

Studi Penggunaan Batu Kapur Kalipucang sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Beton Aspal Jenis AC-BC

LUCKY BUDIMAN, SILVIA SUKIRMAN

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
Email: luckybudimann@gmail.com

ABSTRAK

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat, berfungsi melayani beban lalu lintas. Agregat yang biasa digunakan untuk perkerasan jalan adalah batu pecah dan bahan lainnya. Batu kapur adalah batuan sedimen yang terusun dari kalsium karbonat (CaCO_3) dalam bentuk mineral kalsit. Batu kapur merupakan salah satu mineral industri yang banyak digunakan oleh sektor industri dan konstruksi. Tujuan penelitian ini antara lain untuk mengetahui karakteristik batu kapur dan penggunaan batu kapur Kalipucang sebagai substitusi agregat halus dari campuran beton aspal jenis AC-BC, dengan penambahan batu kapur sebanyak 50% dari dari agregat halus. Berdasarkan hasil analisis data pengujian didapatkan nilai stabilitas dari beton aspal substitusi batu batu kapur lebih tinggi dibandingkan dengan campuran beton aspal tanpa batu kapur, yaitu 1.800 kg untuk campuran substitusi batu kapur dan 1.600 kg untuk campuran tanpa batu kapur. Sifat volumetrik beton aspal dari kedua campuran yaitu VMA, VIM, dan VFA memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

Kata kunci: laston AC-BC, batu kapur, substitusi

ABSTRACT

The pavement street is a mixture between of aggregates and binders, the function is serving the traffic load. The aggregate commonly used for street pavement are broken stone and other materials. Limestone is sedimentary rock are composed of calcium carbonate (CaCO_3) in the mineral form of calcite. Limestone is one of a mineral an industry that is much used by the industrial and construction sectors. The purpose of this research include to know characteristic limestone and the use of limestone Kalipucang as a substitution of fine aggregate from a mixture of asphalt concrete of AC-BC, by the addition of limestone 50% of the fine aggregate. Based on the results of data analysis testing obtained the value of the stability from concrete asphalt the substitution of limestone higher than being with a mixture of asphalt concrete without limestone, that is 1,800 kg to mixed the substitution of limestone and 1,600 kg to mix without limestone. Volumetric properties of asphalt concrete of two mixtures is VMA, VIM, and VFA meet specifications which has been determined.

Keywords: laston AC-BC, limestone, substitution

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang, dimana pembangunan sarana dan prasarana transportasi semakin diperhatikan agar mobilisasi kebutuhan pokok masyarakat dapat terpenuhi. Faktor utama yang diperhatikan dalam kemudahan mobilisasi adalah prasarana yang memadai atau jalan yang layak dan dapat menjangkau seluruh daerah, sehingga terjadi pemerataan pada seluruh daerah di Indonesia.

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang perlu diperhatikan, karena jalan berfungsi menghubungkan satu daerah dengan daerah lainnya. Material utama dari perkerasan adalah agregat, yaitu 90-95% dari berat campuran perkerasannya atau 75-85% agregat berdasarkan volume. Daya dukung lapisan perkerasan ditentukan berdasarkan sifat butiran agregat dan gradasinya. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal dan semen sebagai pembentuk lapisan perkerasan kedap air, oleh karena itu kualitas dari perkerasan jalan ditentukan berdasarkan sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Penelitian ini menggunakan batu kapur sebagai substitusi agregat campuran beton aspal, dengan menambahkan batu kapur sampai didapatkan persentase optimum dari campuran aspal modifikasi jenis AC-BC. Melimpahnya batu kapur di daerah Kalipucang diharapkan dapat menjadi salah satu material tambah pada agregat, sehingga mengurangi penggunaan batu pecah dan kekuatan yang dihasilkan sama dengan penggunaan batu pecah sebagai campuran aspal.

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui karakteristik fisik dari batu kapur sebagai bahan campuran AC-BC.
2. Meneliti karakteristik campuran beton aspal jenis AC-BC dengan menggunakan batu kapur sebagai substitusi agregat halus.

