

**ALTERNATIF PENGGUNAAN BATU PUTIH LOKAL SEBAGAI BAHAN
PERKERASAN JALAN**

JURNAL



**Oleh :
PASKALIS NGITA
NIM : 2008520030**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADDEWI
MALANG
2013**

LEMBAR PERSETUJUAN JURNAL SKRIPSI ATAS NAMA

**PASKALIS NGITA
NIM : 2008520030**

JUDUL

**ALTERNATIF PENGGUNAAN BATU PUTIH LOKAL SEBAGAI
BAHAN PERKERASAN JALAN**

Dasen Pembimbing I : Esti Widodo, Ir., ME

Dosen Pembimbing II : Andy Kristafi Arifianto, ST

ALTERNATIF PENGGUNAAN BATU PUTIH LOKAL SEBAGAI BAHAN PERKERASAN JALAN

Paskalis Ngita

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tribhuwana Tunggadewi Malang

E-mail : dekodelo@yahoo.com

ABSTRAK

Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri. Bahan konstruksi perkerasan jalan yaitu perkerasan lentur (*flexibel pavement*), dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) diarahkan pada usaha pemanfaatan material setempat dan disesuaikan dengan kondisi daerah dimana konstruksi perkerasan akan dilaksanakan.

Dalam penelitian ini menggunakan metodologi pengujian marshall untuk menganalisa sifat-sifat dari persen rongga dalam campuran (VIM), persen rongga terisi aspal (VFB), persen rongga diantara mineral agregat (VMA), stabilitas (*Stability*), kelelahan (*Flow*) dan *Marshall Quotient*. Pembuatan benda uji sebanyak 6 buah, 3 benda uji untuk campuran aspal yang menggunakan batu putih dan 3 benda uji untuk campuran aspal yang menggunakan batu hitam (batu kali/batu gunung) dengan kadar aspal 5,5%. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Tribhuwana Tunggadewi, Malang. Tahapan pelaksanaan meliputi pemeriksaan aspal AC 60/70, pemeriksaan agregat kasar (batu hitam dan batu putih), pemeriksaan agregat halus (batu hitam dan batu putih), pemeriksaan filler, pembuatan benda uji dan pengujian Marshall.

Agregat kasar yang digunakan batu pecah dengan ukuran agregat yang tertahan saringan No.8 (2,36 mm), agregat halus yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) tertahan saringan No. 200 (0,075 mm), sedangkan untuk bahan pengisi yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Dari kombinasi agregat tersebut diperoleh fraksi agregat kasar sebesar 52,5%, fraksi agregat halus sebesar 40,5%, dan *filler* sebesar 7,0%. Hasil uji kinerja karakteristik Marshall didapat: nilai rerata Stabilitas (agregat batu hitam 605,967 kg dan agregat batu putih 251,833 kg), nilai rerata *Flow* (agregat batu hitam 2,65 mm dan agregat batu putih 2,74 mm), nilai rerata *VIM* (agregat batu hitam 15,033% dan agregat batu putih 20,277%), nilai rerata *VMA* (agregat batu hitam 25,687% dan agregat batu putih 30,137%), nilai rerata *VFB* (agregat batu hitam 41,547% dan agregat batu putih 32,728%), dan nilai rerata *Marshall Quotient* (agregat batu hitam 226,598 kg/mm dan agregat batu putih 84,794 kg/mm).

Kata kunci : Marshall, Batu Putih, Stabilitas, *Flow*, *VIM*, *VMA*, *VFB*, *Marshall Quotient*.

ALTERNATIVE USAGE OF LOCAL WHITE STONE UPON WHICH OSSIFYING ROAD STREET

Paskalis Ngita

**Department of Civil Engineering University Tribhuwana Tungadewi
Malang**

E-mail : dekodelo@yahoo.com

ABSTRACT

Hard coat function to accept and propagate traffic burden without generating damage meaning at construction walke itself. hard Construction materials of road;street that is limber ossifying (pavement flexibel), and stiff ossifying (pavement rigid) aimed at the effort exploiting of local material and adapted for by the condition of area where ossification construction will be executed.

In this research use methodologies examination of marshall to analyse the nature of from gratuity cavity in mixture (VIM), gratuity cavity loaded asphalt (VFB), gratuity cavity among aggregate mineral (VMA), stability, Flow and Marshall Quatient. Making of object test counted 6, 3 object test for the mixture of asphalt using white stone and 3 object test for the mixture of asphalt using black stone with rate pave 5,5%. This research is done in Technique Civil University laboratory of Tribhuwana Tungadewi. Step Execution cover inspection of asphalt of AC 60 / 70, inspection of harsh aggregate (black stone and white stone), inspection of smooth aggregate (black stone and white stone), inspection of filler, making of object test and examination of Marshall.

