

PENGARUH PENGGUNAAN PASIR KUARSA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT HALUS UNTUK PERKERASAN LASTON AC-BC

Dena Ramadhan Junaedi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Muhammadiyah Sukabumi, Sukabumi
(Jalan R. Syamsudin, SH No. 50 Sukabumi)

Denaramadhan90@gmail.com

Abstrak

Perkerasan jalan Lapis Aspal Beton (LASTON) merupakan perkerasan jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal, berada di atas tanah dasar dengan tujuan untuk melayani beban lalu lintas. Seiring berjalannya waktu pertumbuhan kendaraan semakin meningkat hal ini mengakibatkan lapisan perkerasan cepat mengalami kerusakan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai bahan campuran, salah satunya menggunakan bahan dengan kualitas yang lebih baik dengan tujuan dapat meningkatkan stabilitas perkerasan jalan tersebut. Kabupaten Sukabumi memiliki potensi pasir kuarsa yang sangat melimpah, daerah tersebut memproduksi pasir kuarsa sebanyak 15.000 ton perbulannya. Dilihat dari sumber daya pasir kuarsa yang sangat melimpah dan karakteristik dari pasir kuarsa sangat baik maka perlu adanya penelitian mengenai pengaruh penggunaan pasir kuarsa sebagai bahan pengganti agregat halus untuk perkerasan jalan Laston. Penelitian ini menggunakan metode analisis data komperatif dimana membandingkan hasil penelitian yaitu pasir kuarsa dengan pasir pasang yang pada umumnya digunakan untuk perkerasan jalan Laston. Variasi kadar aspal yang digunakan sebesar 6 %, 6,5%, 7%, dan 7,5 %. Pengujian yang dilakukan menggunakan pengujian alat marshall. Berdasarkan hasil pengujian alat Marshall pada campuran Laston yang menggunakan pasir kuarsa mendapatkan nilai stabilitas lebih tinggi dari pada Laston normal, hal ini disebabkan karna permukaan pasir kuarsa yang kasar dan mempunyai tingkat kekerasan yang baik sehingga dapat meningkatkan kelekatan terhadap aspal, hal ini membuktikan bahwa penggunaan pasir kuarsa berpengaruh pada perkerasan Laston.

Kata-kata kunci: Pasir kuarsa, Laston, Stabilitas Marshall, *Flow* (kelelahan)

THE EFFECT OF USE OF QUARSA SAND AS A FINE AGGREGATE REPLACEMENT FOR THE PASTING OF LASTON AC-BC

Abstract

Pavement Concrete Asphalt Layers (LASTON) is a pavement consisting of coarse aggregates, fine aggregates, fillers and asphalt, located on a subgrade with the aim of serving traffic loads. As time goes by the growth of the vehicle increases, this causes the pavement layer to be damaged quickly. For this reason, it is necessary to conduct research on mixed materials, one of which uses materials of better quality with the aim of increasing the stability of the pavement. Sukabumi Regency has an abundance of quartz sand potential, the area produces as much as 15,000 tons of quartz sand per month. Judging from the abundant resources of quartz sand and the very good characteristics of quartz sand, research is needed on the effect of using quartz sand as a substitute for fine aggregate for the pavement of the Laston road. This study uses a comparative data analysis method which compares the results of research, namely quartz sand with tidal sand which is generally used for the pavement of the Laston road. The variation of asphalt levels used is 6%, 6.5%, 7%, and 7.5%. Tests carried out using marshall testing tools. Based on the results of the Marshall test on the Laston mixture using quartz sand, it has a higher stability value than the normal Laston, this is because the surface of quartz sand is rough and has a good hardness level so it can increase the viscosity of asphalt, this proves that the use of sand quartz affects the Laston pavement.

Keywords: *Quartz Sand, Laston, Stability Marshall, Flow*

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Pembebanan berlebih merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya kerusakan jalan akibat dari pertumbuhan kendaraan yang sangat pesat. Dari banyaknya kerusakan jalan banyak peneliti yang mengganti agregat atau menambahkan bahan lain kedalam campuran perkerasan jalan hal ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan tersebut.