Ruang lingkup dari pembahasan ini adalah:

1. Penggunaan material substitusi yaitu batu kapur Kalipucang, Pangandaran.
2. Kandungan kimia batu kapur tidak diperhitungkan.
3. Penambahan batu kapur hanya 50% dari campuran agregat halus, berdasarkan pada penelitian (Hasan, 2014) nilai maksimal dari stabilitas dan sifat volumetrik beton aspal pada saat 50% penambahan batu kapur.
4. Spesifikasi yang digunakan adalah Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal, Divisi 6, 2010 Revisi 3 yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum.
5. Penelitian dilakukan di Laboratorium Material Perkerasan Jalan, Institut Teknologi Nasional Bandung.
6. Aspal yang digunakan adalah aspal dengan Pen. 60.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Metode pengujian Marshall merupakan pengujian beton aspal menggunakan alat Marshall dengan cara menekan benda uji sampai didapatkan nilai dari stabilitas dan *flow*. Hasil pengamatan pada pengujian Marshall didapatkan beberapa parameter Marshall yaitu volume rongga antar butir agregat di dalam beton aspal (*VMA*), volume rongga udara dalam campuran beton aspal padat (*VIM*), volume rongga antar butir agregat yang terisi aspal (*VFA*) dan *Marshall Quotient (MQ)* yang digunakan untuk mencari Kadar Aspal Optimum dari campuran beton aspal.

Perhitungan parameter Marshall berdasarkan (Sukirman, 2012) dapat menggunakan persamaan berikut:

1. Perhitungan *VMA*

Perhitungan volume rongga antar butir campuran agregat (*VMA*), dapat dihitung menggunakan **Persamaan 1**.

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} * P_s}{G_{sb}} \quad \dots(1)$$

halmana:

P_s = kadar agregat terhadap berat beton aspal padat (%),

G_{sb} = berat jenis bulk dari agregat pembentuk beton aspal padat,

G_{mb} = berat jenis bulk dari beton aspal padat.

2. Perhitungan *VIM*

Perhitungan volume rongga dalam beton aspal padat (*VIM*), dapat dihitung menggunakan **Persamaan 2**.

$$VIM = 100 * \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad \dots(2)$$

halmana:

G_{mm} = berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan,

G_{mb} = berat jenis bulk dari beton aspal padat.

3. Perhitungan *VFA*

Perhitungan volume rongga antar butir agregat yang terisi aspal (*VFA*), dapat dihitung menggunakan **Persamaan 3**.

$$VFA = 100 * \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \quad \dots(3)$$

halmana:

VMA = volume rongga antar butir campuran agregat (%),

VIM = volume rongga dalam beton aspal padat (%).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan melalui penelitian di Laboratorium dan mengacu pada spesifikasi umum yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum. Pada penelitian ini digunakan batu kapur Kalipucang sebagai substitusi sebagian agregat halus beton aspal AC-BC, dengan mengganti sebagian agregat halus sebesar 50%. Hasil dari beton aspal menggunakan batu kapur akan dibandingkan dengan beton aspal tanpa batu kapur agar dapat dilihat perbedaan dari kedua campuran tersebut. Tahapan pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:

1. Material pembentuk beton aspal yang terdiri dari batu pecah dan batu kapur dilakukan pengujian terlebih dahulu, pengujian yang dilakukan yaitu: berat jenis dan penyerapan, keausan agregat, kekerasan agregat dan kelakatan agregat terhadap aspal.
2. Pengujian bahan pengikat beton aspal meliputi: daktilitas, titik lembek, berat jenis, penetrasi, titik nyala dan titik bakar.

3. Setelah dilakukan persiapan dan pengujian benda uji dibuat campuran beton aspal dengan komposisi agregat yang sesuai dengan spesifikasi dan dihitung kadar aspal acuan menggunakan persamaan:

$$KAA = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%Filler) + K$$

CA = persen agregat tertahan saringan No.8

FA = persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200

$Filler$ = persen agregat minimal 75% lolos No.200

K = konstanta (0,5-1,0 untuk lapisan aspal beton)

Nilai KAA pada penelitian ini adalah 5,5%, sehingga variasi yang digunakan adalah 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7%. Dibuat benda uji dengan satu kadar aspal 3 buah benda uji, total benda uji yang dibuat adalah 18 benda uji tanpa batu kapur dan 18 benda uji substitusi sebagian agregat halus menggunakan batu kapur.

4. Benda uji didiamkan selama ± 24 jam dan kemudian di timbang berat keringnya, selanjutnya benda uji direndam dalam air selama ± 24 jam untuk mengetahui berat dalam air dan SSD dari benda uji.
5. Benda uji dilakukan pengujian menggunakan alat Marshall setelah direndam dalam air dengan suhu 60°C selama 30 menit, dari hasil pengujian Marshall didapatkan karakteristik dari beton aspal yaitu: stabilitas, $flow$, VMA , VIM , dan VFA . Spesifikasi untuk sifat campuran laston dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Sifat Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran	Laston		
	Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75	112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal edektif	Min.	1	
	Maks.	1,4	
Rongga dalam Campuran (%)	Min.	3	
	Maks.	5	
Rongga dalam Agregat (VMA)(%)	Min.	15	13
Rongga Terisi Aspal	Min.	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800	1800
Pelelehan (mm)	Min.	2	3
	Maks.	4	6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90	
Rongga dalam Campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2	

