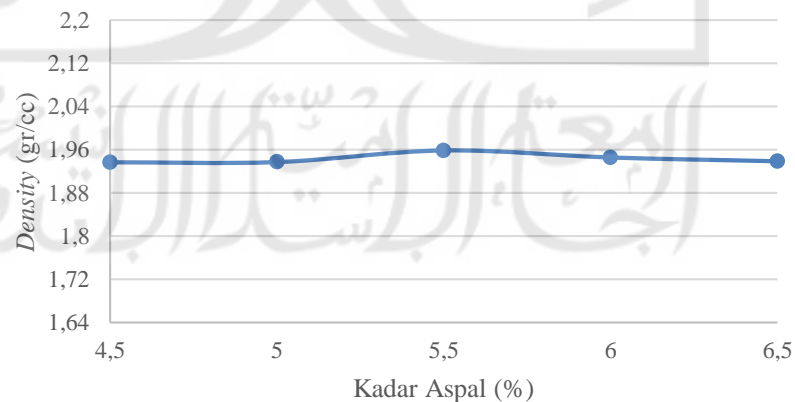


**Gambar 5.9 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai VMA**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.9 dapat dilihat nilai VMA meningkat dengan penambahan aspal namun pada kadar 5,5% nilai VMA mengalami penurunan.

g. *Density*

*Density* merupakan kepadatan suatu campuran yang diukur setiap satuan volume. Nilai *density* dapat dipengaruhi oleh faktor gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan penggunaan kadar aspal dalam campuran. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh grafik nilai *density* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.9 berikut.



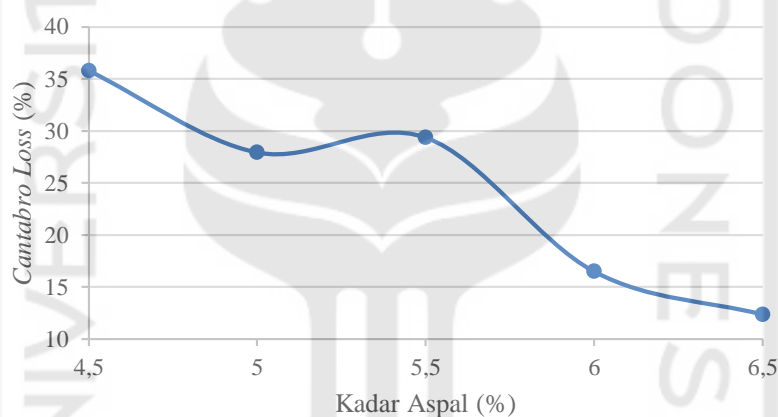
**Gambar 5.10 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *Density***

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.10 dapat dilihat nilai *density* mengalami kenaikan tetapi tidak terlalu signifikan, karena gradasi campuran aspal porus

yang senjang /seragam sehingga tidak terdistribusi merata dari agregat besar sampai kecil maka rongga atau pori yang terjadi akan besar.

## 2. Tinjauan Karakteristik *Cantabro Loss*

Pengujian *Cantabro Loss* dilakukan untuk mengetahui kehilangan berat pada campuran dilakukan tes abrasi dengan mesin *Loss Angeles* dan juga sebagai parameter untuk menentukan KAO seperti yang disyaratkan AAPA (2004). Benda uji yang didiamkan selama 48 jam pada suhu ruang dan minimal 6 jam sebelum pengujian suhu harus dijaga berada pada suhu ruang. Sebelum benda uji dimasukkan ke dalam drum mesin *Los Angeles*. Gambar hasil pengujian *Cantabro* dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



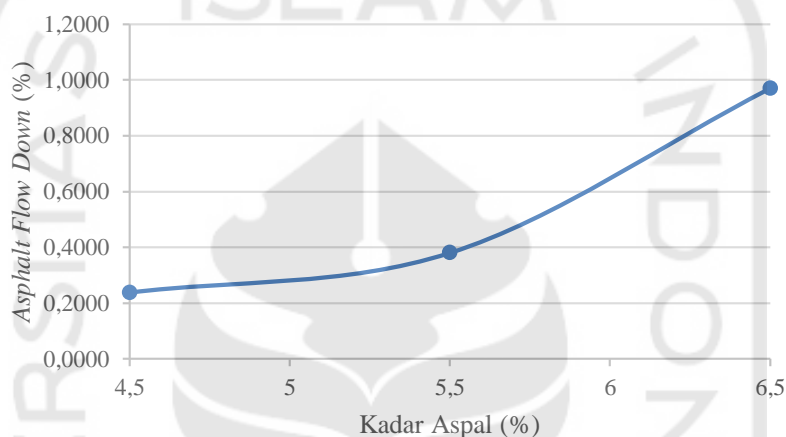
**Gambar 5.11 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *Cantabro Loss***

Dari Gambar 5.11 dapat dilihat bahwa nilai *cantabro loss* semakin menurun dengan meningkatnya proporsi kadar aspal. Semakin menurunnya kehilangan berat artinya tahan terhadap benturan. Hal ini disebabkan oleh persen kadar aspal yang meningkat karena dengan meningkatnya kadar aspal maka daya ikat campuran antara agregat dan aspal semakin baik sehingga menaikkan kemampuan campuran aspal porus untuk tahan terhadap benturan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Harmadana (2016), menunjukkan bahwa nilai *cantabro loss* semakin menurun seiring bertambahnya persentase kadar serbuk ban karet. Penambahan serbuk ban karet dapat mempertahankan nilai *cantabro loss* sehingga dapat meningkatkan ketahanan campuran terhadap pelepasan butiran.

