

ANALISIS *ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE* (AC-WC) DENGAN BAHAN TAMBAH ASBUTON DAN PASIR LAUT UNTUK PERKERASAN JALAN

Ibnu Bagus Wicaksono^{1*}, Juny Andry Sulisty²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, ibnubagus10@gmail.com

ABSTRAK

Jalan di Indonesia mengalami peningkatan volume kendaraan yang pesat dalam menangani tekanan berat yang menyebabkan kerusakan dini pada jalan, sehingga perlu adanya modifikasi pada perkerasan jalan. Potensi penggunaan pasir laut dengan Asbuton sebagai bahan perkerasan jalan sangat besar dan menjanjikan. Kombinasi ini tidak hanya menawarkan solusi yang efisien dan ramah lingkungan, tetapi juga mendukung kemandirian Indonesia dalam pembangunan infrastruktur jalan. Penelitian ini bertujuan mengetahui seberapa besar nilai karakteristik dan pengaruh penggunaan pasir laut dan asbuton pada nilai Stabilitas. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan percobaan untuk mendapatkan hasil, pemanfaatan Asbuton 0%, 10%, 20%, dan 30% sebagai pencampuran dengan variasi kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20%, dan 30% terhadap total campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan persentase Asbuton dan Pasir Laut berpengaruh pada nilai Marshall. Semakin banyak penggunaan asbuton dan pasir laut akan menyebabkan peningkatan pada nilai stabilitas. Pada kadar Asbuton 0% nilai stabilitas yang didapatkan sebesar 1424,28 Kg, pada saat kadar Asbuton 10%, nilai stabilitas meningkat menjadi 2356,08 Kg. Dan mengalami penurunan nilai stabilitas ketika penambahan asbuton 20% dan 30%. Dengan penurunan rata-rata sebesar 1991,21 kg dan 1765,42 kg. Kelebihan *flow* campuran mengalami peningkatan seiring pertambahan kadar asbuton dan pasir laut. Pada saat campuran menggunakan variasi asbuton sebesar 0 %, memiliki nilai *flow* sebesar 3,02 setelah divariasikan dengan kadar asbuton sampai pada 30%, nilai *flow* meningkat menjadi 3,53 dengan rata-rata peningkatan sebesar 3,25.

Kata kunci : *Campuran Beton aspal, Asbuton, Pasir Laut dan Karakteristik stabilitas*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

Perkerasan jalan di Indonesia menghadapi berbagai tantangan yang mempengaruhi kualitas dan umur panjangnya. Dengan pertumbuhan populasi yang pesat dan peningkatan volume kendaraan, jalan-jalan di Indonesia mengalami tekanan berat yang sering kali menyebabkan kerusakan dini. Selain itu, iklim tropis dengan suhu panas yang ekstrim dan curah hujan tinggi juga turut berkontribusi pada degradasi aspal. Oleh karena itu, inovasi dalam bahan perkerasan jalan menjadi sangat penting untuk meningkatkan daya tahan dan efisiensi biaya konstruksi jalan.

Pasir laut merupakan sumber daya alam dengan deposit cukup besar yang terdapat di Maluku Utara. Pasir laut diketahui paling banyak mengandung kalsium, hal ini karena bahan pembentuk utama yang menyusun pasir laut adalah serpihan cangkang karang laut, sedangkan bahan utama pembentuk cangkang karang laut kalsium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir laut sebagai bahan substitusi agregat halus

dalam campuran aspal beton AC-WC [1]. Penelitian ini dilaksanakan dilaboratorium dengan melakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik marshall yang meliputi stabilitas marshall, *flow*, VIM, VMA dan *marshall quotient*. Digunakan pasir laut dengan variasi 0% dan 5% dengan jumlah sampel sebanyak 30. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah semakin banyak pasir laut semakin rendah nilai stabilitas dan semakin menurun nilai *flow*, namun kadar aspal yang berlebihan juga dapat mengakibatkan penurunan nilai stabilitas. Dari hasil pengujian Marshall dengan menggunakan pasir laut didapat nilai stabilitas tertinggi 3136,91 kg pada campuran pasir laut 5% dikadar aspal 6%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas memenuhi dan berdasarkan spesifikasi sifat- sifat campuran aspal beton yang terdapat dalam spesifikasi Bina Marga 2010.

Di sisi lain, Asbuton atau aspal Buton adalah aspal alami yang ditemukan di Pulau Buton dan sekitarnya. Indonesia memiliki cadangan Asbuton terbesar di dunia, Asbuton ditemukan oleh geolog asal Belanda WH Hetzel Asbuton pada tahun 1924, dan dua tahun kemudian digunakan pertama untuk pengaspalan jalan. Ada lebih 750 juta ton aspal alam di pulau Buton, yang merupakan 80% Cadangan aspal alam di dunia. Trinidad, Tobago, Meksiko, dan Kanada memiliki sisanya. Aspal minyak yang diimpor dari negara tetangga, sebagian besar digunakan untuk pembangunan jalan di Indonesia. Karena kebutuhan aspal Indonesia sebesar 2 juta ton per tahun, impor aspal minyak membutuhkan uang sebesar 18 triliun rupiah dan menghemat devisa negara dapat mencapai 9,3 triliun rupiah per tahun selama masa pakai minimal 350 tahun.

Penggunaan campuran aspal dari pasir laut dan Asbuton menawarkan beberapa keuntungan. Pertama, ketersediaan bahan baku yang melimpah di dalam negeri dapat mengurangi biaya impor dan meningkatkan kemandirian dalam pembangunan infrastruktur jalan. Kedua, campuran ini dapat menghasilkan perkerasan jalan yang lebih kuat dan tahan lama. Pasir laut memberikan stabilitas struktural, sedangkan Asbuton memberikan daya rekat yang kuat. Selain itu, penggunaan bahan lokal seperti pasir laut dan Asbuton juga dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Pengurangan penggunaan aspal minyak dapat meminimalkan emisi karbon dan dampak lingkungan lainnya. Lebih jauh lagi, pemanfaatan pasir laut dapat mengurangi eksploitasi pasir sungai yang sering menyebabkan kerusakan ekosistem.

