

## Optimasi Kadar Aspal Pertamina Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton (Ac-Bc) Menggunakan Variasi Agregat Batuan Lokal Gunung (Balapulang)

Weimintoro<sup>(1),\*</sup>, Mas Nurjana<sup>(2)</sup>, Teguh Haris<sup>(3)</sup>, Okky Hendra<sup>(4)</sup>, Ahmad Farid<sup>(5)</sup>

<sup>(1),(2),(3),(4)</sup> Teknik Sipil Universitas Pancasakti Tegal

<sup>(5)</sup> Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal

Email : weimintoro@upstegal.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik Marshall menggunakan bahan pengikat aspal Pertamina AC 60/70 dengan menggunakan *Flow* (kelelehan), *VIM* (*Void In Mix*), *VMA* (*Void In Mineral Agregate*) *VFB* (*Void Filled Bitumen*) dan *Marshall Quotient* (MQ). Penelitian ini menggunakan metode pengujian campuran beraspal panas (*Hot Mix*) dengan metode Marshall. Penelitian ini Terdiri dari 5 Varian dan masing-masing varian menggunakan kadar aspal yang berbeda antara lain 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%, dan perkadar dibuatkan masing-masing 3 sample benda uji. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik sipil Universitas Pancasakti Tegal dan Laboratorium PT, Nisaana Hasna Rizqy. Tahapan pengujian meliputi Pemeriksaan Agregat Agregat kasar dan agregat halus), pemeriksaan aspal AC 60/70, Pemeriksaan filler , pembuatan benda uji campuran beton aspal dan pengujian marshall. Hasil uji kinerja karakteristik Marshall didapat kadar Optimum 5,5% dan hasil rata Stabilitas Marshall 1550,0 kg, nilai rerata Flow (kelelehan) 4,00 mm, nilai *Density* (kepadatan ) 2,340 gr/cc, nilai *VMA* (*Void In Mineral Agregate*) 14,40%, nilai rerata *Vim* (*Void In Mix*) 3,70%, nilai rerata *VFB* (*void Filled Bitumen*) 76,20%, dan nilai rerata *Marshall Quotient* (MQ) 440,0 kg/mm

**Kata Kunci:** Aspal , Agregat Balapulang, Kadar Optimum.

### Pendahuluan

Jalan adalah salah satu bagian dari sarana transportasi darat, tidak bisa dipungkiri fungsinya sangat vital dalam menjangkau peningkatan kemajuan Ekonomi disuatu negara itu sendiri. Penyempurnaan kualitas Pembangunan jalan bertujuan agar mendapatkan hasil kualitas yang diharapkan dan dapat menghemat biaya produksi. Perkembangan penelitian tentang bahan konstruksi jalan khususnya perkerasan lentur (*flexible pavement*) diarahkan pemanfaatan material setempat dan disesuaikan dengan kondisi daerah dimana pelaksanaan proyek konstruksi perkerasan akan dilaksanakan (Raharjo 2008)

Balapulang merupakan suatu daerah yang berada Kabupaten Tegal tepatnya berada dikaki gunung tak heran daerah tersebut mempunyai sumber daya alam yang melimpah salah satunya batuan andesit. Batuan andesit tersusun dari mineral yang sangat halus (*fin-grained*). Ciri khas batuan beku memiliki warna abu-abu dan lebih ringan namun dalam kondisi cuaca tertentu warna batu berwarna coklat sehingga dalam indentifikasi perlu pemeriksaan lebih detail. Batuan andesit gunung balapulang adalah material batuan yang berasal dari penambangan dibukit yang meskipun memiliki tingkat kekerasan yang rendah namun banyak yg menggunakan karna batu andesit mempunyai keunggulan harga yang murah (Izazi 2019). Dari latar belakang diatas, maka penulis melakukan penelitian dengan tujuan untuk mencari besar kadar optimum aspal PERTAMINA dengan

menggunakan agregat batu gunung (Balapulang ) sebagai agregat kasar pada perkerasan jalan dan mencari besarnya persen rongga dalam campuran (VIM), persen rongga terisi aspal (VFB), persen rongga diantara mineral agregat (VMA), stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quatinet*.

## Landasan Teori

Perkerasan jalan merupakan komposisi campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali, dan hasil samping peleburan baja. Bahan ikat yang digunakan antara lain adalah aspal, semen, dan tanah liat. Berdasarkan bahan pengikatnya menurut (Sukirman 1999). Fungsi utama dari perkerasan sendiri adalah mendistribusikan beban roda kearea permukaan tanah-dasar (*sub-grede*) yang lebih luas dibandingkan luas roda dengan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar. Perkerasan harus memiliki kekuatan dalam menompang beban lalu-lintas permukaan pada perkerasan haruslah rata tetapi harus mempunyai kekasatan atau tahan genlincir dipermukaan perkerasan(Hardiyatmo 2016).

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ketanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut adalah lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*sub-base course*), dan lapisan tanah dasar (*subgrade*) menurut (Darlan 2014).

### 1. Lapisan Aspal Beton

Menurut (Sukirman 2003) Lapisan Aspal Beton ( Laston) adalah suatu lapisan pada sruktur jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi dicampuran, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (SNI 03-1737-1989).Tebal nominal minimum Laston (AC) adalah 4 – 7,5 cm (Spesifikasi Umum 2018)

### 2. Bahan Campuran Penyusun aspal

Bahan penyusun konstruksi perkerasan lentur terdiri dari aspal sebagai bahan ikat dan *agregat* dan *filler* sebagai bahan pengisi.

### 3. Karakteristik Campuran

Menurut (Sukirman 1999) Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton campuran panas adalah:

- Stabilitas (Stability)
- Durabilitas (Durability)
- Fleksibilitas (Flexibility)
- Kekesatan/Tahan Geser (Skid Resistance)
- Kedap Air (Impermeable)
- Kemudahan Pelaksanaan (Workability)

### 4. Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton

Kinerja aspal beton ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat yang terdiri dari :

#### a) Berat Jenis Bulk Agregat

Berat jenis bulk adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula. Karena agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda maka berat jenis bulk (Gsb) agregat total dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Gsb = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots \dots \dots (1)$$

#### b) Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis efektif (Gse) adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula, yang dirumuskan :

$$Gse = \frac{Pmm - Pb}{\frac{Pmm}{Gmm} - \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots(2)$$

c) Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap campuran. Perhitungan penyerapan aspal dirumuskan sebagai berikut:

$$Pba = 100 \times \frac{Gse - Gsb}{Gsb \times Gse} \times Gb \dots\dots\dots(3)$$

d) Kadar Aspal Efektif

Kadar efektif campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya menentukan kinerja perkerasan aspal. Kadar aspal efektif ini dirumuskan sebagai berikut:

$$Pbe = Pb \times \frac{Pba}{100} \times Ps \dots\dots\dots(4)$$

e) Rongga diantara Mineral Agregat atau Void In Mineral Aggregate (VMA)

Rongga diantara mineral agregat (VMA) adalah ruang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan berat jenis bulk agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan VMA terhadap campuran total dengan persamaan:

1). Terhadap Campuran Total

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \dots\dots\dots(5)$$

2). Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{(100 + Pb)} \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

f) Rongga di dalam Campuran atau Voids In The Mix (VIM)

Rongga di dalam campuran atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus:

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \dots\dots\dots(7)$$

g) Rongga Terisi Aspal/Void Filled With Asphalt (VFB)

Rongga terisi aspal adalah persen rongga yang terdapat di antara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk mendapatkan rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan persamaan:

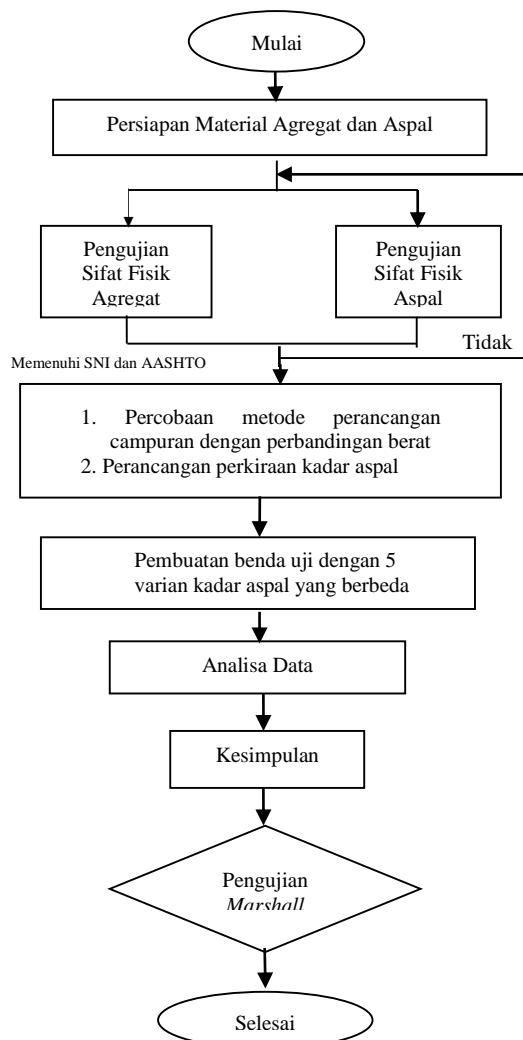
$$VFB = 100 \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(8)$$

### Metodologi Penelitian

Pengujian dan penelitian ini dilakukan secara bertahap, antara lain terdiri dari pengujian agregat (kasar,halus dan *filler*). Pengujian terhadap aspal Pertamina AC 60-70 meliputi uji titik nyala dan titik bakar, uji titik lembek dan uji berat jenis. Pengujian agregat antara lain analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi menggunakan mesin Los Angeles, dan penyerapan. Sedangkan metode yang digunakan dalam pengujian campuran adalah metode *marshall*, dari pengujian marshall didapatkan hasil berupa komponen-komponen marshall, meliputi stabilitas, flow, VMA (Void in the Mineral Agregat), VIM (Void In The Compacted Mixture), VFB (Voids Filled With Bitumen), dan MARSHALL Quotient (MQ).

Alat marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) yang berkapasitas 2500 kg atau 5000 pon. Proving ring dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Disamping itu terdapat arloji kelelahan (flow meter) untuk mengukur kelelahan plastis (flow). Benda uji marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2.5 inci (=6,35 cm). Prosedur pengujian marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D1559-76.

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

**Hasil Dan Pembahasan**

**A. Hasil Penelitian**

1. Pemeriksaan aspal Pertamina AC 60-70

Bahan yang digunakan untuk campuran Beton aspal pada penelitian ini terdiri dari aspal AC 60-70 Pertamina, filler, agregat kasar , agregat halus, abu batu yang berasal dari Gunggung Balapulung. Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap aspal AC 60-70, diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1 dengan menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2018 dan data selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan aspal pertamina AC-BC

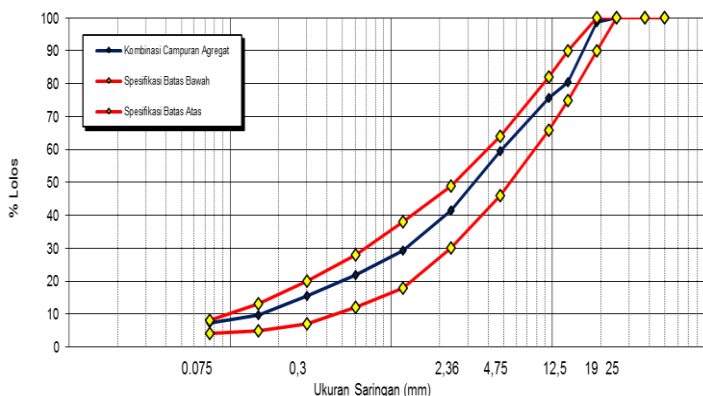
No	Jenis pemeriksaan	Spesifikasi	AC 60-70 PT.Pertamina	Satuan
1	Penetrasi 25 °	60 -79	63,70	0.1
2	Titik lembek	48-58	50	° C
3	Titik nyala	≥ 200	320	° C
4	Titik bakar	-	335	° C
5	Bereat jenis Aspal	≥	1,037	gr/cc
6	Daktalitas	≥ 100	122,8	cm

2. Pemeriksaan agregat

Hasil pengujian terhadap agregat kasar, agregat halus dan filler dapat dilihat pada Tabel 2. berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi, 2018 dan berikut hasil uji agregat:

Tabel 2. Hasil pengujian Agregat

No	Jenis pemeriksaan	satuan	Persyaratan		Hasil			
			Min	Max	Abu-batu	Batu 1/2"	Batu 3/4"	Batu 1"
1	Berat Jenis Curah Kering	gr/cc	2.5	-	2.537	2.597	2.643	2.637
2	Berat Jenis Curah Jenuh Kering Permukaan	gr/cc	2.5	-	2.585	2.663	2.684	2.680
3	Berat Jenis Semu	gr/cc	2.5	-	2.665	2.782	2.755	2.757
4	Penyerapan Air	%	-	3	1.895	2.563	1.532	1.644
5	abrasi	%	-	40		25.35		



Gambar 4. Grafik Hasil Gradasi

Grafik diatas menunjukan hasil gradasi dari pengujian analisa saringan agregat batu gunung balapulung analisa saringan.