Lapis Aspal Beton (LASTON) merupakan salah satu jenis perkerasan jalan lentur, pada umumnya perkerasan jalan ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal yang dipanaskan dan dicampurkan pada suhu tertentu kemudian dihamparkan, dipadatkan menggunakan alat berat

Kabupaten sukabumi memiliki potensi pasir kuarsa yang sangat melimpah salah satunya berada di Cibadak Sukabumi-Jawa Barat. daerah tersebut memproduksi pasir kuarsa sebanyak 15.000 ton perbulannya. Pasir kuarsa merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan feldspar. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O yang berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya.

Dari banyaknya ketersediaan pasir kuarsa dan karakteristik pasir kuarsa yang sangat baik maka penelitian ini akan menjadikan pasir kuarsa sebagai bahan pengganti agregat halus dengan tujuan dapat meningkatkan stabilitas perkerasan jalan tersebut.

2. Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh pasir kuarsa terhadap stabilitas Marshall ?

3. Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh pasir kuarsa terhadap stabilitas marshall.

KAJIAN PUSTAKA

Perkerasan Jalan Lentur merupakan perkerasan yang terdiri dari lapisan-lapisan yang terletak diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan- lapisan tersebut berfungsi untuk menyalurkan beban lalu-lintas ke tanah dasar (Sukirman 2003) adapun jenis-jenis perkerasan jalan adalah sebagai berikut :

Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

1. Konstruksi perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.
2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
3. Konstruksi perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikatnya.
4. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)
5. Konstruksi Perkerasan komposit adalah perkerasan yang dikombinasikan antara perkerasan lentur dengan perkerasan kaku.

1. Laston AC-BC

Lapis Aspal Beton AC-BC merupakan salah satu jenis perkerasan jalan lentur, pada umumnya perkerasan jalan ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal yang dipanaskan dan dicampurkan pada suhu tertentu kemudian dihamparkan, dipadatkan menggunakan alat berat.

Adapun karakteristik yang harus dimiliki oleh lapis aspal beton (LASTON)

1. Tahan terhadap tekanan
2. Mempunyai sifat lentur dalam menerima beban
3. Kekesatan atau tahan geser
4. Kedap air
5. Mudah dilaksanakan saat proses pengerjaan

2. Bahan Penyusun Perkerasan Jalan

1) Aspal

Merupakan material perekat berwarna hitam atau cokelat tua dan memiliki unsur bitumen di

dalamnya, pada suhu ruangan aspal akan berbentuk padat dan apabila aspal dipanaskan maka akan menjadi cair (Sukirman 2003)

2) Agregat

Merupakan buti-butir batu, krikil, pasir baik dari alam ataupun buatan. Agregat merupakan salah satu komponen utama dalam perkerasan jalan hampir 90% -93% menggunakan agregat. Berdasarkan jenisnya agregat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

- (1) Agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai ukuran $> 1/4$ inci (6,35 mm) yang tertahan oleh saringan no 4.
- (2) Agregat halus merupakan agregat yang lolos saringan no 4 dan tertahan di saringan no 200. Pada umumnya agregat halus ini berupa pasir, screening hasil pembelahan batu oleh mesin *stone crusher*.
- (3) Bahan pengisi (filler) merupakan bahan tambah yang digunakan untuk memperbaiki daya kohesi. Kriteria bahan pengisi yaitu harus tersedia dalam jumlah banyak, tidak mengandung mikroba dan harus stabil.

3. Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa merupakan salah satu jenis pasir yang berasal dari batuan mengandung mineral utama seperti kuarsa dan feldspar. Pasir kuarsa memiliki komposisi gabungan seperti SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O bewarna putih bening atau warna lain tergantung pada senyawa pengotornya

3. Pengujian Marshall

Pengujian marshall adalah memeriksa dan menentukan stabilitas campuran agregat dan aspal, pada kelelahan (*flow*) *flow* diartikan sebagai perubahan atau regangan suatu campuran diawali tanpa pembebanan sampai diberi pembebanan hingga terjadi *flow* yang dinyatakan dalam kilogram.

Benda uji marshall merupakan campuran agregat, filler dan aspal, dipanaskan dan dimasukkan kedalam silinder cetakan dengan diameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm, ditumbuk

menggunakan *hammer* dengan berat 4,536 kg dengan tinggi jatuh 45,7 cm. jumlah tumbukan tergantung pada beban rencana, untuk beban lalu-lintas ringan 35 kali, untuk beban lalu-lintas sedang 50 kali dan untuk lalu-lintas berat sebanyak 75 kali. Pengujian ini mengacu (RSNI M-06-2004/ SNI 06-2489-1991).

