

BAB V

HASIL PENELITIAN

5.1 HASIL PENELITIAN

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal polimer Starbit E-60 yang di ambil dari PT. Bintang Djaja, Cilacap. Pengujian aspal dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Pengujian tersebut menghasilkan data-data yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.1. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Starbit E-60

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,027	Memenuhi
2	Penetrasi (0,1 mm)	≥ 40	74,7	Memenuhi
3	Daktilitas (cm)	≥ 100	110,67	Memenuhi
4	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	330	Memenuhi
5	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,88	Memenuhi
6	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 54	63	Memenuhi

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian agregat meliputi pengujian agregat kasar dan halus, dimana pengujian agregat kasar ada 2 macam, yaitu pengujian untuk agregat kasar Clereng dan agregat kasar dari Sungai Boyong. Pengujian karakteristik agregat dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta. Data yang diperoleh dari pengujian karakteristik agregat telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.2, 5.3, dan 5.4 dibawah ini.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar Clereng

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,67	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	< 3	1,43	Memenuhi
3	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	> 95	98,5	Memenuhi
4	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	< 40	22,48	Memenuhi

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar Boyong

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,51	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	< 3	2,32	Memenuhi
3	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	> 95	97	Memenuhi
4	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	< 40	27,47	Memenuhi

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,62	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	< 3	1,73	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	> 50	87,31	Memenuhi

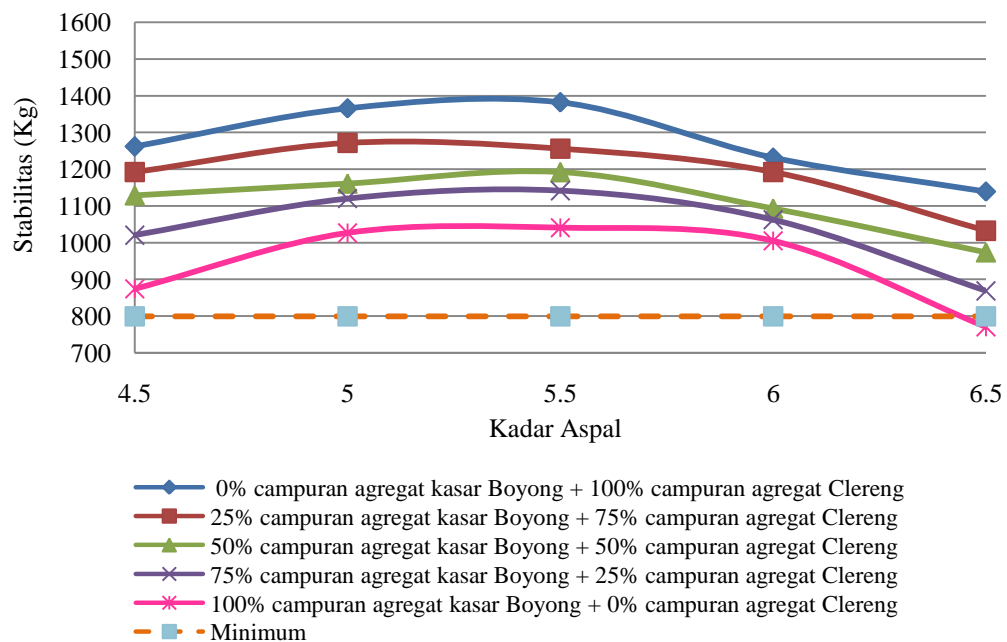
Hasil yang didapatkan dari berbagai macam pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa material yang digunakan untuk penelitian sesuai dengan spesifikasi Bina Marga (2010). Dengan demikian maka agregat kasar dari batuan Clereng dan agregat kasar dari Sungai Boyong dapat digunakan sebagai bahan campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*.

Hasil pengujian berat jenis menunjukkan bahwa kedua agregat sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu $\geq 2,5$ sedangkan penyerapan air oleh agregat pada agregat kasar Boyong lebih besar daripada penyerapan pada agregat kasar Clereng. Hal ini disebabkan karena agregat kasar Boyong memiliki lebih banyak pori, sehingga nilai resapannya lebih tinggi. Pada pengujian keausan dengan mesin *Los Angeles* agregat kasar Boyong memiliki nilai keausan sebesar 27,47% sedangkan agregat kasar Clereng memiliki nilai keausan yang lebih rendah yaitu 22,48%.

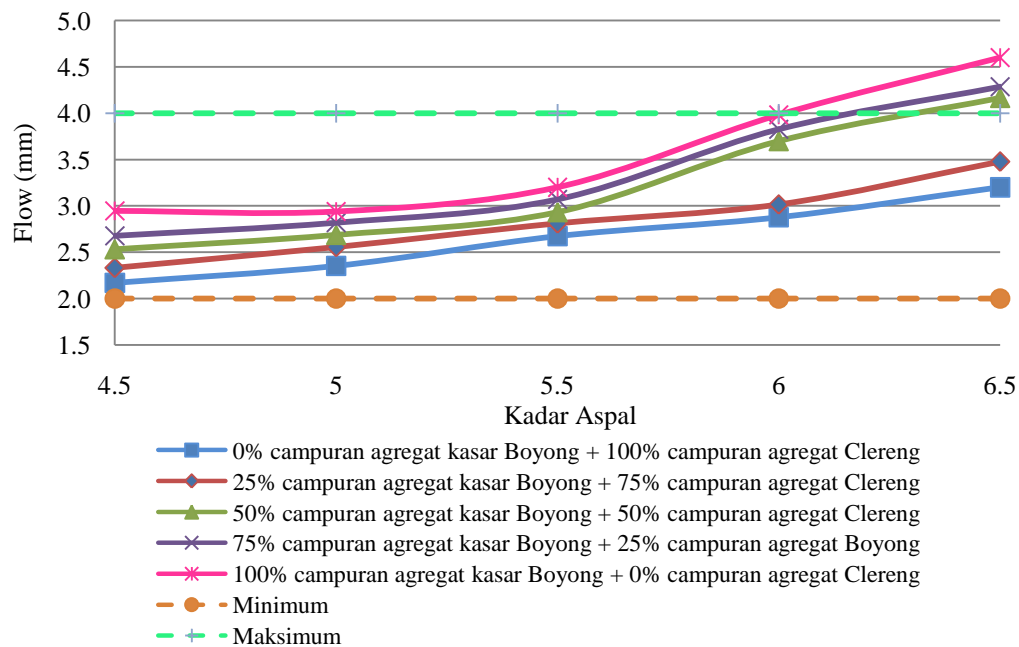
Didapatkan juga nilai kelekatan aspal untuk kedua jenis agregat sebesar 97% untuk agregat kasar Boyong dan 98,5% untuk agregat kasar Clereng.

5.1.3 Hasil Perhitungan Campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* untuk Menentukan KAO

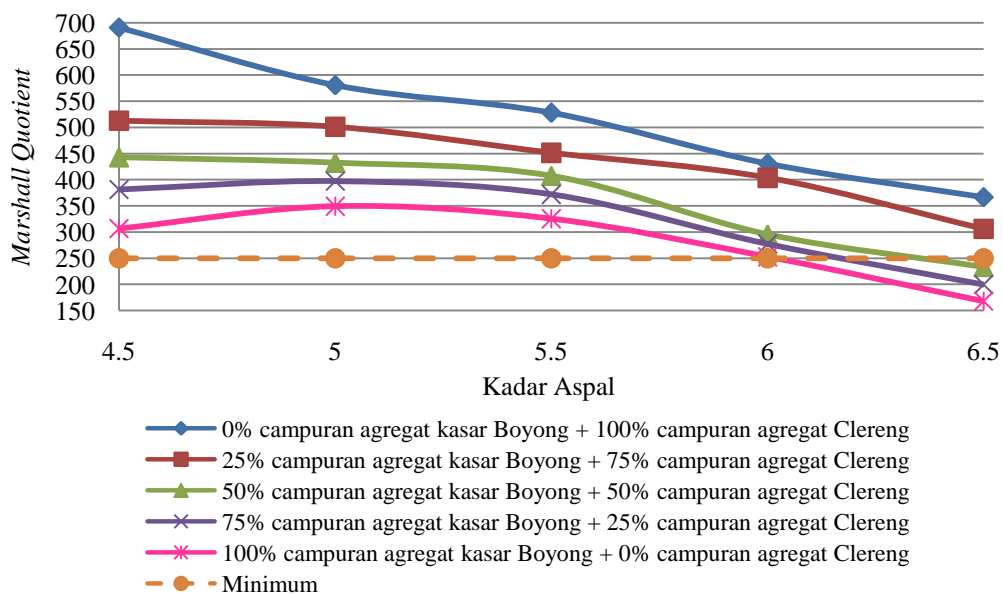
Pengujian di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, UII menghasilkan nilai-nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *VMA* (*Voin in Mineral Agregate*), *VFWA* (*Voin Filled With Asphalt*), *VITM* (*Void in the Total Mix*), *MQ* (*Marshall Quotient*), dan kepadatan (*Density*) dari campuran *AC-BC* dengan variasi campuran batu pecah Sungai Boyong sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Rekap hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai Gambar 5.7 dan Tabel 5.5 sampai 5.9 berikut ini.



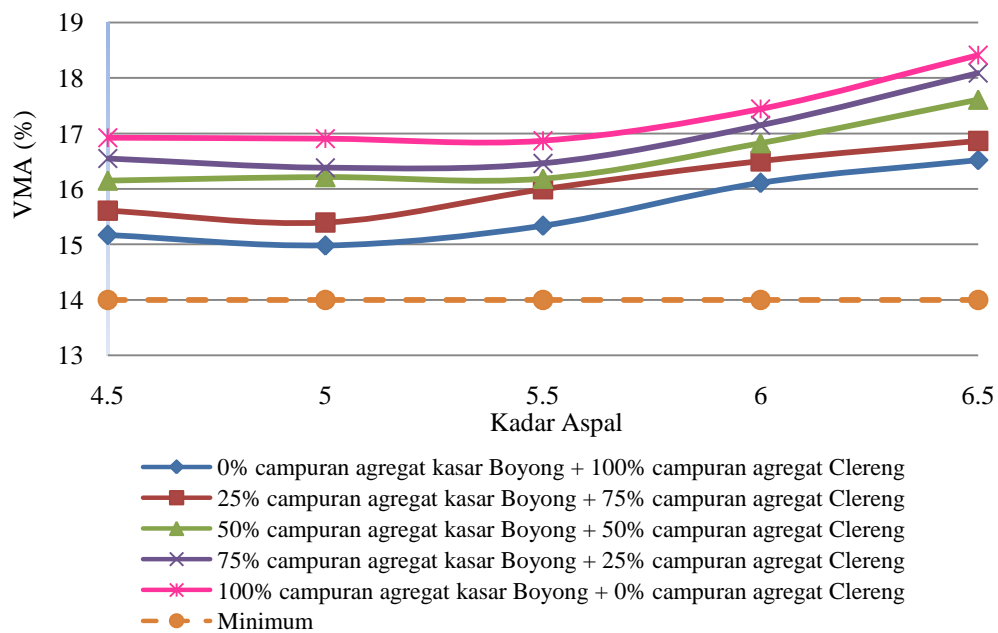
Gambar 5.1 Grafik Hasil Pengujian Persentase Kadar Aspal dengan Stabilitas



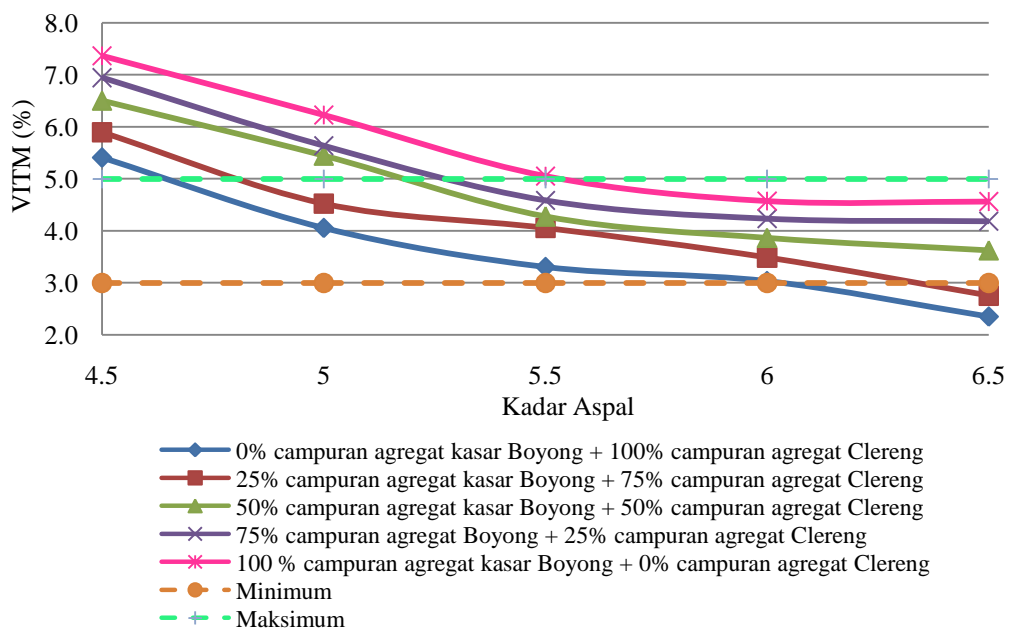
Gambar 5.2 Grafik Hasil Pengujian Persentase Kadar Aspal dengan Flow