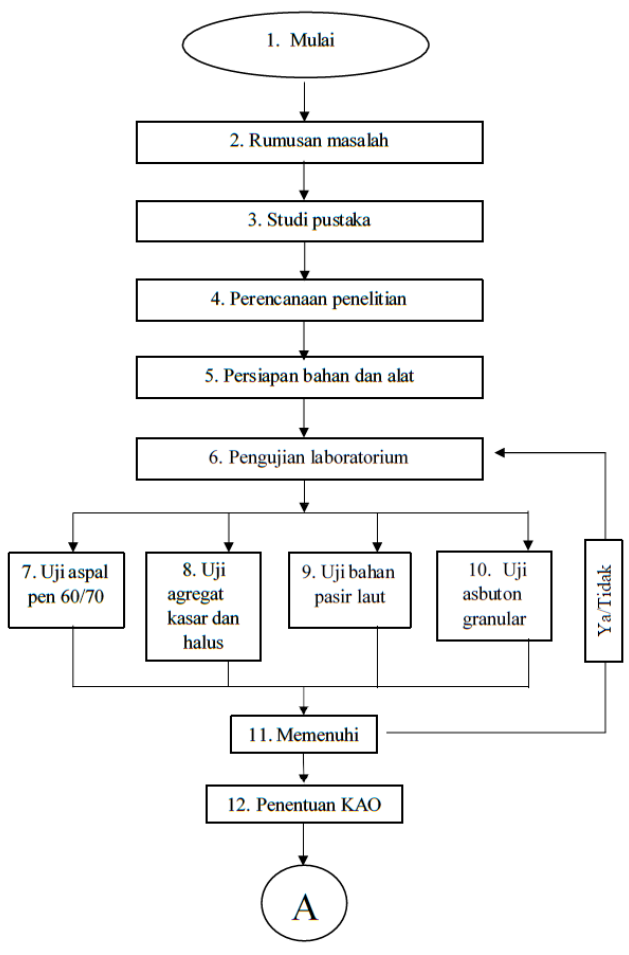
Meskipun demikian, ada beberapa tantangan yang perlu diatasi. Pasir laut harus melalui proses pembersihan untuk menghilangkan garam dan bahan organik yang dapat merusak kualitas campuran aspal. Teknologi modern dapat digunakan untuk memastikan pasir laut memenuhi standar kualitas yang diperlukan. Selain itu, pertambangan Asbuton harus dikelola dengan baik untuk menghindari kerusakan lingkungan. Regulasi dan praktik pertambangan yang berkelanjutan perlu diterapkan untuk memastikan dampak negatif terhadap lingkungan dapat diminimalkan.

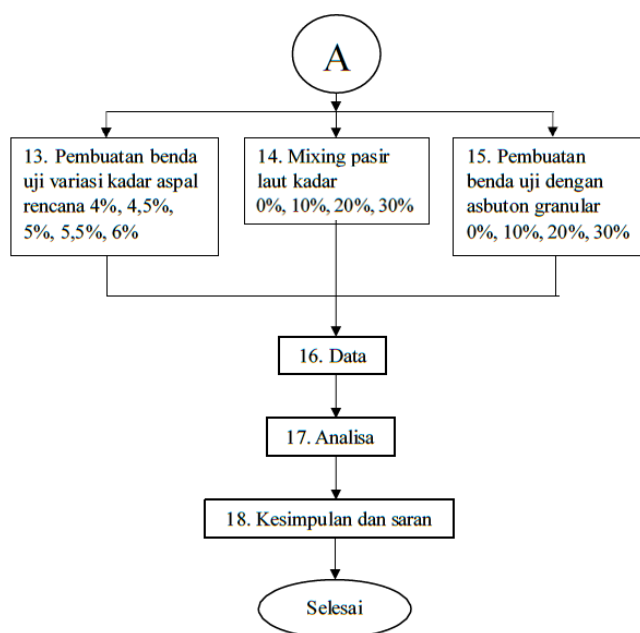
Dengan mengatasi tantangan-tantangan ini, penggunaan campuran aspal dari pasir laut dan Asbuton memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan di Indonesia. Inovasi ini tidak hanya menawarkan solusi yang lebih efisien dan ramah lingkungan, tetapi juga mendukung kemandirian dalam pembangunan infrastruktur jalan. Melalui penelitian dan pengembangan yang berkelanjutan, diharapkan teknologi ini dapat diimplementasikan secara luas untuk menghadapi tantangan perkerasan jalan di masa depan.

Potensi penggunaan pasir laut dengan Asbuton sebagai bahan perkerasan jalan sangat besar dan menjanjikan. Kombinasi ini tidak hanya menawarkan solusi yang efisien dan ramah lingkungan, tetapi juga mendukung kemandirian Indonesia dalam pembangunan infrastruktur jalan. Melalui penelitian dan pengembangan yang berkelanjutan, diharapkan teknologi ini dapat diimplementasikan secara luas untuk menghadapi tantangan perkerasan jalan di masa depan. Dengan demikian, kualitas dan umur panjang jalan di Indonesia dapat ditingkatkan, yang pada akhirnya akan memperlancar mobilitas dan mengurangi biaya perawatan jalan. Pengujian ini akan menggunakan campuran aspal dari pasir laut dan asbuton granular untuk memperkeras jalan. Penggunaan campuran ini akan lebih memanfaatkan penggunaan potensi pasir laut yang melimpah di Indonesia.

2 METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen atau kuantitatif yang dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Sultan Agung Semarang. Penelitian ini meninjau pada lapisan *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dengan campuran bahan tambah menggunakan variasi pasir laut 0%, 10%, 20%, 30% dan Asbuton jenis butir tipe 50/30 variasi kadar 0%, 10%, 20%, 30%. Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO) dilakukan dengan variasi kadar 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%. Dengan jumlah total 48 benda uji. Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Pedoman yang digunakan adalah standar dari *American Society for Testing Material (ASTM)* dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Alur penelitian terdapat pada Gambar 1 berikut ini :





Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

2.1. Material

Material atau bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Agregat Kasar dan Agregat Halus

Penggunaan material agregat kasar, halus, dan abu batu diperoleh dari AMP (Asphalt Mixing Plant) PT Summitama Intinusa Jl. Raya Gatot Subroto No. 70 Desa Ketapang, Kec. Kalipuro Banyuwangi.

b. Aspal Penetrasi 60/70

Penelitian ini menggunakan bahan Aspal Polimer Pen 60/70.

c. Semen (*filler*)

Semen digunakan sebagai *filler* dalam penelitian kali ini.

d. Pasir Laut (*Sea Sand*)



Gambar 2. Pasir Laut (*Sea Sand*)

e. Asbuton jenis butir tipe 50/30



Gambar 3. Asbuton

2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Cetakan Benda Uji, Cawan, Timbangan, Oven, Satu Set Saringan Ayakan, Kompor, Wajan, Spatula Lab, Piknometer, Ember, Alat Pematik Benda Uji, Dongkrak Hidrolik, *Waterbath*. Alat *Specific Gravity Vacuum*, dan Alat *Marshall*.

2.3. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Dalam penelitian ini dibagi menjadi 7 tahapan, yaitu persiapan material dan bahan, pengujian agregat, penentuan campuran (*hot mix*) pada *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC), penentuan kadar aspal optimum dengan kadar variasi pasir laut 0%, 10%, 20%, 30% dan Asbuton jenis butir tipe 50/30 variasi kadar 0%, 10%, 20%, 30%, pembuatan benda uji, pengujian benda uji dan analisis hasil penelitian.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanis Aspal Penetrasi 60/70

Penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70, yang biasanya disebut dengan aspal Pertamina. Pengujian dilakukan untuk menguji 6 parameter yaitu penetrasi, titik lembek, titik nyala, daktilitas, berat jenis aspal dan penetrasi setelah kehilangan berat, parameter digunakan untuk menunjukkan sifat utama dari aspal yang digunakan dalam campuran perkerasan lentur.