(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2010 Revisi 3)

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat dan Batu Kapur

Pemeriksaan agregat dan batu kapur sebagai substitusi pada agregat halus dilakukan untuk mengetahui dapat digunakannya batu kapur sebagai agregat halus pada campuran beton aspal. Pemeriksaan agregat ini mengikuti prosedur pengujian SNI yang dilakukan di Laboratorium Material Perkerasan Jalan Itenas. Dari hasil pemeriksaan didapatkan nilai berat jenis dari agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 2** dan nilai berat jenis dari Batu Kapur pada **Tabel 3**.

Tabel 2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Bukaan (mm)	Ukuran Ayakan	Berat Jenis			Efektif	Penyerapan (%)
		Bulk	Permukaan Jenuh	Semu (<i>Apparent</i>)		
1,18	No.16	2,497	2,568	2,689	2,593	2,859
0,6	No.30	2,504	2,565	2,668	2,586	2,459
0,3	No.50	2,454	2,527	2,646	2,550	2,965
0,15	No.100	2,656	2,707	2,800	2,728	1,937
0,075	No.200	2,439	2,498	2,591	2,515	2,417

Tabel 3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus Batu Kapur

Bukaan (mm)	Ukuran Ayakan	Berat Jenis			Efektif	Penyerapan (%)
		Bulk	Permukaan Jenuh	Semu (<i>Apparent</i>)		
1,18	No.16	2,590	2,600	2,616	2,603	0,381
0,6	No.30	2,538	2,581	2,652	2,595	1,688
0,3	No.50	2,562	2,601	2,666	2,614	1,523
0,15	No.100	2,684	2,685	2,687	2,686	0,040
0,075	No.200	2,687	2,690	2,694	2,691	0,100

Dari hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan berat jenis batu kapur tidak jauh berbeda dengan agregat halus, namun nilai penyerapan dari batu kapur lebih kecil dibandingkan dengan agregat halus biasa. Batu kapur dapat digunakan sebagai campuran, karena nilai penyerapan dari batu kapur memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu maksimal 3%.

4.2 Hasil Pemeriksaan Aspal

Hasil pemeriksaan aspal untuk campuran aspal tanpa batu kapur dan dengan penggunaan batu kapur dapat dilihat pada **Tabel 4**.

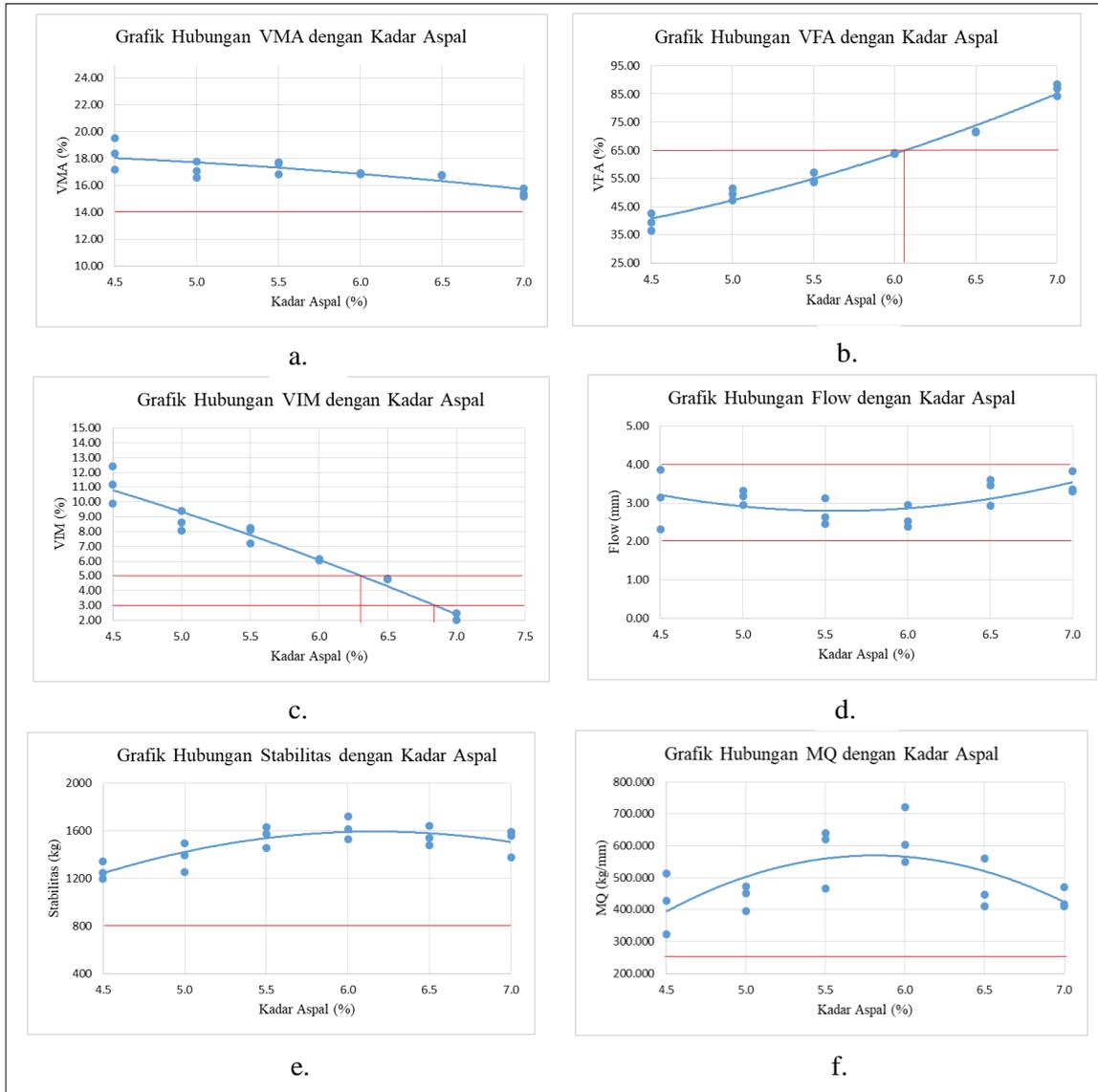
Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Aspal

