

## BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### 5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal AC 60/70 dan Aspal Starbit E-60

Dalam penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina dengan nilai penetrasi 60/70 yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta dan aspal Starbit dengan nilai penetrasi 60 dari PT. Bintang Djaja, Cilacap. Pengujian aspal dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Pengujian tersebut menghasilkan data-data yang telah memenuhi persyaratan dan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 dibawah ini.

**Tabel 3.1 Hasil Pengujian Aspal AC 60/70**

No.	Jenis Pengujian		Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis		$\geq 1$	1,0547	Memenuhi
2	Penetrasi	(0,1 mm)	60-70	65,6	Memenuhi
3	Daktilitas	(cm)	$\geq 100$	157	Memenuhi
4	Titik Nyala	(°C)	$\geq 232$	280,5	Memenuhi
5	Titik Bakar	(°C)	$\geq 232$	281	Memenuhi
6	Kelarutan TCE	(%)	$\geq 99$	100	Memenuhi
7	Titik Lembek	(°C)	$\geq 48$	49,5	Memenuhi

**Tabel 3.2 Hasil Pengujian Aspal Starbit E-60**

No.	Jenis Pengujian		Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis		$\geq 1$	1,0621	Memenuhi
2	Penetrasi	(0,1 mm)	$\geq 40$	58,3	Memenuhi
3	Daktilitas	(cm)	$\geq 100$	124,5	Memenuhi
4	Titik Nyala	(°C)	$\geq 232$	279,5	Memenuhi

**Lanjutan Tabel 3.2 Hasil Pengujian Aspal Starbit E-60**

No.	Jenis Pengujian		Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
5	Titik Bakar	(°C)	$\geq 225$	288	Memenuhi
6	Kelarutan TCE	(%)	$\geq 99$	99,5	Memenuhi
7	Titik Lembek	(°C)	$\geq 60$	60	Memenuhi

1. Berat Jenis Aspal.

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Pengujian ini bertujuan untuk mencari berat jenis campuran aspal dan agregat, dan dalam *Marshall Test* berguna untuk menentukan *VITM*, *VFWA* dan mempengaruhi stabilitas. Hasil pengujian menunjukkan nilai berat jenis aspal Pen 60/70 adalah 1,0547 dan aspal Starbit E-60 adalah 1,0621. Kedua nilai tersebut menunjukkan hasil yang tidak berbeda secara signifikan dan keduanya memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $\geq 1,00$ .

2. Penetrasi Aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Semakin rendah angka penetrasi aspal maka akan semakin keras bahan ikat tersebut. Sebaliknya, semakin tinggi angka penetrasi, maka aspal akan mudah menjadi encer. Hasil pengujian aspal Pen 60/70 adalah 65,6 mm dan aspal Starbit E-60 adalah 58,3 mm. Nilai penetrasi dari kedua bahan ikat tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan. Aspal Starbit E-60 memiliki nilai Penetrasi lebih kecil dari pada aspal Pen 60/70, sehingga aspal Starbit E-60 memiliki kekerasan lebih tinggi dari pada aspal 60/70. Nilai penetrasi kedua bahan ikat tersebut sudah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu untuk aspal Pen 60/70 adalah minimal 60 mm dan maksimal 70 mm, dan aspal Starbit E-60 minimal 40 mm maksimal 80 mm.

### 3. Daktilitas Aspal

Pengujian daktilitas aspal bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal dan mendapatkan nilai fleksibilitas campuran. Bila tarikan mencapai 100 cm maka bahan mempunyai kelenturan yang cukup dan cenderung kuat. Hasil pengujian daktilitas menunjukkan nilai aspal Pen 60/70 adalah 157 cm dan aspal Starbit E-60 adalah 124,5 cm. Nilai daktilitas dari kedua bahan ikat tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan. Aspal Starbit E-60 memiliki nilai daktilitas yang lebih kecil dari pada aspal pen 60/70, hal ini menunjukkan bahwa aspal Starbit E-60 lebih getas dan mudah putus ketika berada pada tarikan maksimum dari pada aspal Pen 60/70. Nilai Daktilitas kedua bahan ikat tersebut sudah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu untuk aspal Pen 60/70  $\geq 100$  cm dan aspal Starbit E-60  $\geq 100$  cm.

### 4. Titik Nyala Aspal

Pengujian titik nyala dimaksudkan untuk menentukan batas suhu tertinggi untuk menjaga keselamatan agar pada waktu pemanasan aspal tidak mudah terjadi kebakaran. Hasil pengujian titik nyala menunjukkan nilai sebesar 280,5°C untuk aspal Pen 60/70 dan 279,5°C untuk aspal Starbit E-60. Nilai titik nyala kedua aspal tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dan tetap memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu untuk aspal Pen 60/70 adalah  $\geq 232^\circ\text{C}$  dan untuk aspal Starbit E-60 adalah  $\geq 232^\circ\text{C}$ .

### 5. Titik Bakar Aspal

Aspal merupakan bahan yang bersifat *thermoplastik*. Yaitu kekentalan yang dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur maka semakin cair. Pengujian titik bakar bertujuan untuk mengetahui batas temperatur dimana aspal akan menimbulkan api ketika dipanaskan. Hasil pengujian titik bakar untuk aspal Pen 60/70 adalah 281,5°C dan untuk aspal Starbit E-60 adalah 288 °C. Nilai titik bakar kedua aspal tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dan tetap memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu untuk aspal Pen 60/70 adalah  $\geq 225^\circ\text{C}$  dan untuk aspal Starbit E-60 adalah  $\geq 225^\circ\text{C}$ .

### 6. Titik Lembek Aspal

Pengujian titik lembek aspal bertujuan untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur dimana aspal akan menjadi lembek apabila berada pada temperatur tinggi. Hasil pengujian titik lembek untuk aspal Pen 60/70 adalah  $49,5^{\circ}\text{C}$  dan untuk aspal Starbit E-60 adalah  $60^{\circ}\text{C}$ . Nilai titik bakar kedua aspal tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan dan tetap memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu untuk aspal Pen 60/70 adalah  $\geq 45^{\circ}\text{C}$  dan untuk aspal Starbit E-60 adalah  $\geq 60^{\circ}\text{C}$ .

#### 7. Kelarutan dalam *TCE*.

Pengujian kelarutan dimaksudkan untuk melihat aspal yang dipasok banyak mengandung bahan lain selain aspal atau tidak. Bahan selain aspal tidak akan larut terhadap *Trichloroethylene*, sehingga akan terlihat sebagai endapan. Hasil pengujian kelarutan untuk aspal Pen 60/70 adalah 100% dan untuk aspal Starbit E-60 adalah 99,5%. Nilai titik bakar kedua aspal tersebut menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan dan tetap memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu untuk aspal Pen 60/70 adalah  $\geq 99\%$  dan untuk aspal Starbit E-60 adalah  $\geq 99\%$ .

Hasil pengujian sifat fisik dari aspal Pen 60/70 dan Aspal Starbit E-60 menunjukkan nilai Berat Jenis, Titik Nyala, Titik Bakar dan Kelarutan yang tidak signifikan. Namun pada uji Penetrasi, Daktalitas dan Titik Lembek menunjukan perbedaan yang signifikan. Meskipun demikian, hasil pengujian tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010. Hal ini menunjukan bahwa aspal Starbit E-60 lebih keras dan memiliki nilai Penetrasi lebih kecil dari pada aspal Pen 60/70 serta memiliki nilai titik bakar dan titik lembek yang lebih besar dari pada aspal Pen 60/70.

#### 5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Agregat yang digunakan adalah agregat dari Clereng dan pengujian agregat dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Data yang diperoleh

dari pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan dan spesifikasi dari Bina Marga 2010 revisi 3 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.3, Tabel 5.4, dan Tabel 5.5 di bawah ini.

**Tabel 3.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar**

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,525	Memenuhi
2	Penyerapan Air Oleh Agregat (%)	< 3,0	2,73	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	> 95	99,5	Memenuhi
4	Kausan Agregat(%)	< 40	25,3	Memenuhi

1. Berat Jenis Agregat.

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak serta menunjukkan tingkat kekuatan yang rendah dan porositas yang tinggi. Hasil pengujian berat jenis menunjukkan nilai sebesar 2,525. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi dari Bina Marga 2010 yaitu >2,5.

2. Penyerapan Air Oleh Agregat.

Nilai penyerapan adalah perubahan berat agregat karena penyerapan air oleh pori-pori dengan agregat pada kondisi kering. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya poristas dari agregat. Semakin besar nilai penyerapan mengidentifikasikan bahwa agregat semakin porous. Hasil pengujian penyerapan agregat terhadap air menunjukkan nilai 2,730%. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu < 3%.

3. Kelekatan Agregat Oleh Aspal.

Pengujian kelekatan agregat oleh aspal adalah untuk mendapatkan angka persen kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dengan persen luas permukaan yang masih terselimuti aspal. Semakin tinggi

daya ikat yang diberikan oleh aspal terhadap agregat maka gesekan atau *internal friction* akan semakin tinggi, sehingga nilai stabilitas semakin meningkat. Hasil pengujian kelekatan agregat terhadap aspal menunjukkan nilai 99,5%. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu >95%.

4. Keausan agregat.

Pengujian keausan agregat ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan. Dengan dilakukannya pengujian ini agregat akan mendapatkan perlakuan khusus untuk mengetahui daya tahan agregat kasar terhadap keausan. Hasil pengujian Keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* menunjukkan nilai 25,3%. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu < 40%.

**Tabel 3.4 Hasil Pengujian Agregat Halus**

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2.595	Memenuhi
2	Penyerapan Air Pada Agregat (%)	< 3,0	1,180	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	>75%	80,856	Memenuhi

1. Berat Jenis Agregat.

Berat jenis agregat halus sangat berpengaruh pada penentuan besarnya Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran aspal beton dan hasil Karakteristik *Marshall* yaitu nilai *Density*, *VMA*, *VFWA* dan *VITM*. Hasil pengujian berat jenis menunjukkan nilai sebesar 2,595. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi dari Bina Marga 2010 yaitu >2,5.

2. Penyerapan Agregat Terhadap Air.

Besarnya penyerapan agregat terhadap air akan mempengaruhi besarnya kadar aspal yang dibutuhkan dalam campuran aspal beton. Semakin besar nilai penyerapan agregat terhadap air maka akan semakin besar kebutuhan aspal

yang diperlukan dalam suatu campuran. Hasil pengujian penyerapan agregat terhadap air menunjukkan nilai sebesar 1,180. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi dari Bina Marga 2010 yaitu  $< 3\%$ .

