

PENGARUH PENGGUNAAN BATU KAPUR SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN ASPAL BETON (AC-BC)

Arfan Hasan¹⁾, Sumiati²⁾

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Polstri
Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang

¹⁾ E-mail: arfanhasanh@yahoo.co.id

²⁾ E-mail: cecesumi@yahoo.com

ABSTRAK

Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC) merupakan salah satu bagian dari perkerasan yang berfungsi sebagai lapis antara yang menahan beban maksimum akibat beban lalu lintas. Batukapur merupakan salah satu bahan mineral industri yang banyak digunakan oleh sektor industri, tapi belum termanfaat secara optimal sebagai bahan penstabilan jalan raya. Selama ini sebagai bahan pengisi pada aspal beton biasanya digunakan batu pecah, oleh sebab itu pada kesempatan ini penggunaan batu pecah sebagai agregat halus akan diganti dengan batukapur.

Dengan membuat benda uji marshall dengan variasi batu kapur sebagai pengganti agregat halus pada kadar 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100% serta kadar aspal yang direncanakan adalah 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 11%, 12%, dan 13% yang kemudian dibandingkan dengan aspal beton lapis AC-BC yang menggunakan agregat halus batu pecah, maka akan diketahui Kadar Aspal Optimum, stabilitas, kelelahan, VIM, VMA, VFA, dan MQ pada campuran aspal beton AC-BC yang menggunakan batu kapur sebagai pengganti agregat halus.

Berdasarkan hasil pengujian Marshall diperoleh KAO dengan proporsi batu kapur 0%, 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100% adalah 6,5%, 7,4%, 7,55%, 8,05%, 9,25%, dan 10,05%. Nilai untuk stabilitas proporsi batu kapur 0%, 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100% adalah 2400kg, 2600 kg, 2700 kg, 3200 kg, 2800 kg dan 2750 kg. Setelah dianalisa tentang kadar Aspal Optimum, stabilitas, kelelahan, VIM, VMA, VFA, dan MQ, bahwa penggunaan batu kapur sebagai pengganti agregat halus pada aspal beton AC-BC maksimum pada kadar 50%.

Kata kunci : *Aspal Beton (AC-BC), Batu Kapur, agregat Halus.*

PENDAHULUAN

Aspal beton merupakan suatu campuran yang terdiri dari aspal sebagai bahan pengikat dan Agregat sebagai bahan pengisinya, di mana agregat mengisi hampir 90-95% dari campuran aspal beton. Lapis aspal beton (Laston) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada dalam suhu tertentu. Lapis aspal beton berfungsi untuk mendapatkan lapis permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalan dan mampu memberikan daya dukung tertentu, juga berfungsi sebagai lapis kedap air yang gunanya melindungi konstruksi di bawahnya. Laston mempunyai sifat, antara lain harus tahan terhadap keausan akibat beban di atasnya, kedap air, nilai struktural yang baik, stabilitas yang tinggi, dan peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan.

Selama ini penggunaan campuran aspal beton masih memegang peranan penting karena memiliki

kelebihan, antara lain: waktu pelaksanaan mudah dan cepat, pemeliharaan minimal dan biaya pemeliharaan relatif murah, lapisan perkerasan dapat menerima perbedaan penurunan (differential settlement) yang agak besar dari tanah dasar. Dalam pembuatan jalan baru, peningkatan maupun pemeliharaan jalan di Indonesia kebanyakan menggunakan campuran aspal beton.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Divisi 6, Perkerasan Aspal (Bina Marga, 2010), agregat yang digunakan sebagai bahan pengisi untuk campuran aspal beton disyaratkan haruslah suatu bahan keras dan kaku, dimana selama ini menggunakan material berupa: pasir, kerikil, dan batu pecah.