Jenis Pengujian	Satuan	Nilai Pemeriksaan	Spesifikasi	
			Min.	Maks.
Penetrasi	0,1 mm	67	60	70
Titik Lembek	°C	52	48	
Titik Nyala	°C	327,5	232	
Indeks Penetrasi		0,018		
Daktilitas	cm	> 150	100	
Berat Jenis		1,038	1	

Dari hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa aspal memenuhi spesifikasi aspal penetrasi 60, sehingga aspal dapat digunakan sebagai bahan pengikat beton aspal AC-BC.

4.3 Hasil Pengujian Marshall

Dari hasil pengujian Marshall didapatkan sifat volumetrik beton aspal yang digunakan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Penentuan KAO untuk campuran beton aspal tanpa batu kapur dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.



Gambar 1. Grafik hubungan parameter Marshall kadar aspal.

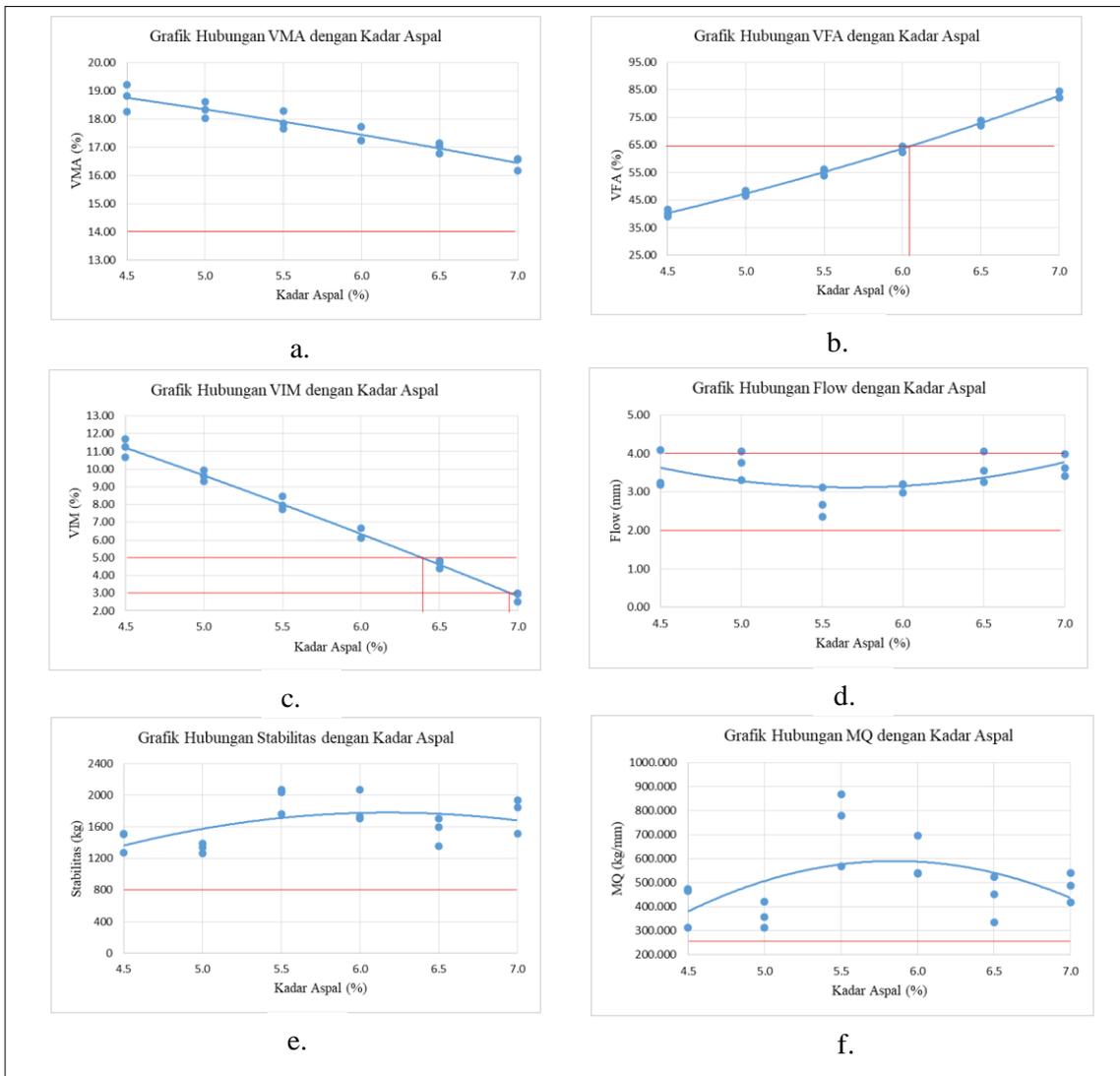
Parameter Marshall	Kadar Aspal (%)						
	4,5	5	5,5	6	6,5	6,8	7
VMA	[Bar chart showing VMA values across asphalt percentages]						
VFA	[Bar chart showing VFA values across asphalt percentages]						
VIM	[Bar chart showing VIM values across asphalt percentages]						
Stabilitas	[Bar chart showing Stabilitas values across asphalt percentages]						
Flow	[Bar chart showing Flow values across asphalt percentages]						
KAO (%)	6,55						

Gambar 2. Penentuan Kadar Aspal Optimum berdasarkan parameter Marshall

Dari hasil pemeriksaan diatas nilai stabilitas, *flow*, *VMA*, *VIM*, dan *VFA* telah memenuhi Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal, Divisi 6, 2010 Revisi 3, maka agregat batu pecah dapat digunakan sebagai agregat halus beton aspal AC-BC, nilai KAO untuk campuran tanpa batu kapur adalah 6,55%.

Studi Penggunaan Batu Kapur Kalipucang
sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Beton Aspal Jenis AC-BC

Penentuan KAO untuk campuran beton aspal substitusi agregat halus batu kapur dapat dilihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



Gambar 3. Grafik hubungan parameter Marshall dengan kadar aspal.

Parameter Marshall	Kadar Aspal (%)					
	4,5	5	5,5	6	6,5	7
VMA	[Bar chart showing VMA values for each asphalt content]					
VFA	[Bar chart showing VFA values for each asphalt content]					
VIM	[Bar chart showing VIM values for each asphalt content]					
Stabilitas	[Bar chart showing Stabilitas values for each asphalt content]					
Flow	[Bar chart showing Flow values for each asphalt content]					
KAO (%)	6,63					

Gambar 4. Penentuan Kadar Aspal Optimum berdasarkan parameter Marshall

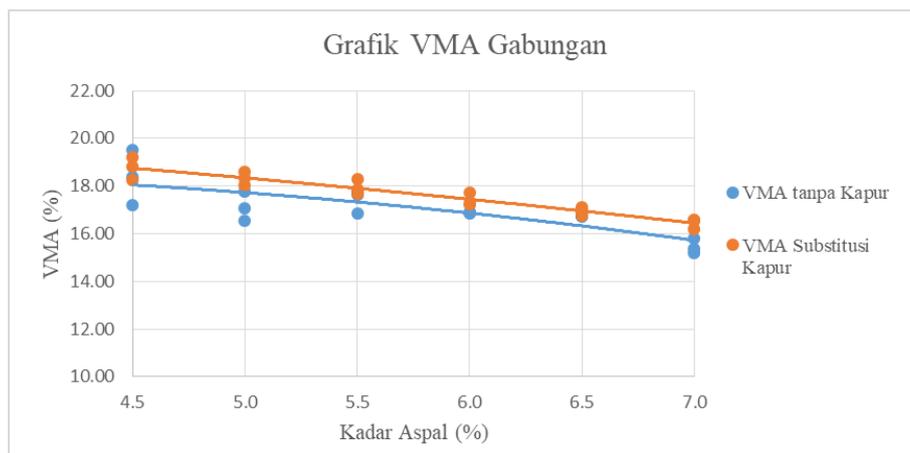
Dari hasil pemeriksaan diatas nilai stabilitas, *flow*, *VMA*, *VIM*, dan *VFA* telah memenuhi Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal, Divisi 6, 2010 Revisi 3, maka batu kapur Kalipucang dapat digunakan sebagai substitusi agregat halus beton aspal AC-BC, nilai KAO untuk Campuran Substitusi Batu Kapur 6,7%.

4.4 Analisis Data Volumetrik Kedua Jenis Campuran

Hasil pengujian Marshall yang didapatkan sifat volumetrik beton aspal tanpa penggunaan batu kapur dan sifat volumetrik beton aspal dengan penggunaan batu kapur, dari kedua hasil tersebut dibandingkan untuk mengetahui apakah batu kapur dapat digunakan sebagai substitusi agregat halus.

1. Analisis Volume Rongga Antar Butir Agregat (*VMA*)

Nilai dari *VMA* beton aspal dengan batu kapur lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *VMA* tanpa penggunaan batu kapur, tingginya nilai *VMA* pada campuran tanpa penggunaan batu kapur agregat saling mengisi sehingga rongga antar butir lebih kecil, sedangkan penggunaan batu kapur sebagai substitusi pada agregat halus tidak dapat mengisi rongga antar agregat, hal ini kemungkinan agregat halus dari batu kapur tersebut tidak dapat berfungsi sebagai pengisi rongga antar agregat. Hasil dari kedua nilai *VMA* dapat dilihat pada **Gambar 5**.

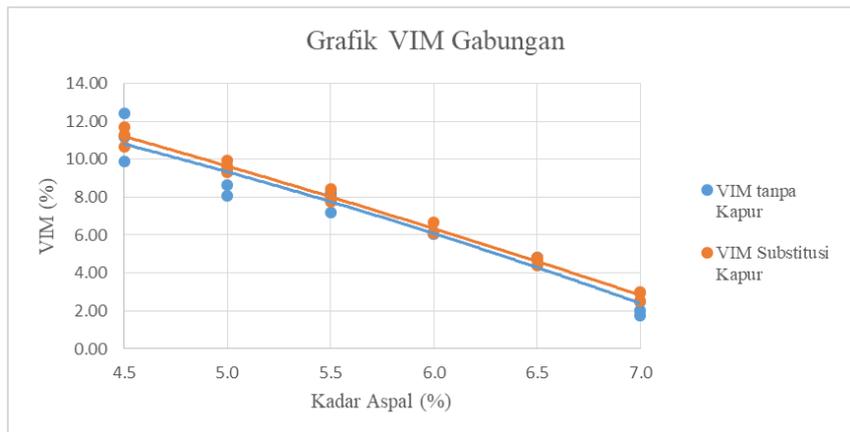


Gambar 5. Grafik VMA Gabungan

2. Analisis Volume Rongga Udara dalam Beton Aspal (*VIM*)

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai *VIM* dari penggunaan batu kapur sebagai substitusi agregat halus lebih besar dari pada agregat tanpa batu kapur, besarnya nilai pori yang dimiliki pada campuran substitusi batu kapur kurang terisi oleh aspal, aspal yang kurang mengisi pori batu kapur dikarenakan batu kapur memiliki sifat *hydrophobic* sehingga aspal tidak mampu mengisi pori campuran. Hasil dari kedua nilai *VIM* dapat dilihat pada **Gambar 6**.

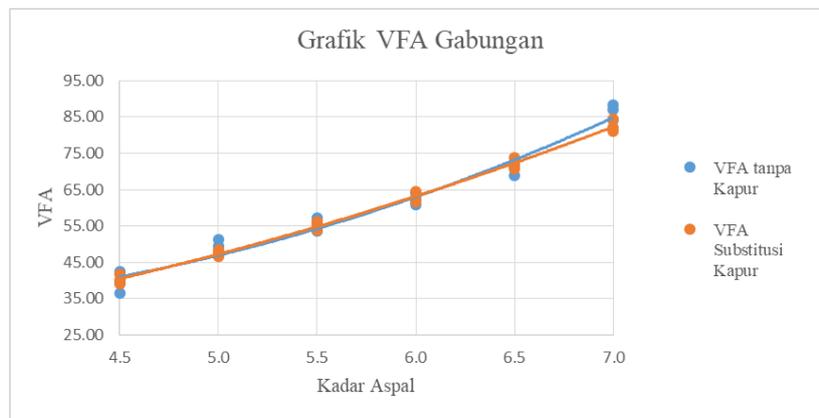
Studi Penggunaan Batu Kapur Kalipucang
sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Beton Aspal Jenis AC-BC



Gambar 6. Grafik VIM Gabungan

3. Analisis Volume Rongga Antar Butir Agregat (*VFA*)

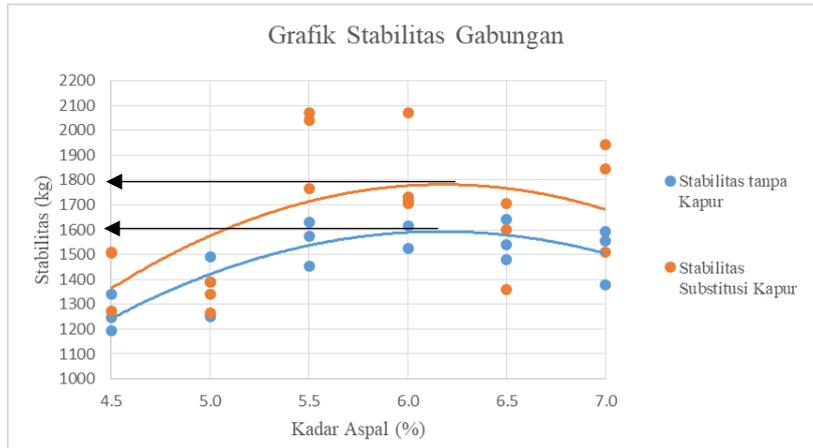
Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai *VFA* dari penggunaan batu kapur sejajar dengan nilai *VFA* tanpa batu kapur, tetapi pada kadar aspal yang lebih besar nilai *VFA* batu kapur lebih kecil dibandingkan nilai *VFA* tanpa batu kapur, hal ini dikarenakan nilai penyerapan dari batu kapur kecil yang menyebabkan aspal tidak masuk atau aspal susah untuk mengisi rongga, sehingga rongga yang terisi oleh aspal lebih sedikit. Aspal yang berfungsi mengisi rongga menjadi menyelimuti butir agregat batu kapur, nilai *VFA* batu kapur yang kecil didukung oleh nilai *VMA* campuran batu kapur yang besar. Hasil dari kedua nilai *VFA* dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Grafik VFA Gabungan

4. Analisis Stabilitas

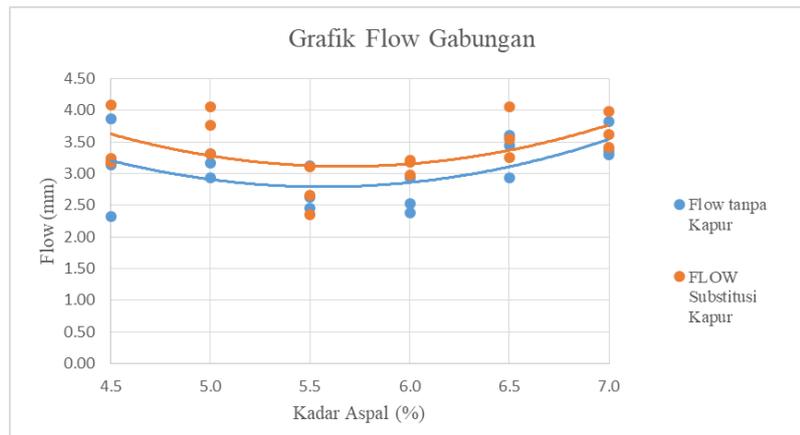
Nilai stabilitas semakin meningkat dengan bertambahnya kadar aspal, kemudian akan turun lagi pada kadar aspal 6,63% baik pada campuran tanpa batu kapur maupun pada penggunaan substitusi agregat halus pada batu kapur. Hasil pengujian didapatkan nilai stabilitas maksimum tanpa penggunaan batu kapur yaitu 1.600 kg lebih rendah dibandingkan nilai stabilitas penggunaan batu kapur yaitu 1.800 kg. Tingginya nilai stabilitas dari penggunaan batu kapur sebagai substitusi pada agregat halus disebabkan gesekan internal dari butir agregat batu kapur yang baik sehingga nilai stabilitas lebih tinggi. Hasil dari kedua nilai stabilitas dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Grafik Stabilitas Gabungan