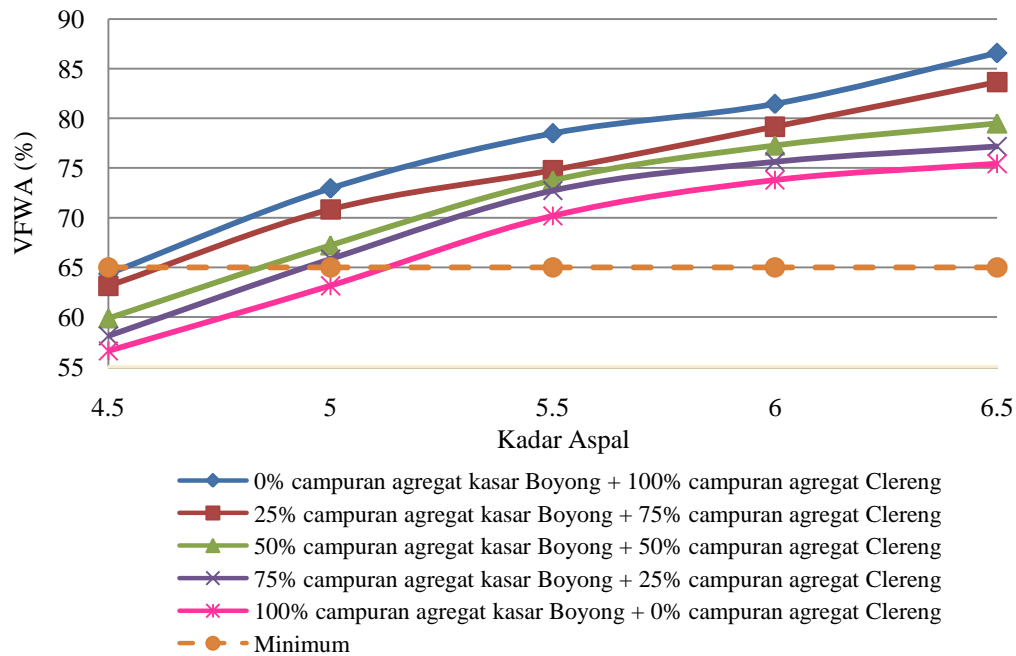
Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian Persentase Kadar Aspal dengan MQ



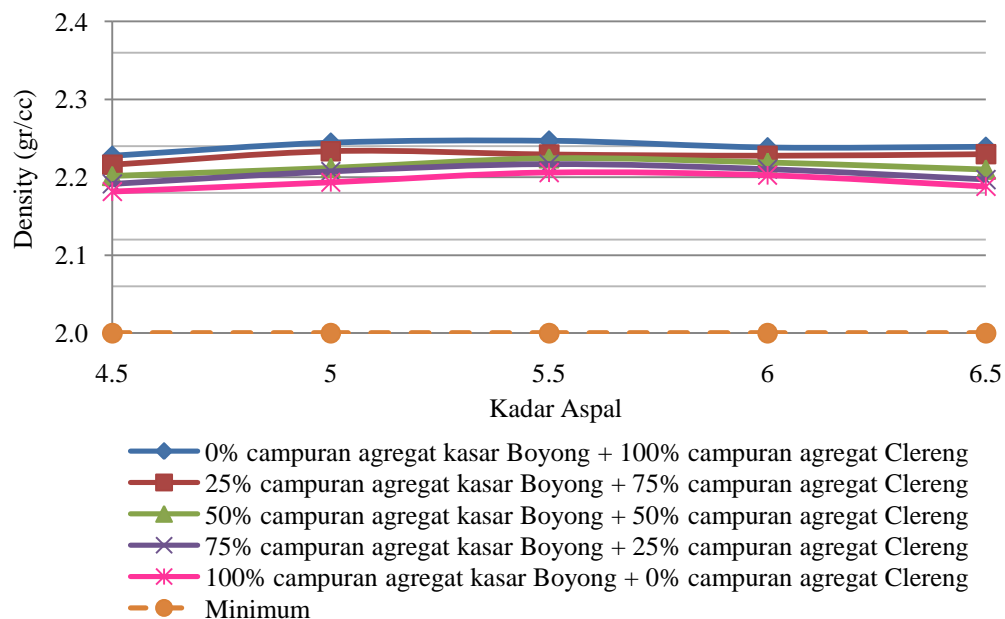
Gambar 5.4 Grafik Hasil Pengujian Persentase Kadar Aspal dengan VMA



Gambar 5.5 Grafik Hasil Pengujian Persentase Kadar Aspal dengan VITM



Gambar 5.6 Grafik Hasil Pengujian Persentase Kadar Aspal dengan *VFWA*



Gambar 5.7 Grafik Hasil Pengujian Persentase Kadar Aspal dengan *Density*

Tabel 5. 5 Hasil Pengujian *Marshall* dengan Menggunakan Proporsi Campuran 0% Agregat Kasar Boyong dan 100% Agregat Kasar Clereng (V1)

Karakteristik <i>Marshall</i>	Syarat	Kadar Aspal (%)				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	1261,607	1365,507	1381,685	1231,647	1139,320
<i>Flow</i> (mm)	2,0 – 4,0	2,170	2,353	2,673	2,877	3,200
<i>VITM</i> (%)	3,0 – 5,0	5,407	4,056	3,306	3,034	2,351
<i>VFWA</i> (%)	> 65	64,376	72,954	78,496	81,476	86,591
<i>VMA</i> (%)	> 15	15,168	14,984	15,339	16,110	16,523
<i>Density</i> (gr/cc)	>2	2,228	2,244	2,247	2,238	2,239
<i>MQ</i> (kg/mm)	> 250	690,578	580,534	527,672	430,624	366,540

Tabel 5. 6 Hasil Pengujian *Marshall* dengan Menggunakan Proporsi Campuran 25% Agregat Kasar Boyong dan 75% Agregat Kasar Clereng (V2)

Karakteristik <i>Marshall</i>	Syarat	Kadar Aspal (%)				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	1192,588	1271,336	1255,792	1192,401	1032,586
<i>Flow</i> (mm)	2,0 – 4,0	2,330	2,557	2,810	3,017	3,477
<i>VITM</i> (%)	3,0 – 5,0	5,898	4,524	4,057	3,487	2,755
<i>VFWA</i> (%)	> 65	63,149	70,854	74,812	79,173	83,672
<i>VMA</i> (%)	> 15	15,609	15,398	15,997	16,502	16,868
<i>Density</i> (gr/cc)	>2	2,216	2,234	2,229	2,228	2,230
<i>MQ</i> (kg/mm)	> 250	512,627	501,131	451,411	403,648	306,186

Tabel 5. 7 Hasil Pengujian *Marshall* dengan Menggunakan Proporsi Campuran 50% Agregat Kasar Boyong dan 50% Agregat Kasar Clereng (V3)

Karakteristik <i>Marshall</i>	Syarat	Kadar Aspal (%)				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	1128,692	1161,273	1192,038	1092,901	974,138
<i>Flow</i> (mm)	2,0 – 4,0	2,533	2,687	2,933	3,700	4,167
<i>VITM</i> (%)	3,0 – 5,0	6,505	5,446	4,275	3,864	3,626
<i>VFWA</i> (%)	> 65	59,886	67,241	73,772	77,279	79,520
<i>VMA</i> (%)	> 15	16,154	16,215	16,187	16,829	17,612
<i>Density</i> (gr/cc)	>2	2,202	2,212	2,224	2,219	2,210
<i>MQ</i> (kg/mm)	> 250	442,724	432,327	407,447	295,931	233,353

Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Marshall dengan Menggunakan Proporsi Campuran 75% Agregat Kasar Boyong dan 25% Agregat Kasar Clereng (V4)

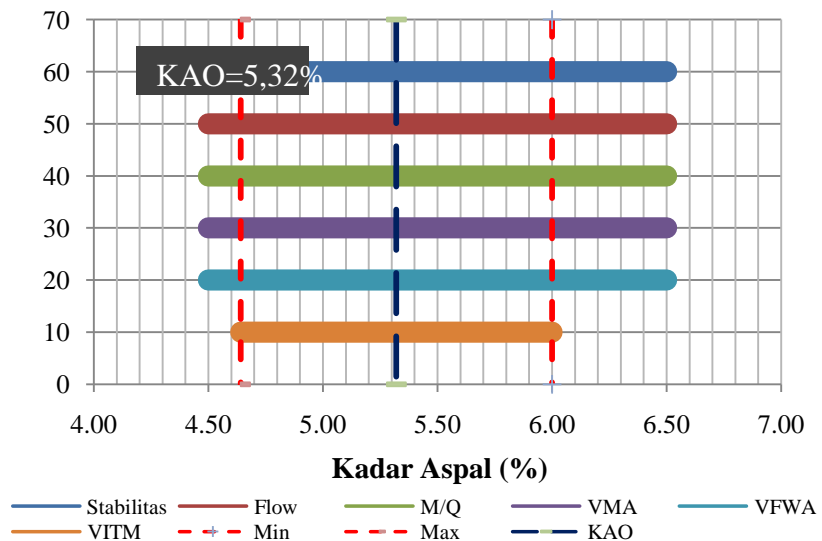
Karakteristik Marshall	Syarat	Kadar Aspal (%)				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	1020,496	1120,273	1141,583	1062,73	868,883
Flow (mm)	2,0 – 4,0	2,677	2,820	3,070	3,827	4,287
VITM (%)	3,0 – 5,0	6,946	5,636	4,588	4,234	4,185
VFWA (%)	> 65	58,107	65,854	72,744	75,637	77,189
VMA (%)	> 15	16,549	16,384	16,461	17,149	18,091
Density (gr/cc)	>2	2,192	2,207	2,217	2,211	2,197
MQ (kg/mm)	> 250	381,434	397,398	371,917	277,530	199,886

Tabel 5. 9 Hasil Pengujian Marshall dengan Menggunakan Proporsi Campuran 100% Agregat Kasar Boyong dan 0% Agregat Kasar Clereng (V5)

Karakteristik Marshall	Syarat	Kadar Aspal (%)				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	874,792	1026,459	1041,058	1005,487	770,814
Flow (mm)	2,0 – 4,0	2,947	2,940	3,200	3,983	4,600
VITM (%)	3,0 – 5,0	7,366	6,229	5,055	4,574	4,564
VFWA (%)	> 65	56,598	63,160	70,189	73,811	75,450
VMA (%)	> 15	16,925	16,909	16,871	17,443	18,415
Density (gr/cc)	>2	2,182	2,194	2,206	2,203	2,188
MQ (kg/mm)	> 250	306,884	349,261	325,413	252,745	167,823

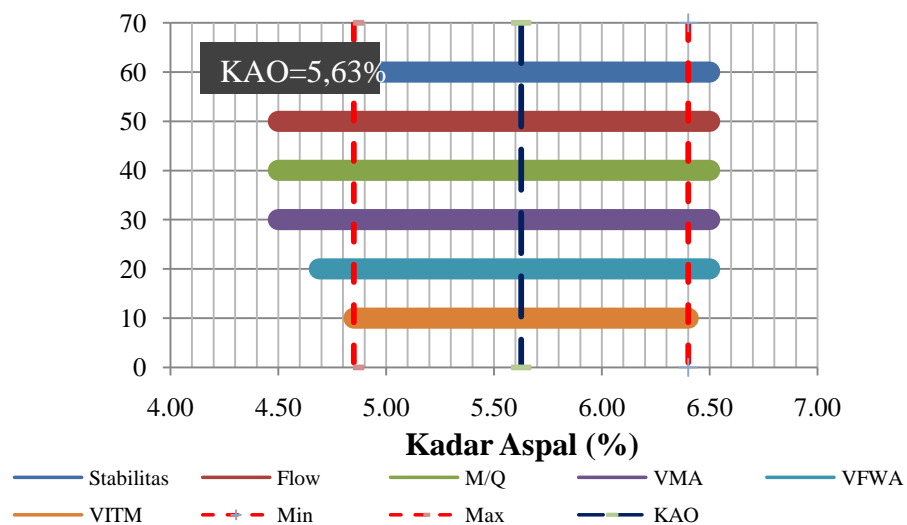
5.2 PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)

Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia akan didapatkan nilai kadar aspal optimum yang ditentukan sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga 2010. Kadar aspal optimum yang baik adalah kadar aspal yang memenuhi semua sifat pada campuran yang di inginkan, tetapi tidak selalu diperoleh kadar aspal optimum yang memenuhi syarat, sehingga nilai-nilai kadar aspal optimum dapat diambil dari pengujian Marshall yang memenuhi batas-batas spesifikasi campuran. Berdasarkan perhitungan secara grafis, nilai kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 5.8 sampai Gambar 5.12 berikut ini.