### 3. Tinjauan karakteristik *Asphalt Flow Down*

Pengujian *Asphalt Flow Down* dilakukan untuk mengetahui kadar aspal maksimum yang dapat tercampur homogen dengan agregat tanpa terjadi pemisahan pemisahan aspal dan juga sebagai parameter untuk menentukan KAO seperti yang disyaratkan AAPA (2004). Gambar hasil pengujian *Asphalt Flow Down* dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



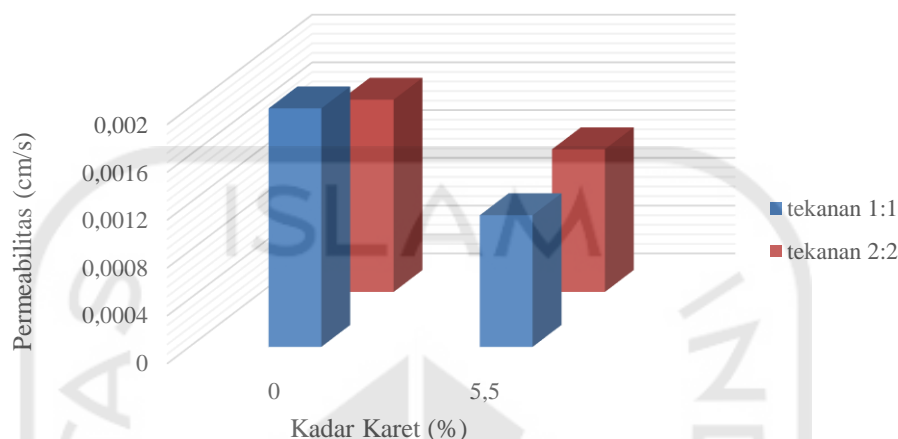
**Gambar 5.11 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *Asphalt Flow Down***

Berdasarkan Gambar 5.11 dapat dilihat nilai *Asphalt Flow Down* semakin meingkat seiring dengan penambahan kadar aspal, meskipun demikian peningkatan pada nilai *Asphalt Flow Down* tidak signifikan. Peningkatan pada hasil pengujian *Asphalt Flow Down* menunjukkan bahwa pemisahan antara aspal dengan agregat semakin meingkat seiring bertambahnya kadar aspal, hal ini disebabkan film yang menyelimuti agregat semakin tebal dengan bertambahnya persentase kadar aspal sehingga aspal yang melekat paling luar akan meleleh dan terpisah dari ikatan campuran.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Harmadana (2016), menunjukkan bahwa nilai *AFD* meingkat seiring dengan bertambahnya persentase serbuk ban karet. Penggunaan serbuk ban karet dalam campuran dapat meurangi tingkat pemisahan aspal dengan agregat dalam campuran.

#### 5.2.4 Pengaruh Limbah Ban Kret Terhadap Permeabilitas

Grafik pengujian permeabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.



**Gambar 5.12 Grafik Hubungan Campuran Berbahan Ikut Aspal Karet dengan Koefisien Permeabilitas**

Berdasarkan Gambar 5.12 dapat dilihat bahwa kedua campuran aspal porus yang menggunakan aspal Pen 60/70 dan aspal karet bersifat drainase sedang. Hal ini dikarenakan penambahan ban karet mengisi rongga antara aspal dan agregat sehingga rongga dalam campuran (*VITM*) yang kecil menyebabkan air menjadi sulit merembes ke dalam campuran aspal porus. Dengan demikian, maka penggunaan ban karet cukup mampu menghasilkan campuran kedap air.

Penelitian yang dilakukan oleh Juliansyah (2017) juga menyebutkan bahwa penambahan limbah ban karet sebagai *additive* untuk mengatasi penurunan kinerja campuran *superpave* akibat rendaman air hujan, dengan menggunakan bahan tambah ban karet campuran menjadi lebih kedap sehingga lebih sulit meloloskan air. Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan Juliansyah (2017) yaitu jenis campuran yang digunakan termasuk dalam gradasi rapat, sehingga dengan penambahan ban karet menghasilkan campuran bersifat drainase buruk.

Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Bahtiar (2017) yang meneliti tentang campuran aspal porus menggunakan substitusi *oil sludge*, nilai permeabilitas mengalami peningkatan dengan bertambahnya *oil sludge*. Nilai permeabilitas dengan substitusi *oil sludge* memiliki nilai permeabilitas yang lebih

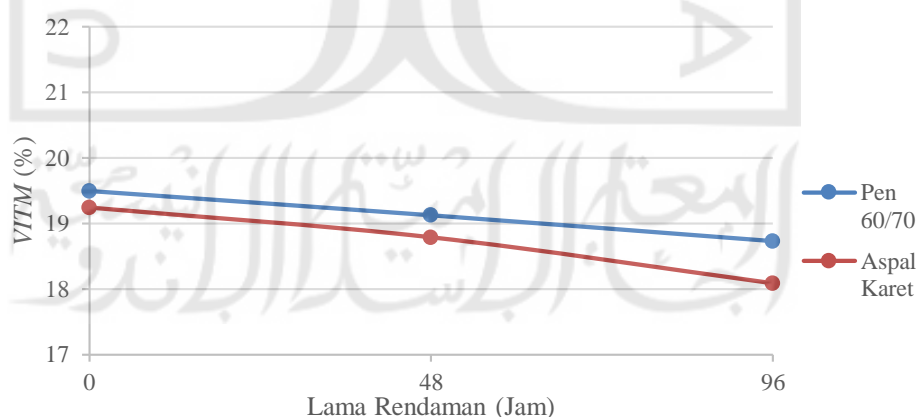
tinggi dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti menggunakan bahan tambah ban karet, yang berarti campuran aspal dengan *oil sludge* memiliki nilai permeabilitas yang lebih baik. Nilai permeabilitas tertinggi campuran aspal porus dengan *oil sludge* adalah  $4,33 \times 10^{-2}$  cm/detik sedangkan campuran aspal porus dengan ban karet adalah  $1,19 \times 10^{-3}$  cm/detik. Persamaan dari penelitian Bahtiar (2018) yaitu jenis campuran yang digunakan termasuk dalam kategori gradasi terbuka yang mudah meloloskan air.

### 5.2.5 Pengaruh Rendaman Air Laut terhadap Karakteristik *Marshall* dengan dan Tanpa Ban Karet

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall*, *Cantabro*, dan *Asphalt Flow Down*, didapatkan nilai KAO sebesar 5,18%. Sampel dibuat menggunakan KAO yang telah didapatkan kemudian direndam menggunakan air laut dengan variasi durasi perendaman 48 jam dan 96 jam. Sebagai pembandingnya sebagian sampel dibuat tanpa rendaman air laut. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada pembahasan berikut ini.

#### 1. *VITM*

Hasil pengujian laboratorium pada campuran aspal porus yang direndam air laut dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.



**Gambar 5.13 Grafik Hubungan Lama Rendaman Dengan Nilai *VITM***

Pada Gambar 5.13 dapat dilihat bahwa campuran aspal porus dengan bahan ikat aspal karet memiliki nilai *VITM* lebih kecil dibandingkan dengan campuran

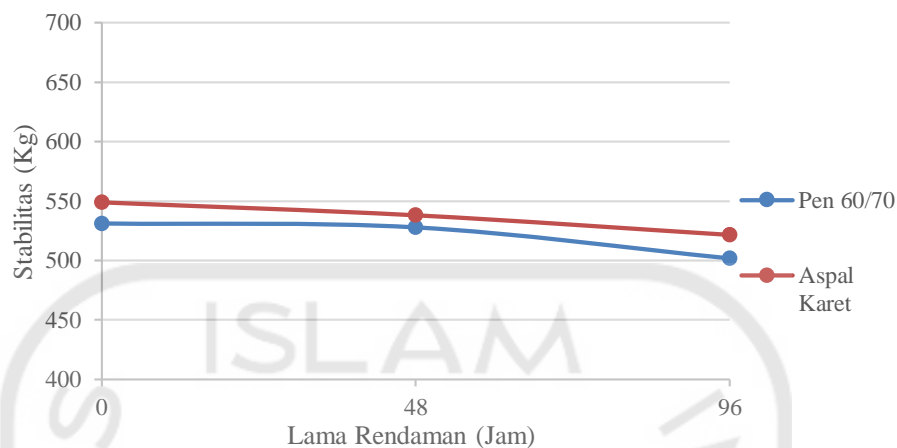
berbahan ikat Pen 60/70. Kondisi ini disebabkan karena pori-pori udara yang telah diisi oleh aspal dan mineral halus lainnya. Nilai *VITM* yang kecil menyebabkan campuran lebih kedap air, sehingga dapat mengurangi proses oksidasi aspal dan meningkatkan sifat durabilitas aspal.

Berdasarkan Grafik 5.13 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya waktu rendaman maka nilai *VITM* menurun, hal ini dikarenakan mineral yang terkandung didalam air laut dapat mengisi rongga menjadi lebih kecil. Semakin lama durasi rendaman maka semakin banyak pula mineral yang mengisi rongga dalam aspal maka rongga semakin kecil. Dari hasil pengujian didapatkan nilai *VITM* dengan aspal Pen 60/70 sebesar 19,50%, 19,13%, dan 19% sedangkan aspal karet sebesar 18,81%, 18,36% dan 17,96%. Hasil pengujian tersebut memenuhi persyaratan *AAPA* (2004) yaitu 18%, tetapi pada campuran menggunakan bahan tambah ban karet dengan durasi rendaman 96 jam turun dibawah syarat minimum.

