

STUDI PENGGUNAAN BATU KARANG GUNUNG SARIRA SEBAGAI AGREGAT KASAR DALAM CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS PERMUKAAN ANTARA (AC - BC)

Parea Rusan Rangan

Staf Pengajar Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Toraja,
E-Mail: usd_blessing@yahoo.com

ABSTRAK

Penggunaan batu karang gunung Sarira sebagai agregat kasar dalam campuran aspal beton merupakan bentuk pemanfaatan sumber daya alam secara optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan batu karang gunung Sarira terhadap karakteristik campuran aspal beton lapis permukaan antara (AC-BC).

Penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan variasi kadar aspal 5%, 5.5%, 6%, 6.5% dan 7%. Gradasi yang digunakan berdasarkan spesifikasi yang disyaratkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga, sehingga diperoleh komposisi agregat untuk campuran: agregat kasar 62.5%, agregat halus 30.5% dan filler 7%. Pengujian dilakukan dengan metode Marshall standar dan Marshall Immersion.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar aspal optimum (KAO) yaitu 6% dengan nilai stabilitas Marshall 904,29 kg > 800 kg, VIM 5,27% (3,5% – 5,5%) VMA 18,50% > 14%, VFB 71.63% > 63%, Flow 3,52 mm > 3 mm, MQ 256,72 kg/mm > 250 kg/mm dan indeks perendaman (IP) 85,02% > 80%.

Kata Kunci : Batu Karang Gunung Sarira, AC-BC, Pengujian Marshall.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perencanaan campuran untuk konstruksi jalan memerlukan profesionalitas dan ketelitian yang tinggi sehingga konstruksi dapat memikul beban-beban rencana yang bekerja serta dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan.

Agregat mempunyai peranan yang cukup besar pada kekuatan campuran aspal. Agregat dibedakan atas agregat kasar dan agregat halus. Agregat memiliki proporsi yang lebih besar dibandingkan dengan filler dan aspal. Salah satu faktor

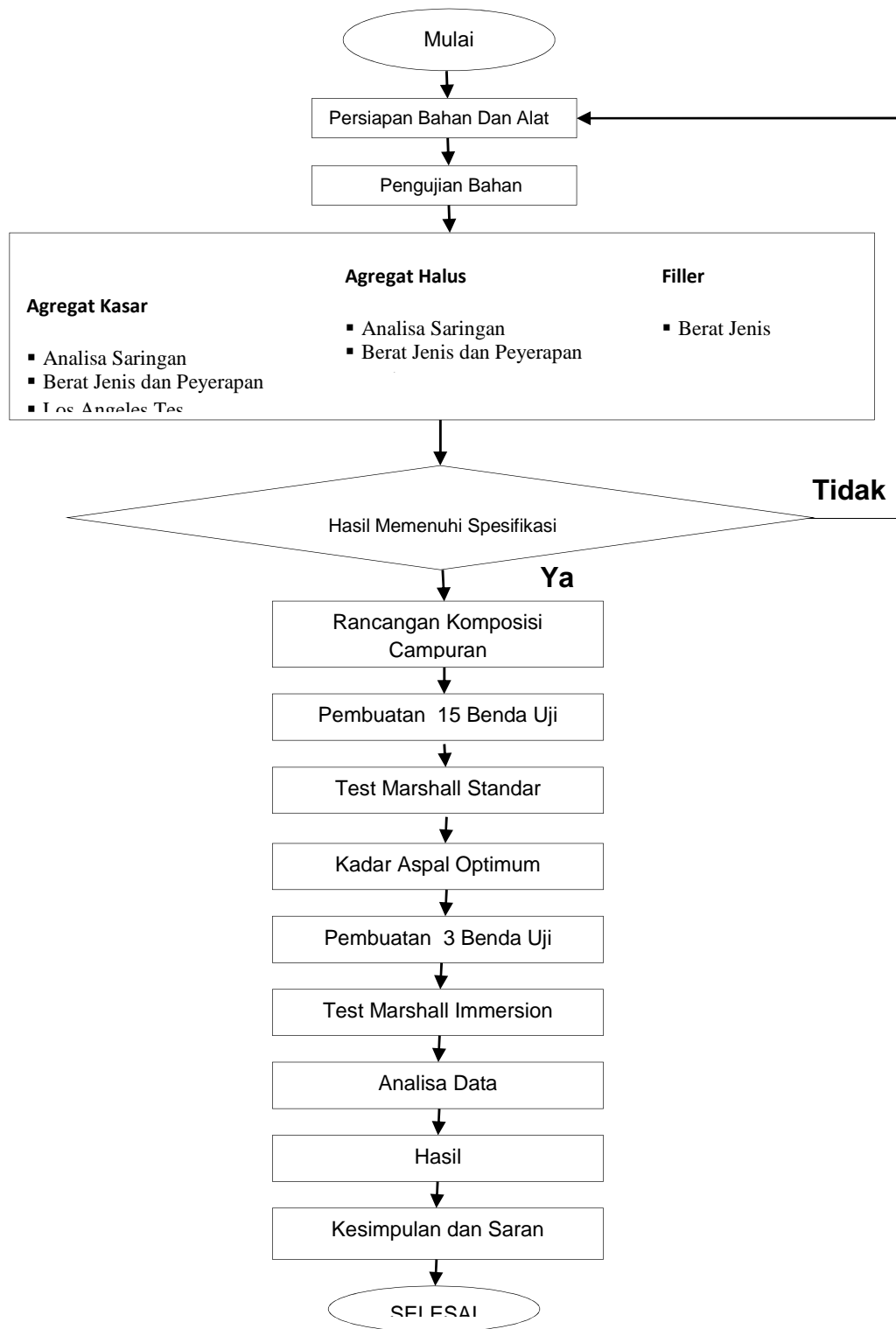
yang mendorong dilakukannya penelitian ini adalah usaha untuk memanfaatkan sumber daya alam secara optimal yang ada di Toraja khususnya batu karang gunung yang depositnya cukup banyak yaitu batu karang gunung Sarira yang terletak di kecamatan Makale Utara kabupaten Tana Toraja . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik batu karang gunung Sarira sebagai agregat kasar untuk campuran Laston AC-BC sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga. Bagaimana karakteristik Marshall yang dihasilkan dari campuran Laston AC-BC dengan menggunakan agregat kasar batu karang gunung Sarira ?