### 3. *Sand Equivalent*.

Pengujian *sand equivalent* agregat halus bertujuan untuk mengetahui tingkat kebersihan suatu agregat halus terhadap debu, lumpur atau material lainnya. Semakin tinggi nilai *sand equivalent*, maka jumlah debu, lumpur atau material lainnya akan semakin rendah atau sedikit. Jumlah material lain selain agregat halus akan mempengaruhi kelekatan aspal terhadap agregat. Hasil pengujian *sand equivalent* menunjukkan nilai sebesar 80,856%. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi dari Bina Marga 2010 yaitu  $> 75\%$ .

**Tabel 3.5 Hasil Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal dengan Rendaman Air Sungai Mahakam**

No.	Sampel	Nilai Persyaratan (SNI 2439:2011)	Hasil	Keterangan
1	Sampel Pen 60/70 1 hari rendaman	$> 95$	95,5	Memenuhi
2	Sampel Pen 60/70 2 hari rendaman	$> 95$	90	Tidak Memenuhi
3	Sampel Pen 60/70 3 hari rendaman	$> 95$	85	Tidak Memenuhi
4	Sampel Starbit E-60 1 hari rendaman	$> 95$	96	Memenuhi
5	Sampel Starbit E-60 2 hari rendaman	$> 95$	93	Tidak Memenuhi
6	Sampel Starbit E-60 3 hari rendaman	$> 95$	90	Tidak Memenuhi

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal adalah untuk mendapatkan angka persen kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dengan persen luas permukaan yang masih terselimuti aspal. Semakin tinggi daya ikat yang diberikan oleh aspal terhadap agregat maka gesekan atau *internal friction* akan semakin tinggi, sehingga nilai stabilitas semakin meningkat. Pada pengujian ini adalah untuk mengetahui berapa besar dampak dari rendaman air sungai Mahakam terhadap 2 campuran dengan bahan ikat yang berbeda yaitu

aspal Pen 60/70 dan aspal Starbit E-60. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh penurunan ikatan antara agregat dan aspal yang disebabkan rendaman air sungai Mahakam. Dapat dilihat bahwa campuran dengan bahan ikat starbit E-60 lebih tahan terhadap rendaman air sungai Mahakam dari pada campuran berbahan ikat Pen 60/70, hal ini disebabkan oleh sifat asam yang ada pada air sungai Mahakam ( $pH$  air sungai Mahakam adalah 6,21) mempengaruhi kelekatan aspal dan agregat campuran, sehingga campuran mengalami penurunan nilai daya ikat.

### 5.1.3 Hasil Pengujian Air Sungai Mahakam

Pengujian air sungai yang dilakukan yaitu meliputi pengujian kekeruhan, total zat padat terlarut (*Total Disolved Solid*) dan tingkat keasaman ( $pH$ ). Air sungai Mahakam diambil dari air sungai Mahakam Kecamatan Tenggarong Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. Pengujian air hujan dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta. Data yang diperoleh dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini.

**Tabel 3.6 Hasil Pengujian Air Sungai Mahakam**

No .	Paramater	Satua n	Hasil Uji			Rata - Rata	Metode Uji
			S1	S2	S3		
1	pH	-	6,1 2	6,2	6,3 1	6,21	SNI 06.6989.11-2004
2	Residu Terlarut ( <i>TDS</i> )	mg/L	255	262	250	255,67	IK 5.4.44 ( <i>Electrometry</i> )
3	Kekeruhan	NTU	1,6 8	1,0 8	1,1 2	1,29	SNI 06.6989.25-2005

#### 1. Derajat Keasaman ( $pH$ ).

Pengujian  $pH$  bertujuan untuk mengetahui kadar asam atau basa dalam suatu larutan dengan metode pengukuran menggunakan  $pH$  meter. Semakin rendah nilai  $pH$  suatu zat maka akan semakin asam, sebaliknya jika semakin tinggi nilai  $pH$  suatu zat maka akan semakin basa. Nilai  $pH$  berikisar antara 0 sampai



dengan 14 dan nilai pH normal adalah 7. Hasil pengujian didapatkan nilai pH air sungai Mahakam adalah 6.21.

2. Residu Terlarut (*TDS*)

Pengujian residu terlarut atau *Total Dissolved Solid* bertujuan untuk ukuran jumlah partikel padat terlarut, baik berupa senyawa organik maupun senyawa anorganik. Semakin tinggi nilai *TDS*, maka semakin banyak zat padat yang terlarut dalam air yang akan memberikan kemungkinan zat padat tersebut dapat memberikan gangguan penurunan pada kualitas campuran aspal beton. Hasil pengujian didapatkan nilai *TDS* air sungai Mahakam adalah 255.67 mg/L.

3. Kekeruhan.

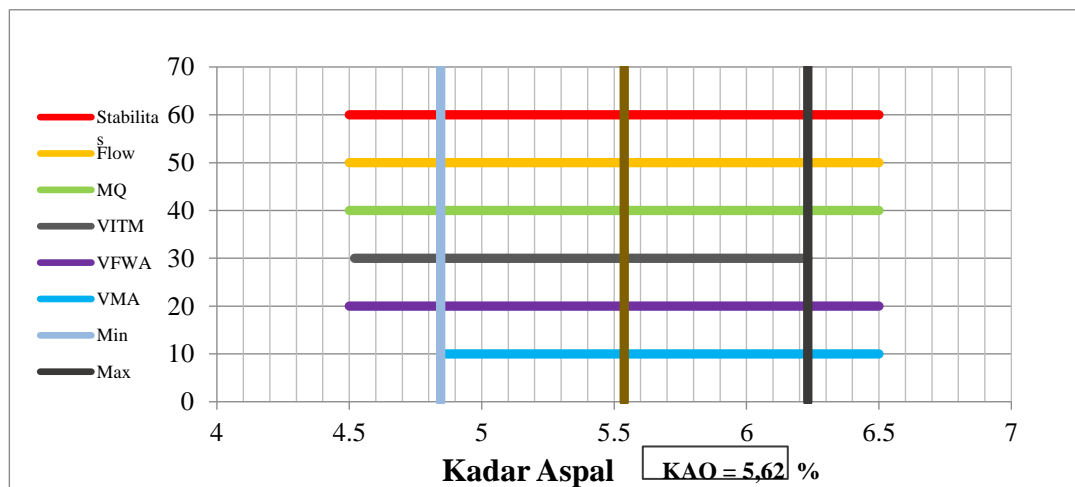
Pengujian kekeruhan bertujuan untuk mengetahui jumlah dari butir-butir zat yang tergenang dalam air. Semakin keruh air, maka semakin banyak bahan kimia yang tergantung di dalamnya yang akan memberikan kemungkinan bahan-bahan tersebut dapat memberikan gangguan pada kualitas campuran aspal beton. Hasil pengujian didapatkan nilai kekeruhan 1.29 NTU.

#### 5.1.4 Hasil Pengujian Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*.

Hasil pengujian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII diperoleh nilai-nilai Stabilitas (*stability*), Kelelehan (*flow*), *MQ* (*Marshall Quotient*), *VITM* (*Void In The Mix*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), *VMA* (*Void Mineral Aggregate*) dan Kepadatan (*Density*) dari campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang menggunakan aspal Pen 60/70 dan Aspal Starbit E-60. Nilai – nilai dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8, kemudian dari hasil tabel tersebut digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 untuk menentukan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum adalah kadar aspal yang memenuhi semua sifat campuran pada pengujian *Marshall*, nilai kadar aspal optimum diperoleh dari hasil pengujian *Marshall* yang memenuhi batas-batas spesifikasi campuran.

**Tabel 3.7 Hasil Pengujian Marshall Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70.**

<i>Kadar Aspal</i>	<i>Stabilitas (kg)</i>	<i>Flow (mm)</i>	<i>MQ (kg/mm)</i>	<i>VITM (%)</i>	<i>VFWA (%)</i>	<i>VMA (%)</i>	<i>Density (gr/cc)</i>
4,5	1091,9741	3,30	290,68	3,839	71,963	13,390	2,317
5	1256,5984	3,35	287,69	4,745	73,250	15,721	2,288
5,5	1271,9373	4,55	304,44	4,275	71,915	15,314	2,255
6	1076,0277	4,68	309,10	3,891	76,893	16,374	2,273
6,5	1084,5756	4,49	301,62	2,754	76,766	16,306	2,287
<b>Spesifikasi</b>	<b>&gt; 800</b>	<b>&gt;3</b>	<b>&gt; 250</b>	<b>3,0 - 5,0</b>	<b>&gt; 65</b>	<b>&gt; 15</b>	<b>&gt; 2</b>

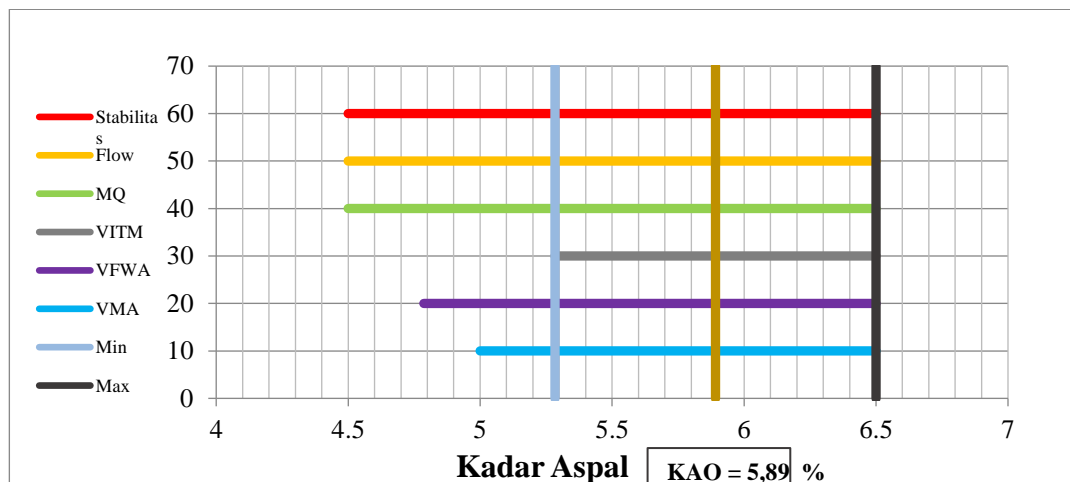


**Gambar 3.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70.**

**Tabel 3.8 Hasil Pengujian Marshall Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dengan Bahan Ikat Aspal Starbit E-60.**