Tabel 1. Sifat Fisik dan Mekanis Agregat

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi Aspal PEN 60-70		Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi
			Min	Max		
1	Penetrasi 25°C, 100 g, 5 detik	0,1 mm	60	80	67,4	SNI-06- 2456-1991
2	Titik Lembek 5°C (<i>Ring and Ball Test</i>)	°C	48	-	56,65	SNI-06- 2434-1991
3	Titik Nyala (<i>Cleavelend Open Cup</i>)	°C	200	-	351,5	SNI-06- 2433-1991
4	Berat Jenis	%	1	-	1,034	SNI-06- 2438-1991
5	Daktilitas	cm	100	-	>150	SNI-06- 2432-1991
6	Penetrasi setelah Kehilangan Berat	%	54	-	61,90	SNI-06- 2440-1991

3.2. Hasil Pengujian dan Perhitungan Kombinasi Agregat

Kombinasi agregat adalah proses penyatuan atau penggabungan material menjadi satu kesatuan yang lebih utuh. Proses ini terdiri dari masing-masing material agregat yang lolos dari saringan 3/4" dan tertahan mulai dari saringan 1/2" sampai dengan saringan No. #200. Dalam kombinasi agregat juga termasuk *Hot Bin II*, *Hot Bin III*, *Hot Bin IV*, Pasir, dan *Filler* (Semen).

Tabel 2. Hasil Penelitian Sifat Fisik dan Mekanis Agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan
A Agregat Kasar					
1	Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	SNI 03-2417-2008	Maks. 40%	14,01%	Memenuhi
2	Kelekatan agregat terhadap aspal pen 60/70	SNI 03-2439-2011	Min. 95%	98%	Memenuhi
3	Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791-10	Maks. 10%	8,89%	Memenuhi
4	Material lolos saringan no.200	ASTM C117:2012	Maks. 1%	0,6%	Memenuhi
5	Penyerapan air oleh agregat <ul style="list-style-type: none"> • Agregat kasar ½ • Agregat kasar 3/8 	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	1,583% 2,064%	Memenuhi
6	Berat jenis (<i>bulk specific grafiti</i>) <ul style="list-style-type: none"> • Agregat kasar 0,5/1 • Agregat kasar ½ 	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5%	2,661% 2,652%	Memenuhi
B Agregat Halus					
1	Material lolos saringan no.200	SNI 03-4142-1992	Maks. 15%	10,56%	Memenuhi
2	Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min. 4%	46,92%	Memenuhi
3	Penyerapan air oleh agregat <ul style="list-style-type: none"> • Agregat halus (pasir) • Agregat halus (abu batu) 	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	1,583% 2,064%	Memenuhi
4	Berat jenis (<i>bulk specific grafiti</i>) <ul style="list-style-type: none"> • Agregat halus (pasir) • Agregat halus (abu batu) 	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5%	2,661% 2,652%	Memenuhi

Tabel 3. Kombinasi Agregat

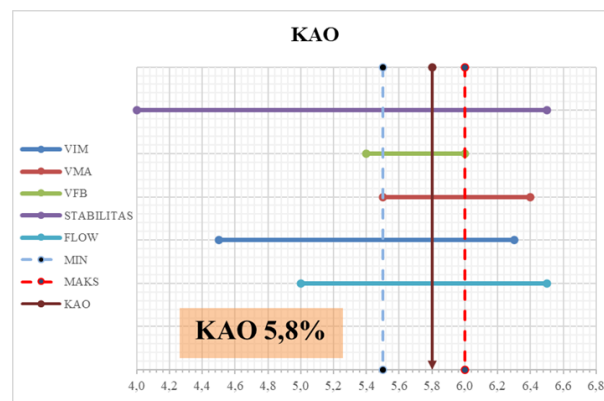
No. Saringan	Prosentase Lolos		Spesifikasi	
	Kombinasi Lolos	Batas Bawah	Batas Atas	
# 200	5,06	4	9	
# 100	9,13	6	15	
# 50	13,71	9	22	
# 30	17,67	14	30	
# 16	26,02	21	40	
# 8	40,00	33	53	
# 4	61,52	53	69	
3/8"	82,45	75	90	
½"	90,51	87	100,0	
¾"	95,89	95	100,0	
1"	100,00	100	100,0	

Dari Tabel diatas menunjukkan bahwa pengujian analisa kombinasi agregat memiliki prosentase lolos saringan dari No. #200 hingga 1". Hasil pengujian tidak boleh melewati batas atas atau batas bawah sesuai dengan standar

yang tersedia. Jika terdapat agregat yang melewati salah satu batas, agregat tersebut tidak diizinkan untuk digunakan sebagai material pengisi pada AC – WC, karena tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

3.3. Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum (KAO) juga merupakan campuran lapisan aspal beton (laston) dan termasuk kadar aspal yang paling efektif. Penelitian dilakukan pada benda uji dengan variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%, metode penelitian yang sama digunakan untuk menguji berbagai sifat campuran, pengujian tersebut diantaranya *bulk density*, rongga udara, rongga udara PRD, rongga dalam agregat, rongga terisi aspal, stabilitas marshall, kelelahan, dan *marshall quotient*. Untuk mendapatkan data sebagaimana dalam grafik berikut ini.



Gambar 4. Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO)

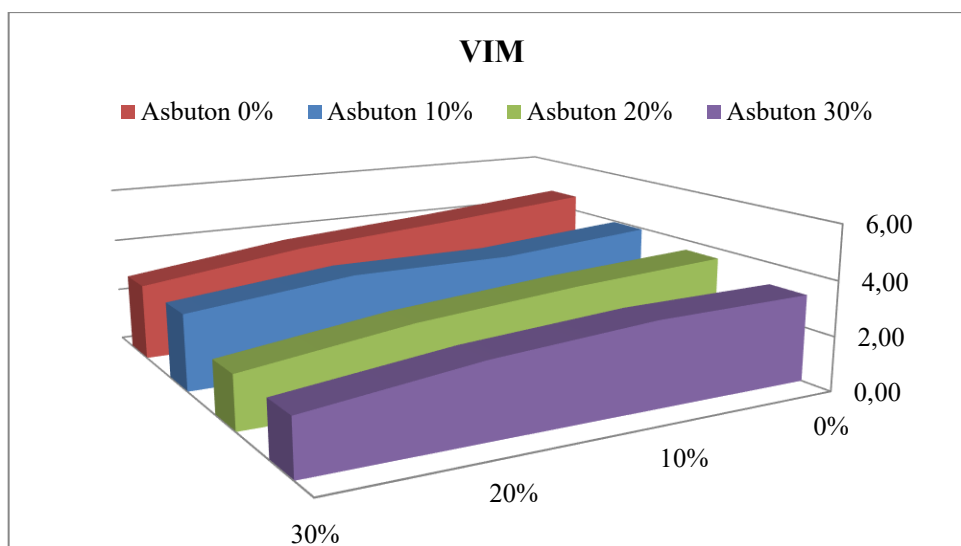
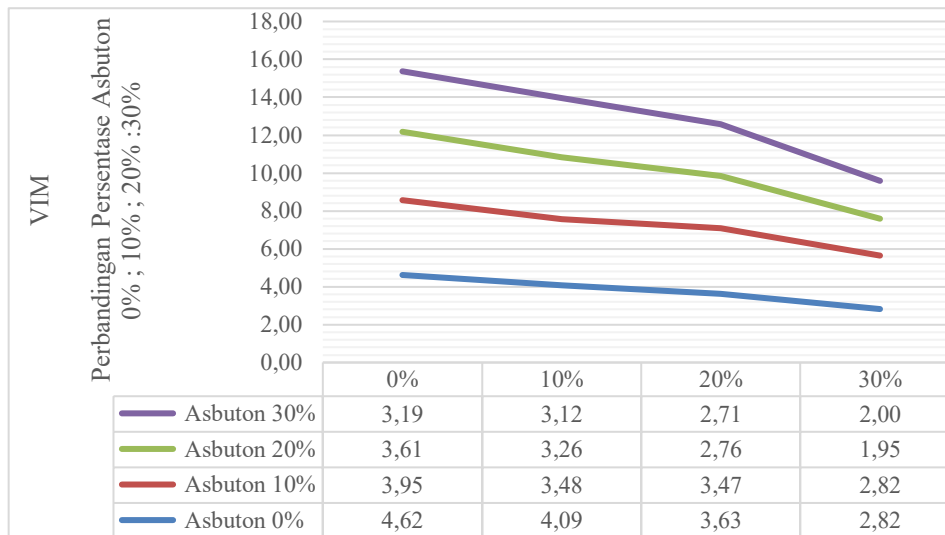
3.4. Hasil Pemeriksaan *Marshall Test*