II. Metode Penelitian

Lokasi Pengambilan Sampel

Dalam penelitian ini pengambilan contoh berupa agregat kasar dalam bentuk sampling, dilakukan di daerah penambangan batu karang gunung Sarira yang berada di Dusun Rorre, Kelurahan Sarira, Kecamatan Makale Utara, Kabupaten Tana Toraja. Lokasi pengambilan sampel terletak ± 12 km dari kota Makale, dengan kordinat geografis berada pada $3^{\circ}3'30''$ LS dan $119^{\circ}57'7''$ BT.

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Sruktur dan Material Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Tana Toraja. Langkah-langka dalam melaksanakan penelitian di laboratorium mengikuti prosedur pelaksanaan seperti pada gambar 2.1 bagan alir penelitian yaitu :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

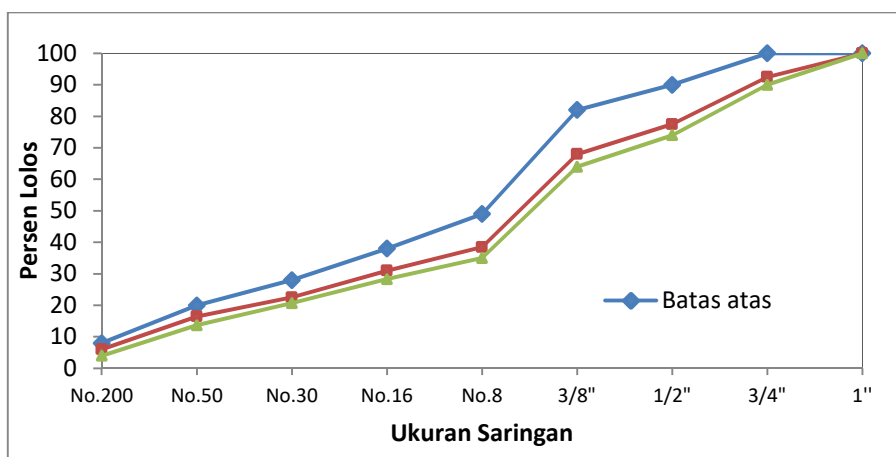
Hasil Pengujian Agregat

Pengujian yang dilakukan terhadap karakteristik agregat antara lain : Analisa Saringan Agregat Kasar dengan berat bahan : 2500 gram. Material : Cipping / Batu Pecah Manual Gunung Sarira. Analisa Saringan Agregat Halus dengan berat bahan:1500 gram. Material:Pasir Sungai Tapparan Tana Toraja.

Tabel 1. Analisa Saringan Agegat Gabungan

Ukuran Saringan	Berat Saringan (gr)	Berat Saringan + Tertahan (gr)	Berat Tertahan (gr)	Berat Tertahan (gr)	Persen Total Tertahan (%)	Persen Lolos Agregat Gabungan (%)
1"	650	650	0	0	0	100
3/4"	529	830	301	301	7.5	92.5
1/2"	522	1121	599	900	22.5	77.5
3/8"	518	898	380	1280	32	68
No 8	469.4	1689.4	1220	2500	65.5	37.5
No 16	413.4	732.4	319	2819	70.5	29.5
No 30	382.1	663.1	281	3100	77.5	22.5
No 50	368.8	608.8	240	3340	83.5	16.5
No 200	336.8	716.8	380	3720	93	7
Pan	470.5	750.5	280	4000	100	0

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 2. Grafik Persen Lolos Agregat Gabungan

Pada grafik agregat gabungan diatas menyatakan agregat gabungan pada saringan 1" lolos 100%, saringan 3/4" lolos 92.5%, saringan 1/2" lolos 77.5 %, saringan 3/8" lolos 68%, saringan No. 8 37.5 saringan No. 16 lolos 29.5 %,

saringan No. 30 lolos 22.5 %, saringan No. 50 lolos 16.5 %, saringan No. 200 lolos 7 %, dan Pan 0 %. Dari hasil penggabungan agregat diatas masuk dalam spesifikasi SNI.