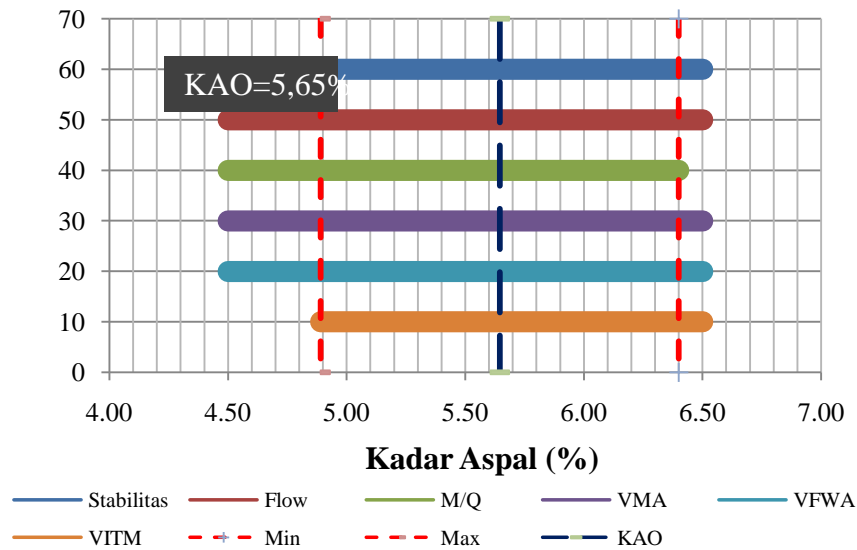
Gambar 5. 8 Grafik Perhitungan KAO Menggunakan Campuran 0% Agregat Kasar Boyong dan 100% Agregat Kasar Clereng

Pada Gambar 5.8 di atas, menunjukkan variasi 1 dengan proporsi 0% campuran agregat kasar Boyong dan 100% campuran agregat Clereng di dapat nilai KAO sebesar 5,32%.



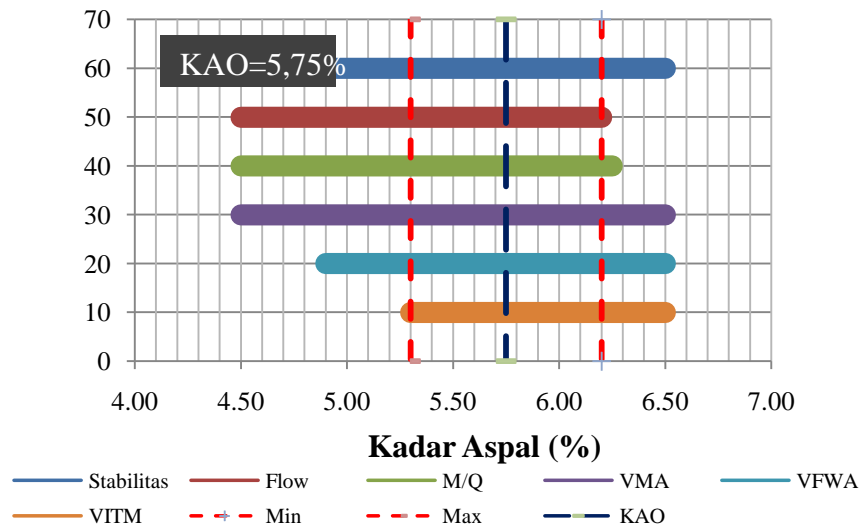
Gambar 5. 9 Grafik Perhitungan KAO Menggunakan Campuran 25% Agregat Kasar Boyong dan 75% Agregat Kasar Clereng

Pada Gambar 5.9 di atas, menunjukkan variasi 2 dengan proporsi 25% campuran agregat kasar Boyong dan 75% campuran agregat Clereng di dapat nilai KAO sebesar 5,63%.



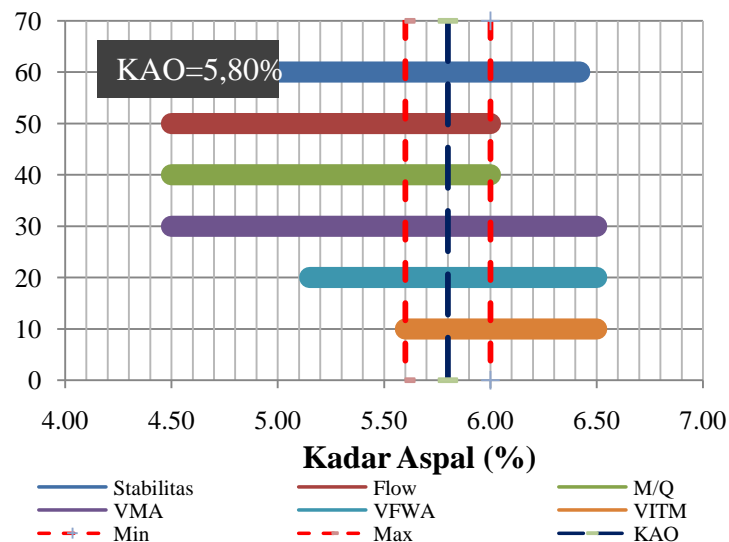
Gambar 5. 10 Grafik Perhitungan KAO Menggunakan Campuran 50% Agregat Kasar Boyong dan 50% Agregat Kasar Clereng

Pada Gambar 5.10 di atas, menunjukkan variasi 3 dengan proporsi 50% campuran agregat kasar Boyong dan 50% campuran agregat Clereng didapat nilai KAO sebesar 5,65%.



Gambar 5. 11 Grafik Perhitungan KAO Menggunakan Campuran 75% Agregat Kasar Boyong dan 25% Agregat Kasar Clereng

Pada Gambar 5.11 di atas, menunjukkan variasi 4 dengan proporsi 75% campuran agregat kasar Boyong dan 25% campuran agregat Clereng di dapat nilai KAO sebesar 5,75%.



Gambar 5. 12 Grafik Perhitungan KAO Menggunakan Campuran 100% Agregat Kasar Boyong dan 0% Agregat Kasar Clereng

Pada Gambar 5.12 di atas, menunjukkan variasi 5 dengan proporsi 100% campuran agregat kasar Boyong dan 0% campuran agregat Clereng didapat nilai KAO sebesar 5,80%.

Tabel hasil rekapitulasi kadar aspal optimum pada setiap variasi campuran yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Hasil Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum

Proporsi Agregat Kasar	Variasi	KAO (%)
0% campuran agregat kasar Boyong dan 100% campuran agregat Clereng	1	5,32
25% campuran agregat kasar Boyong dan 75% campuran agregat Clereng	2	5,63
50% campuran agregat kasar Boyong dan 50% campuran agregat Clereng	3	5,65
75% campuran agregat kasar Boyong dan 25% campuran agregat Clereng	4	5,75
100% campuran agregat kasar Boyong dan 0% campuran agregat Clereng	5	5,80

Pada Tabel 5.10 di atas, terlihat bahwa semakin besar penggantian persentase agregat kasar Boyong, maka kadar aspal optimum yang dihasilkan semakin meningkat.

Pada campuran dengan proporsi 25% campuran agregat kasar Boyong kadar aspal meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh berat jenis agregat kasar yang kecil sehingga rongga dalam campuran menjadi besar dan penyerapan agregat kasar Boyong yang besar, sehingga kebutuhan aspal pada variasi tersebut mengalami peningkatan.

Kadar aspal pada proporsi 100% campuran agregat kasar Boyong lebih besar dari 0% campuran agregat kasar Boyong. Hal ini dikarenakan berat jenis agregat kasar Boyong lebih kecil daripada agregat kasar Clereng, maka pada campuran laston AC-BC yang menggunakan 100% agregat kasar Boyong mempunyai volume yang lebih besar sehingga menyebabkan kebutuhan aspal untuk menyelimuti agregat menjadi lebih banyak dibandingkan dengan campuran yang menggunakan proporsi agregat kasar Clereng.

5.3 PEMBAHASAN

5.3.1 Tinjauan Terhadap Karakteristik Aspal

Pengujian karakteristik aspal bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik aspal. Pada pengujian karakteristik aspal, pengujian yang dilakukan adalah berat jenis aspal, penetrasi aspal, daktilitas, titik nyala, kelarutan dalam *TCE*, dan titik lembek.

1. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal merupakan perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal dengan *vicnometer*. Hasil analisis pengujian aspal Starbit E-60, diperoleh berat jenis aspal sebesar 1,027 gr/cc. Hasil ini menunjukkan bahwa pengujian aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 1,00$.

2. Penetrasi Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan penetrasi aspal keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum ukuran tertentu dengan beban dan waktu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Hasil pengujian penetrasi aspal menunjukkan nilai sebesar 75,79 mm. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≥ 40 mm.

3. Daktilitas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar akan mengikat butir-butir agregat lebih baik, tetapi lebih peka terhadap perubahan suhu. Hasil pengujian daktilitas menunjukkan nilai sebesar 110,67 cm. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu > 100 cm.

4. Kelarutan dalam *TCE*

Pengujian kelarutan dalam *TCE* bertujuan untuk mengetahui kelarutan aspal dalam *Tetra Choro Ephilen (TCE)* sehingga dapat mengetahui persentase kandungan mineral lain dalam aspal. Semakin besar persentase kelarutannya maka semakin kecil kandungan mineral lainnya yang dapat mengganggu ikatan aspal dengan batuan. Hasil pengujian kelarutan dalam *TCE* menunjukkan nilai sebesar 99,88. Hasil ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu sebesar $\geq 99\%$.

5. Titik Lembek

Titik lembek merupakan suhu pada saat bola-bola baja dengan berat tertentu mendesak turun ke suatu lapisan aspal yang tertekan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak dibawah cincin pada ketinggian tertentu, sebagai akibat kecepatan pada pemanasan suhu tertentu. Hasil pengujian titik lembek menunjukkan nilai sebesar 63°C. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu 54°C.

6. Titik Nyala

Pengujian titik nyala bertujuan untuk mengetahui pada suhu berapa aspal mulai menyala dan mengetahui batas temperatur dimana aspal masih cukup aman untuk dipanaskan. Hasil pengujian titik nyala menunjukkan nilai sebesar 330°C. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 232^\circ\text{C}$.

Hasil pengujian aspal Starbit E-60 yang berasal dari PT. Bintang Djaja, Cilacap memenuhi persyaratan sehingga layak digunakan sebagai bahan pengujian.

5.3.2 Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat kasar ini bertujuan untuk membandingkan sifat fisik dan karakteristik agregat kasar Clereng dan agregat kasar Boyong.

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air terhadap volume yang sama pada temperatur tertentu. Agregat dengan berat jenis lebih kecil memiliki volume lebih besar

pada berat yang sama. Pengujian berat jenis agregat kasar Clereng didapatkan hasil 2,67 sedangkan berat jenis agregat kasar Boyong didapatkan hasil sebesar 2,51. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Agregat yang mempunyai kadar pori yang besar akan lebih banyak membutuhkan aspal karena nilai penyerapannya semakin besar. Hasil pengujian penyerapan agregat kasar Clereng terhadap air sebesar 1,43% sedangkan pada agregat kasar Boyong sebesar 2,32%. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 3\%$.

3. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan permukaan. Hasil pengujian kelekatan agregat Clereng terhadap aspal sebesar 98,5% sedangkan pada agregat Boyong sebesar 97%. Hasil ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu sebesar $> 95\%$.

4. Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Nilai keausan agregat diperoleh dari perbandingan antara berat bahan yang aus terhadap saringan no.12 terhadap berat semula. Hasil pengujian keausan dengan mesin *Los Angeles* pada campuran agregat kasar Clereng sebesar 22,48% sedangkan pada agregat kasar Boyong sebesar 27,47%. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 40\%$.