Harsh aggregate which used by stone break of the size aggregate which is filter of No.8 (2,36 mm), smooth aggregate geting away filter of No.8 (2,36 mm) filter of No. 200 (0,075 mm), while for the materials of filler which get away filter of No. 200 (0,075 mm). Of the aggregate combination obtained by harsh aggregate faction equal to 52,5%, smooth aggregate faction equal to 40,5%, and filler equal to 7,0%. Result of characteristic performance test of Marshall: Stability average value (black stone aggregate 605,967 kg white stone aggregate 251,833 kg), average value of Flow (black stone aggregate 2,65 mm white stone aggregate 2,74 mm), average value of VIM (black stone aggregate 15,033% and white stone aggregate 20,277%), average value of VMA (black stone aggregate 25,687% and white stone aggregate 30,137%), average value of VFB (black stone aggregate 41,547% and white stone aggregate 32,728%), and average value of Marshall Quotient (black stone aggregate 226,598 kg/mm and white stone aggregate 84,794 kg/mm).

Keywords : Marshall, White Stone, Stability, Flow, VIM, VMA, VFB, Marshall Quotient.

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Jalan raya sebagai salah satu sarana transportasi darat, kegunaannya dirasakan semakin penting untuk menunjang peningkatan pembangunan, baik pembangunan dibidang pertanian, perekonomian, perindustrian, pariwisata dan pembangunan dibidang lainnya. Konstruksi jalan raya memerlukan biaya investasi yang besar. Sehingga sebuah teknik desain yang tepat, serta kinerja yang dapat diandalkan akan menghasilkan kinerja pelayanan jalan raya yang ingin di capai. Dua hal utama dalam pertimbangan ini ialah desain perkerasan dan desain campuran.

Berdasarkan beberapa penelitian yang pernah dilakukan untuk kinerja properties batu pecah yang berasal dari batu sungai menunjukkan nilai yang lebih baik jika dibandingkan dengan material yang berasal dari batu gunung jenis batu putih. Tapi tidak tertutup kemungkinan bahwa batu gunung jenis batu putih bisa dijadikan material

konstruksi perkerasan jalan, asal memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

Kalipare merupakan salah satu daerah yang berada di Kabupaten Malang dengan daerah perbukitan yang menghasilkan batu kapur (batu putih). Selama ini pemanfaatan batu kapur (batu putih) masih terbatas untuk keperluan pembuatan kapur tohor dan bahan campuran ubin traso. Dilihat secara sekilas, batu kapur (batu putih) dianggap kekerasannya sebanding dengan batu kerikil dari sungai yang telah digunakan secara luas untuk konstruksi jalan. Namun demikian, tidak semua daerah memiliki cadangan bahan yang mencukupi untuk digunakan sebagai bahan perkerasan untuk struktur perkerasan jalan. Selain itu, peningkatan kebutuhan bahan jalan tidak dapat diimbangi dengan ketersediaan sumber bahan khususnya agregat, sehingga untuk memenuhi kebutuhan agregat disuatu daerah dengan cara mendatangkan agregat dari daerah lain tentu saja dibutuhkan waktu yang lama dan biaya yang relatif tinggi.

2. Rumusan Masalah

- a. Mengetahui kinerja agregat batu putih yang memenuhi spesifikasi untuk campuran aspal agar dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan.
- b. Perbandingan campuran aspal yang menggunakan batu putih sebagai agregat kasar dan campuran aspal yang menggunakan batu kali (batu hitam) sebagai agregat kasar.
- c. Berapakah besarnya persen rongga dalam campuran (VIM), persen rongga terisi aspal (VFB), persen rongga diantara mineral agregat (VMA), stabilitas (*Stability*), kelelehan (*Flow*) dan *Marshall Quatient*.

3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui kinerja agregat batu putih yang memenuhi spesifikasi untuk campuran aspal agar dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan.
- b. Membandingkan campuran aspal yang menggunakan batu putih sebagai agregat kasar dan campuran aspal yang

menggunakan batu kali (batu hitam) sebagai agregat kasar.

- c. Mengetahui persen rongga dalam campuran (VIM), persen rongga terisi aspal (VFB), persen rongga diantara mineral agregat (VMA), stabilitas (*Stability*), kelelehan (*Flow*) dan *Marshall Quatient*.