Batuan merupakan bagian dari kerak bumi yang mengandung satu macam atau lebih mineral yang terikat sangat kuat. Berdasarkan proses pembentukannya batuan dapat dikategorikan (Sukirman, 2003), sebagai : Batuan Beku (Igneous Rock), contoh: granite, andesite, basalt dan

pumice/batu apung . Batuan Endapan (Sedimentary Rock), contoh: *claystone*, *siltstone*, *sandstone*, *breksi*, *limestone*/batukapur, *konglomerat*, batu garam. Batuan Metamorf (*Metamorphic Rock*), contoh: *gneiss*, *quartzite*, *slate*, *marble*. Batu kapur merupakan salah satu mineral industri yang banyak digunakan oleh sektor industri ataupun konstruksi, antara lain untuk bahan bangunan, batu bangunan bahan penstabil jalan raya, pengapuran, dan lain-lain. Batu kapur (Gamping) dapat terjadi dengan beberapa cara, yaitu secara organik, secara mekanik, atau secara kimia. Batu kapur atau batu gamping (*limestone*) termasuk batuan sedimen. Batuan sedimen sering pula disebut dengan batuan endapan. Batuan ini berwarna putih, kelabu, atau warna lain yang terdiri dari kalsium karbonat (CaCO₃). Agar dapat dipergunakan sebagai bahan struktur lapisan perkerasan jalan, batuan tersebut harus diolah terlebih dahulu menjadi: agregat kasar, agregat halus dan filler.

Pegunungan batukapur di Indonesia, banyak dijumpai antara lain di Jawa Barat (Serang, Padalarang, Tasikmalaya, Cibadak), Jawa Tengah (Nusa Kambangan, Gunung Kidul, Rembang, Klaten), Jawa Timur (Tuban, Pacitan, Malang, Madura), Sumatera (Kotaraja, Aceh, Nias, Jambi, Bengkulu), Kalimantan (Barito, Kutai, Kalimantan Barat, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah), Sulawesi (Tonnasa, Ujung Pandang), Maluku, Nusa Tenggara (Timor, Sumbawa), Papua (Kota Baru). Menurut Nyoman dan Gede (2010), yang melakukan penelitian mengenai abrasi/kekerasan batu kapur Nusa Penida dan Jimbaran, didapatkan nilai abrasi batu kapur Nusa Penida 27,28% dan batu kapur Jimbaran 27.56%, di mana lebih kecil dari standar mutu Bina Marga, yang mensyaratkan abrasi agregat kasar < 40%, jadi batu kapur dapat digunakan untuk campuran perkerasan jalan.

Berdasarkan penelitian (John P.Harris, 2007), bahwa kekerasan batu kapur yang berasal dari texas, memenuhi persyaratan sebagai agregat kasar untuk campuran aspal beton, yaitu < 25%. Dilihat secara sekilas, batu kapur dianggap kekerasannya sebanding dengan batu kerikil dari sungai yang telah digunakan secara luas untuk konstruksi jalan di Indonesia.

Dengan tersedianya banyak batu kapur di Indonesia, mendorong peneliti untuk mengadakan penelitian tentang batu kapur sebagai bahan alternatif agregat halus dalam campuran aspal beton.

Berdasarkan hal tersebut di atas, akan diteliti pengaruh penggunaan batu kapur sebagai pengganti agregat halus yang selama ini menggunakan batu pecah pada campuran aspal beton AC-BC, apakah akan memenuhi persyaratan karakteristik aspal

beton yang disyaratkan oleh Spesifikasi Umum Divisi 6, Perkerasan Aspal (Bina Marga, 2010), seperti: stabilitas, flow (kelelahan plastis), VIM (*void in the mix*) atau rongga udara pada campuran setelah pemadatan), VMA (*void filled with asphalt*) atau rongga udara yang terisi aspal), VFA (*void filled with asphalt*) atau rongga udara pada mineral agregat).

Dengan melakukan penelitian diharapkan akan menyelesaikan masalah, diantaranya:

- Bagaimanakah pengaruh penggunaan batu kapur sebagai pengganti agregat halus terhadap campuran aspal *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC)?
- Berapa kadar aspal optimum (KAO) campuran aspal beton *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC)?
- Berapa kadar aspal optimum (KAO) masing-masing proporsi kadar batu kapur pada campuran aspal beton *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC)?