Marshall juga dikenal sebagai metode pengujian yang digunakan untuk menentukan karakteristik campuran aspal, untuk memastikan kualitas dan ketahanan rancangan campuran aspal terhadap beban lalu lintas dan cuaca. Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mendapatkan hasil parameter – parameter berikut : stabilitas, *flow*, MQ (*Marshall Quotient*), VMA (*Void in Mineral Aggregates*), VIM (*Void in Mix*) dan VFB (*Void Filled with Bitumen*).

Hasil setelah pemeriksaan *Marshall Test* berupa rekapitulasi yang tertera pada sebuah tabel dan dalam bentuk grafik dari seluruh nilai parameter yang dapat dilihat pada tabel di bawah. Pengujian telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018. Hasil yang diperoleh dari proses pengujian dibagi dalam 3 komposisi yaitu, komposisi normal dan komposisi dengan campuran bahan tambah Asbuton dan pasir laut.

Tabel 5. Rekapitulasi Pengujian Marshall Test

Rekapitulasi Rata-Rata Perbandingan Asbuton dengan Pasir Laut																
BJ Aspal (T) :	1.034	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2.516			BJ Total Agg (Gsb) :			2.749	Kalibrasi Proving Ring :			9.817	Kg
Campuran Benda Uji	kadar aspal	kadar Asbuton	kadar Serat Baja	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam	% rongga terisi	stabilitas dibaca	kelelahan di	hasil bagi marshall	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	
% berat total campuran	% berat total campuran	% berat total campuran	data total	data timbang	data timbang	d - c	b / e	GMM	100 - (100 - a)f	100 - (100*f)	100(h-i)	h			l / m	
(%)	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
Asbuton 0%																
Asbuton 0% + Pasir Laut 0%	5.80	0%	0%					1.89	1.98	35.16	4.62	86.86	171.67	1685.25	2.60	648.17
Asbuton 0% + Pasir Laut 10%	5.80	0%	10%					2.15	2.24	26.35	4.09	84.48	151.67	1488.91	2.70	551.45
Asbuton 0% + Pasir Laut 20%	5.80	0%	20%					2.22	2.30	24.05	3.63	84.91	132.00	1295.84	3.17	409.21
Asbuton 0% + Pasir Laut 30%	5.80	0%	30%					2.47	2.54	15.32	2.82	81.58	125.00	1227.13	3.60	340.87
Rata - rata										25.22	3.79	84.46	145.08	1424.28	3.02	487.43
Rekapitulasi Rata-Rata Perbandingan Asbuton dengan Pasir Laut																
BJ Aspal (T) :	1.034	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2.516			BJ Total Agg (Gsb) :			2.749	Kalibrasi Proving Ring :			9.817	Kg
Campuran Benda Uji	kadar aspal	kadar Asbuton	kadar Serat Baja	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam	% rongga terisi	stabilitas dibaca	kelelahan di	hasil bagi marshall	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	
% berat total campuran	% berat total campuran	% berat total campuran	data total	data timbang	data timbang	d - c	b / e	GMM	100 - (100 - a)f	100 - (100*f)	100(h-i)	h			l / m	
(%)	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
Asbuton 20%																
Asbuton 20% + Pasir Laut 0%	5.80	20%	0%					1.91	1.98	34.47	3.61	89.52	267.00	2621.14	2.90	903.84
Asbuton 20% + Pasir Laut 10%	5.80	20%	10%					2.17	2.24	25.71	3.26	87.31	219.00	2149.92	3.22	668.37
Asbuton 20% + Pasir Laut 20%	5.80	20%	20%					2.24	2.30	23.36	2.76	88.18	187.67	1842.32	3.40	541.86
Asbuton 20% + Pasir Laut 30%	5.80	20%	30%					2.49	2.54	14.56	1.95	86.63	137.67	1351.47	3.60	375.41
Rata - rata										24.53	2.90	87.91	202.83	1991.21	3.28	622.37
Rekapitulasi Rata-Rata Perbandingan Asbuton dengan Pasir Laut																
BJ Aspal (T) :	1.034	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2.516			BJ Total Agg (Gsb) :			2.749	Kalibrasi Proving Ring :			9.817	Kg
Campuran Benda Uji	kadar aspal	kadar Asbuton	kadar Serat Baja	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam	% rongga terisi	stabilitas dibaca	kelelahan di	hasil bagi marshall	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	
% berat total campuran	% berat total campuran	% berat total campuran	data total	data timbang	data timbang	d - c	b / e	GMM	100 - (100 - a)f	100 - (100*f)	100(h-i)	h			l / m	
(%)	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
Asbuton 30%																
Asbuton 30% + Pasir Laut 0%	5.80	30%	0%					1.92	1.98	34.18	3.19	90.66	248.00	2434.62	3.20	760.82
Asbuton 30% + Pasir Laut 10%	5.80	30%	10%					2.17	2.24	25.61	3.12	87.80	200.00	1963.40	3.40	577.47
Asbuton 30% + Pasir Laut 20%	5.80	30%	20%					2.24	2.30	23.32	2.71	88.38	147.33	1446.37	3.60	401.77
Asbuton 30% + Pasir Laut 30%	5.80	30%	30%					2.49	2.54	14.60	2.00	86.33	124.00	1217.31	3.90	312.13
Rata - rata										24.43	2.76	88.29	179.83	1765.42	3.53	513.05