Hal yang sama dapat dilihat pada penelitian Bahtiar (2017) yang meneliti tentang campuran aspal porus menggunakan substitusi *oil sludge*, semakin bertambahnya substitusi *oil sludge* nilai *VITM* mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena aspal yang telah disubstitusi *oil sludge* memiliki sifat yang lebih encer dibandingkan dengan aspal Pen 60/70 dan memiliki kadar mineral yang tinggi, sehingga menyebabkan mineral yang terkandung dapat mengisi rongga menjadi lebih kecil. Perbedaan dari penelitian Bahtiar (2017) yaitu jenis substitusi yang digunakan.

## 2. Stabilitas

Hasil pengujian lapatorium pada campuran aspal porus yang direndam air laut dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut ini.



**Gambar 5.14 Hubungan Lama Rendaman Air Laut dengan Nilai Stabilitas**

Pada Gambar 5.14 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas campuran mengalami penurunan dengan durasi rendaman yang semakin lama. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh penurunan ikatan antara agregat dan aspal yang disebabkan karena air laut yang masuk ke dalam rongga campuran mengandung berbagai macam senyawa kimia. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa penggunaan aspal karet pada campuran memiliki kinerja yang lebih baik dalam menahan beban dalam kondisi tendam air laut.

Nilai stabilitas campuran aspal porus menggunakan bahan tambah ban karet lebih besar dari campuran yang menggunakan aspal Pen 60/70. Hal ini disebabkan oleh sifat aspal karet yang lebih kaku dari aspal Pen 60/70, ditunjukkan dari nilai penetrasi aspal karet yang lebih kecil dari aspal Pen 60/70.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Juliansyah (2017) yang meneliti tentang campuran *superpave* menggunakan bahan tambah ban karet, juga menyebutkan bahwa penambahan ban karet dalam campuran menyebabkan nilai stabilitas mengalami peningkatan. Perbedaan dari penelitian Juliansyah (2017) yaitu campuran aspal porus dengan bahan tambah ban karet memiliki nilai stabilitas yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan campuran aspal porus memiliki rongga dalam aspal (*VITM*) yang lebih besar dari campuran *superpave*.

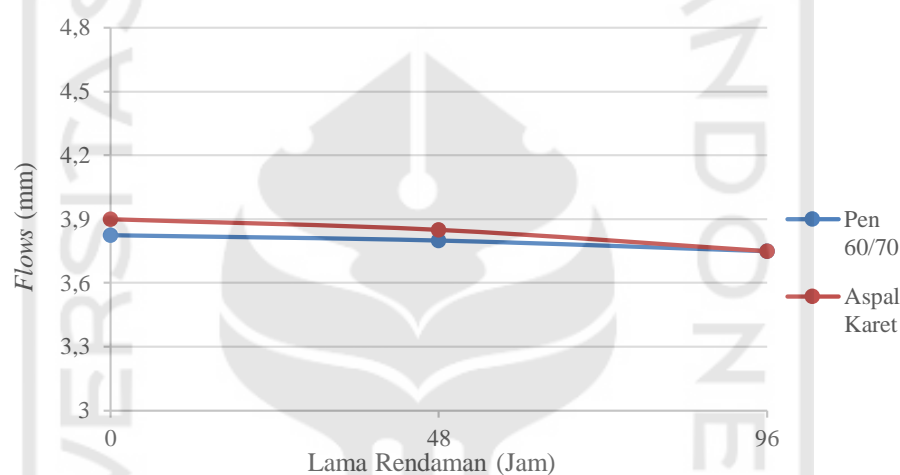
Pada penelitian yang dilakukan oleh Yusuf (2017) yang meneliti tentang kinerja campuran *Stone Matrix Asphalt* dengan bahan ikat Pen 60/70 dan Starbit E-55 akibat lama rendaman air laut, dapat dilihat bahwa nilai stabilitas mengalami



penurunan seiring bertambahnya durasi rendaman air laut. Hal ini terjadi karena air laut dapat mengurangi kemampuan aspal dalam mengikat agregat. Nilai stabilitas campuran Aspal porus menggunakan bahan tambah ban karet yang direndam di dalam air laut mengalami penurunan sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti.

### 3. Flow

Nilai *Flow* terhadap rendaman air laut dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut.