4. Batasan Masalah

Untuk mendukung tujuan penelitian, dibutuhkan batasan-batasan sebagai berikut:

- a. Bahan yang digunakan :
 - Aspal : Aspal penetrasi/aspal keras 60/70
 - Agregat kasar dan Agregat halus : Batu putih dari daerah Kalipare-Kabupaten Malang, sedangkan batu hitam yang ada di laboratorium Teknik Sipil Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang.
 - Pembuatan benda uji masing-masing sebanyak 6 buah, 3 benda uji untuk campuran aspal yang menggunakan batu putih dan 3 benda uji untuk campuran aspal yang menggunakan batu hitam

(batu kali/batu gunung) dengan kadar aspal 5,5%.

- b. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian Marshall dilaboratorium.

5. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif pemilihan material untuk meningkatkan mutu perkerasan jalan dengan menggantikan agregat kasar berupa batu putih bila pada suatu daerah memiliki komposisi batu putih yang lebih besar dari batu kali dan dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi dunia konstruksi khususnya pembangunan jalan raya.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman.

a. Jenis Perkerasan Jalan

Perkerasan Jalan terdiri dari beberapa jenis sesuai dengan bahan ikat yang digunakan serta komposisi dari komponen konstruksi perkerasan itu sendiri. Jenis perkerasan yang banyak digunakan adalah :

- Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*).
- Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*).
- Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*).

Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis. Lapis paling atas disebut sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Di bawahnya terdapat lapis pondasi, yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan.

b. Fungsi Lapis Perkerasan

Fungsi utama perkerasan adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan. Secara umum fungsi perkerasan jalan adalah :

- Untuk memberikan struktur yang kuat dalam mendukung beban lalu-lintas.
- Untuk memberikan permukaan rata bagi pengendara.
- Untuk memberikan kekesatan atau tahanan gelincir (*Skid Resistance*) di permukaan perkerasan.
- Untuk mendistribusikan beban kendaraan ke tanah dasar secara memadai, sehingga tanah dasar terlindung dari tekanan yang berlebihan.
- Untuk melindungi tanah dasar dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

2. Bahan Penyusun Perkerasan Jalan

Bahan penyusun perkerasan jalan terdiri atas bahan ikat dan bahan pokok. Bahan pokok biasanya berupa pasir, kerikil, batu pecah/agregat dan lain-lain, sedangkan untuk bahan ikat berupa aspal/bitumen dan *portland cement*.

a. Agregat

Agregat adalah suatu bahan yang keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran dan berupa berbagai jenis butiran atau pecahan, termasuk didalamnya antara lain:

pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi dan debu agregat. Banyaknya agregat dalam campuran aspal pada umumnya berkisar antara 90% sampai dengan 95% terhadap total berat campuran atau 70% sampai dengan 85% terhadap volume campuran aspal.

1) Klasifikasi Agregat

- Klasifikasi Agregat Berdasarkan Proses Terjadinya.
- Klasifikasi Agregat Berdasarkan Proses Pengolahannya.
- Klasifikasi Agregat Berdasarkan Ukuran Butirnya.

2) Sifat Agregat

- Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*).
- Kemampuan dilapisi aspal yang baik,
- Kemampuan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman.

3) Gradasi Agregat

- Gradasi seragam (*uniform graded*).
- Gradasi rapat (*dense graded*).
- Gradasi buruk (*poorly graded*) /gradasi senjang.

b. Aspal

Aspal adalah material yang berwarna hitam, pada suhu temperatur ruangan aspal berbentuk padat. Sedangkan pada suhu tinggi aspal akan berbentuk cairan.

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai (Sukirman, 1999) :

- Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat serta antara aspal itu sendiri.
- Bahan pengisi, mengisi rongga antar agregat kasar, agregat halus, dan filler.

Berdasarkan cara diperoleh, aspal dapat dibedakan menjadi: aspal alam dan aspal buatan.

Berdasarkan bentuknya pada temperatur ruangan, aspal dibedakan atas : aspal keras, aspal cair dan aspal emulsi.

c. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) kadang-kadang digolongkan sebagai agregat, tetapi sesungguhnya bahan pengisi (*filler*) adalah pengisi pori atau celah

dan untuk mengeraskan selaput aspal yang menyelimuti partikel-partikel agregat, sehingga dapat diperoleh campuran yang stabil.