Selain itu penelitian ini diharapkan bertujuan untuk:

- Mengetahui sifat fisik aspal, sifat fisik batu kapur, dan sifat fisik agregat.
- Mengetahui pengaruh penggunaan batu kapur sebagai pengganti agregat halus terhadap campuran aspal beton *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC).
- Mengetahui kadar aspal optimum (KAO) pada campuran aspal beton *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC).
- Mengetahui kadar aspal optimum (KAO) masing-masing proporsi kadar batu kapur pada campuran aspal beton *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC).

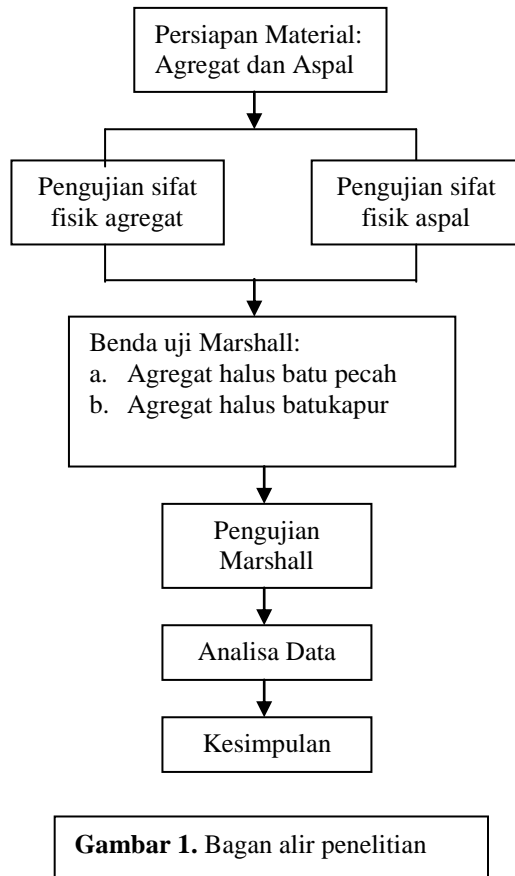
Selama ini batu kapur secara umum belum banyak digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan di Indonesia, dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memperluas penggunaan batukapur sebagai material perkerasan jalan.

METODE PENELITIAN

Agregat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu agregat kasar, agregat halus, dan batu kapur. Agregat kasar berupa batu pecah (*split*) ukuran 1-2, agregat halus berupa abu batupecah untuk campuran aspal normal yang berasal dari Kabupaten Lahat, sedangkan batu kapur sebagai pengganti agregat halus yang berasal dari Kota Serang, serta filler berupa semen tipe 1 merek Holcim.

Pada penelitian ini akan direncanakan aspal beton lapis *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) dengan menggunakan batu kapur sebagai pengganti

agregat halus pada kadar 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100% serta kadar aspal yang direncanakan adalah 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 11%, 12%, dan 13% yang kemudian dibandingkan dengan aspal beton lapis AC-BC yang menggunakan agregat halus batu pecah dari Lahat, yang menjadi acuan standarnya yaitu Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal (Bina Marga, 2011). Penelitian ini dilakukan di laboratorium Rekayasa Bahan Politeknik Negeri Sriwijaya, dengan bagan alir penelitian seperti Gambar 1.



Secara umum tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini sesuai Gambar 1, dan dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Material berupa agregat batu pecah dan batu kapur dan aspal yang telah disiapkan, dilakukan pengujian meliputi: berat jenis dan penyerapan, analisa saringan, keausan agregat, kekerasan agregat dan kadar lumpur. Sedangkan pengujian aspal meliputi: daktilitas, titik lembek, berat jenis, penetrasi, titik nyala dan titik bakar serta kehilangan berat.
- b. Setelah di dapat komposisi agregat yang sesuai dengan spesifikasi campuran yang akan dibuat dan kadar aspal rencana, kita dapat membuat benda uji. Dalam penelitian ini akan dibuat 15

benda uji sebagai pembanding yang terdiri dari 5 rentang kadar aspal rencana yaitu: 4%,5%,6%,7%,8%, yang akan dibandingkan dengan variasi agregat halus batu kapur yaitu: 10%, 25%, 50%, 75%, 100%. Masing-masing rentang kadar aspal dibuat 3 buah sampel untuk benda uji. Di dalam pencampuran benda uji dilakukan pemanasan terhadap agregat dengan suhu $\pm 160^{\circ}\text{C}$, sedangkan kadar aspal dengan suhu $\pm 152^{\circ}\text{C}$. Campuran yang telah siap dimasukkan kedalam *mold*. Selanjutnya dipadatkan dengan alat *hammer* sebanyak 2x75 tumbukan. Suhu pemadatan yaitu $\pm 147^{\circ}\text{C}$. Kemudian di amkan beberapa saat, setelah dingin benda uji dikeluarkan dari *mold*.

- c. Pengujian Marshall bertujuan untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan(*flow*). Analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk dilakukan dengan cara menimbang benda uji. Setelah proses pembuatan benda uji, maka benda uji didiamkan ± 24 jam, kemudian ditimbang untuk memperoleh berat kering udara. Benda uji tersebut kemudian direndam untuk mencari berat dalam air dan berat SSD. Pengujian marshall dilakukan dengan alat marshall, setelah benda uji terlebih dahulu direndam dalam air bersuhu 60°C . Dari hasil pengujian Marshall akan didapatkan nilai karakteristik marshall meliputi: berat jenis aspal beton, stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient* (MQ), Rongga Antara Mineral Agregat (VMA, *Void in Mineral Aggregate*), Rongga Udara dalam campuran (VIM, *Void in Mix*) dan Rongga Terisi aspal (VFA, *Void Fill with Asphalt*).
- d. Data nilai karakteristik marshall yang didapatkan kemudian dianalisa dengan kurva regresi untuk mendapatkan suatu kurva yang sesuai. Kemudian dibuat *barchat* untuk mendapatkan kadar aspal optimum untuk masing-masing kombinasi. Berdasarkan kadar aspal optimum, akan didapatkan nilai karakteristik marshall. Dari kelima kombinasi agregat yang menggunakan batukapur sebagai agregat halusnya kemudian dibuat histogram, untuk dapat disimpulkan berapa persen penggunaan batukapur yang memenuhi persyaratan sesuai Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan (2010) tentang sifat-sifat Campuran Lapisan aspal beton (AC-BC) yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Lapisan aspal beton (AC-BC)

Sifat-sifat Campuran		Lapisan Aspal Beton AC-BC	
Jumlah Tumbukan per Bidang		75	
Rongga Dalam Campuran (VIM) (%)	Min	3,5	
	Max	5,0	
Rongga Dalam Agregat (VMA) (%)	Min	14	
Rongga Terisi Aspal (VFA) (%)	Min	63	
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800	
	Max		
Kelelehan (<i>flow</i>) (mm)	Min	3	
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min	250	

Sumber: Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan (2010)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium tentang sifat fisik aspal didapatkan data seperti tertera pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa nilai daktilitas, titik lembek, berat jenis, penetrasi, titik nyala dan titik bakar serta kehilangan berat memenuhi persyaratan PEN 60-70.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi Pen 60/70		Hasil Pemeriksaan
	Min	Max	
Penetrasi (25 C, 100 gr, 5 det), mm	60	79	65,95
Titik Lembek °C	48	58	57
Titik Nyala °C	232	-	325
Kehilangan berat (163° C, 5 jam), %	-	0,8	0,122
Daktilitas (25° C, 5 cm/menit), m	100	-	130
Pen setelah kehilangan berat	54	-	67,77
Berat jenis (25° C) gr/cm	1	-	1,014

Sumber: Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal 2014.

Hasil pengujian sifat fisik agregat kasar, agregat halus, batu kapur, dan filler dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

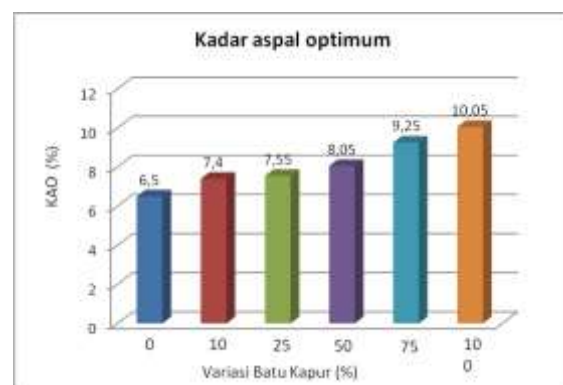
Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar, Agregat Halus, Batu Kapur, dan Filler

Pengujian	Spesifikasi	Hasil
Agregat Halus (Pasir)		
Berat Jenis Bulk	Min. 2,5	2,532
Berat Jenis Semu	Min. 2,5	2,609
Berat Jenis SSD	Min. 2,5	2,562
Penyerapan (%)	Maks. 3	1,164
Agregat Kasar (Batu Pecah)		
Berat Jenis Bulk	Min. 2,5	2,616
Berat Jenis Semu	Min. 2,5	2,693
Berat Jenis SSD	Min. 2,5	2,644
Penyerapan (%)	Maks. 3	1,086
Keausan Agregat (%)	Maks. 40	18,37
Batu Kapur		
Berat Jenis Bulk	Min. 2,5	2,532
Berat Jenis Semu	Min. 2,5	2,676
Berat Jenis SSD	Min. 2,5	2,586
Penyerapan (%)	Maks. 3	2,705
Keausan Agregat (%)	Maks. 40	32,30
Filler		
Berat Jenis Semen	Min 2,5	3,04

Sumber: Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat 2014.

Berdasarkan hasil pengujian keausan batukapur (Tabel 3) didapatkan 32,30%, sedangkan batupecah 18,37%. Hal ini menunjukkan bahwa batukapur bersifat lebih getas dibandingkan dengan batu pecah, tapi keausan batu kapur masing memenuhi persyaratan.

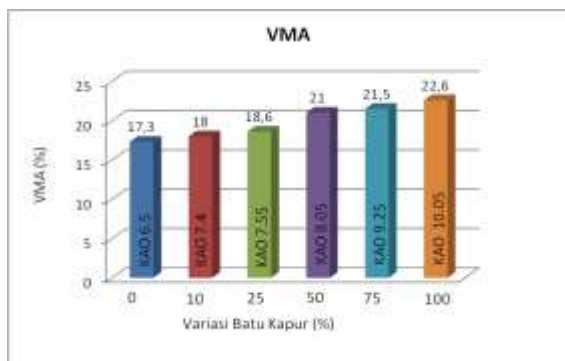
Nilai kadar aspal optimum masing-masing proporsi penggunaan batu kapur sebagai agregat halus dapat dilihat pada Gambar 2. Dari hasil pengujian Marshall ini diperoleh kadar aspal optimum untuk masing-masing variasi yaitu 6,5% untuk 0% batu kapur; 7,4% untuk 10% batu kapur; 7,55% untuk 25% batu kapur; 8,05% untuk 50% batu kapur; 9,25% untuk 75% batu kapur, dan 10,05% untuk 100% batu kapur (Gambar 2).



Gambar 2. Hubungan KAO dengan variasi penggunaan batu kapur sebagai agregat halus

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa pengaruh penggunaan batu kapur sebagai pengganti agregat halus akan meningkatkan nilai kadar aspal optimum pada campuran aspal AC-BC. Terlihat dari nilai KAO yang terus menunjukkan kenaikan nilai KAO. Hal ini berarti penggunaan batu kapur sangat mempengaruhi nilai KAO, semakin banyak penggunaan batu kapur sebagai pengganti agregat halus, maka nilai kadar aspal optimumnya juga akan semakin tinggi.

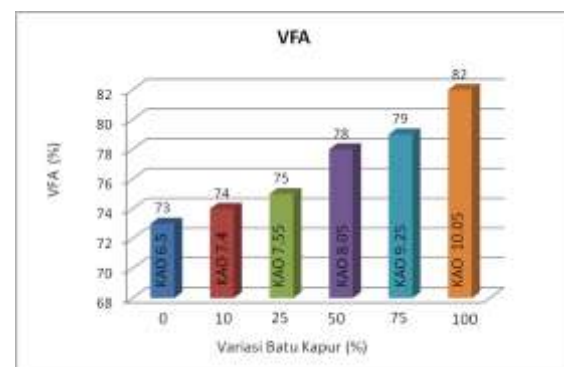
Void in Mineral Agregat (VMA) merupakan udara antar butiran agregat yaitu rongga udara yang ada diantara partikel campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume campuran agregat aspal. Nilai VMA yang diharapkan dalam campuran beraspal yaitu seminimum mungkin, dengan tujuan untuk memberikan ruang yang cukup pada aspal agar dapat melekat pada agregat. VMA digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai VMA antara lain gradasi agregat, kadar aspal, dan metode pemadatan. Adapun nilai VMA masing-masing proporsi penggunaan batu kapur sebagai pengganti agregat halus dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan VMA dengan variasi penggunaan batu kapur sebagai agregat halus

Berdasarkan Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa penggunaan batu kapur sebagai agregat halus menyebabkan nilai VMA mengalami kenaikan dari kondisi normal. Nilai VMA pada penggunaan batu kapur 0%, 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100% berurutan: 17,3%, 18%, 18,6%, 21%, 21,5%, dan 22,6%. Meskipun demikian hasil tersebut masih memenuhi persyaratan Bina Marga untuk campuran AC yaitu minimum 14%. Nilai VMA yang terlalu tinggi menunjukkan bahwa rongga udara antar mineral agregat lebih besar, kondisi ini akan menyebabkan perkerasan jalan tidak tahan lama nantinya.

Void Filled With Asphalt (VFA) menunjukkan presentase besarnya rongga yang dapat terisi oleh aspal. Nilai VFA yang semakin tinggi berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, tetapi nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*. Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan *film* aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.

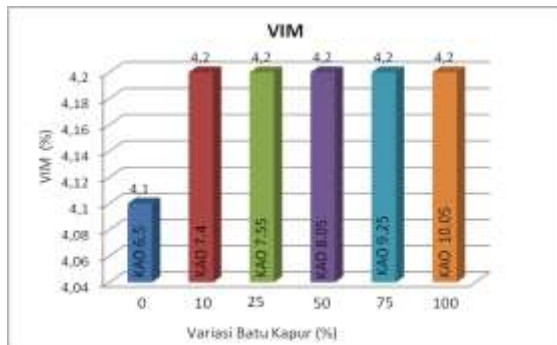


Gambar 4. Hubungan VFA dengan variasi penggunaan batu kapur sebagai agregat halus

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan batu kapur sebagai pengganti agregat halus terhadap campuran aspal mengakibatkan nilai VFA mengalami kenaikan dari kondisi normal yakni 73%. Nilai pada kadar 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100% batu kapur berurut yakni sebesar 74%, 75%, 78%, 79% dan 82. Walaupun nilai VFA masih memenuhi persyaratan Bina Marga, yakni minimum 63%, namun nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*.

Void in The Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara dapat mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi, sehingga menyebabkan lekatan antar butiran agregat berkurang yang akan berakibat terjadinya pelepasan butiran dan pengelupasan permukaan pada lapisan perkerasan. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding* karena suhu yang tinggi, maka viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar

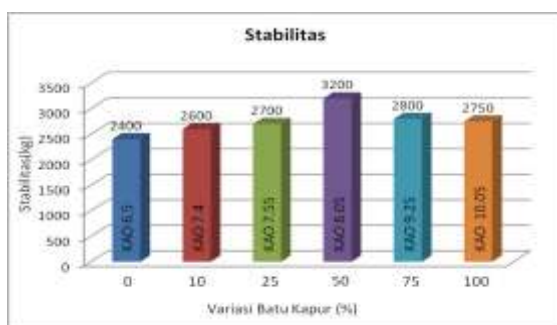
permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai *VIM* yang lebih dari ketentuan akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan VIM dengan variasi penggunaan batu kapur sebagai agregat halus

Pada Gambar 5, menunjukkan bahwa penggunaan batu kapur sebagai pengganti agregat halus mengakibatkan nilai VIM mengalami kenaikan dari kondisi normal. Pada kadar 0% batu kapur didapatkan nilai yakni 4,1%, namun pada kadar 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100% batu kapur mengalami kenaikan dengan nilai yang sama yakni 4,2%. Meskipun demikian nilai VIM tersebut tetap memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga yakni antara 3,5% - 5%.

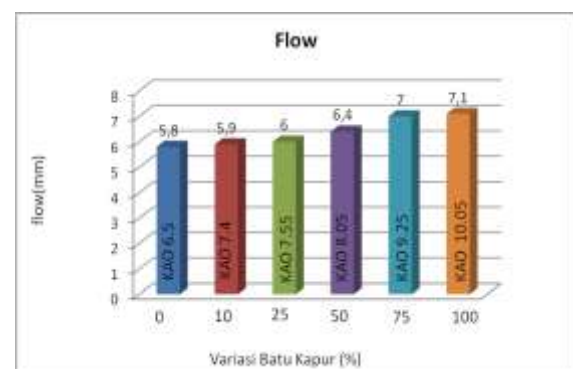
Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*wash boarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*) dan kadar aspal dalam campuran. Nilai stabilitas yang disyaratkan adalah lebih dari 800 kg. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Stabilitas dengan variasi penggunaan batu kapur sebagai agregat halus

Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa nilai stabilitas mengalami penurunan dan kenaikan dari kondisi normal. Nilai stabilitas terendah diperoleh pada kadar 0% batu kapur yaitu sebesar 2400 kg, kemudian nilai stabilitas terus mengalami kenaikan hingga nilai tertinggi diperoleh pada kadar 50% batu kapur yakni sebesar 3200 kg. Namun setelah itu nilai stabilitas mengalami penurunan pada kadar 75% dan 100% batu kapur yakni menjadi 2800 kg dan 2750 kg. Meskipun demikian, nilai stabilitas tetap memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu minimum 800 kg. Lapis perkerasan dengan stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami *rutting*, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban.

Kelelahan (*Flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*). Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 7.

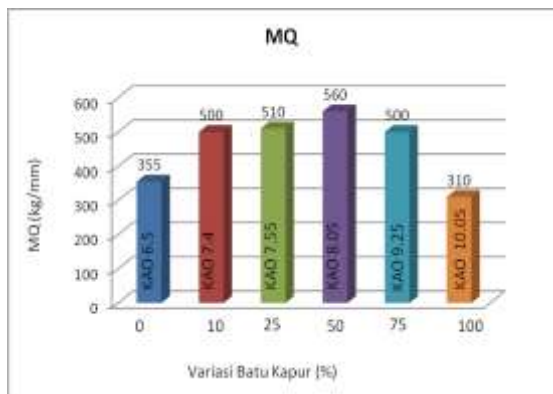


Gambar 7. Hubungan Flow dengan variasi penggunaan batu kapur sebagai agregat halus

Berdasarkan Gambar 7, menunjukkan bahwa nilai flow mengalami kenaikan dari kondisi normal. Nilai flow pada kondisi normal adalah sebesar 5,8 mm dan terus mengalami kenaikan hingga

mencapai 7,1mm pada kadar 100% batu kapur. Hal ini dapat disebabkan makin banyaknya kadar aspal yang diperlukan sehingga menjadikan sifat campuran bersifat plastis dan mudah berubah bentuk pada saat dibebani. Meskipun demikian, nilai flow tetap memenuhi persyaratan Bina Marga yakni minimum 3,0 mm.

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* yang disyaratkan minimal 200 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* dibawah 200 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *washboarding*, *rutting* dan *bleeding*. Hasil dari pengujian dapat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan MQ dengan variasi penggunaan batu kapur sebagai agregat halus

Berdasarkan Gambar 8, dapat dilihat bahwa penggunaan batu kapur sebagai pengganti agregat halus mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* mengalami kenaikan dan penurunan dari kondisi normal. Nilai MQ mengalami kenaikan dari kondisi normal hingga mencapai titik tertinggi pada kadar 50% batu kapur yakni sebesar 560 kg/mm. Sedangkan pada kadar 75% dan 100% batu kapur, nilai MQ justru mengalami penurunan yakni sebesar 500 dan 300 kg/mm. Meskipun demikian nilai MQ tetap memenuhi persyaratan Bina Marga yakni minimum 250 kg/mm.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap campuran aspal beton lapis AC-BC yang menggunakan batu kapur sebagai pengganti agregat halus, maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian sifat-sifat fisik agregat, semen, dan aspal menunjukkan bahwa baik agregat, semen, dan aspal telah memenuhi persyaratan pada spesifikasi umum divisi VI, Bina Marga 2010 yang merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI).
2. Berdasarkan hasil penelitian bahwa pengaruh batu kapur sebagai pengganti agregat halus terhadap campuran aspal lapis AC-BC, yaitu:
 - a. Nilai VMA (*Void in Mineral Agregat*) atau rongga antara mineral agregat mengalami kenaikan dari kondisi campuran aspal normal, yakni dari 21,964% menjadi maksimum 25,024%. Nilai VMA yang didapat telah memenuhi standar yang ditentukan yakni minimum 14%.
 - b. Nilai VFA (*Void Filled With Asphalt*) atau rongga terisi aspal mengalami kenaikan dari kondisi campuran aspal normal 73% menjadi maksimum 82% pada kadar 100% batu kapur dan telah memenuhi standar yakni minimum 63%.
 - c. Nilai VIM (*Void in The Mix*) atau rongga dalam campuran diperoleh mengalami sedikit kenaikan dari kondisi campuran aspal normal yaitu dari 4,1% menjadi 4,2% dan masih memenuhi standar yakni pada rentang antara 3,5% - 5%.
 - d. Nilai stabilitas diperoleh mengalami kenaikan dari kondisi aspal normal hingga titik puncak pada kadar 50% batu kapur yakni 3200 kg, dan mengalami penurunan pada kadar 75% dan 100% batu kapur menjadi 2800 kg dan 2750 kg, namun masih dalam persyaratan Bina Marga yakni minimum 800 kg.
 - e. Nilai *flow* yang diperoleh mengalami kenaikan dari campuran aspal normal 5,8 mm menjadi maksimum 7,1 mm pada kadar 100% batu kapur. Hal ini menunjukkan bahwa campuran bersifat plastis dan mudah ubah bentuk pada saat dibebani.
 - f. Nilai *Marshall Quotient (MQ)* yang diperoleh mengalami kenaikan dari kondisi campuran aspal normal 355 kg/mm hingga mencapai titik puncak pada campuran aspal 50% batu kapur yakni 560 kg/mm, walaupun masih memenuhi persyaratan Bina Marga yakni minimum 250 kg/mm. Namun jika nilai *Marshall Quotient (MQ)* terlalu tinggi, maka dapat mengakibatkan campuran bersifat terlalu plastis mudah ubah bentuk pada saat dibebani.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para mahasiswa dan semua pihak yang telah membantu terlaksana hingga selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

John P.Harris, 2007, *Tests to Identify Poor Quality Coarse Limestone Aggregates and Acceptable Limits for such Aggregates in Bituminous mixes*, Associate Research Scientist Texas Transportation Institute

Kementerian Pekerjaan Umum, *Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal*, Divisi 6 (Campuran Aspal Panas), 2010, Jakarta.

Negara, I,N,W., Putra, T.G.S., 2010. *Potensi Batu Kapur Nus Penida Sebagai Agregat Perkerasan Jalan*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 14, No. 1, <http://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/download/3588/2618.html> (diakses 22 Mei 2014).

Sukirman. Silvia, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.