Hasil pengujian agregat kasar Clereng dan agregat kasar Boyong memenuhi spesifikasi sehingga layak digunakan sebagai bahan penelitian.

5.3.3 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Marshall* Standar

Karakteristik *Marshall* merupakan parameter penting yang sering digunakan pada pengujian campuran aspal. Adapun nilai-nilai yang dapat ditinjau dari hasil pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut.

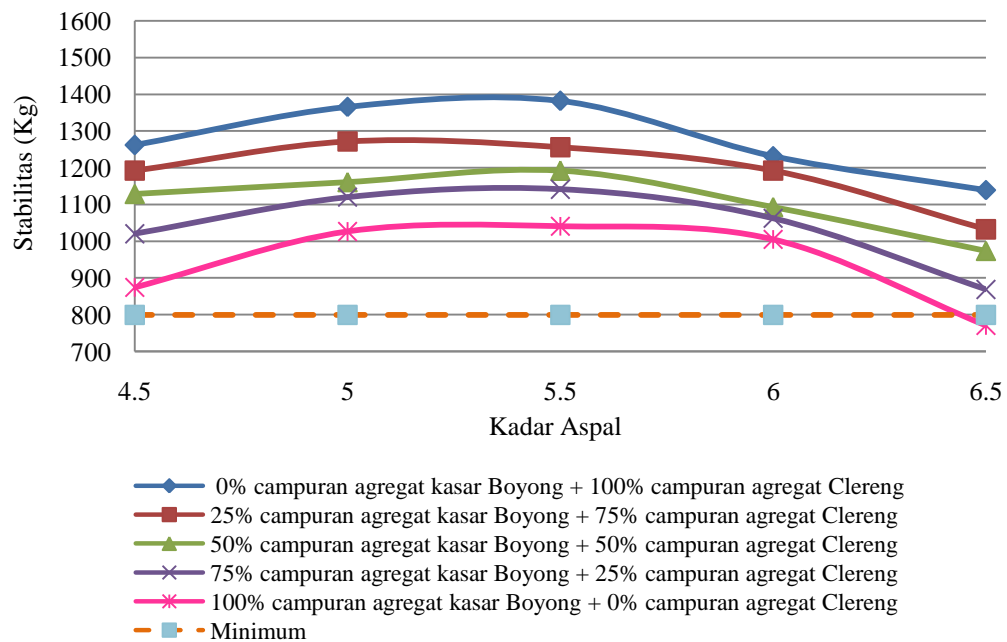
1. *Stability* (Stabilitas)

Stabilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk (*deformation*) akibat beban kendaraan yang bekerja di atasnya. Pada pengujian *Marshall* di laboratorium, stabilitas merupakan kemampuan aspal untuk menerima beban sampai terjadinya kelelahan plastis yang dinyatakan dalam satuan kilogram. Faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas dapat dilihat dari gaya saling mengunci antar batuan (*internal friction*) dan kelekatan (*cohesion*). *Internal friction* tergantung pada tekstur permukaan, gradasi agregat, kepadatan campuran dan kadar aspal (Sukirman, 1993).

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai dan grafik stabilitas seperti pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.13 di bawah ini.

Tabel 5. 11 Nilai Stabilitas dengan Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dan Agregat Kasar Clereng

Variasi Campuran		Stabilitas (Kg)				
		Kadar Aspal (%)				
Boyong	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	1261,607	1365,507	1381,685	1231,647	1139,320
25%	75%	1192,588	1271,336	1255,792	1192,401	1032,586
50%	50%	1128,692	1161,273	1192,038	1092,901	974,138
75%	25%	1020,496	1120,273	1141,583	1062,73	868,883
100%	0%	874,792	1026,459	1041,058	1005,487	770,814



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan Stabilitas

Pada Gambar 5.13 terlihat bahwa nilai stabilitas pada masing-masing variasi berada di atas spesifikasi yang disyaratkan. Seiring dengan penambahan kadar aspal yang mulanya naik seperti pada kadar aspal 4,5% - 5% akan turun setelah mencapai batas optimum yaitu pada kadar aspal 5,5%. Nilai stabilitas pada 0% campuran agregat kasar Boyong lebih besar dan semakin menurun seiring bertambahnya variasi campuran hingga 100% campuran agregat kasar Boyong. Hal ini dipengaruhi oleh berat jenis pada agregat kasar Boyong yang lebih kecil daripada agregat kasar Clereng sehingga campuran dengan variasi agregat kasar Boyong memiliki lebih banyak rongga.

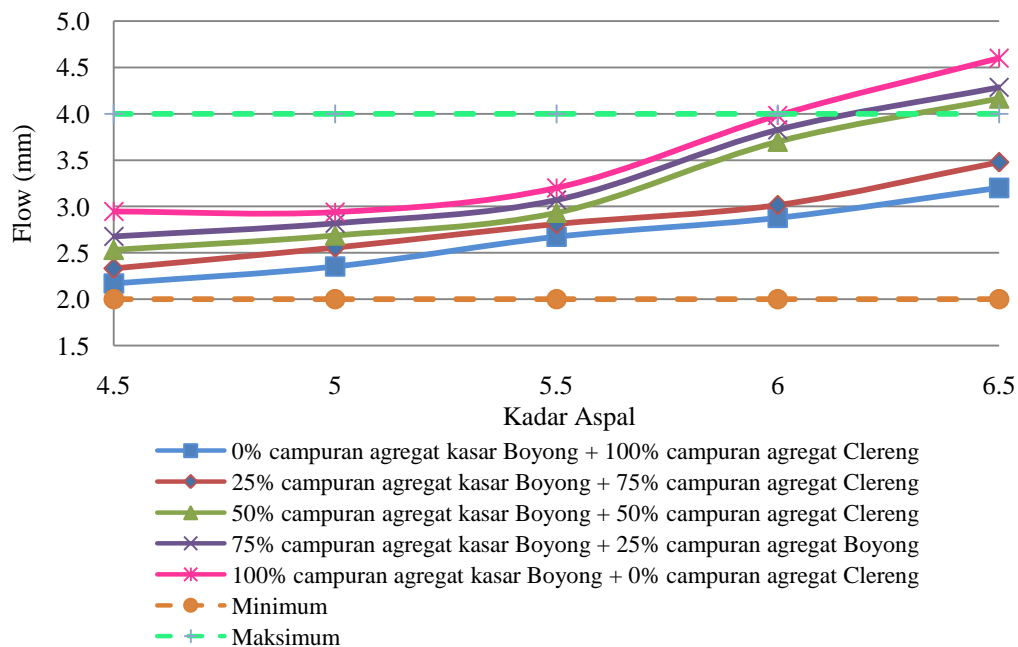
2. *Flow* (Kelelehan)

Kelelehan (*Flow*) merupakan suatu keadaan dimana perubahan bentuk terjadi akibat menahan beban hingga batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan *milimeter* (*mm*). Kelelehan menunjukkan tingkat kelenturan pada lapis perkerasan.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *flow* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.12 dan Gambar 5.14 berikut ini.

Tabel 5.12 Nilai *Flow* dengan Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dan Agregat Kasar Clereng

Variasi Campuran		<i>Flow</i> (mm)				
		Kadar Aspal (%)				
Boyong	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	2,17	2,35	2,67	2,88	3,20
25%	75%	2,33	2,56	2,81	3,02	3,48
50%	50%	2,53	2,69	2,93	3,70	4,17
75%	25%	2,68	2,82	3,07	3,83	4,29
100%	0%	2,95	2,94	3,20	3,98	4,60



Gambar 5.14 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan *Flow*

Berdasarkan Gambar 5.14 di atas, semakin besar persentase agregat kasar Boyong dalam campuran Laston, menghasilkan nilai *flow* yang semakin tinggi. Nilai *flow* mengindikasikan penurunan atau perubahan bentuk yang terjadi akibat menahan beban. Pada variasi 100% campuran agregat kasar Boyong, 75% campuran agregat

kasar Boyong dan 50% campuran agregat kasar Boyong dengan variasi kadar aspal 6,5% nilai *flow* melebihi batas maksimum, hal ini disebabkan karena agregat kasar Boyong memiliki tekstur yang lebih kasar atau berpori daripada agregat kasar Clereng, sehingga aspal yang diserap agregat kasar Boyong lebih banyak daripada agregat kasar Clereng dan menghasilkan nilai *flow* yang terlalu tinggi.

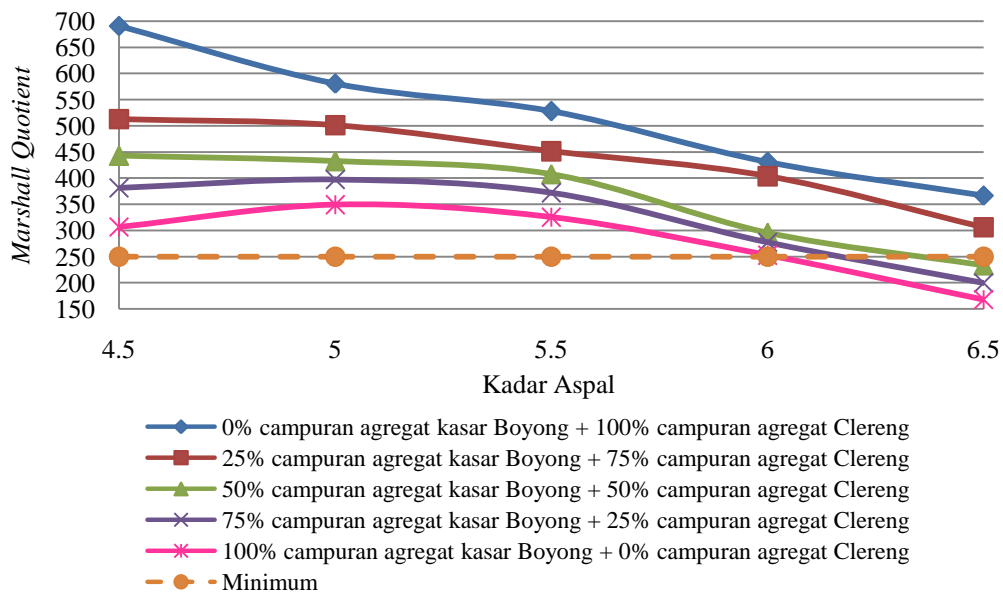
3. *MQ* (*Marshall Quotient*)

Nilai *Marshall Quotient* didapat dengan cara membagi hasil antara stabilitas dengan *flow*. Dari hasil perhitungan *MQ* dapat diketahui nilai kekakuan dan fleksibilitas campuran. Nilai *MQ* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas dari suatu perkerasan.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *MQ* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.15 berikut ini.

Tabel 5.13 Nilai *Marshall Quotient* dengan Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dan Agregat Kasar Clereng

Variasi Campuran		<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)				
		Kadar Aspal (%)				
Boyong	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	690,578	580,534	527,672	430,624	366,540
25%	75%	512,627	501,131	451,411	403,648	306,186
50%	50%	442,724	432,327	407,447	295,931	233,353
75%	25%	381,434	397,398	371,917	277,530	199,886
100%	0%	306,884	349,261	325,413	252,745	167,823



Gambar 5. 15 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient*

Pada Gambar 5.15, terlihat bahwa nilai *marshall quotient* untuk setiap variasi komposisi lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan > 250 kg/mm.

Campuran yang menggunakan 100% campuran agregat kasar Boyong mempunyai nilai *MQ* lebih rendah jika dibandingkan campuran yang menggunakan 0% campuran agregat kasar Boyong. Penurunan nilai *MQ* dipengaruhi oleh stabilitas yang rendah dan *flow* yang tinggi sehingga menghasilkan perkerasan yang tidak mudah berubah bentuk ketika diberi beban, sedangkan nilai *MQ* naik jika nilai stabilitas tinggi dan nilai *flow* yang rendah, hal ini menghasilkan perkerasan yang plastis dan mudah berubah bentuk jika diberi beban.