3. Metode Marshall

Secara garis besar pengujian Marshall meliputi: persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan flow, dan perhitungan sifat volumetric benda uji. Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya uji Marshall tersebut. AASHTO menetapkan minimal 3 buah benda uji untuk setiap kadar aspal yang digunakan.

4. Parameter dan Formula Perhitungan Dalam Campuran Aspal

- Berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat
- Berat Jenis Efektif Agregat
- Berat Jenis Maksimum Campuran
- Berat Jenis Bulk Campuran Padat
- Rongga di antara mineral agregat (*Void in the Mineral Agregat /VMA*)
- Rongga di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/ VIM*)

- Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Bitumen/ VFB*)
- Stabilitas
- *Flow*
- Hasil Bagi Marshall

METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Pembuatan benda uji pada penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Tribhuwana Tungadewi, Jln. Tlaga Warna, Blok C, Tlogomas, Malang.

2. Bahan dan Alat Penelitian

a. Bahan Penelitian

- Agregat Kasar (batu hitam dan batu putih).
- Agregat Halus (batu hitam dan batu putih).
- Filler (abu batu hitam dan abu batu putih).
- Aspal penetrasi/aspal keras 60/70.

b. Alat Penelitian

Satu set alat uji marshall, Cetakan benda uji berbentuk silinder \varnothing 10 cm dan tinggi 7,5 cm, Penumbuk dengan permukaan rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg (10 lbs) dengan tinggi jatuh 45,7 cm, Bak perendam, Oven, Satu set saringan, Panci dan

sendok pencampur, Timbangan, dan cat.

3. Pelaksanaan Penelitian

a. Pemeriksaan Bahan

➤ Pemeriksaan Agregat Kasar

Tabel 3.1. Spesifikasi pengujian bahan agregat kasar

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
1	Analisa saringan	SNI 03-1737-1989	-		
2	Berat jenis	SNI 03-1737-1989	gr/cc	2.5	-
3	Penyerapan air	SNI 03-1737-1989	%	-	3
4	Kadar air	SNI 03-1737-1989	%	-	-
5	Keausan agregat (<i>abrasi</i>)	SNI 03-1737-1989	%	-	40

Sumber : SNI 03-1737-1989

➤ Pemeriksaan Agregat Halus

Tabel 3.2. Spesifikasi pengujian bahan agregat halus

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
1	Analisa saringan	SNI 03-1737-1989	-		
2	Berat jenis	SNI 03-1737-1989	gr/cc	2.5	-
3	Penyerapan air	SNI 03-1737-1989	%	-	3
4	Kadar air	SNI 03-1737-1989	%	-	-

Sumber : SNI 03-1737-1989

➤ Pemeriksaan Aspal

Tabel 3.3. Spesifikasi pengujian bahan aspal AC 60/70

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
1	Penetrasi (25oC, 5 detik)	SNI 03-1737-1989	0,1 mm	60	79
2	Titik Lembek	SNI 03-1737-1989	°C	48	58
3	Titik Nyala	SNI 03-1737-1989	°C	-	200
4	Titik Bakar	SNI 03-1737-1989	°C	-	-
5	Berat Jenis	SNI 03-1737-1989	gr/cc	1	-

Sumber : SNI 03-1737-1989

b. Kadar Aspal Rencana

Perkiraan kadar aspal rencana dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{konstanta}$$

Dimana :

P_b = Perkiraan Kadar aspal rencana awal (%)

CA = Agregat kasar

FA = Agregat halus

FF = Bahan pengisi

Konstanta = 0,5 – 1 untuk Laston,
1 – 2 untuk Lataston

$$P_b = 0,035 (52,5) + 0,045 (40,5) + 0,18 (7) + 0,59 = 5,51\% \quad 5,5\%$$

c. Pelaksanaan Test Marshall

Prinsip dasar dari metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (flow), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji dibentuk dari gradasi agregat campuran yang telah didapat dari hasil uji gradasi, sesuai spesifikasi campuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

a. Hasil Analisa Saringan Agregat

➤ Analisa Saringan Agregat Kasar

Tabel 4.1. Analisa Saringan Agregat Kasar

Jenis Agregat	Ukuran Saringan (mm)		Berat Tertahan Masing-Masing Saringan (gram)	Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos
	mm	inch				
Agregat Kasar Batu Hitam & Batu Putih	25.4	1"	-	-	-	100
	19	3/4"	-	-	-	100
	12.5	1/2"	135	135	11.25	88.75
	9.5	3/8"	110	245	9.17	79.58
	4.75	# 4	190	435	15.83	63.75
	2.36	# 8	195	630	16.25	47.50