Adapun nilai yang dihasilkan oleh alat marshall adalah sebagai berikut :

1) Densitas

Densitas merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Kepadatan ini dipengaruhi oleh temperatur pada saat pemadatan, kadar aspal, kualitas dan jenis agregat penyusun campuran.

$$\text{Density} = \frac{\text{berat kering benda uji (gr)}}{\text{volume benda uji (cm}^3\text{)}}$$

2) Kelelahan (*flow*)

Flow merupakan besarnya perubahan bentuk dari beton aspal padat akibat adanya pembebanan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi agregat, dan suhu pada saat pemadatan. Nilai *flow* adalah nilai pembacaan arloji *flow* pada pengujian Marshall dengan satuan millimeter (mm).

3) Volume pori dalam agregat campuran (VMA)

VMA merupakan banyaknya pori diantara butir-butir agregat dalam beton aspal padat. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal.

$$\text{VMA} = 100 \% - \% \text{ dari volume bulk beton aspal padat}$$

Keterangan:

VMA = volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat

Gmb = berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

Ps = kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat

Gsb = berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat.

4) Volume pori dalam beton aspal padat (VIM)

VIM adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume

beton aspal padat. VIM yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kedapannya, sehingga air dan udara mudah masuk ke dalam rongga campuran yang dapat menyebabkan berkurangnya keawetan.

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

Keterangan:

VIM = rongga di dalam campuran, persen terhadap volume total campuran.

G_{mb} = berat jenis curah campuran padat (AASHTO T-166)

G_{mm} = berat jenis maksimum campuran.

5) Volume pori antara butir agregat terisi aspal (VFA)

VFA merupakan volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal atau volume selimut aspal (VFA/*Voids Filled Asphalt*). Persentase pori antara butir agregat yang terisi aspal dinamakan VFA (*Voids Filled Asphalt*)

$$VFA = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{VMA}$$

Keterangan:

VFA = volume pori antara butir agregat yang terisi aspal, % dari VMA

VMA = volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

VIM = volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat.

6) Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah perbandingan antara nilai *stabilitas* dan *flow*, yang dipakai sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran. Bila campuran aspal agregat mempunyai angka kelelahan rendah dan *stabilitas* tinggi menunjukkan sifat kaku, sebaliknya bila nilai kelelahan tinggi dan *stabilitas* rendah maka campuran cenderung *plastis*.

$$MQ = \frac{MS}{MF}$$

Keterangan :

MQ = Marshall Quotient, (kg/mm)

MS = Marshall Stability (kg)

MF = Flow Marshall, (mm)

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian ini menggunakan metode analisis data komperatif dimana membandingkan hasil penelitian yaitu pasir kuarsa dengan pasir pasang yang pada umumnya digunakan untuk perkerasan jalan Laston. Penelitian ini dilaksanakan secara langsung di laboratorium. Adapun tahapan pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Persiapan alat dan bahan
2. Pengumpulan Data
3. Pengujian material penyusun laston ac-bc :
 - 1) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan agregat kasar.
 - 2) Pemeriksaan analisis saringan agregat halus dan agregat kasar.
 - 3) Pemeriksaan kadar air agregat halus dan agregat kasar.
4. Perencanaan *mix design*
5. Perawatan benda uji direndam dalam waterbarh selama 24 jam dengan suhu ruangan
6. Analisis data
7. Kesimpulan

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus.

Pengujian pasir kuarsa dan krikil meliputi pengujian analisis saringan, kadar air dan berat jenis dan penyerapan air.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pasir Kuarsa dan Pasir Pasang

Jenis Pengujian	Hasil	
	Pasir Kuarsa	Pasir Pasang
	Modulus Kehalusan	3.65
Kadar Air	1,08%	1,33 %
Berat Jenis Curah	2.50	2.50
Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2.52	2.51
Berat Jenis Semu	2.55	2.54
Penyerapan Air	1.13%	0.56%

Tabel 2. Hasil Pengujian Kerikil

Jenis Pengujian	Hasil
Kadar Air	1.56%
Berat Jenis Curah	2.52
Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2.58
Berat Jenis Semu	2.67
Penyerapan Air	2.24%

2. Mix Design Laston AC-BC

Setelah melaksanakan pengujian agregat dan aspal dan sudah memenuhi spesifikasi, langkah selanjutnya yaitu melakukan rancangan campuran (*mix design*) untuk mendapatkan komposisi agregat kasar, agregat halus *filler* dan aspal. Pada umumnya berat agregat campuran adalah 1200 gr.

Tabel 3. Spesifikasi Proporsi Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal

ASTM	Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang lolos	
		Gradasi Halus	Gradasi Kasar
		AC-BC	AC-BC
1 1/2"	37,5		
1"	25	100	100
3/4"	19	90-100	90-100
1/2"	12,5	73-90	71-90
3/8"	9,5	61-79	58-80
No. 4	4,75	47-67	37-56
No. 8	2,36	34,6-49	23-34,6
Ukuran Ayakan	% Berat yang lolos		

ASTM	(mm)	Gradasi Halus	Gradasi Kasar
		AC-BC	AC-BC
No. 50	0,3	13,7-20	7-13,7
No. 16	1,18	28,3-38	15-22,3
No. 30	0,6	20,7-28	10-16,7
No. 100	0,15	4-13	5-11
No. 200	0,075	4-8	4-8

(Sumber : *Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan jalan*)

Kode verifikasi benda uji dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

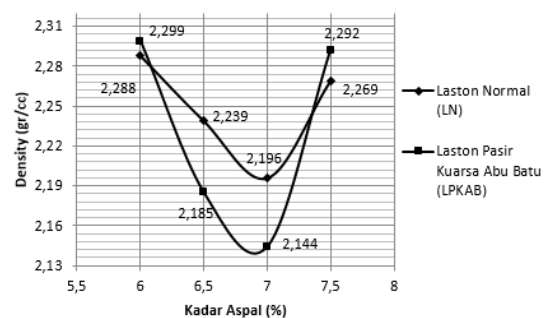
Tabel 4. Benda uji untuk pengujian Marshall

No	Uraian	Jumlah benda uji
1	LN6	3
2	LN6,5	3
3	LN7	3
4	LN7,5	3
5	LPKFA6	3
6	LPKFA6,5	3
7	LPKFA7	3
8	LPKFA7,5	3

3. Uji Marshall

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik marshall dan mengetahui kadar aspal optimum (KAO), adapun hasil dari pengujian marshall adalah sebagai berikut :

1) Density

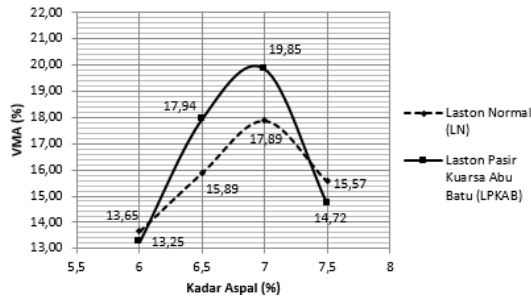


Gambar 1. Nilai Density

Dari gambar di atas terlihat bahwa nilai *density* penggunaan pasir kuarsa sebagai bahan pengganti agregat halus berpengaruh pada nilai kepadatan (*density*). Pada kadar aspal 6,5% - 7% mengalami

penurunan dan mengalami kenaikan pada kadar 7,5%.

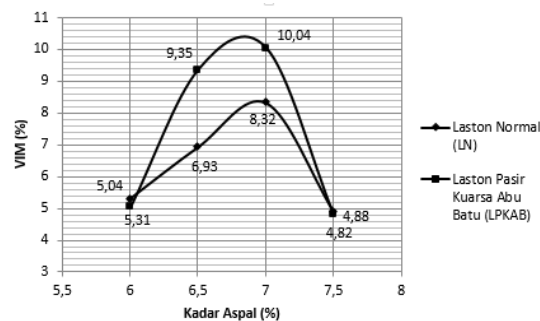
2) *Void In Mineral Agregate (VMA)*



Gambar 2. Nilai VMA

Dari gambar di atas terlihat bahwa pada Laston Normal (LN) pada kadar aspal 6% sampai 7% mengalami peningkatan dan pada kadar aspal 7,5% mengalami penurunan. Pada Laston Pasir Kuarsa Abu Batu (LPKAB) pada kadar aspal 6% dan 7% mengalami peningkatan dan pada kadar aspal 7,5% mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh aspal pada campuran agregat tersebut mudah bergerak sehingga mudah dipadatkan dan lebih rapat.