Hasil Pengujian Aspal

Adapun data mengenai pengujian aspal penetrasi 60/70 mengacu pada data dari PT. Sabar Jaya sebagai sumber bahan penelitian yang meliputi : Penetrasi : 65,9 mm, Daktilitas : 129,33 cm, Berat jenis : 1,03 gr/cc, Titik nyala : 290°C, Titik bakar : 300°C, Titik lembek : 50,75°C, Kehilangan berat : 0,175 % berat.

Hasil Rancangan Campuran dan Karakteristik Marshall

Komposisi rancangan campuran dibagi atas tiga fraksi yaitu : fraksi agregat kasar, fraksi agregat halus dan fraksi bahan pengisi (filler).

Total agregat yang digunakan dalam campuran aspal beton adalah 1200 gram dengan komposisi sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Penggabungan Agregat Dalam Campuran

UKURAN SARINGAN		PERSENTASE LOLOS (%)		JUMLAH TERTAHAN	JUMLAH BAHAN MENURUT SPESIFIKASI		JUMLAH BAHAN	
ASTM	(mm)	KISARAN	TARGET	(%)	TERTAHAN (%)	TERTAHAN (gr)	gr	%
1'	25	100	100	0	0	0	750	62.5
¾"	19	90 -100	92.5	7.5	7.5	90		
½"	12.5	Maks 90	77.5	22.5	15	180		
3/8"	9.5		68	32	9.5	114		
No 8	2.36	23 - 49	37.5	62.5	30.5	366		
No 30	0.6		22.5	77.5	15	180	366	30.5
No 50	0.3		16.5	83.5	6	72		
No 200	0.075	4 - 8	7	93	9.5	114		
PAN	PAN		0	100	7	84	84	7
Daerah Larangan								
No 4	4,75	-						
No 8	2,36	34.6	37.5					
No 16	1,18	22.3 - 28.3	29.5					
No 30	0,600	16.7 - 20.7	22.5					
No 50	0,300	13..5	16.5					
Jumlah					100	1200	1200	100

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

a. Komposisi Agregat Kasar

$$= \frac{B + T + T_1 + S + (3/4" \text{ saringan No 8})}{B + T + A} \times 100 \%$$

$$= \frac{9 + 1 + 1 + 3}{1} \times 100 \% = 62.5 \%$$

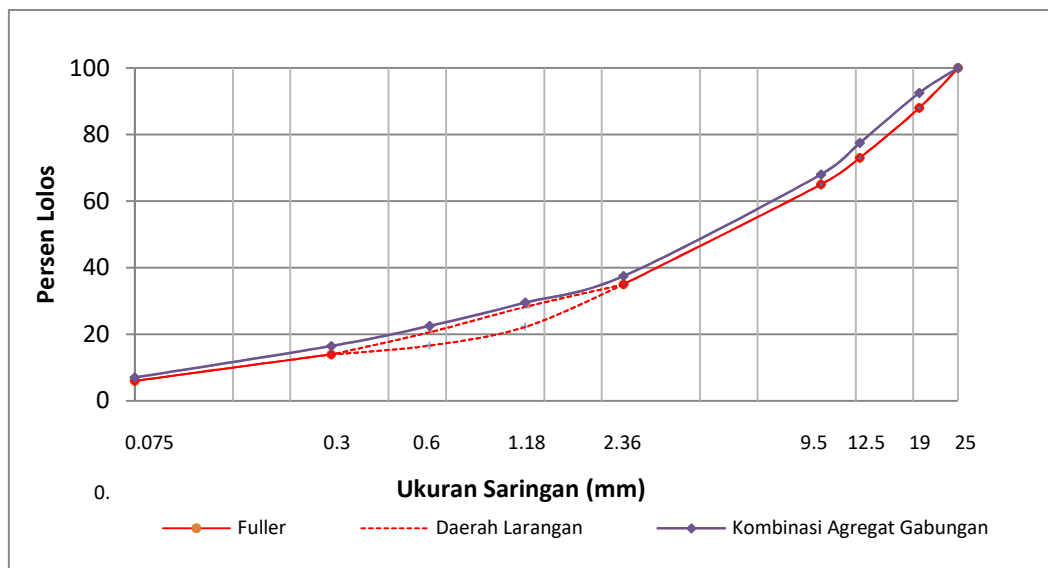
b. Komposisi Agregat Halus

$$= \frac{B + T + T + \text{ha Sa} + (N .3 \text{ sa} + N .2)}{B + T + A} \times 100\%$$

$$= \frac{1 + 7 + 1}{1} \times 100 \% = 30.5 \%$$

c. Komposisi Filler

$$= \frac{B + T + P}{B + T + A} \times 100\% = \frac{84}{1200} \times 100 \% = 7 \%$$