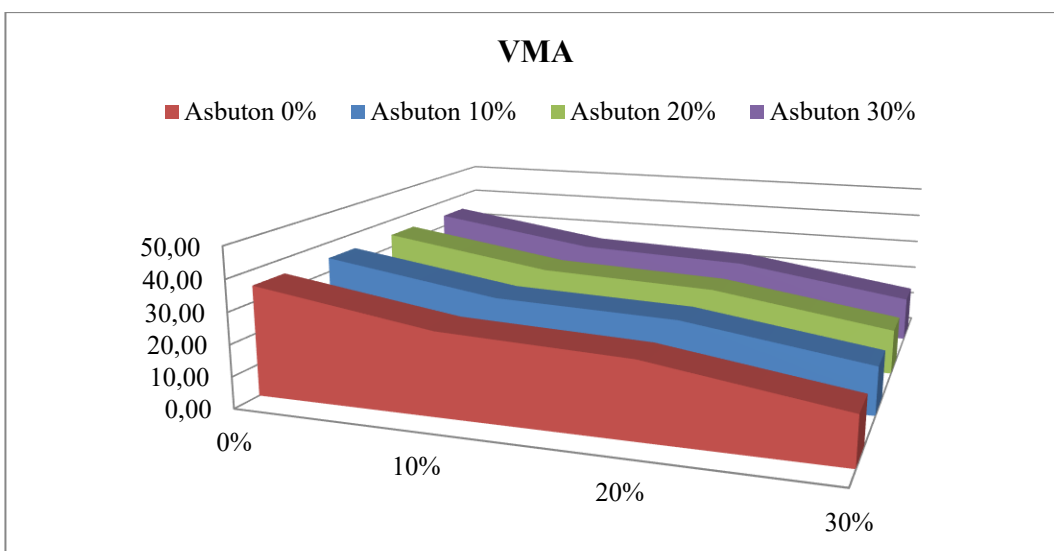
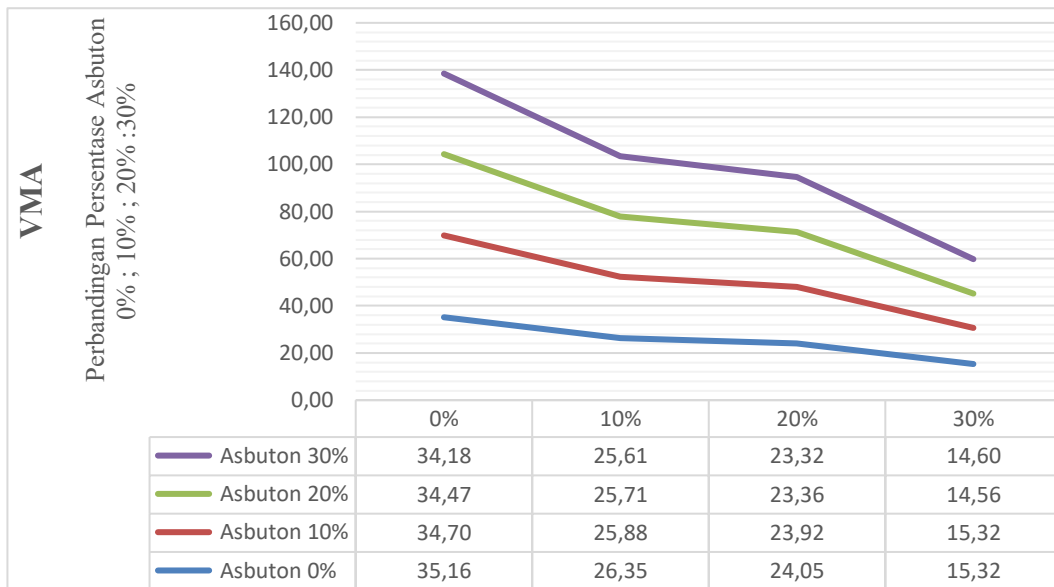


Gambar 5. Rekapitulasi VIM Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut

Rongga Udara (VIM) kadar asbuton + pasir laut dapat memengaruhi kondisi Spesifikasi dan bisa digunakan atau tidak sebagai perkerasan jalan :

1. Asbuton 0% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10% dan 20% memperoleh nilai VIM 4,62%, 4.09% dan 3,63% memenuhi spesifikasi binamarga tetapi untuk kadar 30% memperoleh nilai 2,82% sehingga tidak memenuhi spesifikasi
2. Asbuton 10% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10% dan 20% memperoleh nilai VIM 3,95%, 3,48% dan 3,47% tetapi untuk kadar 30% memperoleh nilai 2,82%.
3. Asbuton 20% dengan penambahan Pasir Laut 0%, dan 10% memperoleh nilai VIM 3,61%, dan 3,26% tetapi untuk kadar 20% dan 30% memperoleh nilai 2,76%, dan 1.95%.
4. Asbuton 30% dengan penambahan Pasir Laut 0%, dan 10% memperoleh nilai VIM 3,19%, dan 3,12% tetapi untuk kadar 20% dan 30% memperoleh nilai 2,71%, dan 2,00%.

Syarat spesifikasi dari Bina marga minimum berada pada angka 3.00 % dan maksimum berada pada angka 5.00%.

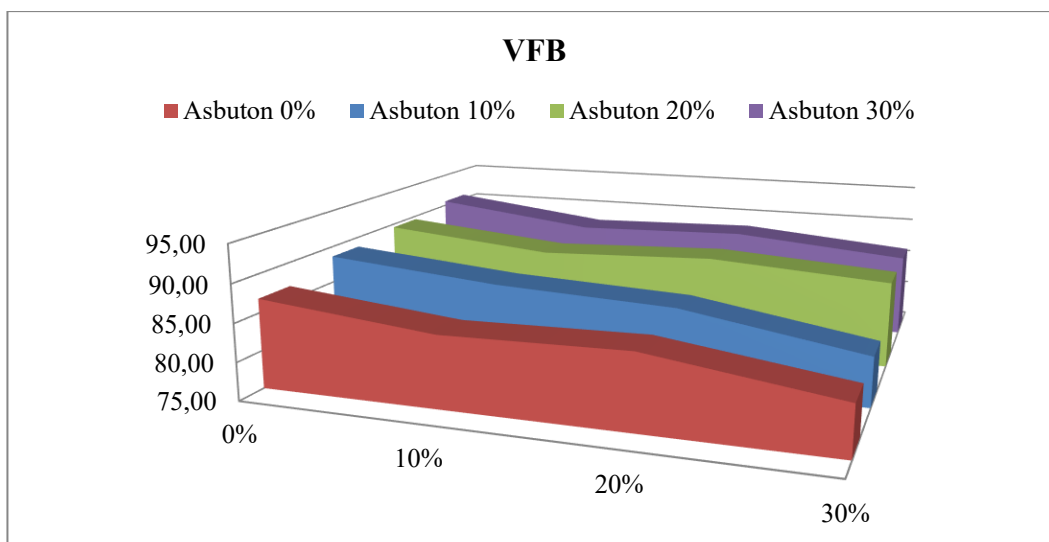
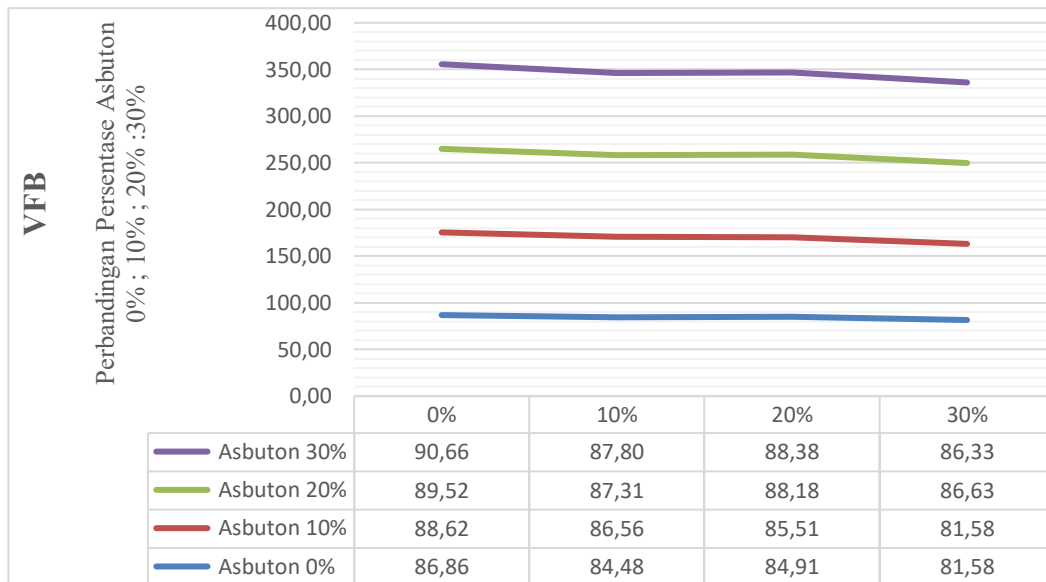


Gambar 6. Rekapitulasi VMA Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut

Rongga di antara Agregat (VMA) kadar asbuton + pasir laut dapat memengaruhi kondisi Spesifikasi dan bisa digunakan atau tidak sebagai perkerasan jalan:

1. Asbuton 0% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai VMA 35,16%, 26,35%, 24,05 dan 15,32% memenuhi spesifikasi binamarga.
2. Asbuton 10% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai VMA 34,70%, 25,88%, 23,92 dan 15,32% memenuhi spesifikasi binamarga.
3. Asbuton 20% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10% dan 20% memperoleh nilai VMA 34,47%, 25,71 dan 23,36% tetapi untuk kadar 30% memperoleh nilai 15,32%.
4. Asbuton 30% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10% dan 20% memperoleh nilai VMA 34,18%, 25,61 dan 23,32% tetapi untuk kadar 30% memperoleh nilai 14,60%.

Dari hasil yang didapatkan nilai masing masing benda uji komposisi Asbuton dan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina marga dengan nilai minimum berada pada angka 15%.

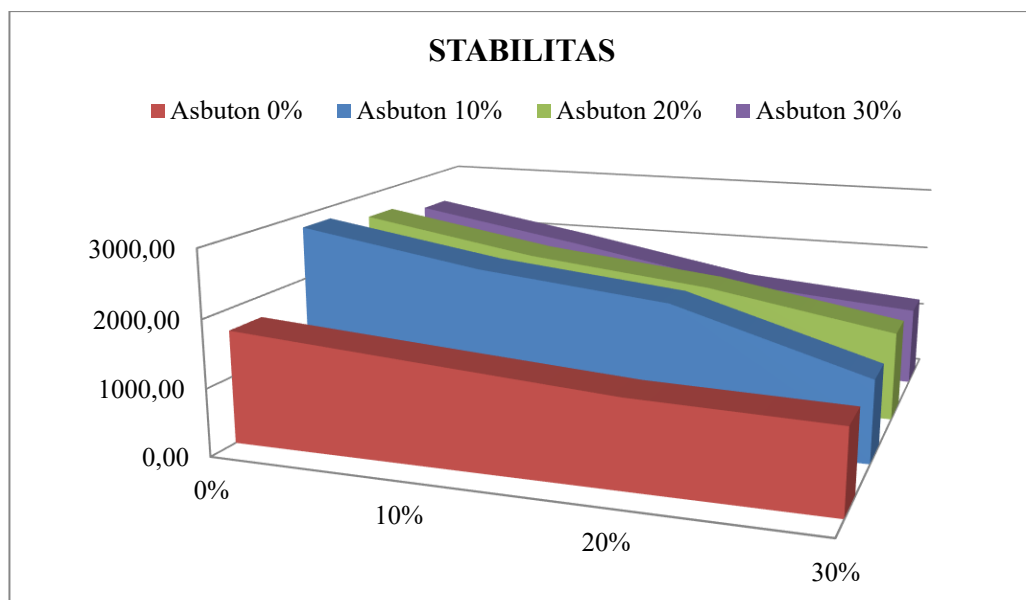
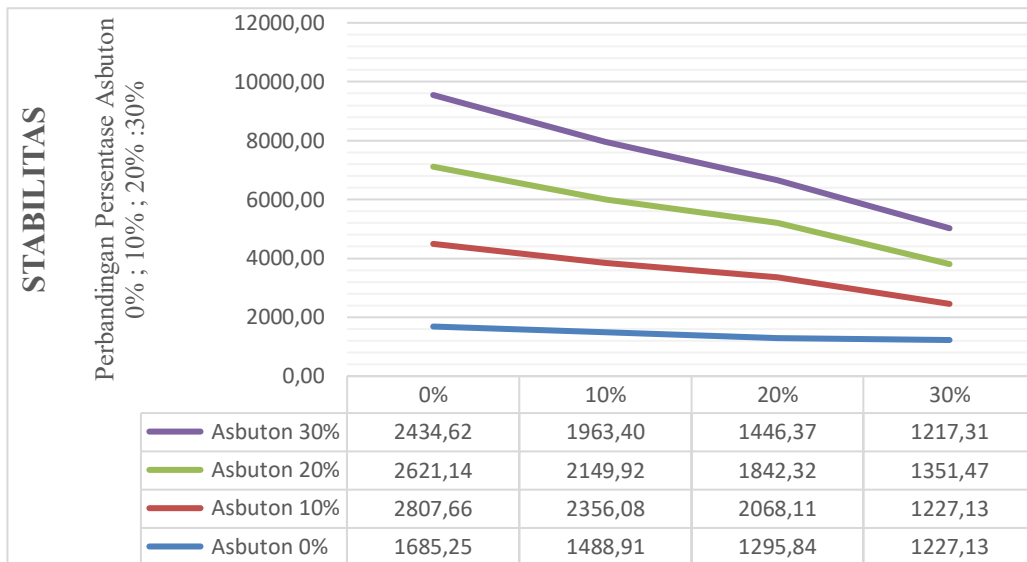


Gambar 7. Rekapitulasi VFB Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut

Rongga terisi aspal (VFB) pada kadar 0%, 2%, 4% kondisi sesuai Spesifikasi dan dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil Rongga terisi aspal (VFB) terbesar adalah:

1. Asbuton 0% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai VFB 86.86%, 84.48%, 84,91 dan 81.58% memenuhi spesifikasi binamarga.
2. Asbuton 10% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai VFB 88,6%, 86.56%, 85,51 dan 81.58% memenuhi spesifikasi binamarga.
3. Asbuton 20% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai VFB 89.52%, 87.31%, 88,18 dan 86,63% memenuhi spesifikasi binamarga.
4. Asbuton 30% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai VFB 90,66%, 87,80%, 88,38 dan 86,33% memenuhi spesifikasi binamarga.

Dari hasil yang didapatkan nilai masing masing benda uji komposisi Asbuton dan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina marga dengan nilai minimum berada pada angka 65%.

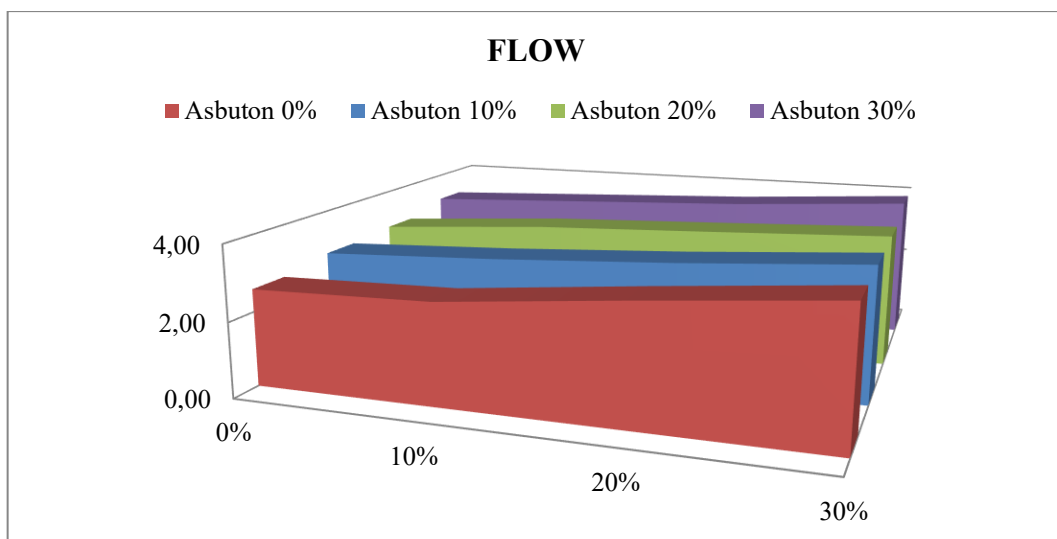
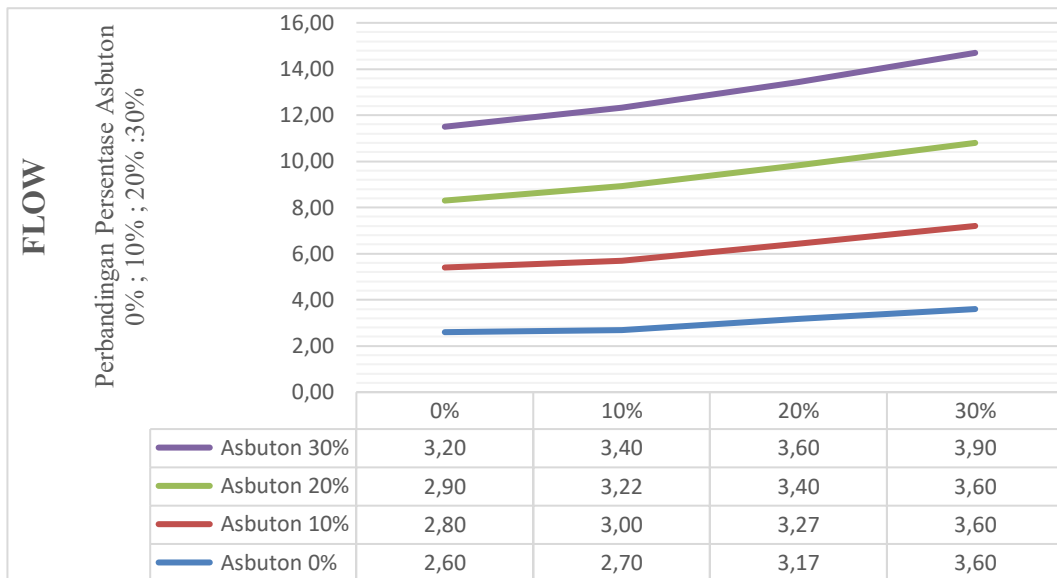


Gambar 8. Rekapitulasi Stabilitas Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut

Pada Grafik Stabilitas pada kadar 0%, 10%, 20% dan 30 kondisi sesuai Spesifikasi dan dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil Staabilitas terbesar adalah:

1. Asbuton 0% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai Staabilitas 1685.25 kg, 1488.91 kg, 1295.84 kg dan 1227.13 kg memenuhi spesifikasi binamarga.
2. Asbuton 10% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai Staabilitas 2807.66 kg, 2356.08 kg, 2068.11 kg dan 1858.69 kg memenuhi spesifikasi binamarga.
3. Asbuton 20% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai Staabilitas 2621.14 kg, 2149.92 kg, 1842.32 kg dan 1351.47 kg memenuhi spesifikasi binamarga.
4. Asbuton 30% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai Staabilitas 2434.62 kg, 1963.40 kg, 1446.37 kg dan 1217.31 kg memenuhi spesifikasi binamarga.

Berdasarkan hasil yang didapatkan, nilai masing masing benda uji komposisi Asbuton dan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina marga dengan nilai minimum berada pada angka 800 kg.

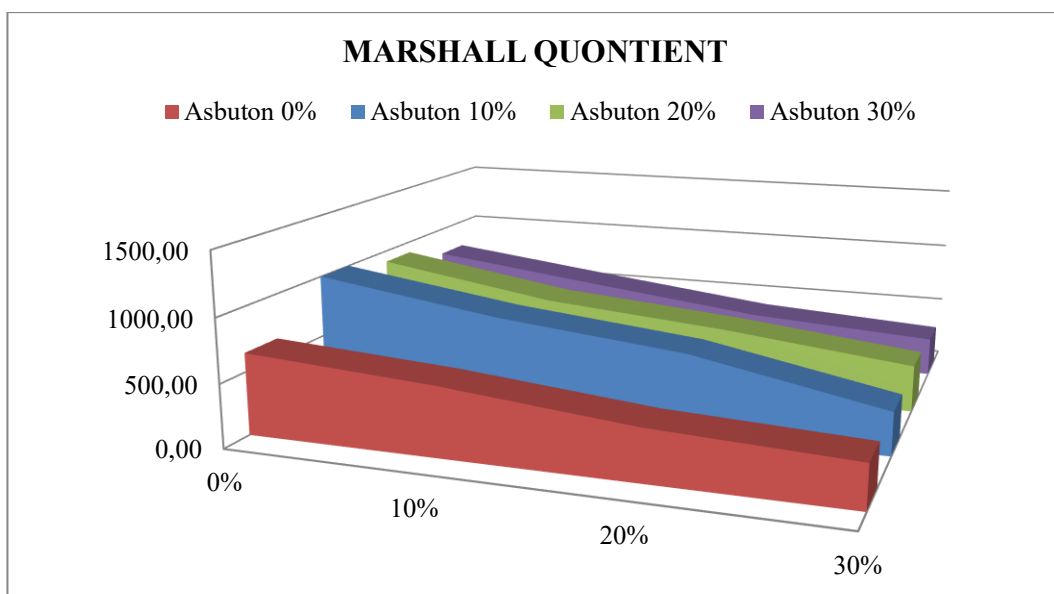
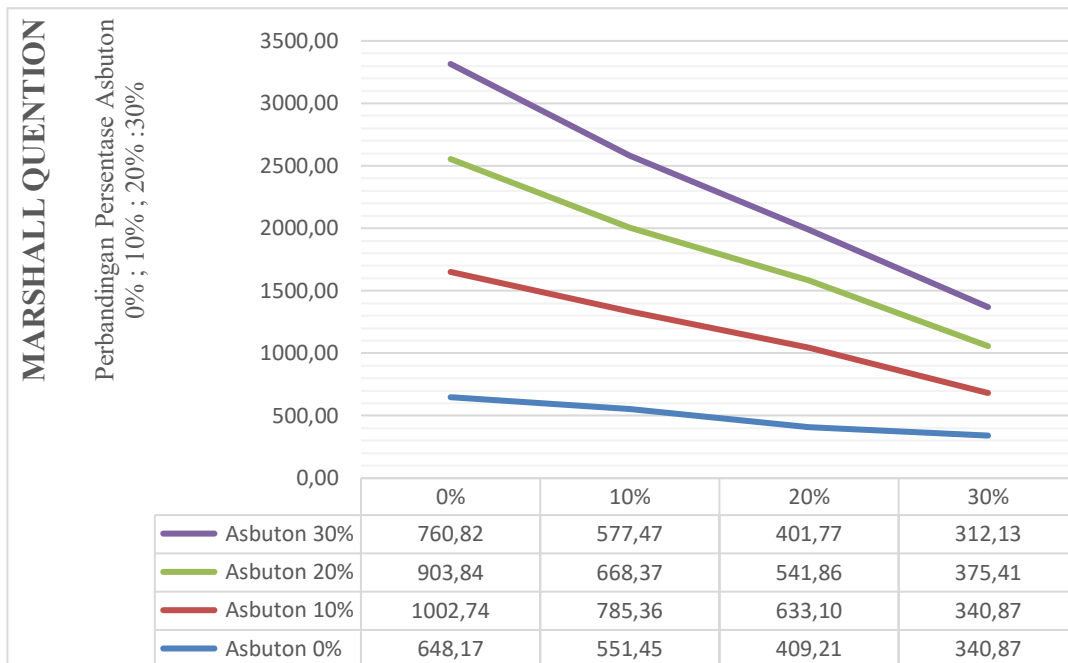


Gambar 9. Rekapitulasi *Flow* Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut

Flow pada kadar 0%, 2%, 4% kondisi sesuai Spesifikasi dan dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil *Flow* terbesar adalah:

1. Asbuton 0% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai *Flow* 2,60 mm, 2,70 mm, 3,17 mm dan 3,60 mm memenuhi spesifikasi binamarga
2. Asbuton 10% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai *Flow* 2,80 mm, 3,00 mm, 3,27 mm dan 3,60 mm memenuhi spesifikasi binamarga
3. Asbuton 20% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai *Flow* 2,90 mm, 3,22 mm, 3,40 mm dan 3,60 mm memenuhi spesifikasi binamarga
4. Asbuton 30% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai *Flow* 3,20 mm, 3,40 mm, 3,60 mm dan 3,90 mm memenuhi spesifikasi binamarga

Syarat spesifikasi dari Bina marga untuk nilai *flow* yaitu minimum 2,00 mm dan untuk nilai maksimum adalah 4,00 mm.



Gambar 10. Rekapitulasi MQ Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut

Marshall Question (MQ) pada kadar 0%, 2%, 4% kondisi sesuai Spesifikasi dan dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil *Marshall Question* (MQ) terbesar adalah

1. Asbuton 0% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai MQ 648.17 kg/mm, 551.45 kg/mm, 409.21 kg/mm dan 340.87 kg/mm memenuhi spesifikasi binamarga
 2. Asbuton 10% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai MQ 1002.74 kg/mm, 785.36 kg/mm, 633.10 kg/mm dan 340.87 kg/mm memenuhi spesifikasi binamarga
 3. Asbuton 20% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai MQ 903.84 kg/mm, 668.37 kg/mm, 541.86 kg/mm dan 375.41 kg/mm memenuhi spesifikasi binamarga
 4. Asbuton 30% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai MQ 760.82 kg/mm, 577.47 kg/mm, 401.77 kg/mm dan 312.13 kg/mm memenuhi spesifikasi binamarga
- Syarat spesifikasi dari Bina marga untuk nilai MQ belum adaa (-).

4 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka untuk *job mix design* pada pengujian marshall mendapatkan nilai VIM dengan kadar Asbuton 0% dan 10% dengan nilai 3,79% dan 3,43% dimana hasil pengujian tersebut memenuhi spesifikasi dari Bina Marga tahun 2018 revisi ke-2 sehingga campuran aspal dapat digunakan untuk kondisi jalan namun untuk kadar Asbuton 20%, dan 30% dengan nilai 2,90% dan 2,76% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dari Bina Marga tahun 2018 revisi ke-2 dengan nilai minimum berada pada angka 3.00 % dan maksimum berada pada angka 5.00%.
- b. Berdasarkan hasil pengujian Marshall yang telah dilakukan, substitusi asbuton dan pasir laut dengan kadar yang ditambah maka terjadi penurunan stabilitas. Nilai stabilitas keseluruhan memenuhi spesifikasi Bina Marga. Nilai VIM (*Void in The Mineral Agregat*) dan VMA (*Void in The Mineral Agregat*) juga ikut terpengaruhi. Nilai VMA (*Void in The Mineral Agregat*) hampir keseluruhan memenuhi spesifikasi kecuali pada kombinasi Asbuton 20% + Pasir laut 30% dan Asbuton 30% + Pasir laut 30%. Nilai VIM (*Void in The Mix*) yang memenuhi spesifikasi pada Bina Marga hanya pada benda uji dengan kombinasi kadar Asbuton 0% + Pasir laut 0%, 10% dan 20%, kadar Asbuton 10% + Pasir laut 0%, 10% dan 20%, kadar Asbuton 20% + Pasir laut 0%, dan %, kadar Asbuton 30% + Pasir laut 0%, dan 10%, Nilai *Flow*, VFB dan MQ (*Marshall Quotient*) keseluruhan memenuhi spesifikasi. *Job Mix Design* terbaik terdapat pada terdapat pada komposisi Asbuton 0% + Asbuton 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Gaus, "Penggunaan Pasir Laut Sanana Untuk Campuran Aspal Concrete," *J. Sipil Sains*, vol. 07, no. 13, pp. 1–10, 2017.
- [2] A. Bestari, "Studi Penggunaan Pasir Pantai Bakau Sebagai Campuran Aspal Beton Jenis Hot Rolled Sheet (Hrs)," *Anterior J.*, vol. 12, no. 2, pp. 13–22, 2013, doi: 10.1088/1751-8113/44/8/085201.
- [3] R. Ramlan and N. Pradhani, "Studi Pemanfaatan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Beton Aspal," *Maj. Ilm. Mektek*, vol. 1, 2008.
- [4] R. Adolph, "Karakteristik Campuran Beraspal Jenis (Asphalt Concrete Binder Coarse) Ac/Bc Menggunakan Pasir Alam Kampar Dengan Pengujian Marshall Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010," *Jom Fteknik*, vol. 2, no. 1, 2015.
- [5] R. Cahyadi, R. Sylviana, and E. Yulius, "Perbandingan Nilai Stabilitas Penggunaan Filler Serbuk Kulit Kerang Dengan Abu Batu Pada Campuran Beton Aspal," *Resultan J. Kaji. Teknol.*, vol. 15, no. 2, pp. 1–12, 2015.
- [6] A. Maulana, K. Erwan, and E. Sulandari, "Karakteristik Kekuatan Campuran Beraspal Akibat Air Laut," *Jelast J. Tek. Kelaut. , PWK , Sipil, dan Tambang*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2014, [Online]. Available: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/8492>.
- [7] Direktorat Jenderal Bina Marga, "Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2) Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan," *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018*, no. Revisi 2, pp. 1–1036, 2018.