Sumber : Hasil Penelitian

➤ Analisa Saringan Agregat Halus

Tabel 4.2. Analisa Saringan Agregat Halus

Jenis Agregat	Ukuran Saringan (mm)		Berat Tertahan Masing-Masing Saringan (gram)	Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos
	mm	inch				
Agregat Halus Batu Hitam & Batu Putih	25.4	1"	-	-	-	100
	19	3/4"	-	-	-	100
	12.5	1/2"	-	-	-	100.00
	9.5	3/8"	-	-	-	100.00
	4.75	# 4	-	-	-	100.00
	2.36	# 8	-	-	-	100.00
	0.60	# 30	230	230	19.17	80.83
	0.149	# 100	150	380	12.50	68.33
	0.075	# 200	106	486	8.83	59.50

Sumber : Hasil Penelitian

➤ Analisa Saringan Filler

Tabel 4.3. Analisa Filler

Jenis Agregat	Ukuran Saringan (mm)		Berat Tertahan Masing-Masing Saringan (gram)	Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos
	mm	inch				
Filler	25.4	1"	-	-	-	100
	19	3/4"	-	-	-	100
	12.5	1/2"	-	-	-	100
	9.5	3/8"	-	-	-	100
	4.75	# 4	-	-	-	100
	2.36	# 8	-	-	-	100
	0.60	# 30	-	-	-	100
	0.149	# 100	-	-	-	100
	0.075	# 200	-	-	-	100
pan			84	84	7.00	-

Sumber : Hasil Penelitian

Komponen utama dalam pembentukan perkerasan jalan adalah aspal dan agregat. Agregat kasar yang digunakan batu pecah dengan ukuran agregat yang tertahan saringan No.8 (2,36 mm), agregat halus yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) tertahan saringan No. 200 (0,075 mm), sedangkan untuk bahan pengisi yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Dari kombinasi agregat tersebut diperoleh fraksi agregat kasar sebesar 52,5%, fraksi agregat halus sebesar 40,5%, dan filler sebesar 7%.

➤ Gradasi Agregat

Tabel 4.4. Gradasi Agregat

Ukuran Saringan (mm)		Berat Tertahan Masing-Masing Saringan (gram)	Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos	Spesifikasi (Titik Kontrol)	
mm	inch					Min	Maks
25.4	1"	-	-	-	100	100	100
19	3/4"	-	-	-	100	100	100
12.5	1/2"	135	135	11.25	88.75	80	100
9.5	3/8"	110	245	9.17	79.58	70	90
4.75	# 4	190	435	15.83	63.75	50	70
2.36	# 8	195	630	16.25	47.50	35	50
0.60	# 30	230	860	19.17	28.33	18	29
0.149	# 100	150	1010	12.50	15.83	13	23
0.075	# 200	106	1116	8.83	7.00	8	16
	pan	84	1200	7.00	0.00	4	10

Sumber : Hasil Penelitian

Setelah dilakukan pengujian gradasi agregat, selanjutnya dilakukan pengujian berat jenis agregat. Dari hasil pengujian terhadap agregat kasar batu hitam diperoleh berat jenis (bulk specific

gravity) sebesar 2,652 gram/cm³, agregat halus batu hitam diperoleh berat jenis (bulk specific gravity) sebesar 2,619 gram/cm³, dan filler batu hitam diperoleh berat jenis (bulk specific gravity) sebesar 2,584 gram/cm³, dan penyerapan (Absorbtion) sebesar 2,266%. Dalam hal ini penyerapan memenuhi syarat karena persyaratan maksimal yang diijinkan adalah 3%. Dari hasil pengujian terhadap agregat kasar batu putih diperoleh berat jenis (bulk specific gravity) sebesar 2,679 gram/cm³, agregat halus batu putih diperoleh berat jenis (bulk specific gravity) sebesar 2,584 gram/cm³, dan filler batu putih diperoleh berat jenis (bulk specific gravity) sebesar 2,527 gram/cm³, dan penyerapan (Absorbtion) sebesar 2,242%. Dalam hal ini penyerapan memenuhi syarat karena persyaratan maksimal yang diijinkan adalah 3%.