Gambar 3. Grafik Fuller, Daerah Larangan dan Gradasi Gabungan

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa gradasi agregat gabungan berada diatas fuller dan berada diluar daerah larangan sehingga dapat disimpulkan bahwa gradasi agregat gabungan memenuhi spesifikasi Bina Marga .

Kadar Aspal Dalam Campuran

Untuk menghitung kadar aspal ideal dengan menggunakan rumus :

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K$$

$$P_b = 0,035(62,5) + 0,045(300) + 0,18(7) + 1$$

$$P_b = 5,82 = 6\% \text{ (dibulatkan)}$$

Dari hasil perkiran kadar aspal (Pb) dibuatkan benda uji dengan lima variasi kadar aspal, 2 kadar aspal di bawah Pb dan 2 kadar aspal di atas Pb dengan interval 0,5% sehingga variasi kadar aspal rencana adalah 5%, 5.5%, 6%, 6.5,dan 7%.

Kadar aspal dalam campuran dapat diperoleh melalui perhitungan sebagai berikut : Berat Aspal (gr) $= \frac{5\%}{(1\% - 5\%)} \times 1200 \text{ gr} = 63,15 \text{ gr}$

Tabel 3. Proporsi Aspal Dalam Campuran

Kadar aspal %	5%	5.5%	6%	6.5%	7%
Berat aspal (gr)	63.15	76,59	90,32	104,35	118,68

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil Pengujian Karakteristik Marshall

Hasil pengujian karakteristik Marshall yang dilakukan pada 3 sampel benda uji pada kadar aspal 5%, 5.5%, 6%, 6.5% dan 7% diperoleh hasil rata-rata VIM, Stabilitas, VFB, Flow, MQ dan VMA seperti pada tabel 4.

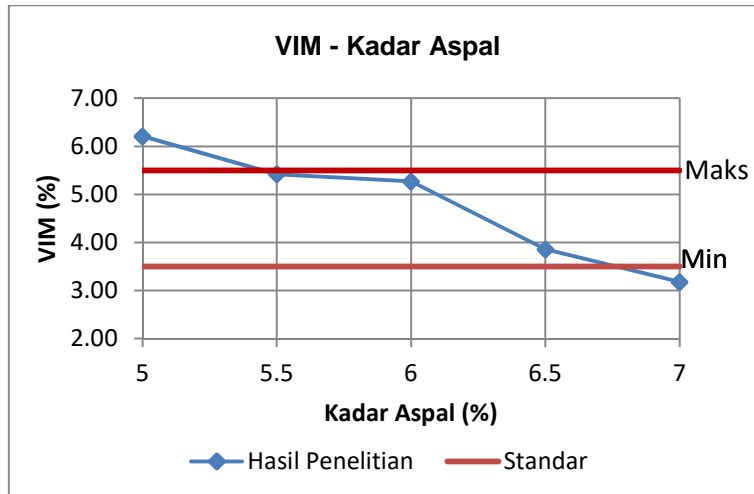
Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Marshall

Kadar aspal (%)	VIM	Stabilitas	VFB	Flow	MQ	VMA
5	6.21	812.2	62.59	3.15	257.73	16.64
5.5	5.42	881.61	69.59	3.30	267.44	17.62
6	5.27	904.29	71.61	3.52	256.72	18.50
6.5	3.86	956.77	78.93	3.75	255.20	18.31
7	3.18	1057.42	83.32	4.05	261.17	18.74

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Pembahasan Hasil Pegujian Marshall

a. Analisa Terhadap VIM



Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Gambar 4. Grafik Perbandingan Antara VIM Dengan Kadar Aspal

VIM adalah volume total udara yang berada diantara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu perkerasan yang telah dipadatkan (rongga dalam campuran), dinyatakan dengan persen volume bulk suatu perkerasan. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai VIM seperti tabel 5.