5. Analisis *Flow*

Nilai *flow* untuk penggunaan batu kapur sebagai substitusi agregat halus lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa penggunaan batu kapur. Tingginya nilai *flow* pada campuran batu kapur, kemungkinan aspal yang menyelimuti lebih tebal dibandingkan tanpa kapur, sehingga nilai kelelahan menjadi lebih besar. Hasil dari kedua nilai *flow* dapat dilihat pada **Gambar 9**.

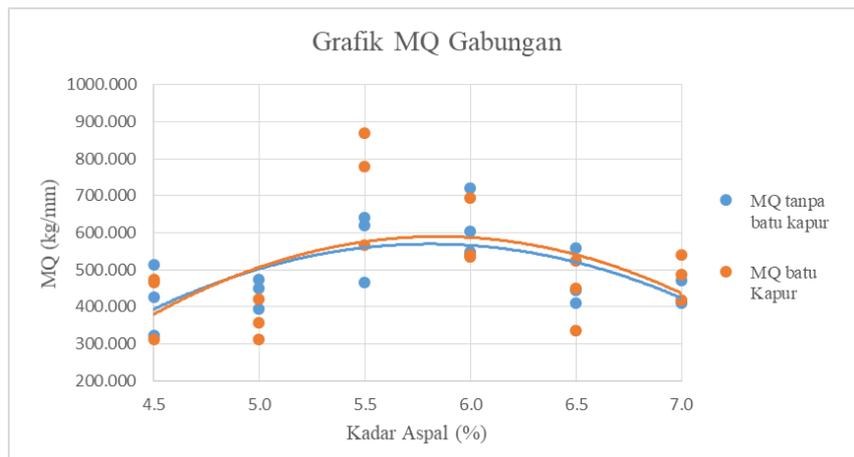


Gambar 9. Grafik *Flow* Gabungan

6. Analisis Marshall Quotient (*MQ*)

Nilai *MQ* dari hasil pengujian penggunaan batu kapur lebih rendah pada kadar aspal yang kecil dibandingkan dengan campuran tanpa batu kapur. kecilnya nilai *MQ* pada campuran batu kapur menunjukkan campuran getas, karena banyak butiran yang harus diselimuti oleh aspal. Sedangkan pada kadar aspal yang lebih besar nilai *MQ* lebih tinggi, nilai *MQ* yang tinggi pada substitusi batu kapur didukung oleh *interlocking* agregat yang baik, meskipun nilai *flow* lebih besar. Tingginya nilai *MQ* menunjukkan bahwa campuran menjadi lebih kuat tetapi kemungkinan terjadi alur atau kurang tahan terhadap deformasi. Hasil dari kedua nilai *MQ* dapat dilihat pada **Gambar 10**.

Studi Penggunaan Batu Kapur Kalipucang
sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Beton Aspal Jenis AC-BC



Gambar 10. Grafik MQ Gabungan

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data pengujian di laboratorium dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus batu kapur Kalipucang telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan untuk penggunaan agregat pada beton aspal, yaitu penyerapan dari agregat maksimal 3%.
2. Kadar aspal optimum untuk campuran tanpa batu kapur yaitu 6,55% dan untuk campuran substitusi batu kapur kadar aspaln optimumnya yaitu 6,63%.
3. Hasil analisis substitusi batu kapur pada agregat halus untuk aspek stabilitas menunjukkan hasil yang lebih baik. Sedangkan untuk nilai *VMA*, *VIM*, *VFA* untuk campuran substitusi batu kapur lebih besar dibanding tanpa batu kapur, hal ini mengindikasikan bahwa durabilitas dari campuran beton aspal berkurang karena rongga yang lebih besar.
4. Batu kapur Kalipucang dapat digunakan sebagai substitusi agregat halus, namun penggunaan sebagai substitusi akan maksimal bila digunakan untuk lalu lintas rendah, karena volume rongganya yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan campuran beton aspal tanpa batu kapur.

DAFTAR RUJUKAN

- Hasan, A. (2014). Pengaruh Penggunaan Batu Kapur Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Aspal Beton (AC-BC). *PILAR Jurnal Teknik Sipil*. 10 (2), 99-106.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). *Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal*, Divisi 6 (Campuran Aspal Panas), Revisi 3, Jakarta.
- Sukirman, S. (2012). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.