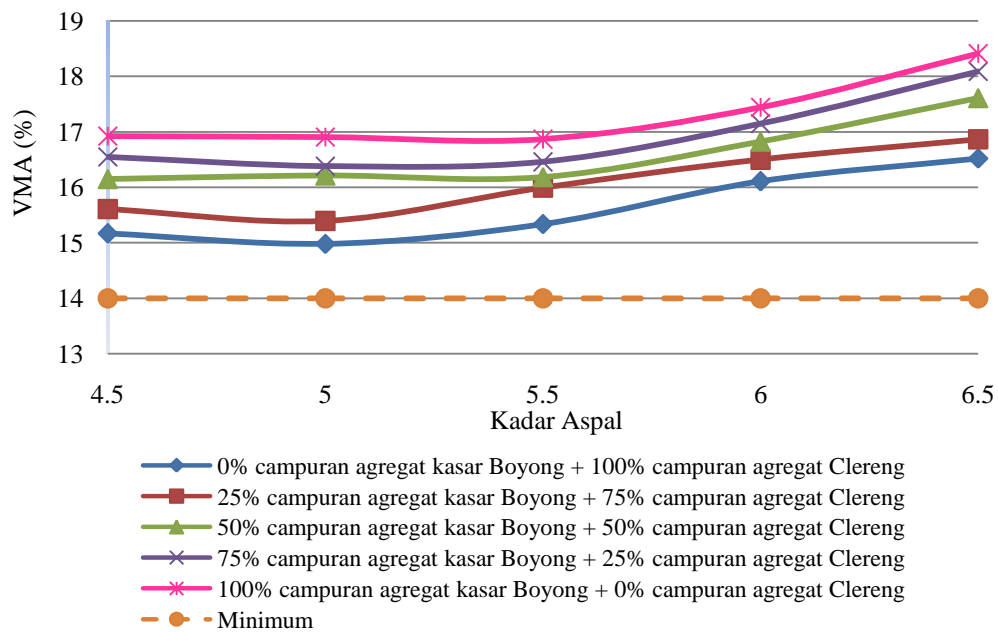
4. *VMA (Void in the Mineral Aggregate)*

Nilai *VMA* merupakan persentase banyaknya pori yang terdapat diantara butir-butir agregat di dalam campuran aspal beton. Nilai *VMA* dipengaruhi oleh gradasi agregat, jumlah tumbukan, dan kadar aspal. Nilai *VMA* yang besar menandakan masalah pada stabilitas karena semakin banyak rongga dalam campuran.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *VMA* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.14 dan Gambar 5.16 berikut ini.

Tabel 5.14 Nilai *VMA* dengan Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dan Agregat Kasar Clereng

Variasi Campuran		<i>VMA</i> (%)				
		Kadar Aspal (%)				
Boyong	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	15,168	14,984	15,339	16,110	16,523
25%	75%	15,609	15,398	15,997	16,502	16,868
50%	50%	16,154	16,215	16,187	16,829	17,612
75%	25%	16,549	16,384	16,461	17,149	18,091
100%	0%	16,925	16,909	16,871	17,443	18,415



Gambar 5.16 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan *VMA*

Dari Gambar 5.16 terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai *VMA*, antara lain temperatur pemadatan, kualitas pemadatan, dan karakteristik agregat. Kualitas pemadatan yang kurang baik menghasilkan benda uji dengan rongga yang cukup besar.

Besarnya nilai *VMA* pada campuran yang menggunakan agregat kasar Boyong dikarenakan agregat kasar Boyong memiliki tekstur yang lebih kasar dan berpori di banding agregat kasar Clereng sehingga persentase banyaknya pori yang terdapat diantara butir-butir agregat di dalam campurannya lebih besar.

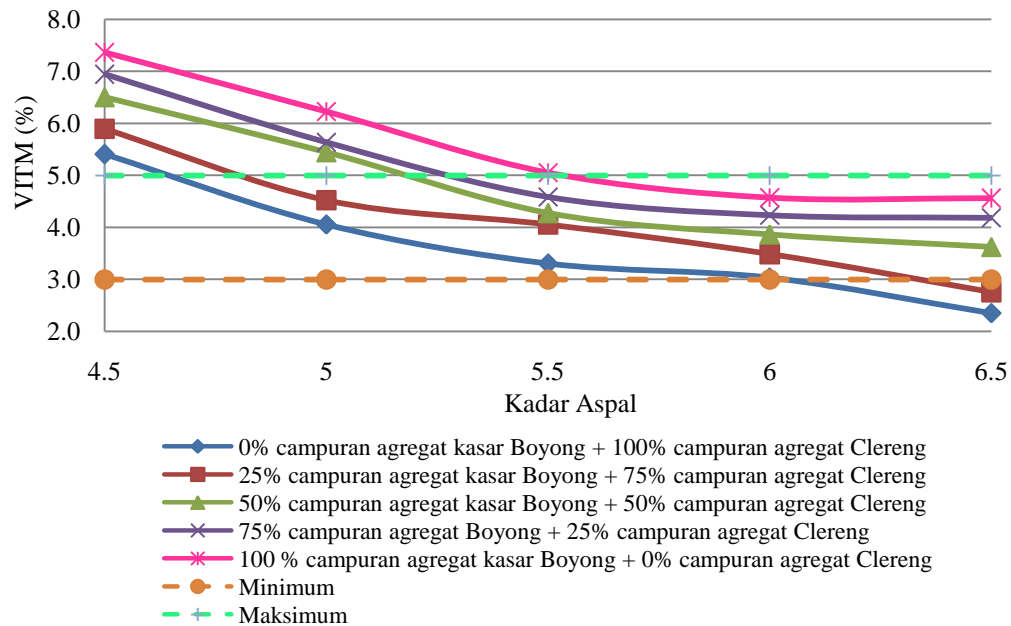
5. VITM (*Void in the Total Mix*)

Nilai VITM merupakan persentase volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang dipadatkan. Berdasarkan Bina Marga 2010, persentase yang di syaratkan untuk campuran beton aspal adalah 3% - 5%. Campuran yang mempunyai nilai VITM \leq 3% akan memperbesar kemungkinan terjadinya *bleeding*. Akibat tingginya temperatur, aspal dalam campuran akan mencair sehingga saat perkerasan menerima beban, aspal akan mengalir di antara rongga agregat. Sebaliknya jika nilai VITM \geq 5% menunjukkan rongga yang terdapat di dalam campuran besar, sehingga campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara dan air, sehingga aspal mudah teroksidasi yang mengakibatkan melemahnya ikatan aspal terhadap agregat.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik VITM seperti ditunjukkan pada Tabel 5.15 dan Gambar 5.17 berikut ini.

Tabel 5. 15 Nilai VITM dengan Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dan Agregat Kasar Clereng

Variasi Campuran		VITM (%)				
		Kadar Aspal (%)				
Boyong	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	5,407	4,056	3,306	3,034	2,351
25%	75%	5,898	4,524	4,057	3,487	2,755
50%	50%	6,505	5,446	4,275	3,864	3,626
75%	25%	6,946	5,636	4,588	4,234	4,185
100%	0%	7,366	6,229	5,055	4,574	4,564



Gambar 5. 17 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan VITM

Pada Gambar 5.17 di atas, nilai *VITM* menurun semakin bertambahnya kadar aspal, akan tetapi semakin bertambahnya campuran yang menggunakan agregat kasar Boyong, nilai *VITM* yang dihasilkan lebih besar daripada campuran yang tidak menggunakan agregat kasar Boyong. Hal ini disebabkan karena agregat kasar Boyong memiliki tekstur yang kasar dan berpori di bandingkan agregat kasar Clereng, sehingga rongga yang dimiliki campuran yang menggunakan agregat kasar Boyong lebih besar. Rongga yang besar pada campuran dapat membuat campuran menjadi tidak kedap air dan udara. Campuran yang tidak kedap air dan udara dapat mengakibatkan berkurangnya keawetan serta stabilitas pada campuran.

Pada kadar aspal 4,5% - 5%, nilai *VITM* tidak memenuhi spesifikasi, hal ini dikarenakan aspal pada campuran terlalu sedikit dan menyebabkan rongga udara dalam campuran lebih banyak, sehingga aspal tidak mampu mengisi lebih banyak rongga – rongga yang ada dan menyebabkan rongga dalam campuran semakin besar.

Pada campuran yang menggunakan 0% dan 25% campuran agregat kasar Boyong pada kadar aspal 6,5%, campuran aspal juga tidak memenuhi spesifikasi, hal ini disebabkan karena kadar aspal pada campuran terlalu banyak sehingga menyebabkan rongga udara dalam campuran mengecil, sehingga aspal mengisi lebih banyak rongga – rongga yang ada dan menyebabkan campuran menjadi lebih rapat atau rongga menjadi semakin sedikit.

6. *VFWA (Void Filled With Asphalt)*

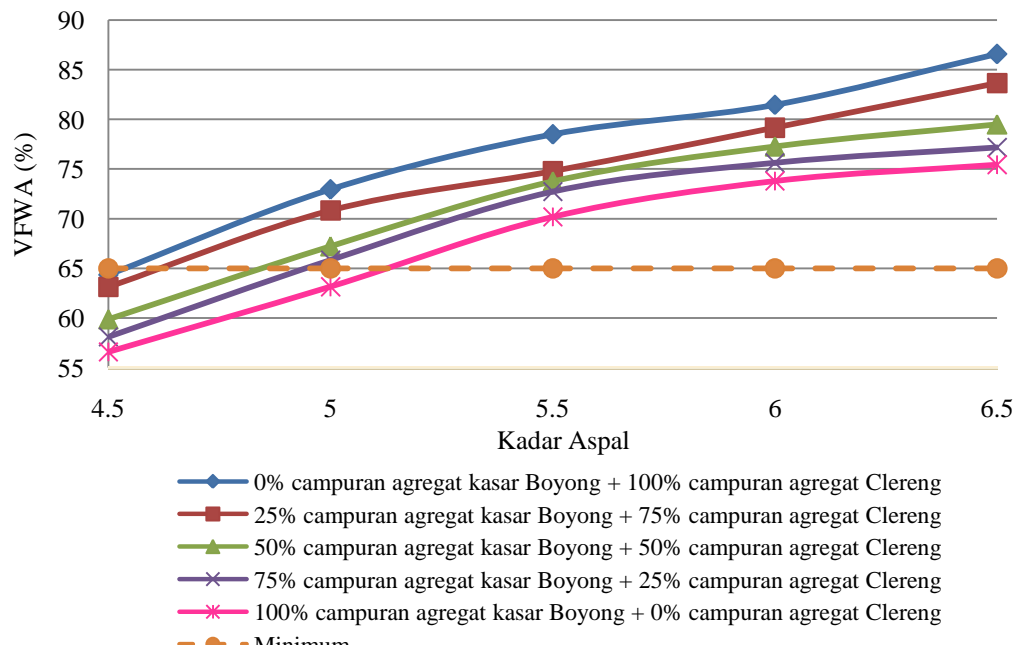
Nilai *VFWA* merupakan persentase rongga dalam suatu campuran panas yang terisi aspal dan jumlah rongga di dalamnya, nilai *VFWA* akan naik semakin bertambahnya kadar aspal. Besarnya nilai *VFWA* menentukan keawetan suatu campuran. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *VFWA* adalah gradasi agregat, kadar aspal, dan temperatur pemadatan.

Nilai *VFWA* yang besar menunjukkan semakin banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara menjadi lebih tinggi. Namun nilai *VFWA* yang terlalu tinggi akan berpotensi terjadinya *bleeding* atau naiknya aspal ke permukaan. Sebaliknya nilai *VFWA* yang terlalu kecil akan menyebabkan lapisan kurang kedap terhadap air dan udara, karena banyak rongga yang kosong.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *VFWA* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.16 dan Gambar 5.18 berikut ini.

Tabel 5.16 Nilai *VFWA* dengan Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dan Agregat Kasar Clereng

Variasi Campuran		<i>VFWA</i> (%)				
		Kadar Aspal (%)				
Boyong	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	64,376	72,954	78,496	81,476	86,591
25%	75%	63,149	70,854	74,812	79,173	83,672
50%	50%	59,886	67,241	73,772	77,279	79,520
75%	25%	58,107	65,854	72,744	75,637	77,189
100%	0%	56,598	63,160	70,189	73,811	75,450



Gambar 5.18 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan VFWA

Berdasarkan Gambar 5.18 di atas, terlihat bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal, maka nilai *VFWA* semakin bertambah. Nilai *VFWA* yang kecil disebabkan oleh tekstur agregat kasar Boyong yang lebih berpori sehingga memiliki banyak volume dan mengakibatkan rongga dalam campuran yang menggunakan agregat kasar Boyong lebih besar, dan membutuhkan aspal yang lebih banyak untuk mengisi rongga dalam campuran.

Pada campuran dengan kadar aspal 4,5% dan 5%, nilai *VFWA* tidak memenuhi spesifikasi, hal ini disebabkan kadar aspal pada campuran terlalu sedikit sehingga sulit untuk mengisi rongga di antara agregat pada saat proses pemadatan dan menyebabkan nilai *VFWA* menjadi kecil.

7. *Density* (Kepadatan)

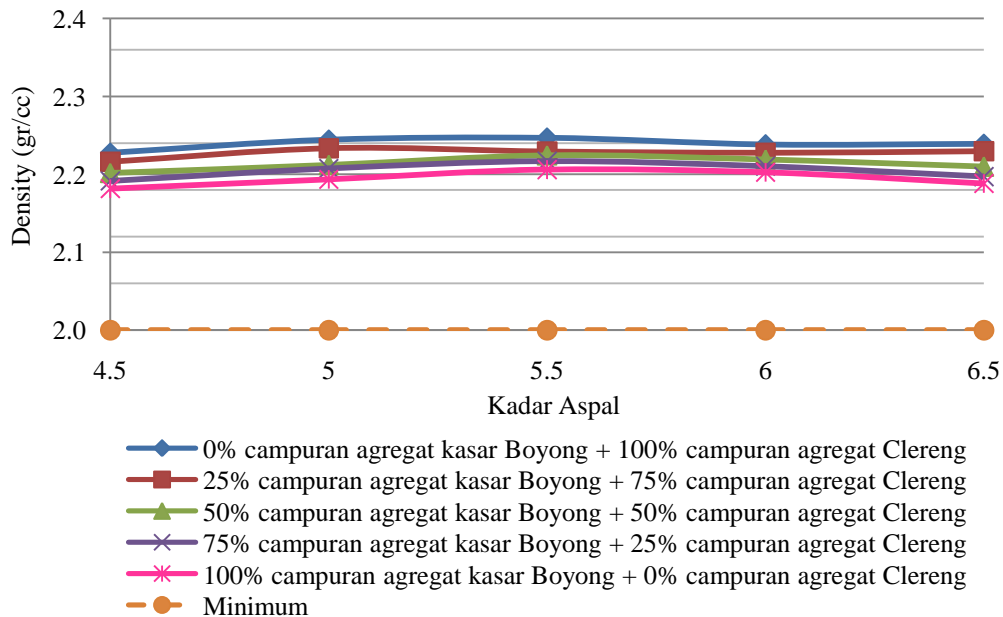
Density merupakan nilai yang menunjukkan besaran kepadatan suatu campuran. Semakin besar nilai *density*, maka kepadatannya semakin baik. Semakin

meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin padat dan rapat. Faktor yang mempengaruhi nilai *density* adalah gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan penggunaan kadar aspal dalam campuran.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *density* seperti pada Tabel 5.17 dan Gambar 5.19 berikut ini.

Tabel 5.17 Nilai *Density* dengan Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dan Agregat Kasar Clereng

Variasi Campuran		<i>Density</i> (gr/cc)				
		Kadar Aspal (%)				
Boyong	Clereng	4,5	5	5,5	6	6,5
0%	100%	2,228	2,244	2,247	2,238	2,239
25%	75%	2,216	2,234	2,229	2,228	2,230
50%	50%	2,202	2,212	2,224	2,219	2,210
75%	25%	2,192	2,207	2,217	2,211	2,197
100%	0%	2,182	2,194	2,206	2,203	2,188



Gambar 5.19 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan *Density*

Berdasarkan Gambar 5.19 di atas, terlihat bahwa semakin besar persentase agregat kasar Boyong di dalam campuran aspal, maka nilai *density* semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh tekstur agregat kasar Boyong yang lebih kasar dan berpori daripada agregat kasar Clereng sehingga volume pada agregat kasar Boyong lebih besar, akibatnya tingkat kekuatan dan kepadatan campuran Boyong lebih rendah dibanding campuran Clereng. Nilai *density* berhubungan dengan nilai *VITM*, yaitu semakin tinggi nilai *density* maka nilai *VITM* akan menurun karena rongga pada total campuran akan semakin berkurang dan campuran semakin tinggi kerapatannya. Dengan kerapatan yang tinggi, perkerasan semakin kuat menahan beban sehingga tidak terjadi perubahan bentuk deformasi.

5.3.4 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum

Berikut Tabel rancangan campuran agregat untuk KAO dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

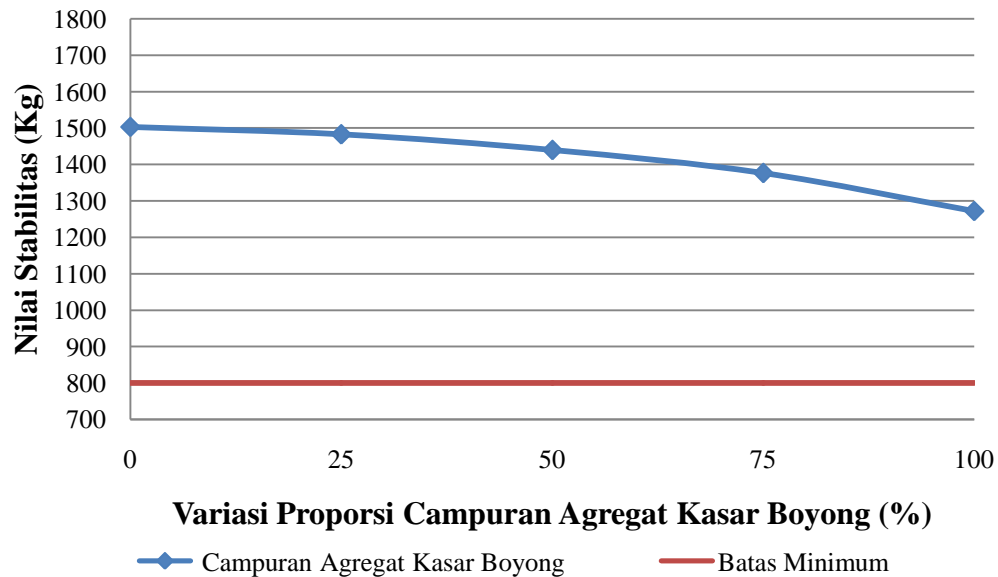
Tabel 5.18 Rancangan Gradasi Campuran pada Nilai KAO

Ukuran Saringan	Variasi 1		Variasi 2		Variasi 3		Variasi 4		Variasi 5	
	0% Boyong	100% Clereng	25% Boyong	75% Clereng	50% Boyong	50% Clereng	75% Boyong	25% Clereng	100% Boyong	0% Clereng
3/4 "	0	56.81	14.16	42.47	28.31	28.31	42.41	14.14	56.52	0
1/2 "	0	142.02	35.39	106.17	70.77	70.77	106.03	35.34	141.30	0
3/8 "	0	96.57	24.06	72.20	48.12	48.12	72.10	24.03	96.08	0
No. 4	0	215.87	53.79	161.38	107.56	107.56	161.17	53.72	214.78	0
No. 8	0	176.10	0	175.54	0	175.50	0	175.31	0	175.21
No. 16	0	130.66	0	130.24	0	130.21	0	130.07	0	130.00
No. 30	0	90.89	0	90.60	0	90.58	0	90.48	0	90.43
No. 50	0	73.85	0	73.61	0	73.60	0	73.51	0	73.48
No. 100	0	51.13	0	50.96	0	50.95	0	50.90	0	50.87
No. 200	0	34.08	0	33.97	0	33.97	0	33.93	0	33.91
Pan	0	68.17	0	67.95	0	67.94	0	67.86	0	67.82

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terlihat bahwa berat jenis agregat kasar Boyong lebih kecil daripada agregat kasar Clereng. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada pembahasan berikut ini.

1. *Stability* (Stabilitas)

Grafik stabilitas hasil pengujian di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut ini.

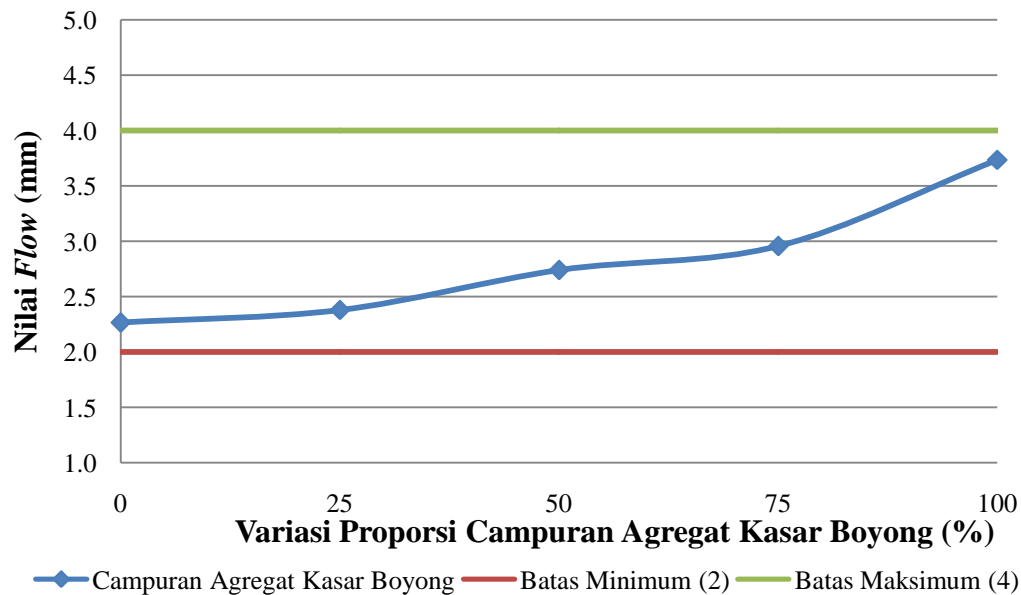


Gambar 5.20 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dengan Nilai Stabilitas

Pada Gambar 5.20 di atas, terlihat bahwa campuran aspal yang menggunakan komposisi agregat kasar Boyong semakin menurun nilai stabilitas yang dihasilkan. Hasil ini disebabkan karena agregat kasar Boyong kurang bersudut sehingga kekuatan untuk saling mengunci (*internal locking*) rendah, akibatnya campuran yang dihasilkan menjadi kurang stabil. Hal tersebut menunjukkan bahwa perkerasan campuran dengan agregat kasar Boyong mampu menahan beban lalu lintas lebih kecil daripada agregat kasar Clereng. Meskipun demikian nilai stabilitas masih di atas batas minimal yang disyaratkan oleh Bina Marga 2010, yaitu 800 kg.

2. *Flow* (Kelelehan)

Grafik *Flow* dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut ini.

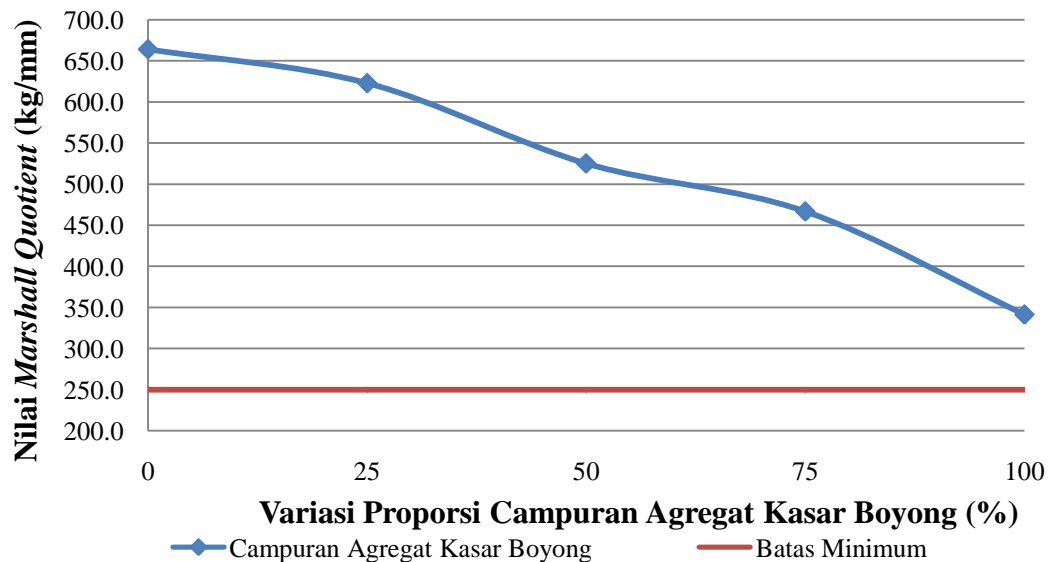


Gambar 5.21 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dengan Nilai *Flow*

Pada Gambar 5.21, dapat dilihat bahwa dengan persentase penambahan proporsi agregat kasar Boyong menghasilkan nilai *flow* yang semakin meningkat. Kelelehan suatu campuran menunjukkan tingkat kelenturan lapisan perkerasan. Campuran aspal yang menggunakan 100% campuran agregat kasar Boyong memiliki nilai *flow* yang tinggi. Hal ini disebabkan karena agregat kasar Boyong memiliki penyerapan air yang tinggi sehingga penyerapan menjadi lebih besar. Selain itu, sifat aspal Starbit E-60 yang lebih kental menyebabkan aspal lebih sulit mengalir pada rongga campuran dan menghasilkan nilai *flow* yang tinggi, akan tetapi nilai *flow* yang terlalu tinggi akan menyebabkan perkerasan bersifat plastis sehingga mudah berubah bentuk akibat beban yang berat. Meskipun demikian, semua variasi proporsi campuran agregat kasar Boyong memenuhi spesifikasi persyaratan Bina Marga (2010), yaitu 2 - 4 mm.