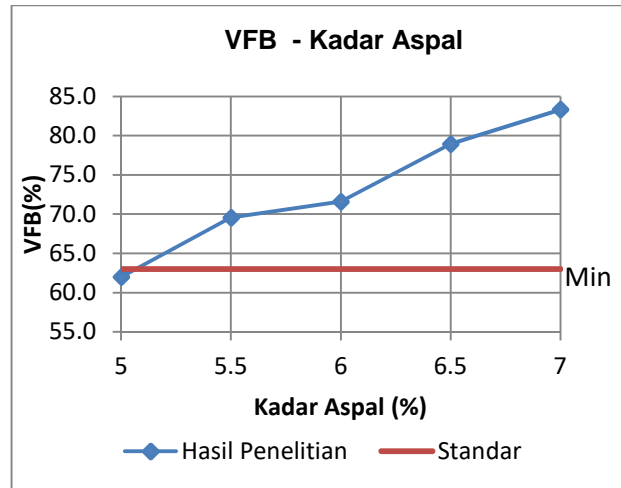
Tabel 5. Nilai VIM Dari Hasil Pengujian Karakteristik Marshall Campuran Laston AC-BC

Kadar Aspal (%)	5%	5.5%	6%	6.5%	7%
Nilai VIM (%)	6.21	5.42	5.27	3.86	3.18

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Berpedoman pada nilai standar VIM yang dikeluarkan oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan Badan Penelitian dan Pengembangan tahun 2007 nilai minimumnya 3.5% dan maksimum adalah 5.5%. Nilai VIM yang didapatkan untuk campuran Laston AC-BC, pada kadar aspal 5.5% sampai 6.5% memenuhi standar yang ditetapkan, sedangkan kadar aspal 5% dan 7% tidak memenuhi standar.

b. Analisa Terhadap VFB (Rongga yang Terisi Aspal)



Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Gambar 5. Grafik Perbandingan Antara VFB Dengan Kadar Aspal

Rongga terisi aspal (VFB) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang diserap oleh agregat. Dengan demikian, aspal yang mengisi VFB adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir agregat didalam pori aspal beton padat.

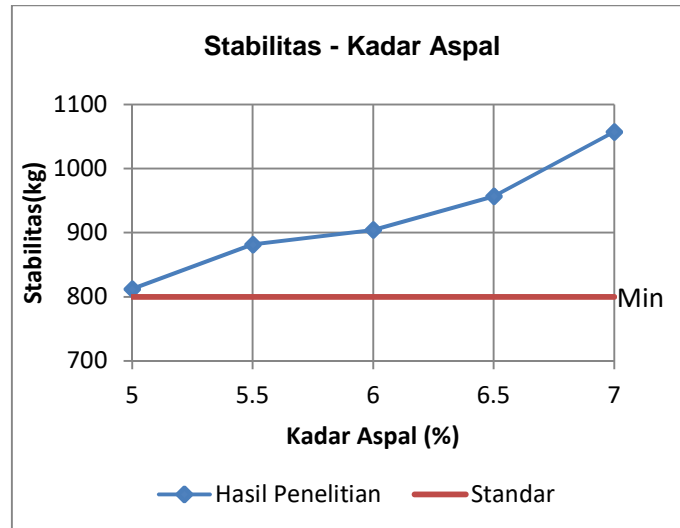
Tabel 6. Nilai VFB Dari Hasil Pengujian Karakteristik Marshall Laston AC-BC

Kadar Aspal (%)	5%	5.5%	6%	6.5%	7%
VFB (%)	62.59	69.59	71.61	78.93	83.32

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Berpedoman pada nilai standar VFB yang dikeluarkan oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan Badan Penelitian dan Pengembangan tahun 2007 nilai minimumnya 63% (*lihat tabel 2.1 halaman 11*). Nilai VFB yang didapatkan untuk campuran Laston AC-BC, pada kadar aspal 5.5% sampai 7% memenuhi standar yang ditetapkan, sedangkan kadar aspal 5% tidak memenuhi standar.

c. Analisa Terhadap Stabilitas Laston AC-BC



Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Gambar 6. Grafik Perbandingan Antara Stabilitas Dengan Kadar Aspal

Stabilitas adalah kemampuan/kekuatan suatu campuran menerima atau menahan beban/tekanan lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur maupun bleeding (pengumpulan aspal di permukaan perkerasan) yang dinyatakan dalam satuan berat (kilogram). Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai stabilitas seperti tabel 7.

Tabel 7. Nilai Stabilitas Dari Hasil Pengujian Karakteristik Marshall Laston AC-BC

Kadar Aspal (%)	5%	5.5%	6%	6.5%	7%
Stabilitas (kg)	812.2	881.61	904.29	956.77	1057.42