<i>Kadar Aspal</i>	<i>Stabilitas (kg)</i>	<i>Flow (mm)</i>	<i>MQ (kg/mm)</i>	<i>VITM (%)</i>	<i>VFWA (%)</i>	<i>VMA (%)</i>	<i>Density (gr/cc)</i>
4,5%	1190,2513	3,59	297,233	6,034	65,234	13,396	2,258
5%	1474,6256	3,8	300,501	5,580	66,766	16,192	2,254

5,5%	1462,6449	4,50	310,027	4,240	73,564	16,002	2,271
6%	1197,5788	4,60	306,596	3,993	76,234	16,774	2,262
6,5%	1054,2975	4,71	291,750	3,303	76,058	17,159	2,237
<b>Spesifikasi</b>	<b>&gt; 800</b>	<b>&gt;3</b>	<b>&gt; 250</b>	<b>3,0 - 5,0</b>	<b>&gt; 65</b>	<b>&gt; 15</b>	<b>&gt; 2</b>



**Gambar 3.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dengan Bahan Ikat Aspal Starbit E-60.**

Berdasarkan Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) dari campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dengan bahan ikat Pen 60/70 adalah 5,62% dan dengan bahan ikat Starbit E-60 adalah 5,89%. Berdasarkan kadar aspal optimum yang telah didapat maka kebutuhan jumlah agregat untuk campuran dapat ditentukan seperti pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 dibawah ini.

**Tabel 3.9 Kebutuhan Jumlah Agregat Campuran dengan Kadar Aspal 5,62%**

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 "	25	mm	0	0	0	0		
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	56,63	56,63

3/8 "	9,5	mm	77	90	83.5	16,5	130.,25	186,88
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	254,83	441,71
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	203,86	645,57
No.16	1,18	mm	21	40	30.5	69,5	141,57	787,14
No.30	0,6	mm	14	30	22	78	96,27	883,41
No.50	0,3	mm	9	22	15.5	84,5	73,62	957,03
No.100	0,15	mm	6	15	10.5	89,5	56,63	1013,7
No.200	0,08	mm	4	9	6.5	93,5	45,3	1059
Pan			0	0	0	100	73,68	1133,5
							1133,54	Jumlah

**Tabel 3.10 Kebutuhan Jumlah Agregat Campuran dengan Kadar Aspal 5,89%**

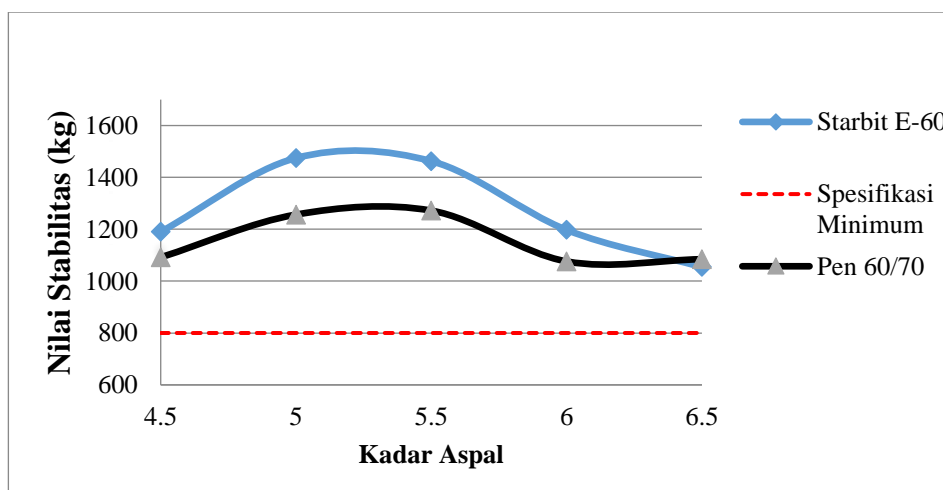
Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 "	25	mm	0	0	0	0		
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	56,46	56,46
3/8 "	9,5	mm	77	90	83.5	16,5	129,87	186,33
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	254,09	440,43
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	203,27	643,7
No.16	1,18	mm	21	40	30.5	69,5	141,16	784,86
No.30	0,6	mm	14	30	22	78	95,99	880,85
No.50	0,3	mm	9	22	15.5	84,5	73,4	954,26
No.100	0,15	mm	6	15	10.5	89,5	56,46	1010,7
No.200	0,08	mm	4	9	6.5	93,5	45,17	1055,9
Pan			0	0	0	100	73,4	1129,3
							1129,3	Jumlah

#### 1. Stabilitas.

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan beton aspal menerima beban lalu-lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun mengalami *bleeding* atau sampai terjadi kelelahan plastis. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh kohesi atau penetrasi aspal, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci

(*interlocking*) dari partikel-partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan, serta gradasi agregat.

Kadar aspal dalam suatu campuran akan mempengaruhi kekuatan stabilitasnya. Semakin tinggi kadar aspal akan semakin tinggi juga nilai stabilitasnya dan akan menurun ketika sudah mencapai batas maksimumnya. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh nilai grafik stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.3 dibawah ini.

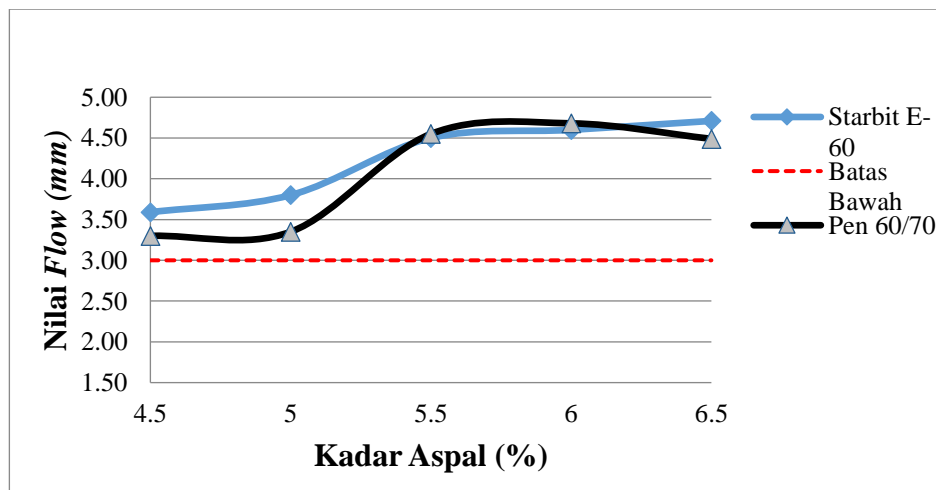


**Gambar 3.3 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas.**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.3 di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas campuran akan naik hingga maksimum seiring bertambahnya kadar aspal dan kemudian nilai stabilitas akan menurun. Hal ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal menyebabkan penguncian antar partikel agregat dan daya ikat aspal terhadap agregat menjadi lebih kuat. Penambahan kadar aspal yang berlebihan akan menyebabkan stabilitas menurun, karena sudah tidak efektif lagi. Aspal yang berlebihan tidak mampu diserap oleh rongga dalam suatu campuran sehingga apabila ada beban lalu lintas akan mengakibatkan aspal meleleh keluar yang disebut *bleeding*. Akan tetapi pada campuran beton aspal Starbit E-60 belum dilakukan pengujian viskositas sehingga suhu pencampuran dan pemadatan disamakan dengan campuran beton aspal Pen 60/70.

## 2. Kelelahan plastis *Flow*.

Kelelahan (*flow*) merupakan keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat pembebanan sampai batas maksimum yang dinyatakan dalam satuan panjang (mm). Kelehan suatu campuran menunjukkan suatu keadaan yang menunjukkan tingkat kelenturan atau kegetasan suatu campuran beton aspal. Campuran yang memiliki nilai *flow* rendah dengan stabilitas yang tinggi akan mengakibatkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak bila menerima yang melebihi kapasitas. Sebaliknya jika nilai *flow* tinggi dan stabilitas yang rendah maka akan cenderung bersifat plastis karena tidak terlalu kaku sehingga akan mudah berubah bentuk bila menerima beban yang melebihi kapasitasnya. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh nilai grafik *flow* dapat dilihat pada Gambar 5.4 dibawah ini.



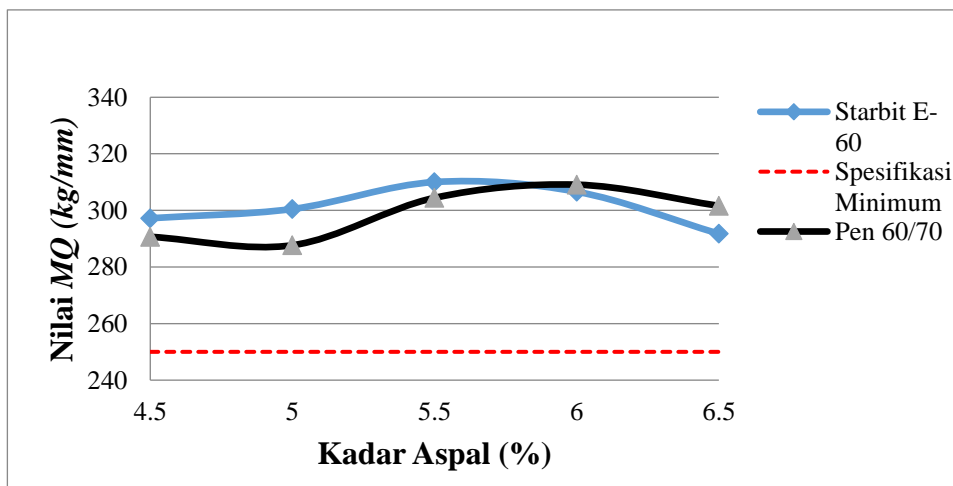
**Gambar 3.4 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Kelelahan Plastis (*flow*).**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa dengan seiringnya bertambahnya kadar aspal maka nilai *flow* cenderung meningkat. Nilai *flow* dipengaruhi oleh pemilihan gradasi, kadar aspal, angka penetrasi, jumlah dan temperatur pematatan. Bertambahnya kadar aspal menyebabkan campuran semakin fleksibel, namun pada campuran AC-WC dengan bahan ikat Pen 60/70 pada kadar 6,5% terjadi penurunan nilai *flow*. Hal ini disebabkan oleh distribusi

agregat yang tidak merata dan terjadi hambatan ketika dilakukan pemadatan sehingga terjadi penurunan temperatur aspal.