b. Hasil Pengujian Aspal

Tabel 4.5. Hasil pemeriksaan aspal AC 60/70

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi		Satuan
				Min.	Maks.	
1	Penetrasi (25oC, 5 detik)	SNI 03-1737-1989	64.5	60	79	0,1 mm
2	Titik Lembek	SNI 03-1737-1989	51.5	48	58	°C
3	Titik Nyala	SNI 03-1737-1989	210	-	200	°C
4	Titik Bakar	SNI 03-1737-1989	-	-	-	°C
5	Berat Jenis	SNI 03-1737-1989	1.053	1	-	gr/cc

Sumber : Hasil Penelitian

c. Hasil Pengujian Marshall

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Marshall

No. Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Benda Uji (gram)			Isi Volume Benda Uji	Berat Jenis Campuran (kg/m ³)	Berat Jenis Campuran (kg/m ³)	VMA	VIM	VFB	Stabilitas Marshall (kg)			Flow	Tebal Benda Uji (mm)	Marshall Quotient									
		Berat Kering	Berat SSD	Berat Dalam Air							D	E	F				G	H	I	J	K	M	N	O	P
		Dari Lab.	Dari Lab.	Dari Lab.							D-E	CF	$\frac{W - (W - W_{air})}{V_{air}}$				$\frac{W - (W - W_{air})}{V_{air}}$	$\frac{W - (W - W_{air})}{V_{air}}$	$\frac{W - (W - W_{air})}{V_{air}}$	$\frac{W - (W - W_{air})}{V_{air}}$	$\frac{W - (W - W_{air})}{V_{air}}$	$\frac{W - (W - W_{air})}{V_{air}}$	$\frac{W - (W - W_{air})}{V_{air}}$	$\frac{W - (W - W_{air})}{V_{air}}$	$\frac{W - (W - W_{air})}{V_{air}}$
I	5.5	1197.1	1215.9	629.1	586.8	2140	2.438	22.54	16.32	39.130	560	1477.25	453.07	2.40	72.0	188.78									
II	5.5	1209.2	1225.1	680.2	574.8	2103	2.438	20.14	13.73	44.070	770	2028.25	622.06	2.70	72.0	230.39									
III	5.5	1191.7	1204.8	629.5	575.3	2107	2.438	21.55	15.65	41.440	920	2421.82	742.77	2.85	72.0	260.62									
IA	5.5	1094.9	1129.5	565.0	584.5	1940	2.438	26.22	20.44	32.473	184	490.70	170.62	2.68	71.5	63.66									
IIA	5.5	1128.9	1170.3	585.7	584.6	1931	2.438	26.54	20.79	32.040	547	1443.14	560.95	3.10	71.0	180.95									
IIIA	5.5	1210.5	1232.2	634.5	617.7	1960	2.438	25.45	19.60	33.670	480	1214.67	229.9	2.45	75.5	9.77									
Ges-	2.409	Agregat Batu Hitam			2.650	Agregat Batu Hitam			2.438	Agregat Batu Hitam			80	Aspal LRS											
	2.484	Agregat Batu Putih			2.650	Agregat Batu Putih			2.438	Agregat Batu Putih			80	Aspal LRS											

Sumber : Hasil Penelitian

2. Pembahasan

a. Persen Rongga Dalam Campuran/Voids in Mix (VIM)

VIM (Void In Mix) adalah banyaknya rongga dalam campuran yang dinyatakan dalam prosentase.

Tabel 4.7. Hasil Pengujian VIM

Notasi	No. Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VIM (%)
Agregat Batu Hitam	I	5.5	16.320
	II	5.5	13.730
	III	5.5	15.050
Rerata			15.033
Agregat Batu Putih	I A	5.5	20.440
	II A	5.5	20.790
	III A	5.5	19.600
Rerata			20.277

Sumber : Hasil Penelitian

Jika nilai VIM yang terlalu tinggi keawetan dari lapis perkerasan berkurang karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis perkerasan. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan mudah terjadinya bleeding pada lapis keras. Selain bleeding, dengan VIM yang rendah kekakuan lapis keras akan mengalami retak (cracking) apabila menerima beban lalu lintas karena tidak cukup lentur untuk menerima deformasi yang terjadi.

b. Persen Rongga Diantara Mineral Agregat (VMA)

VMA (Void In Mineral Aggregate) adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang sudah didapatkan termasuk ruang yang terisi aspal.

Tabel 4.8. Hasil Pengujian VMA

Notasi	No. Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VMA (%)
Agregat Batu Hitam	I	5.5	22.540
	II	5.5	20.140
	III	5.5	21.350
Rerata			21.343
Agregat Batu Putih	I A	5.5	26.220
	II A	5.5	26.540
	III A	5.5	25.450
Rerata			26.070

Sumber : Hasil Penelitian

c. Persen Rongga Terisi Aspal (VFB)

VFB (Void Filled Bitumen), adalah prostase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan.