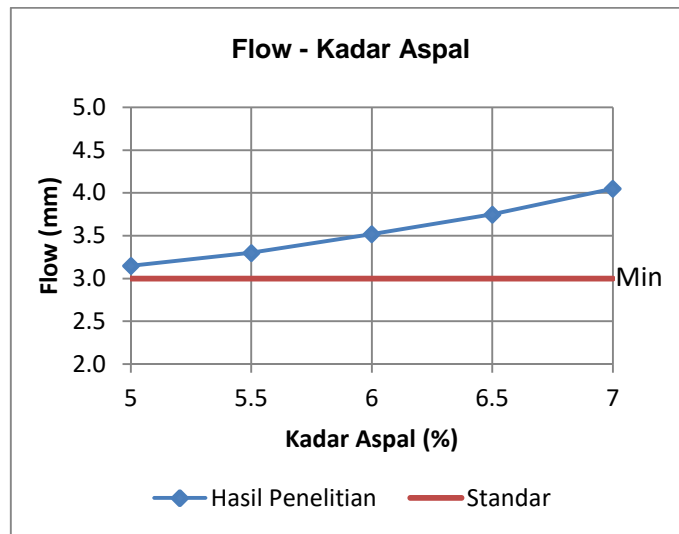
Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Standar yang dikeluarkan oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan Badan Penelitian dan Pengembangan tahun 2007 nilai stabilitas minimum adalah 800 kg. Nilai stabilitas tersebut memperlihatkan kenaikan pada kadar aspal 5% sampai pada kadar aspal 7%. Hal ini disebabkan karena makin besar kadar aspalnya maka nilai stabilitasnya akan semakin besar pula, tetapi jika kadar aspal itu terlalu banyak maka akan menurunkan nilai stabilitas campuran Laston AC-BC tersebut.

Aspal akan menyelimuti dan merekatkan agregat dengan baik pada jumlah tertentu, sehingga stabilitasnya maksimum. Tetapi jika aspal bertambah lagi maka selaput aspal pada permukaan agregat menjadi tebal sehingga jarak

antara agregat semakin renggang yang menyebabkan kuncian antara agregat menjadi jelek dan menyebabkan stabilitasnya menurun.

d. Analisa Terhadap Flow



Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Gambar 7. Grafik Perbandingan Antara Flow Dengan Kadar Aspal

Flow adalah besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan, dinyatakan dalam satuan panjang (mm).

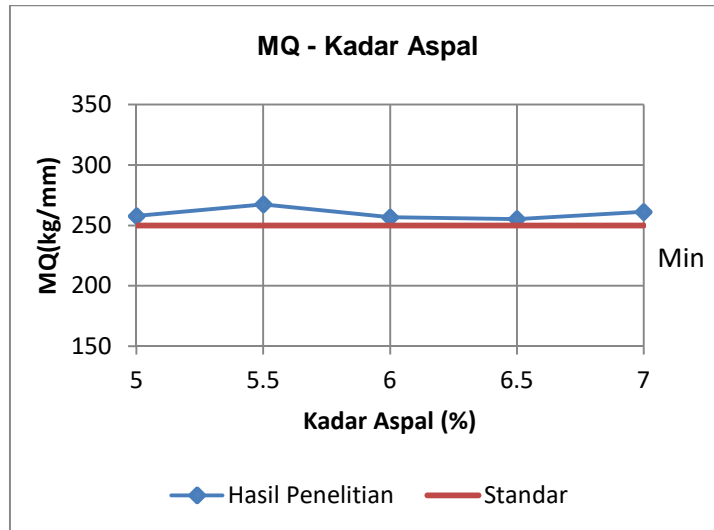
Tabel 8. Nilai Flow Dari Hasil Pengujian Karakteristik Marshall Laston AC-BC

Kadar Aspal (%)	5%	5.5%	6%	6.5%	7%
Flow(mm)	3.15	3.30	3.52	3.75	4.05

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Standar yang dikeluarkan oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan Badan Penelitian dan Pengembangan tahun 2007 yaitu nilai minimumnya adalah 3,0 mm (*lihat tabel 2.1 halaman 11*) . Nilai-nilai flow di atas semuanya memenuhi standar tersebut. Bila diperhatikan nilai flow diatas sangat bervariasi dan jika kita lihat mulai dari kadar aspal 5%-7% nilai flow semakin besar karena semakin bertambah aspal maka selimut aspal atau selaput aspal pada permukaan agregat semakin tebal yang menyebabkan nilai kelenturan (flow) bertambah besar.

e. Analisa Terhadap MQ (Marshall Quotient)



Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Gambar 8. Grafik Perbandingan Antara MQ Dengan Kadar Aspal

MQ adalah nilai hasil bagi antara stabilitas dan flow, juga merupakan nilai untuk memperlihatkan ketahanan campuran terhadap pembebanan setiap mm dari campuran.

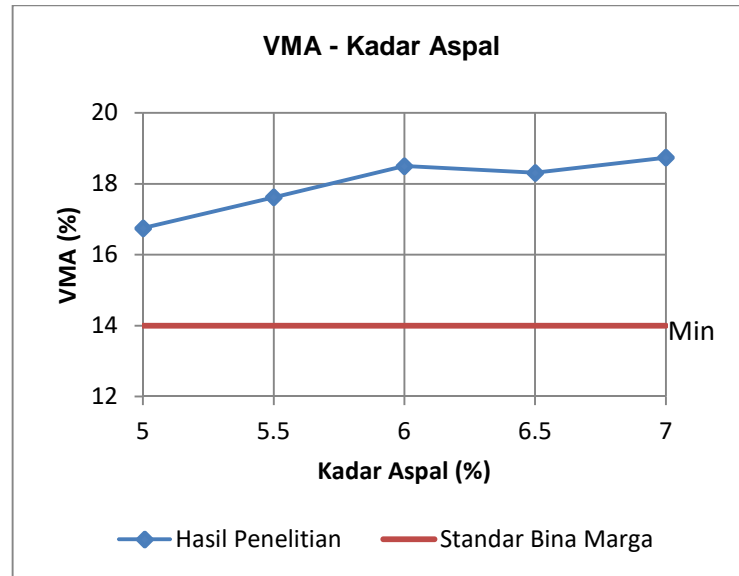
Tabel 9. Nilai MQ Dari Hasil Pengujian Karakteristik Marshall Laston AC-BC

Kadar Aspal (%)	5%	5.5%	6%	6.5%	7%
MQ (kg/mm)	257.73	267.44	256.72	255.2	261.17

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Jika diperhatikan untuk nilai MQ, terlihat hasil yang sangat bervariasi, yaitu mengalami kenaikan pada kadar 5 % sampai pada kadar aspal 5.5% dan kembali mengalami penurunan pada kadar aspal 6% dan 6.5%. Namun demikian nilai MQ diatas, pada kadar aspal 5% sampai 7% memenuhi standar yang dikeluarkan. Puslitbang jalan dan jembatan badan penelitian dan pengembangan tahun 2007 menetapkan nilai MQ untuk lalu lintas berat minimal 250 kg/mm.

f. Analisa Terhadap VMA



Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Gambar 9. Grafik Perbandingan VMA Dengan Kadar Aspal

VMA adalah volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat suatu campuran beraspal padat, yaitu rongga udara dan volume kadar aspal efektif (rongga dalam agregat), dinyatakan dalam % volume total benda uji.

Tabel 10. Nilai VMA Dari Hasil Pengujian Karakteristik Marshall Laston AC-BC

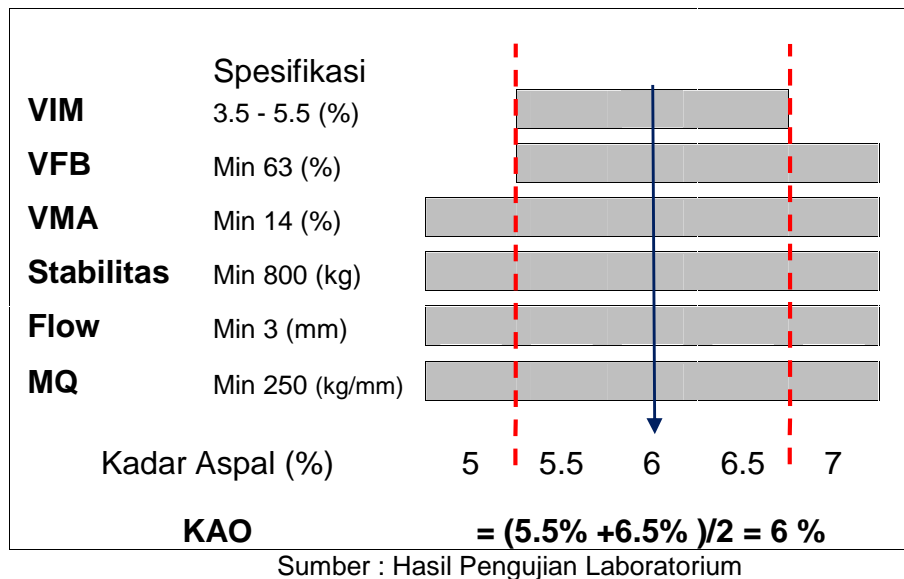
Kadar Aspal (%)	5%	5.5%	6%	6.5%	7%
VMA	16.64	17.62	18.50	18.31	18.74

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Dari ke lima hasil tersebut jika dibandingkan dengan standar puslitbang jalan dan jembatan badan penelitian dan pengembangan tahun 2007, nilai VMA untuk campuran Laston AC-BC yang ditetapkan minimum 14%, maka nilai yang didapat dari hasil pengujian dilaboratorium masuk dalam standar yang ditetapkan/disyaratkan.

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

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



Gambar 10. Bar Chart Penentuan Kadar Aspal Optimum

- Nilai VIM memenuhi syarat pada kadar aspal 5,5%, 6% dan 6.5%.
- Nilai VFB memenuhi syarat pada kadar aspal 5,5% sampai 7%.
- Kadar aspal 5% sampai 7% memenuhi syarat nilai VMA.
- Kadar aspal 5% sampai 7% memenuhi syarat nilai Stabilitas.
- Kadar aspal 5% sampai 7% memenuhi syarat nilai flow.
- Kadar aspal 5% sampai 7% memenuhi syarat nilai MQ .
- Pada nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) kadar aspal 6% yang memenuhi semua persyaratan VIM, VFB, Stabilitas, Flow dan MQ.