3. *Marshall Quotient (MQ)*.

*Marshall Quotient (MQ)* merupakan hasil perbandingan antara stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient (MQ)* pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Semakin besar nilai *MQ* maka semakin tinggi fleksibilitas atau semakin kaku campuran tersebut, namun jika sebaliknya semakin kecil nilai *MQ* maka campuran semakin lentur. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh nilai grafik *Marshall Quotient (MQ)* dapat dilihat pada Gambar 5.5 dibawah ini.



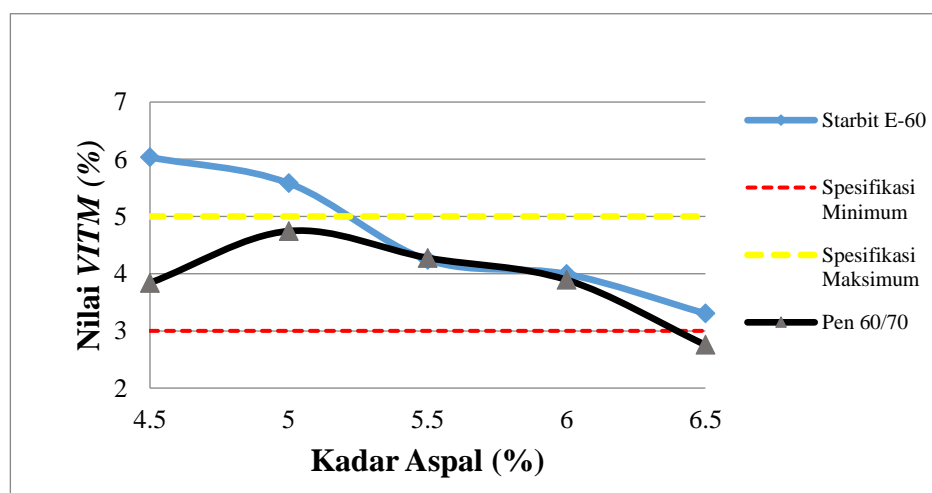
**Gambar 3.5 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan *Marshall Quotient (MQ)*.**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.5 terlihat bahwa nilai *Marshall Quotient* campuran akan naik hingga maksimum seiring bertambahnya kadar aspal dan kemudian nilai *Marshall Quotient* akan menurun. Nilai tersebut dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *flow* dari sebelumnya. Dapat dilihat bahwa Grafik untuk aspal starbit E-60 lebih besar dari pada aspal Pen 60/70, hal ini menyebabkan bahwa aspal starbit E-60 lebih kaku dari pada aspal pen 60/70. Sebaliknya pada campuran AC-WC dengan bahan ikat pen 60/70 terjadi penurunan pada kadar aspal 5% yang diakibatkan oleh daya lekat dan terjadi

hambatan ketika dilakukan pemadatan sehingga terjadi penurunan temperatur aspal.

4. *Void In The Total Mix (VITM)*.

*Void In The Total Mix (VITM)* merupakan volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang terselimuti oleh aspal dalam suatu campuran yang telah di padatkan dan dinyatakan dalam persen. Campuran beton aspal yang memiliki nilai *VITM* yang kurang dari 3% akan dapat menimbulkan terjadinya *Bleeding* (aspal yang meleleh kepermukaan). Semakin kecil rongga udara maka campuran beraspal akan semakin kedap terhadap air akan tetapi udara tidak dapat masuk kedalam lapisan sehingga aspal menjadi mudah rapuh dan getas. Sebaliknya bila nilai *VITM* lebih dari 5% menunjukkan campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap air, sehingga melemahkan ikatan agregat terhadap aspal. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh nilai grafik *Void In The Total Mix (VITM)* dapat dilihat pada Gambar 5.6 dibawah ini.



**Gambar 3.6 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan *Void In The Total Mix (VITM)*.**

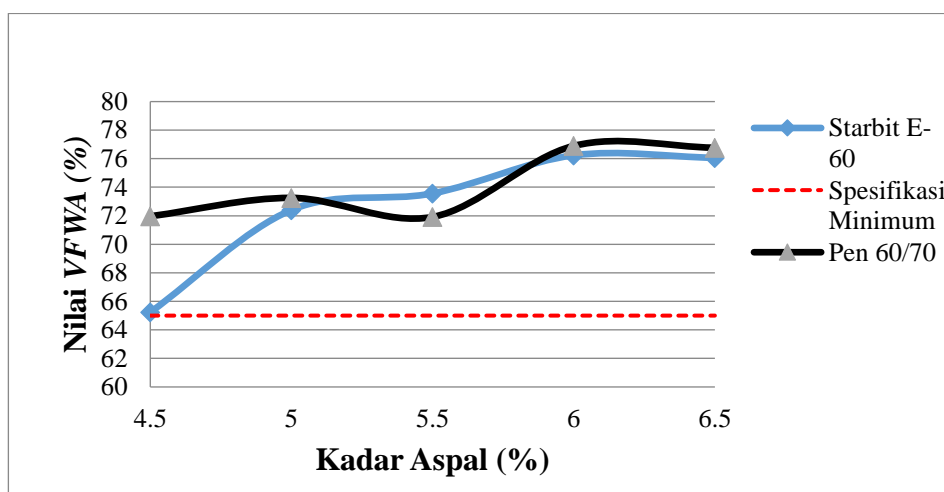
Berdasarkan grafik pada gambar 5.6 dapat di lihat bahwa grafik cenderung menurun seiring bertambahnya kadar aspal. Akan tetapi pada campuran beton aspal dengan bahan ikat Starbit E-60 pada kadar 4,5% dan 5% memiliki nilai



*VITM* terlalu besar sehingga tidak memenuhi spesifikasi. Hal ini disebabkan oleh suhu yang menurun ketika dilakukan pemadatan sehingga menyebabkan banyak rongga udara didalamnya. Sedangkan pada campuran beton aspal dengan bahan ikat Pen 60/70 pada kadar aspal 4,5% memiliki nilai *VITM* yang lebih kecil dari kadar aspal 5% sehingga grafik cenderung meningkat. Hal ini disebabkan oleh rongga campuran yang besar pada saat dilakukan pemadatan.

5. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*.

*Void Filled With Asphalt* adalah nilai yang menunjukkan banyaknya persen rongga yang ada dalam campuran terisi oleh aspal. Besarnya nilai *VFWA* akan berpengaruh pada kedekatan campuran terhadap air dan udara yang pada akhirnya akan berpengaruh pada keawetan dan ketahanan suatu perkerasan. Faktor yang mempengaruhi *VFWA* antara lain kadar aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pematat. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh nilai grafik *VFWA* dapat dilihat pada Gambar 5.7 dibawah ini.



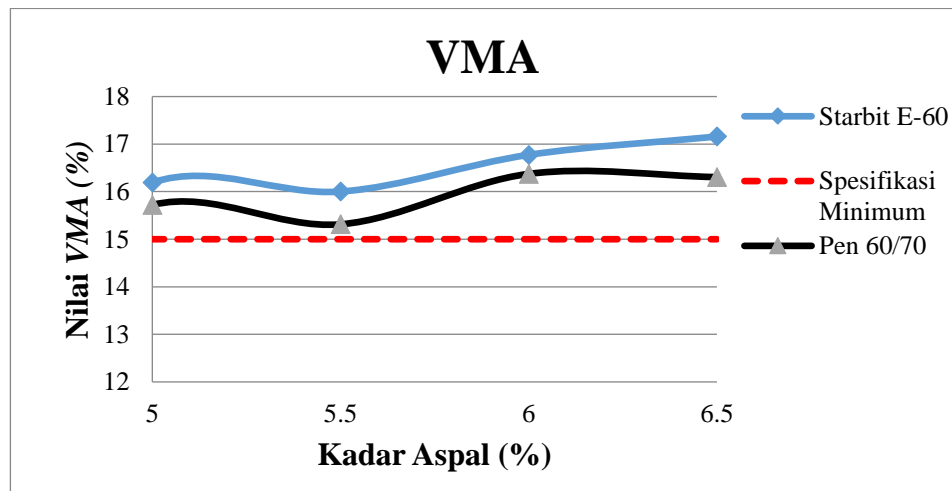
**Gambar 3.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan *Void Filled With Asphalt (VFWA)*.**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.7 dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal maka nilai *VFWA* akan semakin bertambah, namun pada campuran AC-WC dengan bahan ikat pen 60/70 pada kadar aspal 5,5%

terjadi penurunan nilai *VFWA*. Hal ini disebabkan oleh distribusi agregat yang tidak merata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada campuran *AC-WC* dengan bahan ikat aspal Starbit E-60 dengan nilai *VWFA* lebih besar dibandingkan campuran *AC-WC* dengan bahan ikat Pen 60/70. Hal ini disebabkan oleh berat jenis aspal Starbit E-60 lebih besar dari pada berat jenis aspal Pen 60/70, sehingga penyerapan agregat terhadap air yang kecil akan mengakibatkan aspal yang diserap oleh agregat juga kecil. Hal ini akan menyebabkan sisa aspal yang menutup rongga menjadi lebih besar, sehingga banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal menjadi lebih besar.

6. *Void In Mineral Aggregate (VMA)*

*Void In Mineral Aggregate (VMA)* adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat yang dinyatakan dalam persentase. Nilai *VMA* yang kecil mengakibatkan terbatasnya aspal yang dapat menyelimuti agregat dan menghasilkan selimut aspal yang tipis. Selimut aspal yang tipis akan mudah lepas sehingga menyebabkan lapis tidak kedap air dan lapis perkerasan menjadi rusak. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh nilai grafik *Void In Mineral Aggregate* dapat dilihat pada Gambar 5.8 dibawah ini.



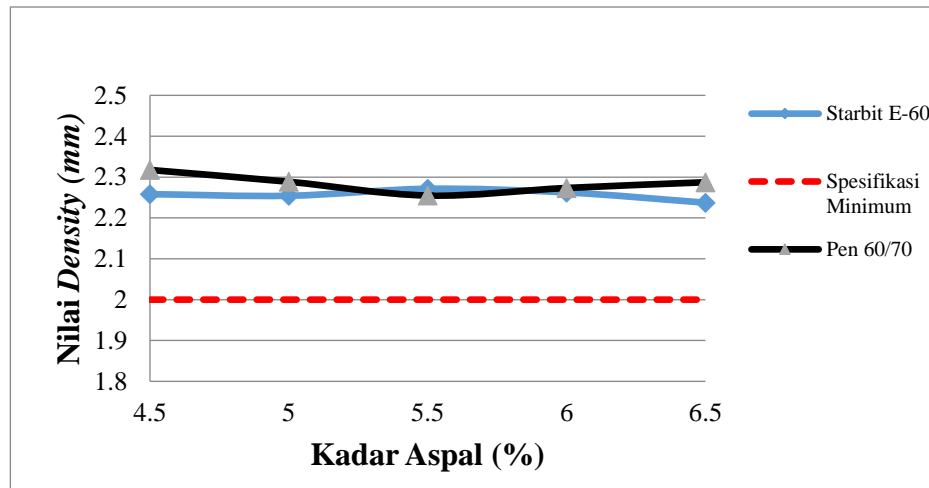
**Gambar 3.8 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan *Void In Mineral Aggregate (VMA)*.**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.8 dapat disimpulkan bahwa campuran beton aspal bergradasi AC-WC dengan bahan ikat Pen 60/70 dan Starbit E-60 pada kadar aspal 4,5% memiliki nilai VMA yang kecil sehingga tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu diatas 15%. Hal ini terjadi karena rendahnya kadar aspal sehingga menyebabkan selimut aspal yang tipis dan mudah lepas sehingga menyebabkan lapis tidak kedap air dan lapis perkerasan menjadi rusak. Oleh karena itu kadar aspal optimum yang akan digunakan adalah diatas 5%.

#### 7. *Density*

Nilai Kepadatan atau *density* menunjukkan tingkat kerapatan suatu campuran setelah dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan kepadatannya semakin baik. Nilai dari *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan kualitas bahan penyusun, gradasi campuran, jumlah pemadatan, temperature pemadatan, kadar aspal, serta penambahan bahan *addictive* dalam campuran. Suatu campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang memiliki nilai *density* yang rendah. Berdasarkan hasil pengujian di

Laboratorium diperoleh nilai grafik *density* dapat dilihat pada Gambar 5.9 dibawah ini.



**Gambar 3.9 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan *Density*.**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.9 dapat dilihat bahwa nilai *density* dari campuran bergradasi *AC-WC* dengan bahan ikat Pen 60/70 dan Starbit E-60 tidak menunjukkan perbedaan secara signifikan, akan tetapi nilai grafik aspal starbit E-60 lebih kecil dan cenderung menurun seiring bertambahnya kadar aspal. Berbeda dengan nilai grafik pada aspal Pen 60/70 cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan aspal pen 60/70 lebih mudah mencair ketika dipanaskan dari pada aspal Starbit E-60 sehingga menyebabkan campuran dengan bahan ikat aspal pen 60/70 lebih rapat dari pada campuran dengan bahan ikat Starbit E-60.

#### 5.1.5 Hasil Pengujian *Marshall Standard* Kondisi KAO Pada Variasi Durasi Rendaman dengan Air Sungai Mahakam.

Hasil pengujian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII diperoleh nilai-nilai Stabilitas (*stability*), Kelelehan (*flow*), *MQ* (*Marshall Quotient*) dari campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang menggunakan bahan ikat Aspal Pertamina 60/70 dan bahan ikat Aspal Starbit E-60, yang terlebih dahulu diberikan simulasi rendaman berupa perendaman air sungai Mahakam selama 0 jam, 24 jam,

48 jam dan 72 jam, sebelum dilakukan pengujian *Marshall*. Nilai – nilai hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 dibawah ini.

**Tabel 3.11 Hasil Pengujian *Marshall Standard* Menggunakan Bahan Ikatan Aspal Pen 60/70 dengan Berbagai Variasi Durasi Rendaman Air Sungai Mahakam.**

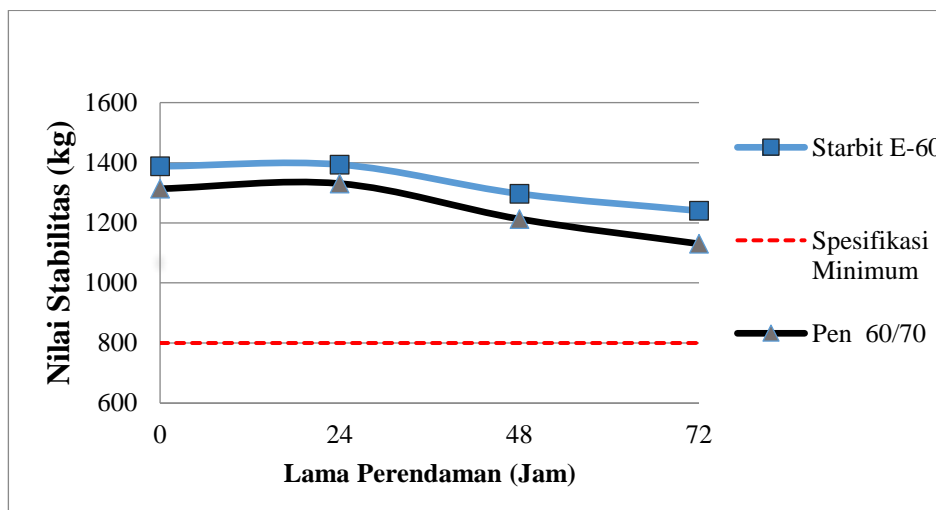
<i>Hari / Jam</i>	<i>Stabilitas (kg)</i>	<i>Flow (mm)</i>	<i>MQ (kg/mm)</i>	<i>VITM (%)</i>	<i>VFWA (%)</i>	<i>VMA (%)</i>	<i>Density (gr/cc)</i>
0	1313,466	4,66	331,78	5,062	71,044	17,029	2,257
24	1330,593	4,18	318,41	4,662	72,070	16,679	2,257
48	1212,749	4,17	283,35	4,340	71,171	17,123	2,250
72	1130,139	3,90	268,14	4,197	74,211	16,272	2,267
<b>Spesifikasi</b>	<b>&gt; 800</b>	<b>&gt;3</b>	<b>&gt; 250</b>	<b>3,0 - 5,0</b>	<b>&gt; 65</b>	<b>&gt; 15</b>	<b>&gt; 2</b>

**Tabel 3.12 Hasil Pengujian *Marshall Standard* Menggunakan Bahan Ikatan Aspal Starbit E-60 dengan Berbagai Variasi Durasi Rendaman Air Sungai Mahakam.**

<i>Hari / Jam</i>	<i>Stabilitas (kg)</i>	<i>Flow (mm)</i>	<i>MQ (kg/mm)</i>	<i>VITM (%)</i>	<i>VFWA (%)</i>	<i>VMA (%)</i>	<i>Density (gr/cc)</i>
0	1388,074	4,15	330,18	4,811	72,142	17,269	2,254
24	1393,748	3,91	325,13	4,406	76,425	16,496	2,267
48	1296,845	3,90	296,05	4,511	71,922	17,451	2,235
72	1239,954	3,75	276,99	4,492	72,122	17,463	2,233
<b>Spesifikasi</b>	<b>&gt; 800</b>	<b>&gt;3</b>	<b>&gt; 250</b>	<b>3,0 - 5,0</b>	<b>&gt; 65</b>	<b>&gt; 15</b>	<b>&gt; 2</b>

1. Stabilitas.

Stabilitas pada kondisi KAO adalah nilai ketahanan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang dan alur yang juga campuran memenuhi sifat-sifat karakteristik *Marshall* lainnya. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh nilai grafik hubungan antara lama perendaman dan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.11 dibawah ini.



**Gambar 3.10 Grafik Hubungan antara Lama Perendaman dan Nilai Stabilitas Terhadap Perendaman Air Sungai Mahakam.**

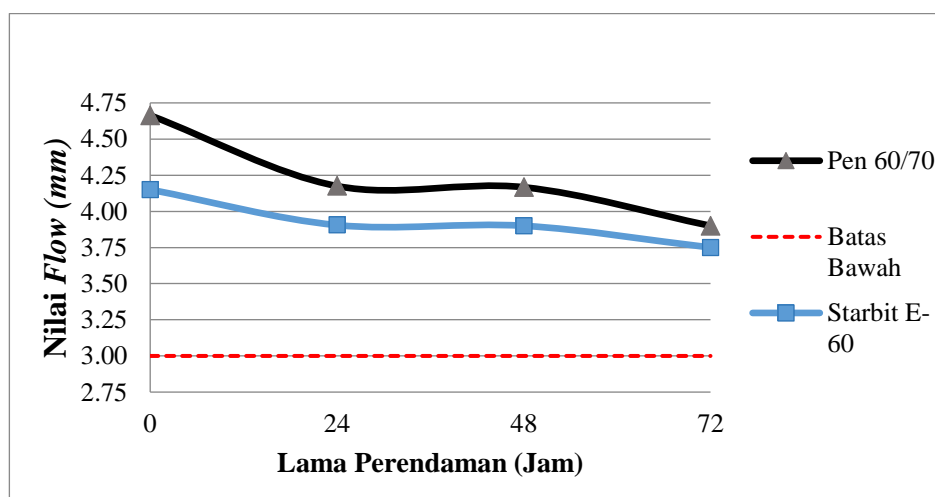
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.10 di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas campuran akan meningkat pada perendaman selama 24 jam dan akan mengalami penurunan ketika 48 jam dan 72 jam. Kenaikan nilai stabilitas pada perendaman selama 24 jam menunjukkan bahwa pengaruh rendaman air sungai Mahakam belum berpengaruh pada ikatan antara agregat dan aspal serta terjadi pengaruh kimia, sehingga stabilitas cenderung meningkat pada perendaman 24 jam. Akan tetapi, setelah perendaman 24 jam mengalami penurunan nilai stabilitas yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh penurunan ikatan antara agregat dan aspal yang disebabkan rendaman air sungai Mahakam sesuai dengan pengujian kelekatan agregat terhadap aspal dengan rendaman air sungai mahakam pada Tabel 5.5 sebelumnya. Sifat asam yang ada pada air sungai Mahakam ( $pH$  air sungai Mahakam adalah 6,21) mempengaruhi kelekatan aspal dan agregat campuran, sehingga campuran mengalami penurunan nilai stabilitas.

Pada Gambar 5.10 di atas dapat dilihat nilai stabilitas campuran beton aspal dengan bahan ikat Pen 60/70 dan aspal Starbit E-60 menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan. Hasil perbandingan lama perendaman air sungai Mahakam 0 jam sampai dengan 72 jam menunjukkan adanya penurunan stabilitas 33,40% pada campuran dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan

26,62% pada campuran dengan bahan ikat aspal Starbit E-60. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan pengaruh rendaman air sungai Mahakam, campuran beton aspal dengan bahan ikat starbit E-60 lebih baik menahan perubahan bentuk akibat beban kendaraan dari pada campuran beton aspal dengan bahan ikat Pen 70/80. Akan tetapi pada campuran beton aspal Starbit E-60 belum dilakukan pengujian viskositas sehingga suhu pencampuran dan pemadatan disamakan dengan campuran beton aspal Pen 60/70. Hal ini sama pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yulienda (2017) yaitu menunjukkan adanya penurunan nilai Stabilitas pada perendaman air tawar dan Syaiful (2009) yaitu menunjukkan variasi perendaman sangat berpengaruh terhadap sifat campuran beton aspal terhadap nilai stabilitas *Marshall*.

## 2. *Flow*.

Kelelahan (*flow*) merupakan keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat pembebanan sampai batas maksimum yang dinyatakan dalam satuan panjang (mm). Kelelahan suatu campuran menunjukkan suatu keadaan yang menunjukkan tingkat kelenturan atau kegetasan suatu campuran beton aspal. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh nilai grafik hubungan antara lama perendaman dan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 5.12 dibawah ini.



**Gambar 3.11 Grafik Hubungan antara Lama Perendaman dan Nilai Flow Terhadap Perendaman Air Sungai Mahakam.**

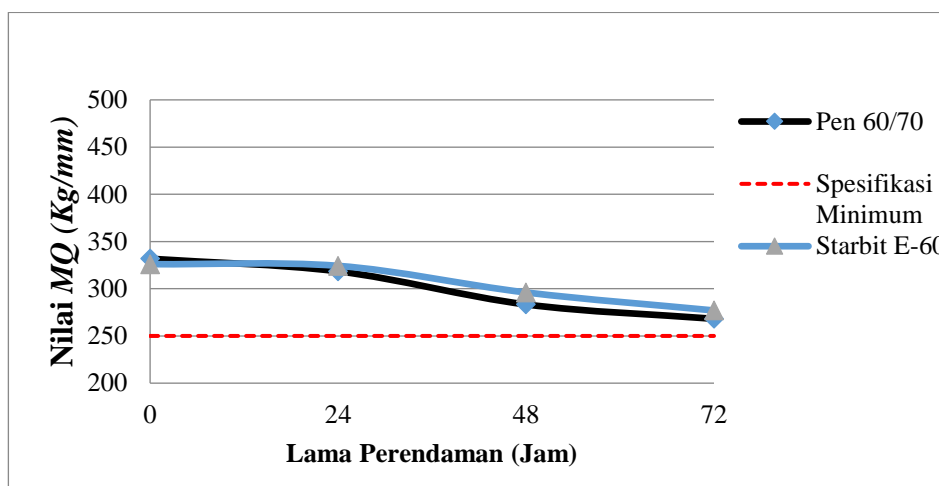
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.11 di atas dapat dilihat bahwa nilai *flow* semakin turun seiring bertambahnya durasi perendaman di air sungai Mahakam. Campuran beton aspalberbahan ikat Starbit E-60 terjadi penurunan nilai *flow* tetapi tidak terlalu signifikan terhadap pengaruh lama perendaman dan memiliki nilai *flow* yang lebih kecil secara signifikan dibanding dengan campuran beton aspal berbahan ikat Pen 60/70. Campuran beton aspal berbahan ikat Starbit E-60 memiliki nilai stabilitas yang lebih besar dan nilai *flow* yang rendah. Hal ini disebabkan oleh campuran dengan bahan ikat Starbit E-60 mempunyai nilai penetrasi dan daktalitas yang lebih kecil dari campuran berbahan ikat Pen 60/70 dan cenderung lebih kaku sehingga akan mudah retak bila menerima beban kendaraan yang melebihi batas daya dukungnya.

Campuran beton aspal berbahan ikat Pen 60/70 mengalami penurunan nilai *flow* secara signifikan terhadap pengaruh lama perendaman dan memiliki nilai *flow* yang lebih besar dibandingkan dengan campuran beton aspal berbahan ikat Starbit E-60. Hal ini dikarenakan nilai penetrasi dan daktalitas aspal Pen 60/70 lebih besar sehingga menghasilkan lapis perkerasan dengan fleksibilitas yang tinggi. Hasil perbandingan perendaman air sungai Mahakam dari 0 jam sampai dengan 72 jam menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan nilai *flow* 15,95% pada aspal pen 60/70 dan 9,64% pada aspal Starbit E-60. Hal ini sama pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yulienda (2017) yaitu menunjukkan adanya penurunan nilai *Flow* pada perendaman air tawar.

### 3. *Marshall Quotient*.

*Marshall Quotient (MQ)* merupakan hasil perbandingan antara stabilitas dengan nilai *flow*. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh nilai grafik hubungan antara lama perendaman dan nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada Gambar 5.13 dibawah ini.





**Gambar 3.12 Grafik Hubungan antara Lama Perendaman dan Nilai Marshall Quotient Terhadap Perendaman Air Sungai Mahakam.**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.12 dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* terjadi penurunan seiring bertambahnya durasi perendaman di dalam air sungai Mahakam. Turunnya nilai *Marshall Quotient* pada grafik di atas menunjukkan bahwa terjadi pengaruh penurunan ikatan antara agregat dan aspal serta penurunan kelekatan aspal yang disebabkan akibat perendaman air sungai Mahakam. Hal ini disebabkan oleh nilai stabilitas dan *flow* yang juga terpengaruh oleh rendaman air sungai Mahakam sehingga nilai *Marshall Quotient* mengalami penurunan.

Pada Gambar 5.13 di atas dapat dilihat nilai *Marshall Quotient* campuran beton aspal dengan bahan ikat Pen 60/70 dan aspal Starbit E-60 menunjukkan hasil perbedaan yang tidak signifikan. Hal tersebut disebabkan nilai *flow* dan stabilitas sebelumnya. Hasil perbandingan lama perendaman air sungai Mahakam 0 jam sampai dengan 72 jam menunjukkan adanya penurunan *Marshall Quotient* 7,07% pada campuran dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan 5,44% pada campuran dengan bahan ikat aspal Starbit E-60. Hal ini sama pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yulienda (2017) yaitu menunjukkan adanya penurunan nilai *Marshall Quotient* pada perendaman air tawar.

### 5.1.6 Hasil Pengujian *Marshall Immersion* Kondisi KAO Pada Variasi Durasi Rendaman dengan Air Sungai Mahakam.

Hasil pengujian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII diperoleh nilai *Indirect of Retained Strength* berdasarkan pengujian *Marshall Immersion* dari campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang menggunakan bahan ikat Aspal Pen 60/70 dan bahan ikat Starbit E-60 yang terlebih dahulu diberikan berupa simulasi perendaman air sungai Mahakam selama 0 jam, 24 jam, 48 jam dan 72 jam, sebelum dilakukan pengujian *Immersion*. Nilai – nilai hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 dibawah ini.

**Tabel 3.13 Hasil Pengujian *Marshall Standard* dan *Immersion* Pada KAO Menggunakan Bahan Tambah Aspal Pen 60/70 dengan Berbagai Variasi Durasi Rendaman Air Sungai Mahakam.**

Jam	0.5 Jam		24 Jam		IRS (%)	
	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Nilai	Keterangan
0	1313,466	4,66	1190,315	4,24	90,62	Memenuhi
24	1330,593	4,18	1199,138	4,60	90,12	Memenuhi
48	1212,749	4,25	1073,164	4,35	88,49	Tidak
72	1130,139	3,90	986,329	4,78	87,27	Tidak

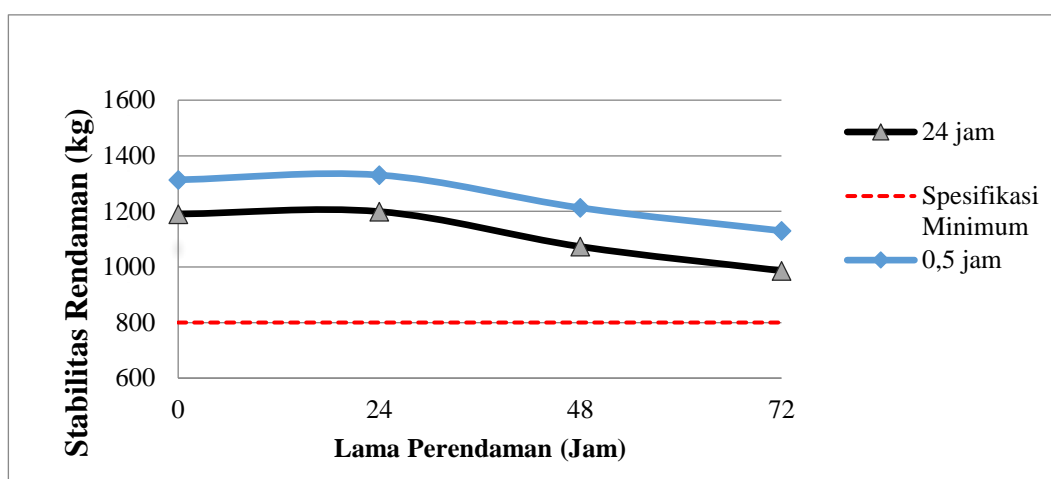
**Tabel 3.14 Hasil Pengujian *Marshall Standard* dan *Immersion* Pada KAO Menggunakan Bahan Tambah Aspal Starbit E-60 dengan Berbagai Variasi Durasi Rendaman Air Sungai Mahakam.**

Jam	0.5 Jam		24 Jam		IRS (%)	
	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Nilai	Keterangan
0	1388,074	4,58	1297,033	4,60	93,44	Memenuhi
24	1393,748	3,91	1304,432	4,58	93,59	Memenuhi
48	1296,845	4,10	1201,775	4,83	92,67	Memenuhi
72	1239,954	3,75	1136,878	4,58	91,69	Memenuhi

#### 1. Stabilitas Rendaman.

Stabilitas rendaman dimaksudkan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat perubahan cuaca, suhu, dan air. Sebelum dilakukan

pengujian sampel terlebih dahulu diberikan gangguan berupa perendaman air sungai Mahakam selama 0 jam, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Nilai stabilitas rendaman di dalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 0,5 jam dan rendaman 24 jam. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh nilai grafik hubungan antara lama perendaman dan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15 dibawah ini.

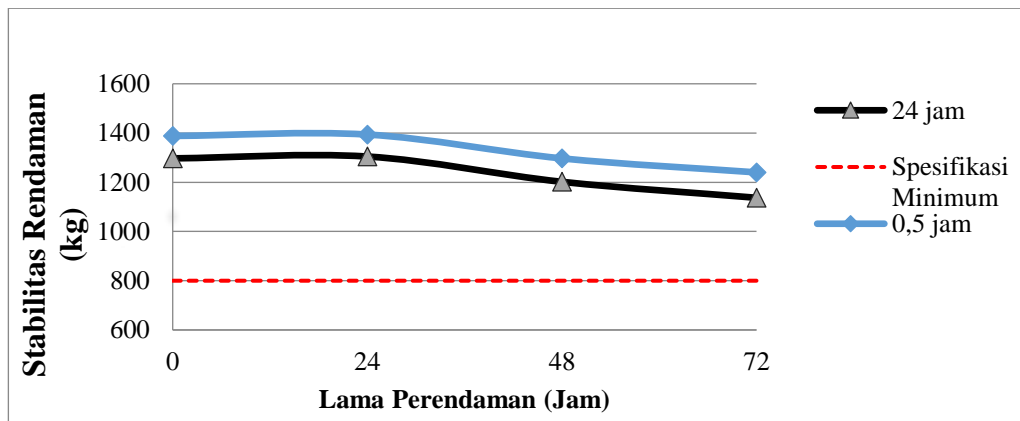


**Gambar 3.13 Grafik Hubungan antara Lama Perendaman Air Sungai Mahakam dan Nilai Stabilitas *Marshall Standard* dan *Marshall Immersion* Campuran AC-WC dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70.**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.13 di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas campuran akan meningkat pada perendaman selama 24 jam dan akan mengalami penurunan ketika 48 jam dan 72 jam. Kenaikan nilai stabilitas pada perendaman selama 24 jam menunjukkan bahwa pengaruh rendaman air sungai Mahakam belum berpengaruh pada ikatan antara agregat dan aspal serta terjadi pengaruh kimia, sehingga stabilitas cenderung meningkat pada perendaman 24 jam. Akan tetapi, setelah perendaman 24 jam mengalami penurunan nilai stabilitas yang signifikan. Hal ini disebabkan adanya pengaruh penurunan ikatan antara agregat dan aspal yang disebabkan rendaman air sungai Mahakam.

Nilai stabilitas pada rendaman *waterbath* 24 jam lebih rendah dibandingkan dengan rendaman 30 menit. Hal ini disebabkan pada proses perendaman, air masuk kedalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan adhesi antara

aspal dan agregat. Nilai stabilitas campuran beton aspal dengan rendaman *waterbath* 24 jam berbahan ikat aspal Pen 60/70 mengalami penurunan 35,46%.



**Gambar 3.14 Grafik Hubungan antara Lama Perendaman Air Sungai Mahakam dan Nilai Stabilitas *Marshall Standard* dan *Marshall Immersion* Campuran AC-WC dengan Bahan Ikat Aspal Starbit E-60.**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.14 di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas campuran akan meningkat pada perendaman selama 24 jam dan akan mengalami penurunan ketika 48 jam dan 72 jam. Kenaikan nilai stabilitas pada perendaman selama 24 jam menunjukkan bahwa pengaruh rendaman air sungai Mahakam belum berpengaruh pada ikatan antara agregat dan aspal serta terjadi pengaruh kimia, sehingga stabilitas cenderung meningkat pada perendaman 24 jam. Akan tetapi, setelah perendaman 24 jam mengalami penurunan nilai stabilitas yang signifikan. Hal ini disebabkan adanya pengaruh penurunan ikatan antara agregat dan aspal yang disebabkan rendaman air sungai Mahakam.

Nilai stabilitas pada rendaman *waterbath* 24 jam lebih rendah dibandingkan dengan rendaman 30 menit. Hal ini disebabkan pada proses perendaman, air masuk kedalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat. Nilai stabilitas campuran beton aspal dengan rendaman *waterbath* 24 jam berbahan ikat aspal Starbit E-60 mengalami penurunan

27,92%. Akan tetapi pada campuran beton aspal Starbit E-60 belum dilakukan pengujian viskositas sehingga suhu pencampuran dan pemadatan disamakan dengan campuran beton aspal Pen 60/70.

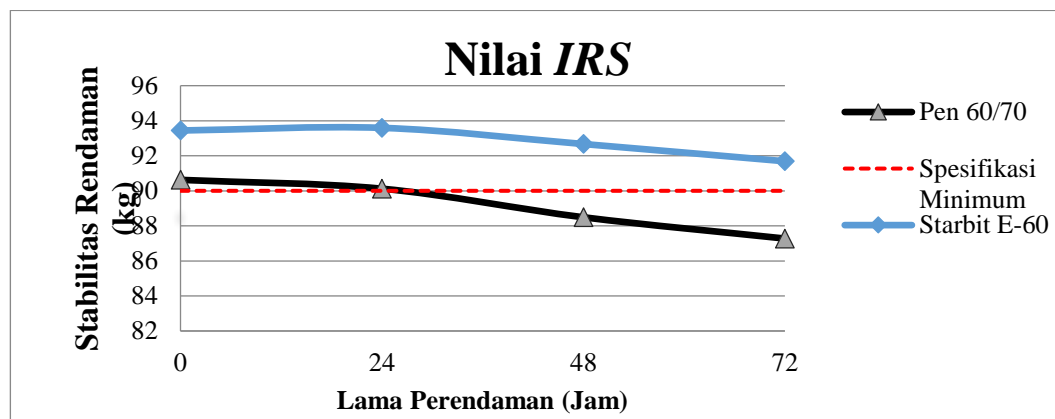
Maka dapat disimpulkan bahwa campuran beton aspal menggunakan bahan ikat Starbit E-60 lebih baik dalam menahan beban akibat air dengan suhu tertentu dari pada campuran beton aspal menggunakan bahan ikat Pen 60/70. Hal ini disebabkan menurunnya kelekatan aspal terhadap agregat akibat perendaman air sungai mahakam sesuai dengan pengujian kelekatan agregat terhadap aspal dengan rendaman air sungai mahakam pada Tabel 5.5 dan dapat dilihat bahwa aspal Starbit E-60 memiliki nilai yang lebih besar dari pada aspal Pen 60/70.

## 2. *Index of Retained Strength.*

*Index of Retained Strength* diperoleh dari proses perendaman di dalam *waterbath*, untuk mengetahui kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*) yang dimiliki campuran setelah proses perendaman. Perendaman dalam penelitian ini yaitu perendaman didalam *waterbath* selama 0,5 jam dan 24 jam pada suhu 60°C, tetapi sebelum dilakukan pengujian sampel terlebih dahulu diberikan gangguan berupa perendaman air sungai Mahakam selama 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam.

Kriteria minimum untuk nilai *Indirect of Retained Strength* adalah 90% (Bina Marga 2010). Apabila suatu campuran yang memiliki nilai *Indirect of Retained Strength*  $\geq 90\%$  berarti campuran perkerasan tersebut mempunyai daya tahan yang baik terhadap air, sehingga campuran perkerasan tersebut tahan terhadap kerusakan oleh air.

Nilai *Index of Retained Strength* di hitung dengan membandingkan nilai stabilitas setelah direndam 24 jam (S2) dengan nilai stabilitas setelah di rendam 0,5 jam (S1). Nilai *Index of Retained Strength* dapat dilihat pada Gambar 5.16 dibawah ini.



**Gambar 3.15** Grafik Hubungan antara Lama Perendaman Air Sungai Mahakam dan Nilai *Index of Retained Strength*.

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.15 dapat dilihat bahwa nilai *Index of Retained Strength* cenderung menurun seiring bertambahnya durasi perendaman di dalam air sungai Mahakam serta memiliki ketahanan yang baik terhadap air, suhu, dan cuaca karena masih memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu  $\geq 90\%$ . Akan tetapi pada campuran beton aspal dengan bahan ikat Pen 60/70 tidak memenuhi persyaratan pada kondisi rendaman lebih dari 24 jam dengan air sungai Mahakam. Hal ini dikarenakan aspal Pen 60/70 mengalami penurunan yang signifikan pada pengujian kelekatan agregat terhadap aspal dengan rendaman menggunakan air sungai Mahakam sesuai pada Tabel 5.5. Hasil perbandingan perendaman air sungai Mahakam dari 0 jam sampai dengan 72 jam menunjukkan adanya penurunan pada nilai *Index of Retained Strength* sebesar 3,72% pada aspal Pen 60/70 dan 2,28% pada aspal Starbit E-60. Dapat disimpulkan bahwa campuran beton aspal dengan bahan ikat Starbit E-60 lebih tahan terhadap air, suhu, dan cuaca karena masih memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu  $\geq 90\%$  dibanding campuran beton aspal berbahan ikat Pen 60/70.

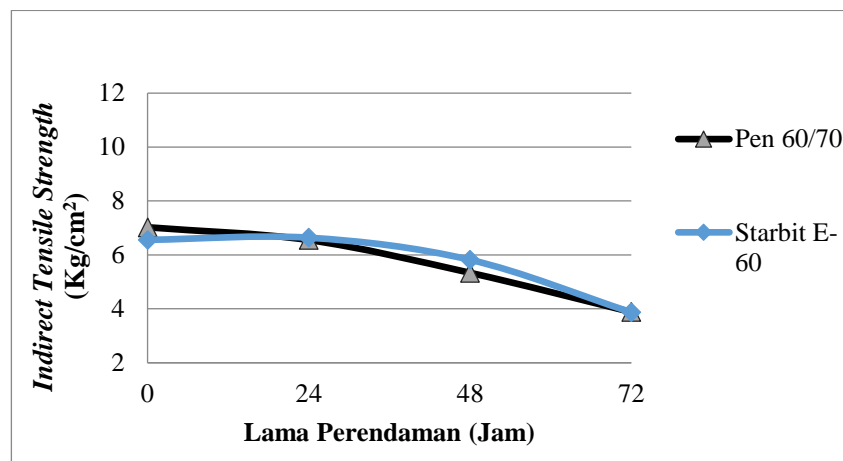
### 5.1.7 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* Kondisi KAO Pada Variasi Durasi Rendaman dengan Air Sungai Mahakam.

Hasil pengujian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII diperoleh nilai *Indirect Tensile Strength* berdasarkan pengujian *Indirect Tensile Strength* dari campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang menggunakan bahan ikat Aspal Pen 60/70 dan bahan ikat Starbit E-60 yang terlebih dahulu diberikan berupa simulasi perendaman air sungai Mahakam selama 0 jam, 24 jam, 48 jam dan 72 jam, sebelum dilakukan pengujian *Indirect Tensile Strength*. Nilai – nilai hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.15 dibawah ini.

**Tabel 3.15 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* Pada Kondisi KAO dengan Berbagai Variasi Durasi Rendaman Air Sungai Mahakam.**

Lama Rendaman	<i>ITS (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	
	Pen 60/70	Starbit E-60
0 HARI / 0 JAM	7,026	6,523
1 HARI / 24 JAM	6,552	6,639
2 HARI / 48 JAM	5,337	5,820
3 HARI / 72 JAM	3,882	3,873

Menurut *British Standard Institution (1993)*, *Indirect Tensile Strength* adalah kemampuan lapis perkerasan menahan kuat tarik yang disebabkan oleh beban kendaraan. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh nilai grafik hubungan antara lama perendaman dan nilai *Indirect Tensile Strength* dapat dilihat pada Gambar 5.17 dibawah ini.



**Gambar 3.16 Grafik Hubungan antara Lama Perendaman Air Rawa dan Nilai *Indirect Tensile Strength*.**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa kedua nilai *ITS* cenderung menurun seiring bertambahnya durasi perendaman di dalam air sungai Mahakam dengan campuran *AC-WC* berbahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal Starbit E-60. Hal ini dikarenakan semakin lama durasi perendaman maka menyebabkan aspal melunak dan ikatan antara aspal dan agregat menjadi berkurang yang menyebabkan kekuatan regangan pada campuran akan berkurang sehingga campuran mudah retak sesuai dengan pengujian kelekatan agregat terhadap aspal dengan rendaman air sungai mahakam pada Tabel 5.5 sebelumnya. Hasil perbandingan perendaman air sungai Mahakam dari 0 jam sampai dengan 72 jam menunjukkan adanya penurunan pada nilai *Indirect Tensile Strength* sebesar 34,92% pada aspal Pen 60/70 dan 32,01% pada aspal Starbit E-60. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan pengaruh rendaman air sungai Mahakam, campuran dengan bahan ikat starbit E-60 lebih tahan menahan kuat tarik yang disebabkan oleh beban kendaraan dari pada campuran dengan bahan ikat Pen 60/70. Hal ini sama pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yulienda (2017) yaitu menunjukkan adanya penurunan nilai *Indirect Tensile Strength* pada perendaman air tawar.



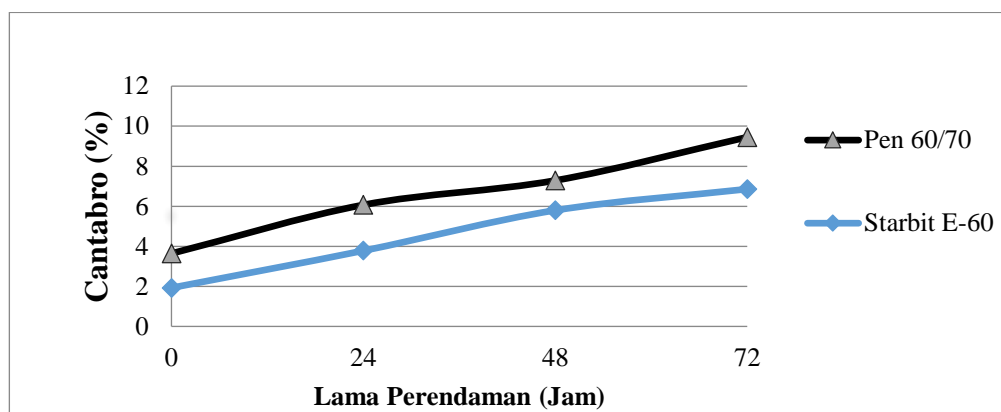
### 5.1.8 Hasil Pengujian *Cantabro* Kondisi KAO Pada Variasi Durasi Rendaman dengan Air Sungai Mahakam.

Hasil pengujian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII diperoleh nilai *Cantabro* berupa Persentase Kehilangan Berat (L) berdasarkan pengujian *Cantabro Loss* dari campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang menggunakan bahan ikat Aspal Pen 60/70 dan bahan ikat Starbit E-60 yang terlebih dahulu diberikan berupa simulasi perendaman air sungai Mahakam selama 0 jam, 24 jam, 48 jam dan 72 jam, sebelum dilakukan pengujian *Cantabro*. Nilai – nilai hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.16 dibawah ini.

**Tabel 3.16 Hasil Pengujian *Cantabro* Pada Kondisi KAO Dengan Berbagai Variasi Durasi Rendaman Air Sungai Mahakam.**

Lama Rendaman	Cantabro (%)	
	Pen 60/70	Starbit E-60
0 Jam	3,64	1,93
24 Jam	6,07	3,78
48 Jam	7,29	5,80
72 Jam	9,45	6,86

*Cantabro Test* adalah suatu metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi. Sebelum dilakukan pengujian, sampel terlebih dahulu diberikan gangguan berupa perendaman air sungai Mahakam selama 0 jam, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh nilai grafik hubungan antara lama perendaman dan nilai *Cantabro* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.18 dibawah ini.



**Gambar 3.17 Grafik Hubungan antara Lama Perendaman Air Sungai Mahakam dan Nilai *Cantabro*.**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.17 dapat dilihat bahwa nilai *Cantabro* cenderung meningkat seiring bertambahnya durasi perendaman di dalam air sungai Mahakam dengan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* berbahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal Starbit E-60. Kedua grafik sama-sama menunjukkan kenaikan yang signifikan, hal ini berarti bertambahnya durasi perendaman air sungai Mahakam membuat campuran tersebut menjadi tidak tahan terhadap benturan. Campuran dengan bahan ikat Starbit E-60 lebih tahan terhadap benturan atau abrasi dibandingkan dengan campuran dengan bahan ikat Pen 60/70. Hal ini disebabkan oleh kandungan aspal Starbit E-60 berbasis elastomer yang memiliki kekuatan dan keelastisan yang tinggi sehingga dapat mengurangi dampak terhadap benturan. Hasil perbandingan perendaman air sungai Mahakam dari 0 jam sampai dengan 72 jam menunjukkan adanya perbedaan kenaikan yang signifikan nilai *Cantabro* sebesar 64,55% pada aspal Pen 60/70 dan 54,81% pada aspal Starbit E-60. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan pengaruh rendaman air sungai Mahakam, campuran dengan bahan ikat aspal Starbit E-60 lebih kuat dan tahan terhadap benturan dari pada campuran dengan bahan ikat Pen 60/70. Hal ini sama pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yulienda (2017) yaitu menunjukkan adanya kenaikan nilai *Cantabro* pada perendaman air tawar.

### 5.1.9 Hasil Analisis Statistik Anova

Data – data uji sifat fisik aspal Starbit E-60 terhadap aspal pen 60/70 dianalisis menggunakan analisis statistik *t-test*. Hasil rekapitulasi analisis menggunakan *Anova (One Way Anova)* dapat dilihat pada Tabel 5.18 di bawah ini.

**Tabel 3.17 Rekapitulasi Data Uji Statistika *T-Test* untuk Pengujian Sifat Fisik Aspal Starbit E-60 terhadap aspal Pen 60/70.**

Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
Berat Jenis	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak
Penetrasi	Signifikan	H0, Tolak
Daktalitas	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak
Titik Nyala	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak
Titik Bakar	Signifikan	H0, Tolak
Titik Lembek	Signifikan	H0, Tolak
Kelarutan dalam <i>TCE</i>	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak

Data – data uji seperti karakteristik pengujian *Marshall Standard, Immersion Test, Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro* dengan pengaruh rendaman air sungai Mahakam terhadap karakteristik campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal Starbit E-60 dianalisis menggunakan analisis statistik *Anova* dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan Tabel 5.20 dibawah ini.

**Tabel 3.18 Rekapitulasi Data Uji Statistika *Anova* untuk Pengaruh Rendaman Air Sungai Mahakam terhadap Karakteristik *Marshall Standard*.**

Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
Stabilitas	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak
<i>Flow</i>	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak
<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak

**Tabel 3.19 Rekapitulasi Data Uji Statistika *Anova* untuk Pengaruh Rendaman Air Sungai Mahakam terhadap Karakteristik *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro*.**

<b>Parameter</b>	<b>Hasil Analisis</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Immersion Test</i>	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak
<i>Indirect Tensile Strength</i>	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak
<i>Cantabro</i>	Signifikan	H0, Tolak

Data – data uji seperti karakteristik pengujian *Marshall Standard*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro* dengan pengaruh rendaman air sungai Mahakam terhadap karakteristik campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal Starbit E-60 dianalisis menggunakan analisis statistik *t-test* dapat dilihat pada Tabel 5.21 dan Tabel 5.22 dibawah ini.

**Tabel 3.20 Rekapitulasi Data Uji Statistika *T-test* untuk Pengaruh Rendaman Air Sungai Mahakam terhadap Karakteristik *Marshall Standard*.**

<b>Parameter</b>	<b>Hasil Analisis</b>	<b>Keterangan</b>
Stabilitas	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak
<i>Flow</i>	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak
<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak

**Tabel 3.21 Rekapitulasi Data Uji Statistika *T-test* untuk Pengaruh Rendaman Air Sungai Mahakam terhadap Karakteristik *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro*.**

<b>Parameter</b>	<b>Hasil Analisis</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Immersion Test</i>	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak
<i>Indirect Tensile Strength</i>	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak
<i>Cantabro</i>	Tidak Signifikan	H0, Gagal Tolak