3) *Void In The Mix (VIM)*

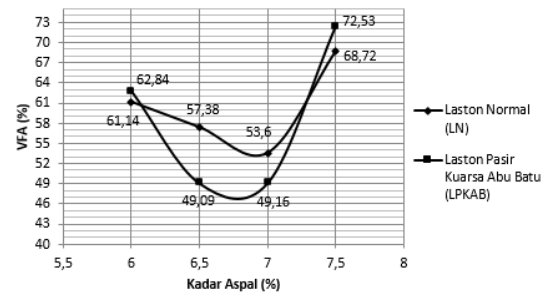


Gambar 3. Nilai VIM

Dari gambar di atas terlihat bahwa pada kadar aspal 6% hingga 7% pada Laston Normal (LN) dan Laston Pasir Kuarsa Abu Batu (LPKAB) mengalami kenaikan akan tetapi pada kadar aspal 7,5% mengalami penurunan. Penyebab terjadinya penurunan

karna rongga antara butiran cukup kecil sehingga apabila ditingkatkan kembali aspal akan masuk kedalam rongga-rongga dengan sangat mudah dan menjadikann campuran semakin rapat dan nilai VIM akan lebih kecil.

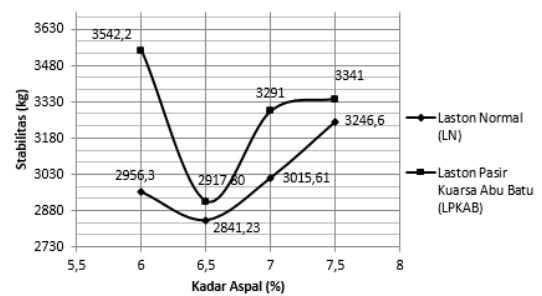
4) *Void Filled Asphalt (VFA)*



Gambar 4. Nilai VFA

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa pada kadar aspal 6,5% sampai 7% untuk Laston Normal (LN) dan Laston Pasir Kuarsa Abu Batu (LPKAB) mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh rongga antara butiran cukup rapat sehingga aspal sulit untuk masuk kedalam rongga. Akan tetapi pada kadar aspal 7,5% mengalami kenaikan hal ini disebabkan oleh rongga yang besar dapat dimasuki aspal dengan mudah sehingga nilai VFA menjadi besar.

5) *Stabilitas*

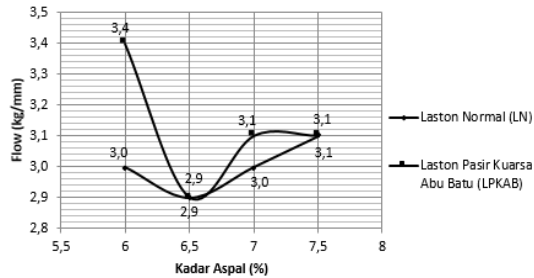


Gambar 5. Nilai Stabilitas

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa pada kadar aspal 6,5% untuk Laston Normal (LN) dan Laston Pasir Kuarsa Abu Batu (LPKAB) mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh rongga yang tidak terisi aspal dan dapat menyebabkan *bleeding*. Akan tetapi pada kadar aspal 7% dan 7,5% mengalami

kenaikan hal ini disebabkan oleh rongga-rongga antara butiran agregat yang bergradasi rapat membuat rongga menjadi padat.

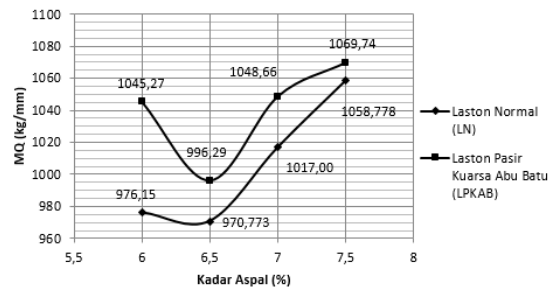
6) *Flow*



Gambar 6. Nilai Flow

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa pada kadar aspal 6.5% untuk Laston Normal (LN) dan Laston Pasir Kuarsa Abu Batu (LPKAB) mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena aspal yang sedikit sehingga perkerasan jalan menjadi kaku dan mudah retak. Akan tetapi pada kadar aspal 7% dan 7,5% mengalami kenaikan karena aspal yang cukup banyak campuran menjadi elastis

7) *Marshall Quotion (MQ)*



Gambar 7. Nilai MQ

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa pada kadar aspal 6,5% untuk Laston Normal (LN) dan Laston Pasir Kuarsa Abu Batu (LPKAB) mengalami penurunan, penurunan tersebut disebabkan oleh campuran menjadi plastis dengan penambahan jumlah kadar aspal yang sedikit. Sedangkan pada kadar aspal 7% dan 7,5% mengalami peningkatan, hal ini disebabkan oleh daya lekat antar agregat meningkat dan mengakibatkan stabilitas menjadi sangat tinggi.

Tabel 5. Penentuan Kadar Aspal Optimum Laston AC-BC

No	Kriteria	Satuan	Kadar Aspal (%)							
			LASTON 6,0		LASTON 6,5		LASTON 7,0		LASTON 7,5	
			LN	LPKAB	LN	LPKAB	LN	LPKAB	LN	LPKAB
1	Density	gr/cc	2,288	2,299	2,239	2,185	2,196	2,144	2,269	2,274
2	VMA	%	13,65	13,25	15,89	17,94	17,89	19,85	15,57	15,37
3	VIM	%	5,31	5,04	6,93	9,35	8,32	10,04	4,88	4,82
4	VFA	%	61,41	62,84	57,38	49,09	53,60	49,16	68,72	68,67
5	Stabilitas	Kg	2956,3	354,50	2841,23	2917,8	3015,61	3291,0	3246,6	3353,1
6	Flow	Mm	3,0	3,4	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1
7	MQ	kg/mm	976,151	984,924	970,773	996,293	1017	1048,66	1058,78	1069,74

Tabel 6. Penentuan Kadar Aspal Optimum laston AC-BC

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)							
			LASTON 6,0		LASTON 6,5		LASTON 7,0		LASTON 7,5	
			LN	LPKAB	LN	LPKAB	LN	LPKAB	LN	LPKAB
1	Density	-	√	√	√	√	√	√	√	√
2	VMA	Min 14	-	-	√	√	√	√	√	√
3	VIM	3,0 – 5,0	-	-	-	-	-	-	√	√
4	VFA	> 63	-	-	-	-	-	-	√	√
5	Stabilitas	Min 800	√	√	√	√	√	√	√	√
6	Flow	Min 3	√	√	-	-	√	√	√	√
7	MQ	Min 250	√	√	√	√	√	√	√	√

Dari hasil pengujian Marshall untuk campuran Laston Normal dan Laston Pasir Kuarsa Abu Batu (LPKAB), Kadar Aspal Optimumnya berada di kadar aspal 7,5%.

PENUTUP

1. Kesimpulan

Penggunaan pasir kuarsa Pada campuran Laston AC-BC berpengaruh terhadap stabilitas Marshall, pada kadar 7,5% nilai stabilitas Marshall LPKAB lebih baik dari pada LN. Hal ini di sebabkan karna permukaan pasir kuarsa yang kasar, mempunyai tingkat kekerasan yang baik sehingga dapat meningkatkan kelekatan terhadap aspal dan meningkatkan stabilitas Marshall.

2. Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai penambahan kadar aspal diatas 7,5%.

DAFTAR PUSTAKA

Sukirman, Silvia (2003). Beton Aspal Campuran panas edisi 1. Jakarta: granit

SNI-2456:2011."Cara Uji Penetrasi Aspal".Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

SNI-2432:2011."Cara Uji Daktilitas Aspal".Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

SNI-2434:2011."Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (*ring and ball*)".Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

SNI 2441:2011"Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras" Jakarta : Badan Standarisasi Nasional

SNI-2489-1991:2011."Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall".Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Bina Marga Direktorat Jendral,Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

Lucky Budiman, Silvia Sukirman. 2018 Studi Penggunaan Batu Kapur Kalipucang Sebagai Subtitusi Sebagian Agregat Halus Beton Aspal Jenis AC-BC

Ramadhan, G. B., & Suparma, L. B. (2018). Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa Pada Laston AC-WC Sebagai Pengganti Agregat Halus. Jurnal Hpji Vol. 4 No. 2, 91-104.

Geost, F. (2016, Februari 14). *Pengertian, Asal, dan Pemanfaatan Pasir Silika*. Retrieved November 10, 2019, from Geologinesia: <https://www.geologinesia.com>

Setia graha. (2012, September 16). *Sari, Asal, dan Pemanfaatan Pasir Silika*. Retrieved November 10, 2019, from dodysetiagraha: <https://dodysetiagraha.blogspot.com/2012/09/pasir-kuarsa.html?m=1>