**Gambar 5.15 Hubungan Lama Perendaman Air Laut dengan Nilai *Flow***

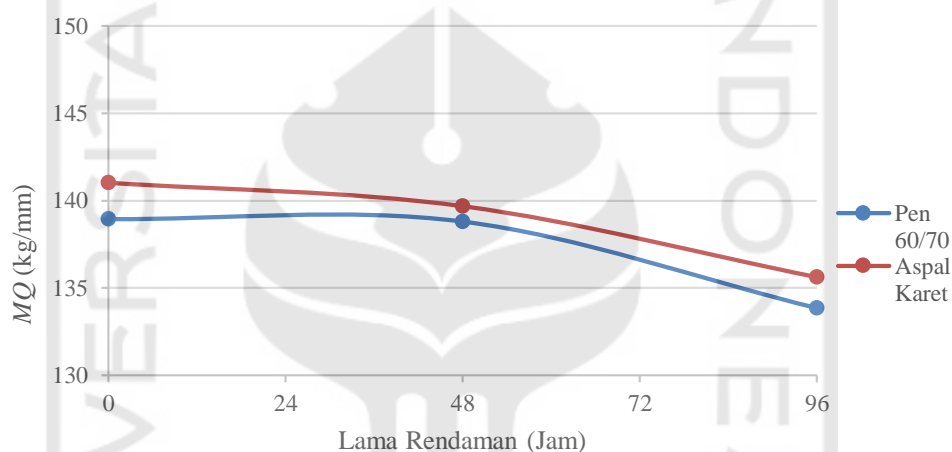
Pada Gambar 5.15 dapat dilihat bahwa pada campuran aspal porus dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal karet mengalami penurunan akibat rendaman air laut. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi terendam air laut, aspal porus yang menggunakan bahan ikat aspal karet memiliki kemampuan yang baik dalam menahan deformasi vertikal. Campuran yang menggunakan aspal karet memiliki ketahanan terhadap deformasi vertikal yang lebih baik dari campuran yang menggunakan aspal Pen 60/70, hal ini dikarenakan aspal karet lebih kaku.

Hal yang sama dapat dilihat dari penelitian Yusuf (2017) yang meneliti tentang kinerja campuran *Stone Matrix Asphalt* dengan bahan ikat Pen 60/70 dan Starbit E-55 akibat lama rendaman air laut, nilai *flow* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya durasi rendaman air laut. nilai *flow* campuran aspal porus dengan bahan tambah ban karet memenuhi persyaratan AAPA (2004).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Juliansyah (2017) penambahan limbah ban karet sebagai *additive* untuk mengatasi penurunan kinerja campuran *superpave* akibat rendaman air hujan, nilai *flow* sedikit menurun seiring bertambahnya durasi rendaman air hujan. Penambahan ban karet juga dapat mempengaruhi kelenturan campuran aspal, ssemakin bertambahnya kadar karet nilai *flow* akan menurun.

#### 4. Marshall Quotient (MQ)

Nilai Marshall Quotient terhadap rendaman air laut dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.



**Gambar 5.16 Hubungan Lama Perendaman Air Laut dengan Nilai MQ**

Pada Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa nilai MQ mengalami penurunan, diperoleh dari perbandingan nilai stabilitas dan nilai *flow* yang menurun akibat rendaman air laut. Penurunan nilai MQ pada campuran aspal porus menunjukkan bahwa semakin lama campuran tersebut di rendam air laut, maka fleksibilitas campuran dalam menerima beban akan semakin meningkat. Campuran aspal porus yang menggunakan aspal karet memiliki nilai MQ yang lebih tinggi dari campuran yang menggunakan aspal Pen 60/70, hal ini karena aspal karet memiliki sifat yang lebih kaku dari aspal Pen 60/70.

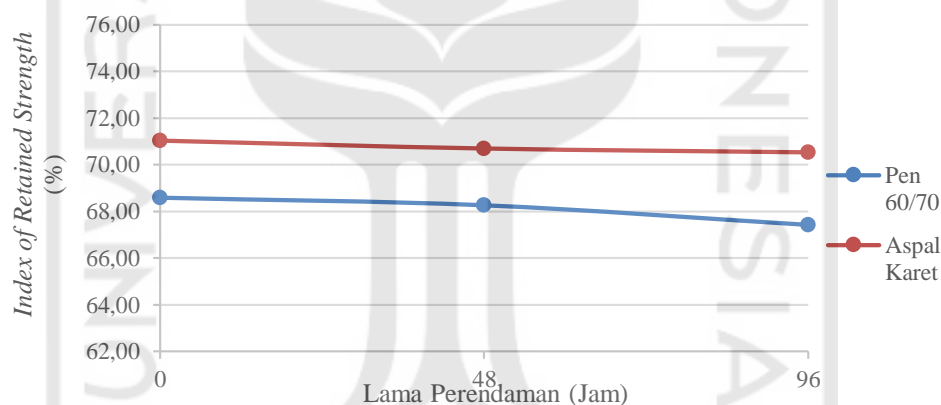
Hal yang sama dapat dilihat pada penelitian Juliansyah (2017) penambahan limbah ban karet sebagai *additive* untuk mengatasi penurunan kinerja campuran *superpave* akibat rendaman air hujan, yaitu nilai Marshall Quotient akan semakin menurun seiring bertambahnya durasi rendaman air hujan. Penambahan ban karet

juga mempengaruhi penurunan nilai  $MQ$  karena adanya pengaruh penurunan ikatan antara agregat dan aspal setelah rendaman air hujan.

Penelitian ini sedikit berbeda dengan penelitian Yusuf (2017) yang meneliti tentang campuran *Stone Matrix Asphalt* dengan bahan ikat Pen 60/70 mengalami peningkatan nilai  $MQ$  sebelum direndan hingga direndan selama 96 jam, kemudian mengalami penurunan setelah direndam selama 96 jam. Berbeda dengan campuran *Stone Matrix Asphalt* yang menggunakan aspal Starbit E-55 hasilnya memiliki kesamaan dengan yang dilakukan peneliti, yaitu nilai  $MQ$  mengalami penurunan seiring bertambahnya durasi rendaman air laut.

### 5.2.6 Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap *IRS* dengan dan Tanpa Ban Karet

Grafik nilai *IRS* dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut ini.



**Gambar 5.17 Grafik Hubungan antara Lama Rendaman dan Nilai *IRS***

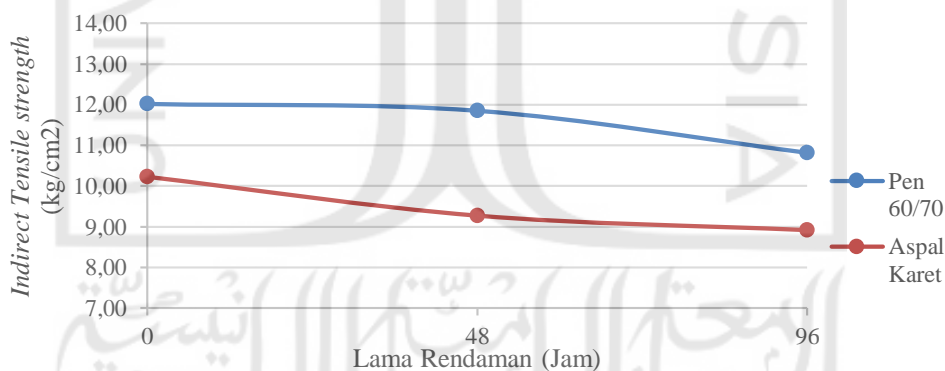
Berdasarkan Grafik 5.17 dapat dilihat bahwa nilai *IRS* mengalami penurunan seiring bertambahnya durasi rendaman air laut, hal ini dipengaruhi oleh penurunan nilai stabilitas yang disebabkan banyaknya air yang masuk kedalam campuran sehingga menyebabkan campuran menjadi lemah dalam menerima beban. Grafik diatas menunjukkan bahwa campuran menggunakan aspal karet memiliki nilai *IRS* yang lebih tinggi dibanding campuran yang menggunakan aspal Pen 60/70, hal ini dikarenakan aspal karet bersifat lebih kaku dari aspal Pen 60/70.

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Juliansyah (2017) penambahan limbah ban karet sebagai *additive* untuk mengatasi penurunan kinerja campuran *superpave* akibat rendaman air hujan, seiring bertambahnya durasi air hujan mengalami peningkatan nilai *IRS*. Hasil tersebut terjadi dikarenakan pengaruh kimia pada campuran *superpave* yang di rendam selama 96 yang membuat nilai stabilitas meningkat. Selain itu pada penelitian yang sama menunjukkan bahwa nilai *IRS* menggunakan aspal karet lebih tinggi dibandingkan campuran menggunakan aspal Pen 60/70 yang disebabkan oleh perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh penambahan ban karet.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Yusuf (2017) yang meneliti tentang campuran *Stone Matrix Asphalt* menggunakan bahan ikat Pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 memiliki hasil yang berbeda dengan penelitian yang dilakukan peneliti dimana nilai *IRS* mengalami peningkatan seiring bertambahnya lama rendaman.

### 5.2.7 Pengaruh Perendaman Air Laut Terhadap *ITS* dengan dan Tanpa Ban Karet

Nilai *Indirect Tensile Strength* dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut ini



**Gambar 5.18 Grafik Hubungan antara Lama Rendaman dan Nilai *ITS***

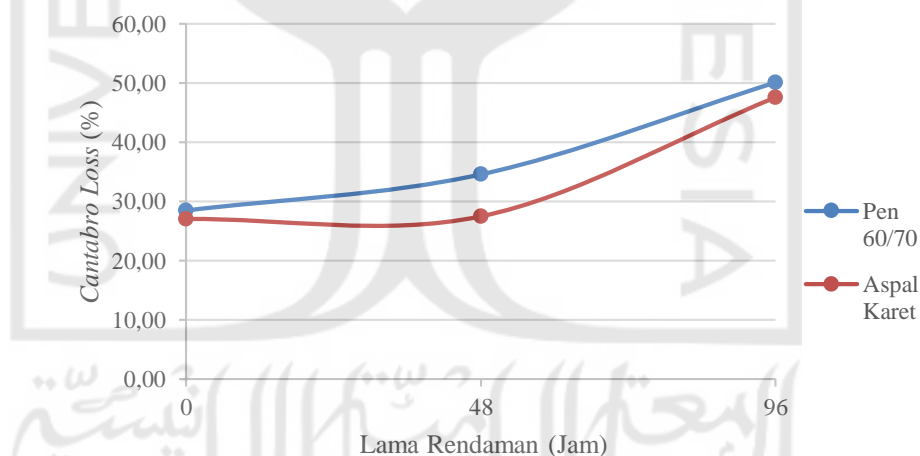
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.18 bahwa nilai *ITS* cenderung menurun seiring bertambahnya durasi perendaman di dalam air laut dengan campuran Porus berbahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal karet. Hal ini dikarenakan semakin lama durasi perendaman maka menyebabkan aspal melunak dan ikatan antara aspal dan agregat menjadi berkurang yang menyebabkan kekuatan regangan paa campuran

akan berkurang sehingga campuran mudah retak. Campuran menggunakan aspal karet memiliki nilai *ITS* yang lebih rendah dari campuran yang menggunakan aspal karet.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Julainsyah (2017) penambahan limbah ban karet sebagai *additive* untuk mengatasi penurunan kinerja campuran *superpave* akibat rendaman air hujan, juga menyebutkan bahwa seiring bertambahnya lama rendaman mengakibatkan nilai *ITS* menurun dan dengan penambahan ban karet membuat campuran menjadi stabil. Perbedaan dari penelitian Juliansyah (2017) dengan penelitian yang dilakukan peneliti yaitu pada jenis campuran yang digunakan dan jenis air rendaman yang digunakan.

### 5.2.8 Pengaruh Perendaman Air Laut terhadap *Cantabro* dengan dan Tanpa Ban Karet

Gambar hasil pengujian *Cantabro* dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut ini.



**Gambar 5.19 Grafik Hubungan antara Lama Rendaman dan Nilai *Cantabro***

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.19 dapat dilihat bahwa nilai *Cantabro* cenderung meningkat seiring bertambahnya durasi perendaman didalam air laut dengan campuran aspal porus berbahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal karet. Hal ini berarti bertambahnya durasi perendaman air laut membuat campuran tersebut menjadi tidak tahan terhadap benturan. Campuran dengan bahan ikat aspal karet

lebih tahan terhadap benturan atau abrasi dibandingkan dengan campuran dengan bahan ikat Pen 60/70.

Hal yang sama bisa dilihat dari penelitian Julainsyah (2017) penambahan limbah ban karet sebagai *additive* untuk mengatasi penurunan kinerja campuran *superpave* akibat rendaman air hujan, yaitu nilai *cantbro loss* semakin meningkat seiring bertambahnya rendaman air hujan. Penambahan ban karet juga memiliki pengaruh terhadap nilai *cantbro loss*, semakin bertambahnya kadar ban karet nilai *cantbro loss* semakin rendah. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kadar ban karet dapat menahan kehilangan berat akibat benturan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Bahtiar (2017) yang meneliti tentang campuran aspal porus menggunakan substitusi *oil sludge*, yaitu nilai *cantbro* semakin menurun seiring dengan penambahan kadar substitusi *oil sludge*, penurunan pada hasil pengujian *cantbro* menunjukkan bahwa ketahanan campuran terhadap benturan cenderung meningkat, hal ini disebabkan kehilangan berat pada campuran yang semakin kecil dengan persentase penambahan substitusi *oil sludge*.

### 5.2.9 Tinjauan Karakteristik Aspal Porus Akibat Lama Rendaman Air Laut

Keseluruhan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan dari berbagai macam hasil yang diperoleh. Lama rendaman air laut selama 0 sampai 96 jam telah menyebabkan kecenderungan penurunan kinerja campuran aspal porus. Hasil pengujian di rangkum dalam Tabel 5.29 berikut.

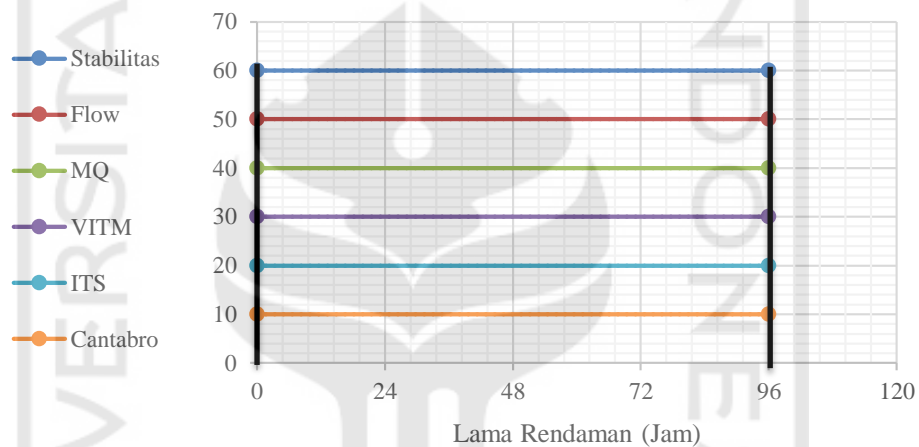
**Tabel 5.21 Rangkuman Hasil Penelitian**

Parameter	Pertamina Pen 60/70	Aspal Karet
Permeabilitas	Bersifat drainase sedang. Lebih tidak kedap dari campuran menggunakan aspal karet.	Bersifat drainase sedang. Lebih kedap dari aspal Pen 60/70 karena penambahan ban karet mengisi rongga antara aspal dan agregat sehingga rongga dalam campuran yang kecil menyebabkan air menjadi sulit merembes ke dalam campuran.