3. *MQ (Marshall Quotient)*

Grafik *marshall quotient* dari hasil pengujian di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.22 berikut ini.

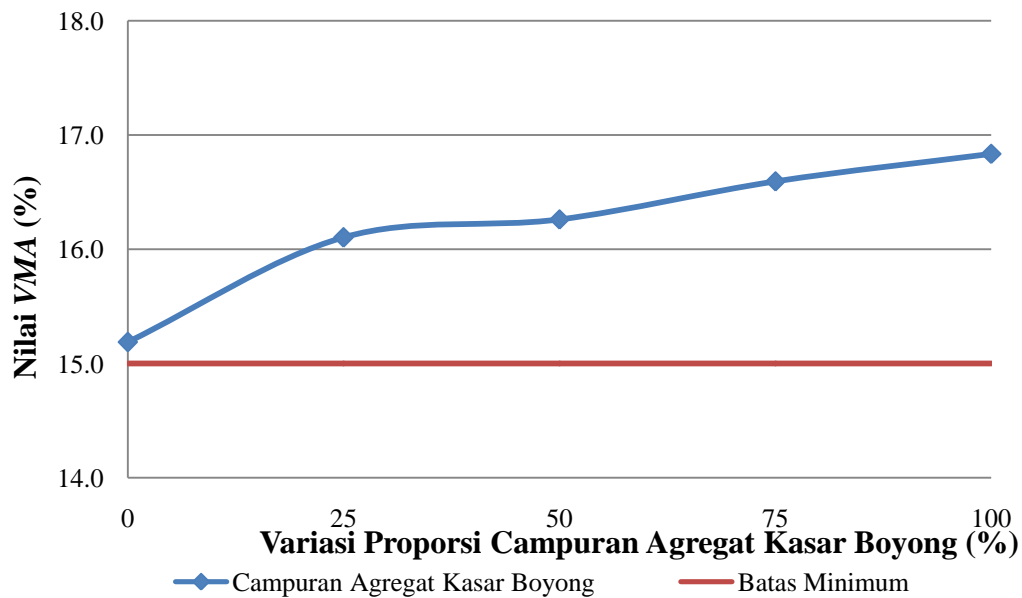


Gambar 5.22 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dengan Nilai *Marshall Quotient*

Pada Gambar 5.22 terlihat bahwa semakin besar persentase agregat kasar Boyong dalam campuran aspal, menghasilkan nilai *MQ* yang semakin rendah karena campuran yang menggunakan 100% agregat kasar Boyong memiliki nilai stabilitas yang rendah dan nilai *flow* tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa campuran aspal yang menggunakan 100% campuran agregat kasar Boyong cenderung fleksibel.

4. *VMA (Void in the Mineral Aggregate)*

Grafik *VMA* dari hasil pengujian di laboratorium dapat di lihat pada Gambar 5.23 berikut ini.

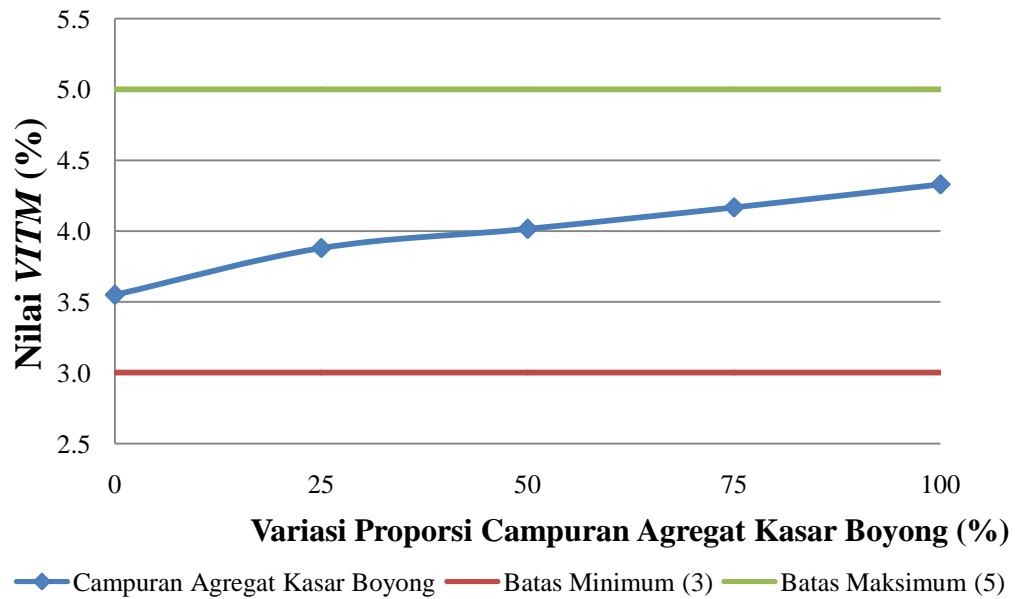


Gambar 5.23 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dengan Nilai VMA

Pada Gambar 5.23 terlihat bahwa semakin besar persentase agregat kasar Boyong di dalam campuran aspal, menghasilkan nilai VMA yang semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena agregat kasar Boyong memiliki tekstur yang lebih kasar dan berpori di banding agregat kasar Clereng, sehingga persentase banyaknya pori yang terdapat diantara butir-butir agregat di dalam campurannya lebih besar daripada campuran agregat kasar Boyong yang bertekstur lebih halus. Perkerasan dengan banyak rongga akan membutuhkan lebih banyak aspal dan menjadi tidak ekonomis.

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

Grafik *VITM* dari hasil pengujian di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.24 berikut ini.

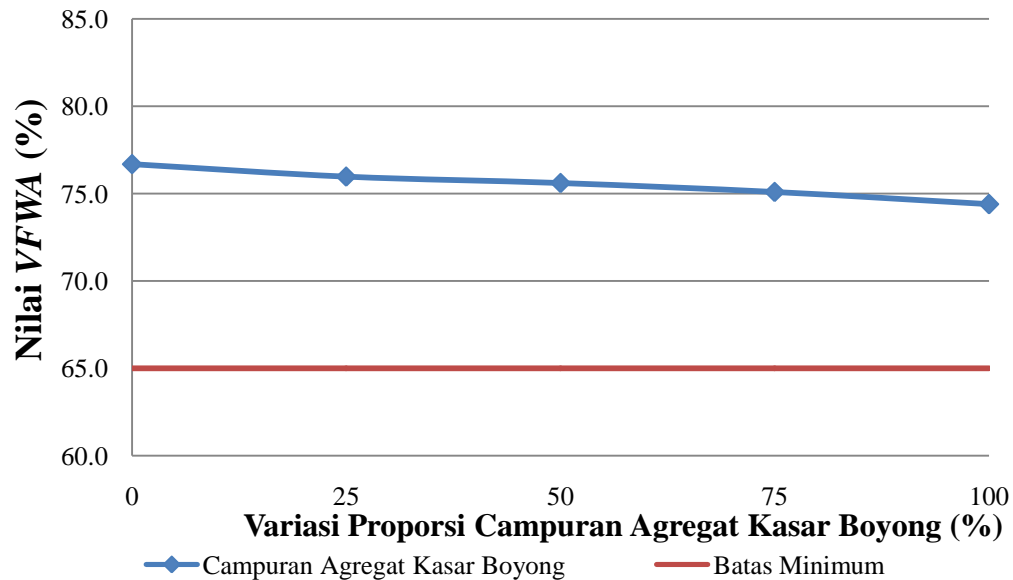


Gambar 5.24 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dengan Nilai VITM

Pada Gambar 5.24 di atas, terlihat bahwa semakin besar persentase agregat kasar Boyong di dalam campuran aspal, maka menghasilkan nilai *VITM* yang semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena agregat kasar Boyong memiliki tekstur yang kasar dan berpori di bandingkan agregat kasar Clereng, sehingga rongga yang dimiliki campuran agregat Boyong lebih besar. Penyerapan agregat kasar Boyong terhadap air yang besar akan menyebabkan aspal yang diserap oleh agregat semakin banyak, sehingga persentase rongga terhadap campuran menjadi lebih besar. Rongga yang besar pada campuran, menjadikan campuran tidak kedap air dan udara sehingga mengurangi keawetan serta stabilitas pada campuran. Meskipun demikian, nilai *VITM* campuran aspal menggunakan variasi agregat kasar Boyong dan agregat kasar Clereng memenuhi persyaratan Bina Marga 2010, yaitu 3% - 5%.

6. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Grafik VFWA dari hasil pengujian di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.25 berikut ini.

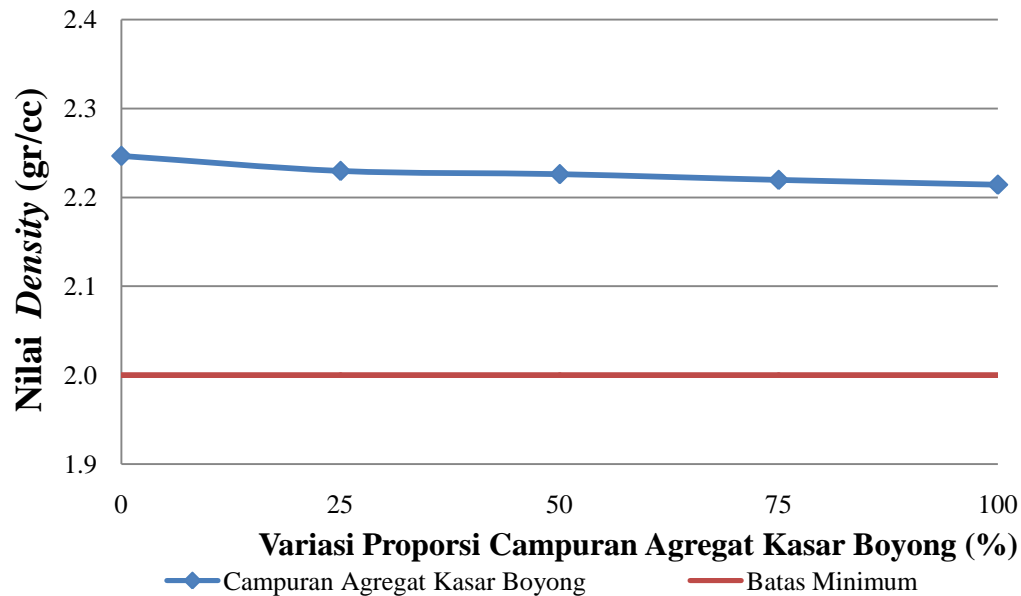


Gambar 5. 25 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dengan Nilai VFWA

Pada Gambar 5.25 di atas, terlihat bahwa semakin besar persentase agregat kasar Boyong di dalam campuran aspal menghasilkan nilai VFWA yang semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh tekstur agregat kasar Boyong yang lebih berpori sehingga memiliki banyak volume sehingga rongga dalam campuran yang menggunakan agregat kasar Boyong lebih besar, dan membutuhkan aspal yang lebih banyak untuk mengisi rongga dalam campuran. Penyerapan agregat kasar Boyong terhadap air yang besar akan menyebabkan aspal yang diserap oleh air juga besar. Hal ini akan menyebabkan sisa aspal yang menutup rongga menjadi besar, sehingga persen rongga dalam campuran yang terisi aspal kecil.

7. *Density* (Kepadatan)

Grafik *density* dari hasil pengujian di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.26 berikut ini.



Gambar 5.26 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Campuran Agregat Kasar Boyong dengan Nilai *Density*

Pada Gambar 5.26 di atas, terlihat bahwa semakin banyak persentase agregat kasar Boyong dalam campuran aspal, nilai *density* semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh tekstur agregat kasar Boyong yang lebih kasar dan berpori daripada agregat kasar Clereng sehingga volume pada agregat kasar Boyong lebih besar, akibatnya tingkat kekuatan dan kepadatan pada campuran yang menggunakan agregat kasar Boyong lebih rendah.