Analisis Hasil Pengujian Marshall Immersion

Marshall immersion adalah salah satu pengujian untuk melihat durabilitas (ketahanan terhadap beban dan pengaruh suhu) atau keawetan suatu campuran, hasil dari pengujian ini adalah rasio stabilitas. Rasio tersebut dibandingkan stabilitas dari benda uji marshall setelah direndam dalam suhu 60° C dalam *waterbath* selama 24 jam terhadap stabilitas benda uji marshall dengan 30 menit yang biasa disebut indeks perendaman (IP) atau stabilitas Marshall Sisa (indeks kekuatan sisa)

Indeks Perendaman (Marshall Immertion)

$$IP = \frac{S_i}{S} \frac{M}{M} \frac{In}{S} \times 100\%$$

$$= \frac{7.8}{9.2} \times 100\% = 85.02\%$$

Hasil pengujian Marshall Immertion diperoleh indeks perendaman sebesar **85.02** %. Nilai indeks perendaman ini telah memenuhi standar yaitu **80%**.

Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa perkerasan jalan yang menggunakan agregat batu karang gunung Sarira sebagai agregat dalam campuran Laston AC-BC dapat tahan terhadap suhu dan lamanya perendaman air tetapi harus disertai dengan pemeliharaan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- a. Hasil pengujian karakteristik batu karang gunung Sarira menunjukkan bahwa agregat tersebut memenuhi syarat sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.
- b. Hasil pengujian karakteristik Marshall dari penggunaan batu karang gunung Sarira sebagai agegat kasar dalam campuran Laston AC-BC diperoleh kadar aspal optimum 6% dengan karakteristik sebagai berikut : *VMA* sebesar 18,50% > 14%, *VFB* sebesar 71,61% > 63%, *VIM* sebesar 5,27% (3.5% - 5.5 %), *Stabilitas Marshall* sebesar 904,29 kg > 800 kg, *Flow* sebesar 3,52 mm > 3 mm, *MQ* sebesar 256,75 kg/mm > 250 kg/mm, *Marshall Immertion* diperoleh sebesar 85,02 % > 80 % . Hasil pengujian *VMA*, *VFB*, *VIM*, *Stabilitas Marshall*, *Flow*, *MQ* dan *Marshall Immertion* semuanya memenuhi spesifikasi sehingga batu karang gunung Sarira dapat digunakan sebagai agregat kasar untuk campuran Laston AC-BC.

Saran-Saran

- a. Untuk mendapatkan mutu campuran aspal beton yang baik maka dalam pelaksanaan penelitian dan pemeriksaan karakteristik hendaknya memperhatikan spesifikasi setiap pengujian dengan baik dan teliti.
- b. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui lebih dalam kinerja campuran aspal beton dengan menggunakan keseluruhan material batu

gunung Sarira, mulai dari agregat kasar, abu batu sebagai agregat halus dan filler dalam campuran Laston AC-BC dan campuran aspal yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- a. AASHTO, 1986, *ASSHTO Guide For Design of Pavement Structures*.
- b. AASHTO, 1998, *Standard Specifications for Transportation Material and Methods of Sampling Testing*. Washington D.C.
- c. Andi Tenresukki Tenriajeng, 2002 , *Rekayasa Jalan Raya-2* ,Gunadarma, Jakarta.
- d. Departemen Pekerjaan Umum, 1989, *Campuran Beraspal Panas*, Buku V Spesifikasi Kusus Bina Marga, Jakarta.
- e. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004, *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*, Jakarta.
- f. Departemen Pekerjaan Umum, 2007, *Divisi 6 Perkerasan Aspal*, Puslitbang Jalan dan Jembatan Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta.
- g. Departemen Pekerjaan Umum, 2007, *Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas*, Jakarta.
- h. Departemen Pekerjaan Umum, 2009, *Pemeriksaan Material Jalan*, Jakarta.
- i. Hamirhan Saodang, 2005, *Konstruksi Jalan Raya, Buku 2 Perencanaan Perkerasan Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- j. Modul Perkerasan Jalan, 2012, Pusat Pengembangan Pendidikan Universitas Gadjah Mada.
- k. Penuntun Praktikum edisi empat. 2008, Laboratorium Rekayasa Transportasi Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- l. RSNI M-01-2003, *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*, Badan Standarisasi Nasional.
- m. SNI 03-1968-1990. *Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar*. Pustran Balitbang Departemen Pekerjaan Umum.
- n. SNI 03-2417-1991. *Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Pustran Balitbang Departemen Pekerjaan Umum.
- o. Sukirman, 2003 , *Beton Aspal Campuran Panas*, Granit, Bandung.
- p. Suprpto, 2004 ,*Bahan dan Sruktur Jalan Raya*, KMTS FT UGM, Yogyakarta.