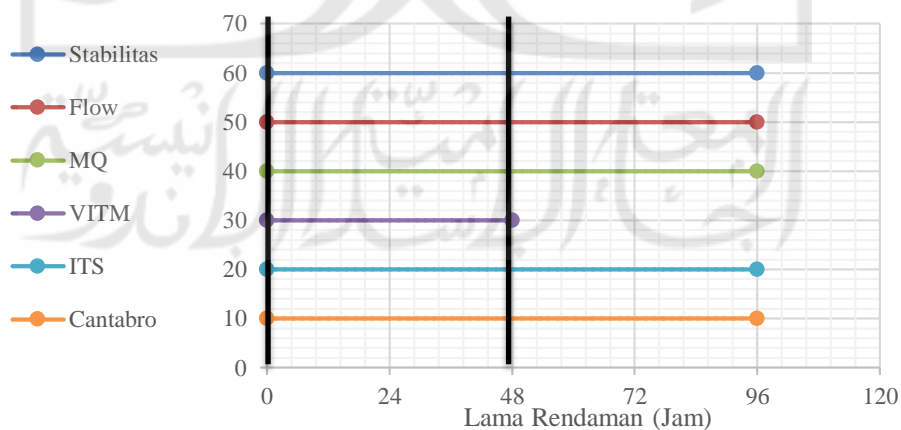
Parameter	Pertamina Pen 60/70	Aspal Karet
<i>VITM</i>	Nilai <i>VITM</i> lebih tinggi dari campuran yang menggunakan aspal karet dan semakin bertambahnya rendaman air laut nilai nilai <i>VITM</i> semakin menurun karena kandungan senyawa yang ada di dalam air laut mengisi rongga antar agregat.	Nilai <i>VITM</i> lebih rendah dari campuran yang menggunakan aspal Pen 60/70 dan semakin bertambahnya rendaman air laut nilai <i>VITM</i> semakin menurun. Hal ini dikarenakan senyawa yang terkandung di dalam air laut dan penambahan ban karet menyebabkan rongga antar agregat mengecil.
Stabilitas	Campuran menggunakan aspal Pen 60/70 memiliki nilai stabilitas lebih rendah dan akan semakin menurun nilainya seiring bertambahnya durasi rendaman air laut.	Penambahan ban karet pada campuran mengakibatkan Nilai stabilitas, dengan penambahan ban karet menyebabkan campuran lebih lentur dalam menerima beban. Tetapi nilai stabilitas juga akan menurun seiring dengan bertambahnya durasi rendaman air laut.
<i>Flow</i>	Campuran menggunakan aspal Pen 60/70 memiliki nilai <i>flow</i> lebih rendah dan akan menurun nilainya seiring bertambahnya durasi rendaman air laut.	Penggunaan ban karet pada campuran dapat menyebabkan nilai <i>flow</i> lebih tinggi dari campuran yang menggunakan aspal Pen 60/70 dan akan menurun nilainya seiring bertambahnya durasi rendaman air laut.
<i>MQ</i>	Nilai <i>MQ</i> pada campuran yang menggunakan aspal Pen 60/70 memiliki nilai yang lebih rendah. Setelah direndam air laut nilainya akan berkurang seiring bertambahnya durasi rendaman.	Penambahan ban karet pada campuran mengakibatkan nilai <i>MQ</i> lebih tinggi dan akan menurun nilainya seiring dengan bertambahnya durasi rendaman air laut.
<i>IRS</i>	Nilai <i>IRS</i> lebih rendah dari campuran beraspal karet, tetapi mengalami penurunan seiring bertambahnya durasi rendaman air laut.	Nilai <i>IRS</i> lebih tinggi dari campuran beraspal Pen 60/70, tetapi mengalami penurunan setelah direndam air laut. Setelah direndam air laut.
<i>ITS</i>	Nilai <i>ITS</i> lebih tinggi dari yang campuran menggunakan aspal karet, namun nilainya akan menurun seiring bertambahnya durasi rendaman air laut.	Penambahan ban karet mengakibatkan nilai <i>ITS</i> lebih rendah. Nilai <i>ITS</i> akan menurun seiring dengan bertambahnya durasi rendaman air laut.

<i>Cantabro</i>	<p>Nilai <i>cantabro</i> lebih tinggi dari yang campuran menggunakan aspal karet, namun nilainya akan meningkat seiring dengan bertambahnya durasi rendaman air laut.</p>	<p>Penambahan ban karet pada campuran mengakibatkan nilai <i>cantabro loss</i> lebih rendah. Nilai <i>cantabro loss</i> akan menurun seiring dengan bertambahnya durasi rendaman air laut.</p>
-----------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Untuk mendapatkan durasi rendaman yang masih aman untuk perkerasan adalah dengan penentuan durasi rendaman air laut. Hasil pengujian *Marshall*, *Cantabro*, dan *ITS* dapat dilihat pada Gambar 5.20 dan Gambar 5.21 berikut.



**Gambar 5.20 Penentuan Lama Rendaman Air laut Pada Campuran Beraspal Pen 60/70 yang Dapat Digunakan**



**Gambar 5.21 Penentuan Lama Rendaman Air laut Pada Campuran Beraspal Karet yang Dapat Digunakan**



Dari grafik karakteristik *Marshall*, *Cantabro*, dan *ITS* dapat dijadikan satu rangkuman untuk dapat menentukan lama durasi rendaman air laut yang dapat digunakan. durasi lama rendaman air laut yang masih aman digunakan berdasarkan Gambar 5.20 dan Gambar 5.21 adalah dalam kurun waktu 48 jam.