Adapun hasil rekapitulasi karakteristik *Marshall* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.19 Hasil Rekapitulasi Karakteristik Marshall pada KAO

Variasi Campuran		KAO (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Density (gr/cc)
Boyong	Clereng								
0	100	5,32	1515,04	2,27	669,61	15,19	76,69	3,55	2,25
25	75	5,63	1482,68	2,38	622,89	16,10	75,98	3,88	2,23
50	50	5,65	1439,55	2,74	525,20	16,26	75,62	4,01	2,23
75	25	5,75	1376,41	2,96	466,89	16,59	75,10	4,17	2,22
100	0	5,80	1271,99	3,74	341,54	16,83	74,40	4,33	2,21

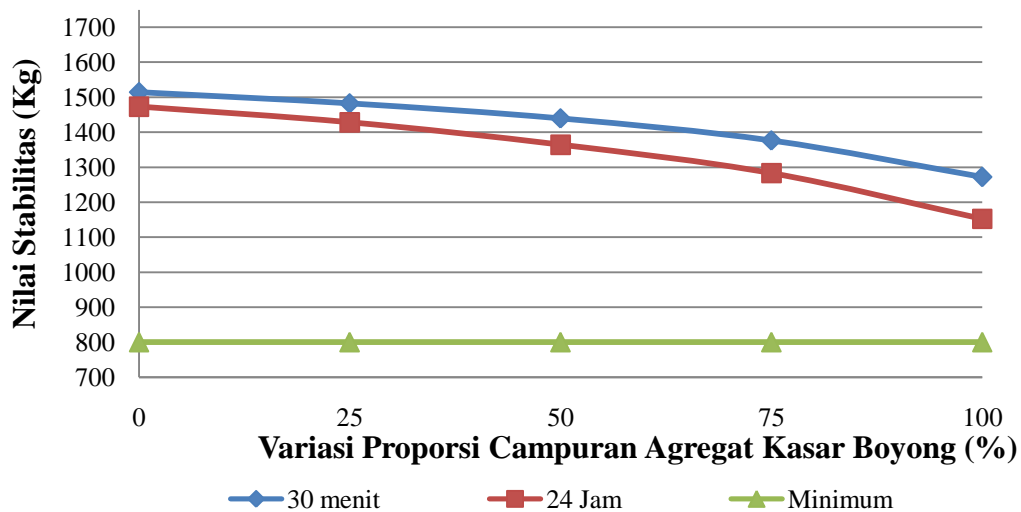
5.3.5 Tinjauan Terhadap Karakteristik Immersion Test

Tujuan uji perendaman (*Immersion Test*) adalah untuk mengetahui perubahan karakteristik campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini sama dengan pengujian *Marshall*, hanya saja waktu perendaman dalam *waterbath* pada pengujian *Immersion* adalah 24 jam dengan suhu kontan 60°C.

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan lapisan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk (*deformation*) akibat beban kendaraan yang bekerja di atasnya. Untuk mengetahui besarnya nilai penurunan stabilitas, maka dilakukan perendaman selama 24 jam. Berdasarkan Bina Marga 2010, nilai indeks perendaman adalah $\geq 90\%$.

1. Stabilitas Rendaman

Nilai stabilitas rendaman 30 menit (0,5 jam) dan rendaman 24 jam, dapat dilihat pada Gambar 5.27 berikut ini.



Gambar 5.27 Hubungan Prsentase Campuran Agregat Kasar Boyong dengan Stabilitas Terhadap Waktu Perendaman

Pada Gambar 5.27 di atas, terlihat bahwa semakin besar persentase agregat kasar Boyong, nilai stabilitas semakin menurun. Nilai stabilitas pada rendaman 24 jam juga lebih rendah dibandingkan dengan rendaman selama 30 menit. Hal ini disebabkan karena campuran agregat kasar Boyong memiliki lebih banyak rongga dibandingkan agregat kasar Clereng, sehingga pada saat proses perendaman, air yang masuk ke dalam pori-pori campuran yang menggunakan agregat kasar Boyong lebih banyak dan menunjukkan nilai penyerapan yang terjadi.

Perendaman selama 24 jam dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai penurunan stabilitas untuk menahan beban akibat air dengan suhu tertentu. Pada perendaman 24 jam campuran Laston yang menggunakan 0% campuran agregat kasar Boyong mengalami penurunan sebesar 41,834 kg, sedangkan pada campuran Laston yang menggunakan 100% campuran agregat kasar Boyong mengalami penurunan sebesar 119,54 kg. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar proporsi campuran menggunakan agregat kasar Boyong kemampuan untuk menahan beban semakin buruk. Hal ini disebabkan karena penyerapan agregat kasar Boyong terhadap air lebih

besar daripada agregat kasar Clereng, sehingga air yang masuk ke dalam pori-pori campuran lebih banyak dan mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat.

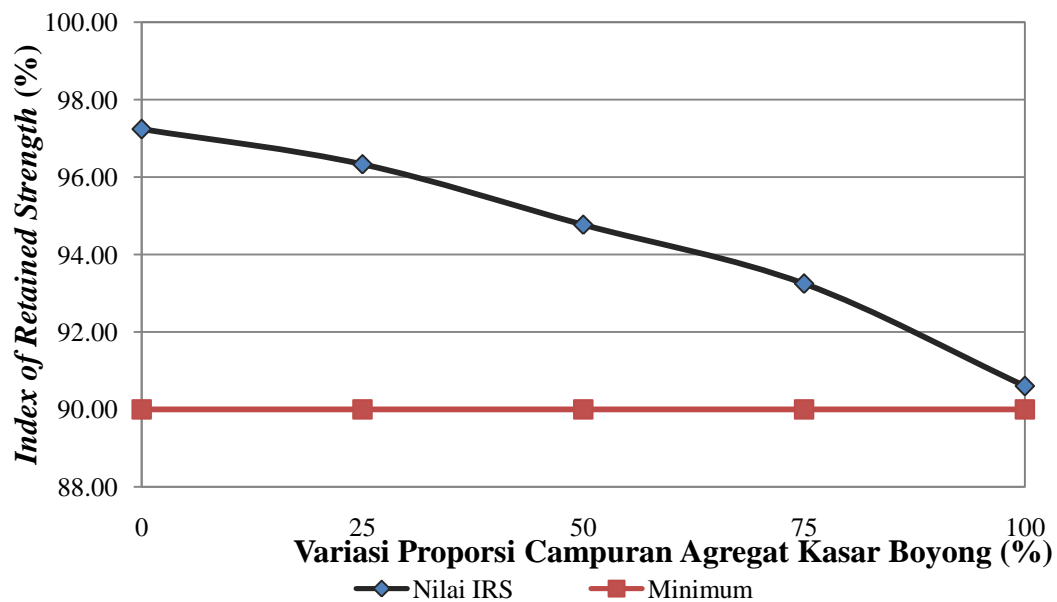
2. *Index of Retained Strength*

Index of Retained Strength (indeks tahanan sisa) dihasilkan dari proses perendaman. Indeks tahanan menunjukkan kekuatan dan keawetan (*durability*) yang masih dimiliki campuran setelah mengalami proses perendaman. Pada penelitian ini, perendaman dilakukan selama 24 jam pada suhu 60°C. *Index of Retained Strength* digunakan untuk menentukan turunnya nilai kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*) pada campuran aspal akibat air.

Nilai *index of Retained Strength* dihitung dengan membandingkan nilai stabilitas setelah direndam selama 24 jam (S2) dengan nilai stabilitas yang hanya direndam selama 30 menit (S1). Nilai dan grafik *Index of Retained Strength* dapat dilihat pada Tabel 5.20 dan Gambar 5.28 berikut ini.

Tabel 5.20 Perbandingan Nilai Stabilitas antara *Immersion* 30 Menit dan 24 Jam

No	Proporsi Campuran		KAO (%)	Stabilitas (Kg)		<i>Index of Retained Strength</i> (%)	Keterangan
	Boyong	Clereng		30 Menit	24 Jam		
1	0	100	5,32	1515,04	1473,21	97,24	Memenuhi
2	25	75	5,63	1482,68	1428,33	96,33	Memenuhi
3	50	50	5,65	1439,55	1364,32	94,77	Memenuhi
4	75	25	5,75	1376,41	1283,46	93,25	Memenuhi
5	100	0	5,8	1271,99	1152,45	90,60	Memenuhi



Gambar 5.28 Hubungan Persentase Campuran Agregat Kasar Boyong dengan *Index of Retained Strength*

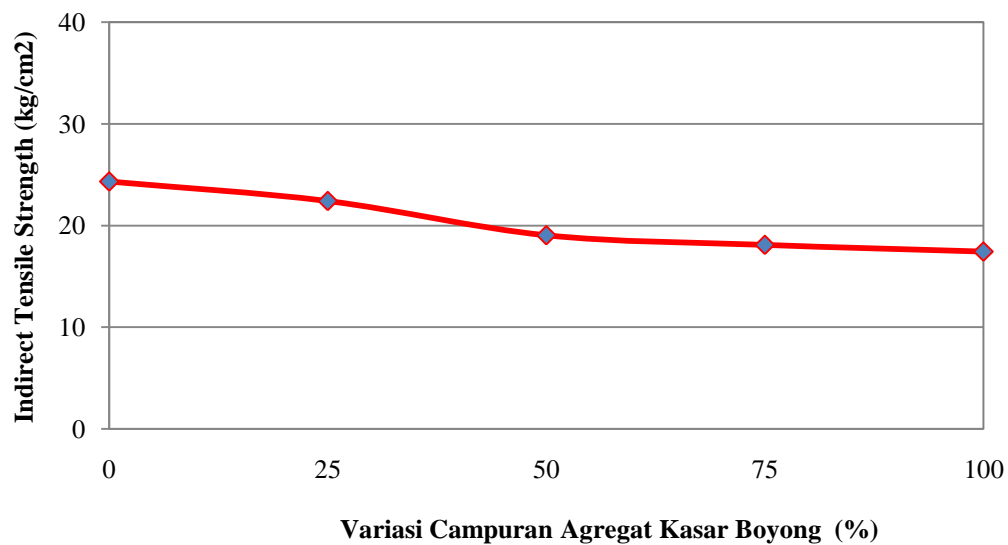
Berdasarkan Gambar 5.28 terlihat bahwa proporsi campuran agregat kasar Boyong memiliki ketahanan baik terhadap air, suhu, maupun cuaca dan masih memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu, $\geq 90\%$, namun semakin besar persentase agregat kasar Boyong, nilai *Index of Retained Strength* menjadi semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja campuran yang menggunakan agregat kasar Boyong mengalami penurunan yang lebih banyak dan memiliki tingkat durabilitas (kekuatan) yang lebih rendah setelah dilakukan perendaman dibandingkan campuran yang menggunakan agregat Clereng.

5.3.6 Tinjauan Terhadap Karakteristik *ITS (Indirect Tensile Strength Test)*

Indirect Tensile Strength Test merupakan kuat tarik maksimum campuran aspal yang dihitung dari puncak beban. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi akan terjadinya retak di lapangan. Hasil pengujian *ITS* terhadap variasi proporsi campuran agregat kasar Boyong pada KAO dapat dilihat pada Tabel 5.21 dan Gambar 5.29 berikut ini.

Tabel 5.21 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength Test* Terhadap Variasi Proporsi Agregat Kasar Boyong pada KAO

Jenis Campuran (%)		KAO (%)	Beban Puncak (kg)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	A0	ITS (kg/cm ²)
Boyong	Clereng						
0	100	5,32	1016,38	10	6,63	0,159	24,317
25	75	5,63	940,96	10	6,66	0,159	22,397
50	50	5,65	801,03	10	6,67	0,159	19,028
75	25	5,75	770,82	10	6,76	0,159	18,084
100	0	5,8	742,96	10	6,75	0,159	17,440



Gambar 5.29 Hubungan Persentase Campuran Agregat Kasar Boyong dengan *Indirect Tensile Strength Test*

Berdasarkan Gambar 5.29 terlihat bahwa semakin besar proporsi campuran yang menggunakan agregat kasar Boyong di dalam campuran aspal, maka nilai *Indirect Tensile Strength* semakin rendah. Hal ini disebabkan karena campuran aspal yang menggunakan agregat kasar Boyong memiliki rongga yang lebih besar dan penyerapan aspal untuk mengisi rongga lebih banyak, sehingga nilai kuat tarik menjadi lebih kecil ketika menerima beban dibandingkan campuran yang menggunakan agregat kasar Clereng. Kesimpulannya, semakin besar proporsi campuran yang menggunakan agregat kasar Boyong, nilai kuat tariknya semakin menurun.