Tabel 4.9. Hasil Pengujian VFB

Notasi	No. Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VFB (%)
Agregat Batu Hitam	I	5.5	39.130
	II	5.5	44.070
	III	5.5	41.440
Rerata			41.547
Agregat Batu Putih	I A	5.5	32.473
	II A	5.5	32.040
	III A	5.5	33.670
Rerata			32.728

Sumber : Hasil Penelitian

Nilai VFB yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami bleeding atau naiknya aspal kepermukaan. Nilai VFB yang terlalu kecil akan menyebabkan kekedapan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal.

d. Stabilitas (Stability)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya, tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur.

Tabel 4.9. Hasil Pengujian VFB

Notasi	No. Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Stabilitas (kg)
Agregat Batu Hitam	I	5.5	453.070
	II	5.5	622.060
	III	5.5	742.770
Rerata			605.967
Agregat Batu Putih	I A	5.5	170.620
	II A	5.5	560.950
	III A	5.5	23.930
Rerata			251.833

Sumber : Hasil Penelitian

e. Flow

Flow atau kelelahan menunjukkan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat menahan beban yang diterimanya.

Tabel 4.11. Hasil Pengujian Flow

Notasi	No. Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Flow (mm)
Agregat Batu Hitam	I	5.5	2.40
	II	5.5	2.70
	III	5.5	2.85
Rerata			2.65
Agregat Batu Putih	I A	5.5	2.68
	II A	5.5	3.10
	III A	5.5	2.45
Rerata			2.74

Sumber : Hasil Penelitian

Campuran yang memiliki nilai kelelahan (Flow) yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi kaku dan getas (brittle), sedangkan campuran yang memiliki nilai kelelahan (Flow) yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapatkan beban lalu lintas.

f. Marshall Quotient (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (*flow*) dan merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* (MQ) berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil *Marshall Quotient* (MQ) maka perkerasannya semakin lentur.

Tabel 4.12. Hasil Pengujian Marshall quotient (MQ)

Notasi	No. Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai MQ (kg/mm)
Agregat Batu Hitam	I	5.5	188.779
	II	5.5	230.393
	III	5.5	260.621
Rerata			226.598
Agregat Batu Putih	I A	5.5	63.664
	II A	5.5	180.952
	III A	5.5	9.767
Rerata			84.794

Sumber : Hasil Penelitian

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut ini ;

- a. Agregat batu putih dapat digunakan untuk bahan campuran perkerasan jalan, dilihat dari sifat fisik agregat yaitu berat jenis agregat kasar sebesar 2,679 gram/cm³, agregat halus sebesar 2,584 gram/cm³, dan filler sebesar 2,527 gram/cm³.
- b. Pada uji Marshall dengan kadar aspal rencana (5,5%) sifat-sifat Marshall yang didapatkan adalah sebagai berikut :
 - Nilai persen rongga dalam campuran (VIM) diperoleh sebesar :
 - Agregat batu hitam 15,03%
 - Agregat batu putih 20,28%
 - Nilai persen rongga diantara mineral agregat (VMA) diperoleh sebesar :
 - Agregat batu hitam 21,34%
 - Agregat batu putih 26,07%

- Nilai persen rongga terisi aspal (VFB) diperoleh sebesar :
 - Agregat batu hitam 41,55%
 - Agregat batu putih 32,73%
- Nilai stabilitas (Stability) diperoleh sebesar :
 - Agregat batu hitam 605,967 kg
 - Agregat batu putih 251,833 kg
- Nilai Flow diperoleh sebesar :
 - Agregat batu hitam 2,650 mm
 - Agregat batu putih 2,743 mm
- Nilai Marshall Quatient (MQ) diperoleh sebesar :
 - Agregat batu hitam 226,598 kg/mm
 - Agregat batu putih 84,794 kg/mm
- c. Agregat batu putih tidak dapat digunakan sebagai lapisan perkerasan jalan, ditinjau dari spesifikasi Dep. Pekerjaan Umum 2007.