### 3. Pengujian Marshall

Hasil pengujian marshall terhadap campuran beton aspal panas yaitu nilai kepadatan (density), stabilitas (stability), VMA (voids in mineral aggregate), VFA (voids filled with asphalt), VIM (voids in the mix), kelelahan (flow) dan Marshall Quotient (MQ), pada benda uji masing-masing kadar aspal 3 buah benda uji.

Hasil pengujian Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum seperti ditunjukkan pada Tabel 3. dibawah ini:

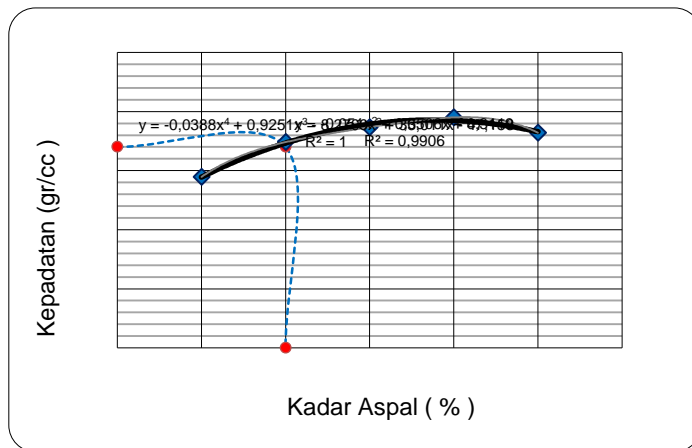
Tabel 3. Hasil pengujian Marshall

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Density (g/cc)	Nilai Stabilitas ( kg )	Nilai Flow (mm)	Nilai VFB (%)	Nilai VIM (%)	Nilai VMA (%)	Marshall Quotient MQ (kg/mm)
I	1	5.00	2.261	1674.54	6.00	54.08	7.86	17.12	279.09
	2	5.00	2.287	1808.92	5.00	57.89	6.81	16.18	361.78
	3	5.00	2.321	1891.61	4.00	63.64	5.43	14.93	472.90
		<b>Rata - rata</b>	<b>2.289</b>	<b>1791.69</b>	<b>5.00</b>	<b>58.54</b>	<b>6.70</b>	<b>16.08</b>	<b>371.26</b>
II	1	5.50	2.384	1633.19	4.00	83.55	2.15	13.07	408.30
	2	5.50	2.312	1137.03	3.00	67.59	5.08	15.68	379.01
	3	5.50	2.348	1478.14	3.00	74.85	3.61	14.37	492.71
		<b>Rata - rata</b>	<b>2.348</b>	<b>1416.12</b>	<b>3.33</b>	<b>75.33</b>	<b>3.61</b>	<b>14.37</b>	<b>426.67</b>
III	1	6.00	2.378	1323.09	2.80	87.64	1.70	13.75	472.53
	2	6.00	2.390	1509.15	4.00	91.13	1.18	13.29	377.29
	3	6.00	2.352	1395.45	5.00	81.23	2.75	14.68	279.09
		<b>Rata - rata</b>	<b>2.374</b>	<b>1409.23</b>	<b>3.93</b>	<b>86.67</b>	<b>1.88</b>	<b>13.91</b>	<b>376.30</b>
IV	1	6.50	2.379	1364.44	5.00	93.33	0.94	14.16	272.89
	2	6.50	2.392	1343.77	4.00	96.84	0.43	13.72	335.94
	3	6.50	2.399	1323.09	3.80	99.21	0.11	13.43	348.18
		<b>Rata - rata</b>	<b>2.390</b>	<b>1343.77</b>	<b>4.27</b>	<b>96.46</b>	<b>0.49</b>	<b>13.77</b>	<b>319.00</b>
V	1	7.00	2.325	930.30	4.00	84.77	2.52	16.56	232.58
	2	7.00	2.384	1240.40	5.00	99.80	0.03	14.43	248.08
	3	7.00	2.383	1219.73	4.00	99.30	0.10	14.49	304.93
		<b>Rata - rata</b>	<b>2.364</b>	<b>1130.14</b>	<b>4.33</b>	<b>94.62</b>	<b>0.88</b>	<b>15.16</b>	<b>261.86</b>

- Kepadatan (density)

Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah. Nilai kepadatan dari penelitian ini dapat dilihat pada table 3. Diatas.

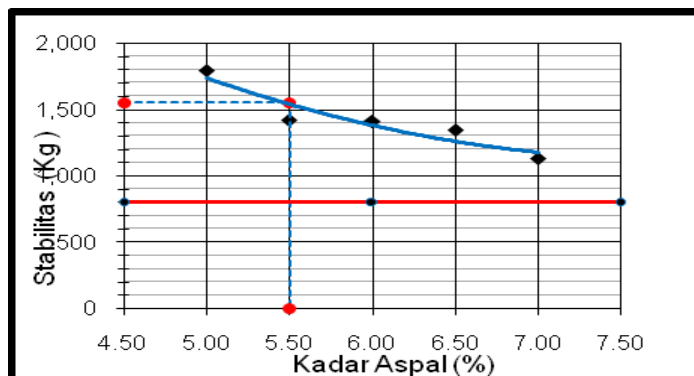
Berikut ini adalah gambar hubungan kadar aspal dan kepadatan (*density*). Berdasarkan Gambar Grafik 5 di bawah, menunjukan pada Kadar Aspal 5% yaitu dengan rerata nilai 2,289(g/cc). Pada setiap penambahan kadar aspal nilai *density* mengalami peningkatan, pada kadar aspal 5,5% sebesar 0,059(g/cc) Kadar aspal 6% sebesar 0,025(g/cc) kadar aspal 6,5% sebesar 0,016%, pada kadar aspal 7% mengalami penurunan sebesar -0,026(g/cc). Nilai *density* tertinggi terdapat pada kadar aspal 6,5% dengan nilai sebesar 2,390(g/cc)



Gambar 5. Grafik Hubungan Kepadatan (Density) dan Kadar Aspal

- Stabilitas

Nilai stabilitas dipengaruhi oleh gesekan antar butiran agregat (internal friction) dengan penguncian antar butir agregat (interlocking) dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal (kohesi), disamping itu proses pemadatan, mutu agregat, dan kadar aspal juga berpengaruh, dapat kita lihat pada table 3. Diatas.



Grafik 6. Hubungan Stabilitas dan Kadar Aspal

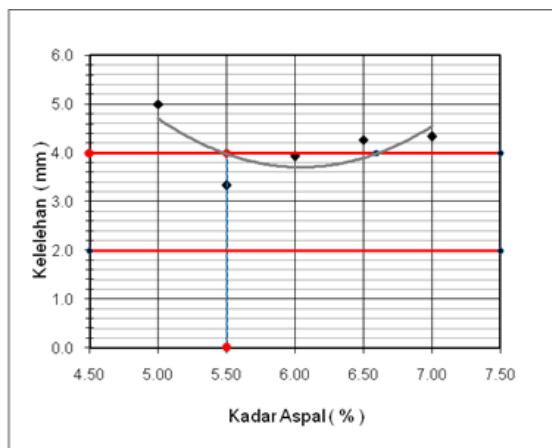
Dari gambar Grafik 4.3 menunjukan hubungan stabilitas dan kadar aspal di atas, pada penambahan kadar aspal 5,5% 6%, 6,5% dan 7% nilai stabilitas berturut-turut mengalami penurunan sebesar 375,57%, 6,89%, 65,47% dan 213,62% terhadap nilai stabilitas 5,5% .Nilai stabilitas Marshall Optimum tercapai pada campuran beton aspal dengan kadar aspal 5% dengan hasil rerata nilai stabilitas sebesar 1791 kg.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai stabilitas minimum untuk lalu lintas berat yaitu 800 kg, sehingga semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian Proyek Akhir ini memenuhi persyaratan

- Flow

*Flow* atau kelelahan menunjukkan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat menahan beban yang diterimanya, besarnya dapat kita lihat pada table 3. diatas.

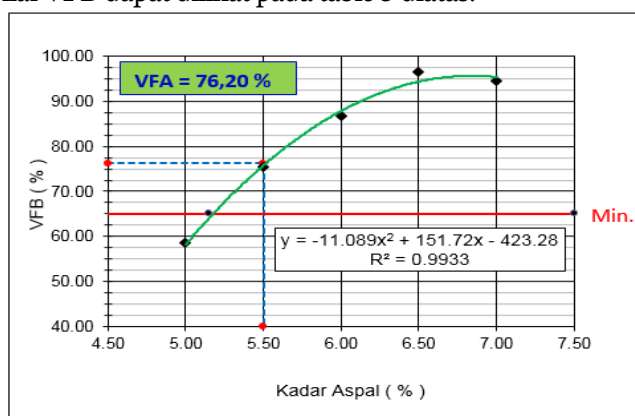
Berdasarkan pada Grafik 7 menunjukan penambahan kadar aspal 5,5% mengalami penurunan 1,67 mm lalu pada penambahan kadar 6%, 6,5% dan 7% mengalami peningkatan 0,06 mm, 0,33 mm dan 0,07mm. Sehingga dapat disimpulkan semakin besar kadar aspal yang digunakan maka nilai *flow* juga semakin meningkat. Dari besarnya nilai *flow* tertinggi terdapat pada kadar aspal 5% dengan rata-rata sebesar 5,00 mm. Sedangkan jika ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai *flow* harus >3mm. Sehingga semua kadar Aspal memenuhi persyaratan.



Grafik 7. Hubungan *flow* dan Kadar Aspal

- Void Filled Bitumen

VFB (*Void Filled Bitumen*), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, Nilai VFB ini merupakan pada sifat kedekatan air dan udara, maupun sifat elastis campuran. Nilai VFB yang semakin besar bertanda semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga dapat mempengaruhi kedekatan komposisi campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai VFB dapat dilihat pada table 3 diatas.



Grafik 8. Hubungan VFB dan Kadar Aspal

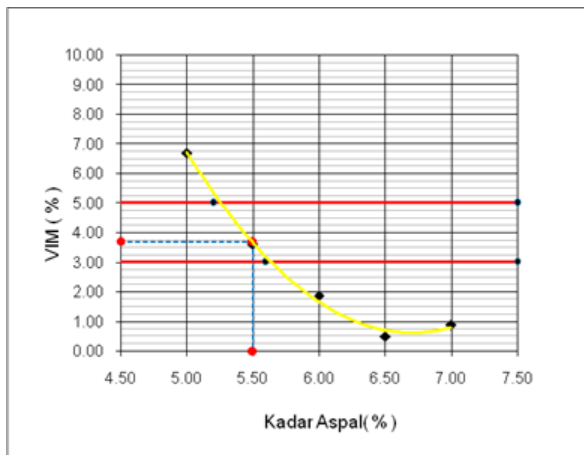
Berdasarkan Gambar Grafik 8. Menunjukkan Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) pada kadar aspal 5% sebesar 58,%, pada setiap penambahan kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) mengalami peningkatan berturut-turut yaitu sebesar 75,33%, 86,67%, 96,46% dan 94,62%. Sehingga dapat disimpulkan semakin besar kadar aspal VFB (*Void Filled Bitumen*) semakin meningkat. Dari grafik nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) tertinggi didapat pada kadar aspal 6,5% dengan nilai sebesar 96,46%.

Dari persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) harus > 60%. Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) sehingga dapat disimpulkan yang tidak memenuhi persyaratan yaitu pada kadar aspal 5% memenuhi persyaratan dengan nilai sebesar 58,54%.

- Voids In Mix (VIM)

VIM (*Void In Mix*) adalah banyaknya rongga yang ada didalam campuran yang dinyatakan dalam prosentase. Rongga udara yang terdapat didalam komposisi campuran diperlukan untuk tersedianya ruang gerak untuk unsur-unsur campuran sesuai dengan sifat elastisnya. Karena itu nilai VIM sangat menentukan karakteristik campuran. Nilai dari VIM ini dapat dilihat pada table 3 diatas.





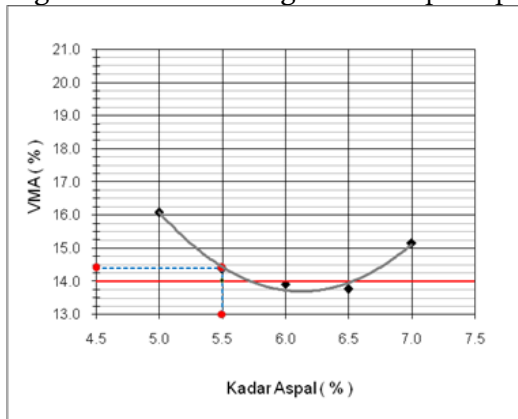
Grafik 9. Hubungan VFB dan Kadar Aspal

Berdasarkan Gambar Grafik 9 di atas diperoleh nilai VIM (*Void In Mix*) pada kadar aspal 5% dengan rerata 6,70 %, pada penambahan kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5% dan 7 % nilai VIM (*Void In Mix*) mengalami penurunan berturut-turut dengan rerata 3,61%, 1,88%, 0,49% dan 0,88%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar aspal yang digunakan semakin menurun nilai VIM (*Void In Mix*). Dari grafik didapat nilai VIM (*Void In Mix*) yang tertinggi yaitu pada kadar aspal 5% dengan rerata 6,70%.

Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VIM (*Void In Mix*) yang memenuhi persyaratan yaitu sebesar 3,5%-5,5%. Nilai VIM (*Void In Mix*) yang memenuhi persyaratan yaitu pada kadar aspal 5,5% rerata sebesar 3,80%.

- VMA (*Void In Mineral Aggregate*)

VMA dinyatakan dalam prosentase dari campuran beraspal panas. VMA digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas, besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Hubungan antara VMA dengan kadar aspal dapat dilihat pada table 3 diatas.

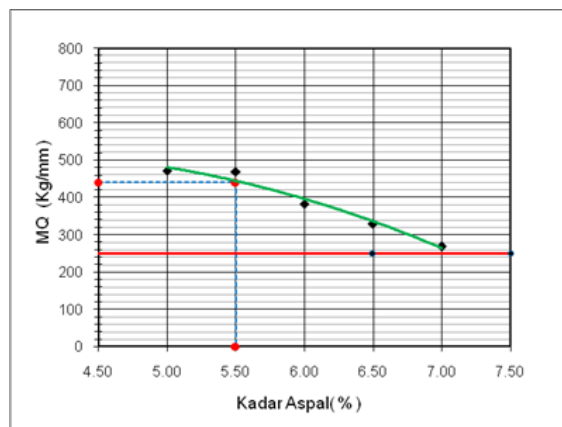


Grafik 10. Hubungan VFB dan Kadar Aspal

Berdasarkan Grafik 10 menunjukan Nilai VMA (*Void In Mineral Aggregate*) pada kadar aspal 5% dengan rerata sebesar 16.80%, pada penambahan kadar aspal 5,5%, 6% dan 6,5% mengalami penurunan sebesar 14,37%, 13,91% dan 13,77%. Sedangkan pada penambahan kadar aspal 7% mengalami kenaikan dengan rerata sebesar 15,16%. Ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VMA (*Void In Mineral Aggregate*) minimal sebesar >13%, jadi nilai VMA (*Void In Mineral Aggregate*) yang memenuhi persyaratan yaitu pada kadar aspal 6% dan 6,5% dengan rerata sebesar 13,91%. dan 13,77 %

- Marshall *Quotient* (MQ)

Nilai Marshall *Quotient* (MQ) yaitu dari hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (flow) merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas komposisi campuran. Semakin besar nilai Marshall *Quotient* (QM) bertanda komposisi campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil Marshall *Quotient* (QM) maka perkerasannya semakin lentur. Nilai MQ dapat kita lihat pada table 3 diatas.

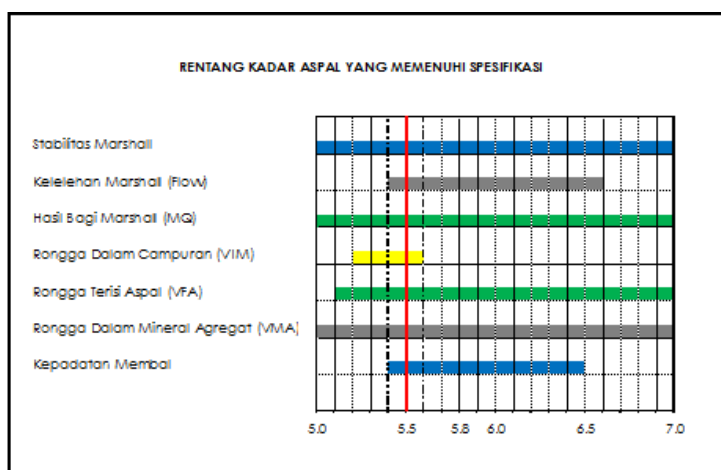


Grafik 11. Hubungan VFB dan Kadar Aspal

Dari Gambar Grafik 4.8. Menunjukkan hubungan MQ (*Marshall Quotient*) dan kadar aspal, pada penambahan kadar aspal 5,5% mengalami kenaikan sebesar 426,67(kg/mm) kemudian pada penambahan kadar aspal 6%, 6,5% dan 7% nilai MQ (*Marshall Quotient*) berturut-turut mengalami penurunan sebesar 376,30(kg/mm), 319,00(kg/mm), 261,86(kg/mm) terhadap kadar aspal 5,5%. Dari gambar 4.7 menunjukkan bahwa campuran beton aspal dengan kadar aspal 5,5% memiliki nilai MQ (*Marshall Quotient*) maksimum yaitu 426,67 kg/mm. Secara keseluruhan campuran beton aspal menggunakan agregat bantak memenuhi syarat MQ berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2018 yaitu > 250 kg/mm.

- Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat tercapai mencapai persyaratan Stabilitas, *Flow*, *VMA*, *VIM*, *density* dan *Marshall Quotient*.



Grafik 12. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Pada grafik 12 terlihat bahwa Pada nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) kadar aspal 5,5% memenuhi semua persyaratan VIM, VFB, Stabilitas, *Flow* dan MQ.

## Kesimpulan

1. Material agregat yang berasal dari Gunung Balapulung Memiliki tingkat kekeausan sebesar 25,35% hasil ini belum melampaui spesifikasi maksimal yang disyaratkan yaitu 40 %. Selain itu dari Faksi-faksi agregat tersebut memiliki tingkat gradasi agregat yang bisa digunakan sebagai rancangan agregat gabungan dalam pembuatan campuran beton aspal dan dari hasil pengujian dan Analisa didapat untuk komposisi campuran AC-BC didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,5 %
2. Dari karakteristik marshall yang didapat nilai flow dan VFA semakin meningkat seiring bertambahnya kadar aspal.

## Daftar Pustaka

- [1] Aqif, Mohamad. 2012. "OPTIMASI KADAR ASPAL BETON AC 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA LALU LINTAS BERAT MENGGUNAKAN MATERIAL LOKAL BANTAK PROYEK." *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan* (May 2014): 32.
- [2] Darlan. 2014. "Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)." *dinas pekerjaan umum grobogan*.
- [3] Hardiyatmo, Hary Christady. 2016. "Alternatif Solusi Pembangunan Perkerasan Jalan Pada Subgrade Berdaya Dukung Rendah." *Infoteknik*: 1–12.
- [4] Hermawan, Okky Hendra. "Pengaruh Perawatan Terdapat Kuat Tekan Beton." *ENGINEERING* 9.1 (2018): 1-7.
- [5] Isradias Mirajhusnita<sup>1</sup>, Teguh Haris Santosa<sup>2</sup>, Royan Hidayat<sup>3</sup>. "Pemanfaatan Limbah B3 Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus Dalam Pembuatan Beton." *ENGINEERING* 11.1 (2020): 24-33
- [6] Izazi, M.abror. 2019. "Optimasi Kadar Aspal 60-70 Terhadap Karakteristik Marsal Menggunakan Material Lokal Batu Antesit Balapulung."
- [7] Putrawirawan, Ashadi et al. 2018. "P-39 Alternatif Penambahan Batu Laterit sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar Pada Perkerasan asphalt Concrete – Binder Course ( Ac-Bc ) the Addition Alternative of Laterit As Materials Subtitutioncourse Aregate To Pavement asphalt C]oncrete - Binder." *SNITT Politeknik Negeri Balikpapan*.
- [8] Raharjo, Nuryadin Eko. 2008. "Pengaruh Penggunaan Aspal Buton Sebagai Filler Campuran Split Mastic Asphalt Terhadap Karakteristik Marshall." *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan* 17(1): 39–60.
- [9] Saleh, Sofyan M et al. 2018. "KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC DENGAN." 1(3): 39–45.
- [10] SNI 1969. 2008. "Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar." *Standar Nasional Indonesia*: 20.
- [11] Spesifikasi Umum. 2018. "Spesifikasi Umum 2018." (September).
- [12] Sukirman. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. 4th ed. Jakarta: Granit.
- [13] Sukirman, Silvia. 1999. "T1 I/ ,1." *Perkerasan Jalan Lentur*: 1–129.
- [14] Sutoyo. 2020. *Perancangan Campuran Beraspal*. 1st ed. yogyakarta: cv budi utama.
- [15] UTOMO, R. ANTARIKSO. 2008. "Studi Komparasi Pengaruh Gradasi Gabungan Di Laboratorium Dan Gradasi." *R.\_antarikso\_utomo*: 97.
- [16] Winayati, Fadrizal lubis. 2018. "Analisis Karakteristik Marshall Campuran Ac-Bc." *Siklus, Jurnal Teknik Sipil* 4(1): 51–58.