Tabel 5.1 Ketentuan sifat-sifat campuran Laston

Sifat-sifat Campuran	Laston			
	WC	BC	Base	
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2		
Jumlah tumbukan per bidang		75	112	
Rongga dalam campuran (%)	Mn.	3,5		
	Maks.	5,5		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Mn.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Mn.	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Mn.	800		1500
	Maks.	-		-
Pelelehan (mm)	Mn.	3		5
Marshall Quotient (kg/mm)	Mn.	250		300
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C				
	Mn.	75		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)				
	Mn.	2,5		

Sumber : Dep. Pekerjaan Umum 2007

Jika ditinjau dari spesifikasi bina marga (1989) agregat batu putih dapat digunakan sebagai lapisan perkerasan jalan karena ada beberapa parameter yang memenuhi spesifikasi. Tetapi pada daerah tertentu seperti daerah kalipare masih menggunakan batu putih sebagai lapisan perkerasan jalan.

Tabel 5.2 Ketentuan sifat-sifat campuran Laston

Sifat Campuran	Lalu lintas berat (2 x 75 tumbukan)		Lalu lintas sedang (2 x 50 tumbukan)		Lalu lintas ringan (2 x 35 tumbukan)	
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Stabilitas (kg)	550	-	450	-	350	-
Kelelahan (mm)	2	4	2	4,5	2	5
Marshall Quotient, (Stabilitas/Kelelahan) (kg/mm)	200	350	200	350	200	300
Rongga dalam campuran, VIM (%)	3	5	3	5	3	5
Rongga dalam agregat, VMA (%)	21	-	21	-	21	-
Rongga terisi aspal, VFB (%)	-	-	-	-	-	-
Indeks Perendaman (%)	75	-	75	-	75	-

Sumber: Bina Marga (1989), SNI No. 1737 - 1989 - F

2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disarankan agar dilakukan penelitian lanjutan tentang Karakteristik Marshall Terhadap Material Lokal Batu Putih” dengan beberapa kadar aspal yang berbeda untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO). Untuk penelitian lanjutan perlu diperhatikan suhu pemanasaan, temperatur pemadatan dan indeks kepipihan karena hal-hal tersebut dapat mempengaruhi nilai-nilai pada parameter marshall.

DAFTAR PUSTAKA

AASHTO (1990). Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing. Washington, D.C.

AASHTO. 1990. Standard Specifications For Transportation Materials And Methods of Sampling and Testing. Part II. "Tests". Fifteenth Edition. Washington, D.C.

ASTM, 1997, Road and Paving Materials Vehicle – Pavement Systems, Published By The American Society of Testing Material Officials, Washington D.C.

Atkins, H. N., PE (1997). Highway Materials, Soils, and Concretes. Prentice Hall, New Jersey.

Departemen Pekerjaan Umum (1989), Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (Laston), Ditjend Bina Marga, Jakarta.

Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, (2004), Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Direktorat Jendral Prasarana Wilayah, Departemen Kimpraswil, Jakarta

Hardiyatmo, H. C., (2011), Perencanaan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah, Gajah Mada University Press, Yogyakarta

- Herina, F, S, (2000), Kajian Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Fondasi Ekspansif Untuk Bangunan Sederhana, BPP DPU, Jakarta.
- Kerb, D.R dan Walker, D.R (1971), Highway Material, MC. Graw-Hill Book Company, Virginia Polytechnic Institute, USA.
- Martens E.W dan Borgfeldt M.J (1985), Cationic Asphalt Emulsion, California Research Corporation, California.
- Muntohar, A. S. dan B. Hantoro (2001). Penggunaan abu sekam sebagai campuran kapur untuk stabilisasi tanah. Tesis Magister, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Mutohar, Y (2002). Evaluasi Pengaruh Bahan Filler Fly Ash Terhadap Karakteristik Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR). Tesis Magister, Universitas Diponegoro Semarang, Semarang.
- Putrowijoyo, R. 2006. Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland dan Abu Batu Sebagai Filler. Semarang: Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Revisi SNI 03-1737-1989. Pedoman Tentang “Pelaksanaan lapis campuran beraspal panas” adalah pengganti dari SNI 03-1737-1989, Tata cara pelaksanaan laapis aspal beton (LASTON) untuk jalan raya: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Sukirman, S. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Penerbit Nova, Bandung.
- The Asphalt Institute (1979), A Basic Asphalt Emulsion Manual, Manual Series (MS) No.19, Second Edition, Maryland, USA.
- The Asphalt Institute (1990), Asphalt Cold Mix Manual, Manual Series (MS) No.14, Third Edition, Maryland, USA.
- Wahyudi, H. 2003. Evaluasi Sifat Marshall dan Nilai Struktural Campuran Beton Aspal Yang Menggunakan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Aspal Esso Pen 60/70: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro