Vol.5 No. 1 April 2007

JURNAL TEKNIK SIPIL
ISSN 1693-4652

PERBAIKAN SIFAT AGREGAT DENGAN BELERANG UNTUK MENINGKATKAN KINERJA CAMPURAN BERASPAL

Dodi Nurdajat
Elkhasnet

Jurusan Teknik Sipil - FTSP
Institut Teknologi Nasional - Bandung

ABSTRAK

Jalan selalu dibutuhkan sebagai suatu media transportasi, oleh karena itu diharapkan kondisi jalan yang memiliki keawetan sesuai umur rencananya sehingga diusahakan peningkatan campuran perkersan, baik peningkatan geometrik jalan maupun struktur perkerasaanya. Dalam meningkatkan struktur perkerasan dicari alternatif-alternatif bahan untuk dicampur dengan aspal ataupun agregat. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan. Agregat digunakan sebagai bahan campuran perkerasan aspal. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti pengaruh belerang terhadap sifat karakteristik agregat kasar yang menggunakan campuran perkerasan LASTON AC-WC dengan metode Marshall. Penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60. Untuk pengujian berat jenis dan penyerapan terhadap agregat kasar, dilakukan pengujian agregat kasar yang dicampur dengan belerang berdasarkan variasi persentase kadar belerang terhadap berat agregat kasar 5%, 10%, dan 15%. Dari hasil pengujian terhadap agregat kasar tersebut didapat kadar belerang 15% terhadap berat agregat kasar dengan nilai penyerapan 2,67%. Hasil uji Marshall untuk agregat *KASAR YANG DICAMPUR DENGAN BELERANG DI P*eroleh nilai Flow dan VFA menurun sedangkan nilai Stabilitas, VMA, VIM meningkat dibandingkan dengan agregat kasar tanpa campuran belerang, hal ini disebabkan rongga agregat terisi oleh belerang. Kadar Aspal Optimum untuk campuran perkerasan dengan agregat kasar tanpa campuran belerang sebesar 6,37% dan agregat kasar yang dicampur belerang dengan kadar 15% terhadap berat agregat kasar tidak diperoleh Kadar Aspal Optimum. Dari hasil Pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa agregat kasar yang dicampur belerang memerlukan kadar aspal yang lebih banyak. .

Kata Kunci : agregat, campuran, belerang, Marshall

ABSTRACT

A road is always needed as a transportation media because of that it's hoped condition has a durability feet with the plan duration, so it's attempted an increase of mixture pavement both the increase of road geometric and it's pavement structure. In increasing the pavement structure sought a material alternative to be mixed with asphalt or aggregate.

Aggregate is main component from road pavement structure. Aggregate used as mixture material of asphalt pavement. This research is aimed to observe the influence of sulfur to coarse aggregate characteristic which used LASTON AC-WC pavement mixture by Marshall method. This research used 60 penetration of asphalt. For specific gravity and absorption test of coarse aggregate was done a test of coarse aggregate mixed by sulfur based on percentage variation of sulfur to the coarse aggregate mass was 5%,10% and 15%. From the test of that coarse aggregate got 15% of the sulfur to the coarse aggregate mass by absorption percentage 2,67%. The result of the mass test to the coarse aggregate mixed with sulfur gained the score of flow and VFA decreased. Meanwhile the score of stability, VMA VIM increased compared with the coarse aggregate without sulfur, it's caused the aggregate hole filed by sulfur. Optimum asphalt content for the mixture of pavement with coarse aggregate without sulfur was 6,37% and aggregate mixed with sulfur was 15% of coarse aggregate wasn't gained the mass. Optimum asphalt content of the test can be concluded that the coarse aggregate mixed with sulfur needs more asphalt content.

Keywords : aggregate, mixture, sulfur, Marshall

JURNAL TEKNIK SIPIL
ISSN 1693-4652

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Seiring meningkatnya kebutuhan akan jalan, memacu manusia untuk meningkatkan kualitas jalan. Kualitas jalan yang ditingkatkan dapat berupa peningkatan geometrik jalan maupun struktur perkerasan. Dalam meningkatkan struktur perkerasan, dicari alternatif-alternatif bahan untuk dicampur dengan aspal ataupun agregat.

Beberapa penelitian telah dicoba untuk meneliti berbagai jenis bahan yang dapat digunakan untuk mengurangi penyerapan agregat terhadap air. Bahan yang banyak digunakan adalah bahan kimia yang kedap terhadap air. Bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini adalah belerang atau *sulfur* yang merupakan salah satu material dasar yang penting dalam proses kimia, berbentuk zat padat yang berwarna kuning dan banyak dipakai untuk bermacam-macam bahan kimia pokok maupun sebagai bahan pembantu, sehingga dijuluki sebagai Raja Kimia.

Dalam penelitian ini akan dikaji penggunaan belerang atau *sulfur* untuk melapisi agregat kasar pada perkerasan AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course)*. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu alternatif baru dalam meningkatkan kinerja dari perkerasan jalan.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperbaiki sifat agregat dengan penggunaan belerang atau *sulfur* guna meningkatkan kinerja campuran beraspal LASTON AC - WC WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course)* dan mengurangi penyerapan agregat terhadap air.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, sehingga merupakan lapisan yang berhubungan langsung dengan kendaraan. Lapisan ini berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan diharapkan selama masa pelayanannya tidak terjadi kerusakan yang berarti.

Lapisan permukaan harus memiliki mutu yang paling baik. Oleh karena itu lapisan permukaan sering kali dibuat dengan menggunakan material pengikat seperti aspal atau semen. Perkerasan dengan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat disebut sebagai perkerasan lentur (*flexibel pavement*), perkerasan dengan mempergunakan semen sebagai bahan pengikat disebut perkerasan kaku (*rigid pavement*). Perkerasan dengan menggunakan perkerasan lentur dan kaku dinamakan perkerasan komposit (*composite pavement*).

Agregat

Agregat atau batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. Selain itu agregat juga didefinisikan sebagai batu pecah, kerikil, pasir atau material dengan komposisi mineral tertentu, baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahan (penyaringan atau pemecahan). Agregat mempunyai peran yang sangat penting pada desain dan konstruksi perkerasan kaku maupun perkerasan lentur.

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu-lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Beberapa sifat karakteristik agregat yang perlu ditinjau dalam perencanaan perkerasan adalah:

- Ukuran dan Gradasi
- Kadar Lempung
- Daya Tahan Agregat
- Bentuk dan Tekstur Agregat
- Daya Lekat terhadap Aspal
- Penyerapan
- Berat Jenis

Aspal

Aspal merupakan campuran dari bitumen dan mineral, yang sering juga disebut bitumen. Hal tersebut disebabkan karena bahan dasar utama dari aspal adalah bitumen. Bitumen adalah zat perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau gelap, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen terutama mengandung senyawa hidrokarbon seperti aspal, tar, atau *pitch.*

Di Indonesia aspal padat umumnya dikelompokkan berdasarkan nilai penetrasinya, yaitu:

a. *Asphalt Cement* pen 40/50, yaitu aspal dengan penetrasi antara 40 – 50.
b. *Asphalt Cement* pen 60/70, yaitu aspal dengan penetrasi antara 60 – 70.
c. *Asphalt Cement* pen 85/100, yaitu aspal dengan penetrasi antara 85 – 100.
d. *Asphalt Cement* pen 120/150, yaitu aspal dengan penetrasi antara 120 – 150.
e. *Asphalt Cement* pen 200/300, yaitu aspal dengan penetrasi antara 200 – 300

Pada Penelitian ini digunakan Campuran LASTON Lapisan Aus Atau dikenal juga dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course).*

Belerang atau *Sulfur*

Belerang merupakan material resin sintesis yang dapat dilembutkan dengan menggunakan panas, tetapi memperoleh kembali sifat – sifat asalnya pada pendinginan. Bentuk dan kebersihanya dari bahan ini tidak terlalu penting asalkan kotoran dari lempung atau bahan yang mengandung air yang terdapat pada belerang tidak lebih dari 4%. Senyawa belerang banyak terdapat pada gas alam, minyak bumi dan batubara yang semuanya ini hanya sebagai pengotor pada bahan tersebut.

Belerang berbentuk padat dan berwarna kuning pada suhu kamar. Belerang akan membentuk kristalisasi dibawah 90°C yang disebut kristal rombik dan akan berbentuk cair pada suhu 119°C yang disebut kristal monoklinik.

Proses perubahan belerang dari kristal rombik menjadi kristal monoklinik yaitu :

1. Dalam suhu kamar, belerang berbentuk kristal rombik dimana molekul dari S8 saling terkunci
2. Pada saat dipanaskan diatas suhu 120°C, struktur belerang berubah menjadi monoklinik. Pada saat itu cincin molekul akan terputus dan atom belerang dimasing-masing ujung akan memiliki satu elektron bebas.
3. Jika ujung dari rantai S8 yang satu bertemu dengan yang lain maka akan terbentuk S16. Proses ini akan terus berlanjut dengan penambahan temperatur sehingga terbentuk S24, S32, S48. Semakin panjang rantai yang terbentuk, belerang cair akan semakin mudah mengalir (*Vioscous)*. Pada temperatur terlalu tinggi, ikatan ini akan terputus kembali dan belerang cair kembali berkurang viskositasnya.

Belerang dapat melekat pada agregat bukan disebabkan oleh reaksi kimia, tetapi oleh kristal orthorombik dan cairan belerang yang melekat dengan bahan butiran.

Kristal ini berbentuk seperti jarum dengan posisi yang tidak teratur pada permukaan butiran. Jarum –jarum kristal yang tidak teratur inilah yang membuat lekatan antara belerang dengan bahan butiran menjadi sangat kokoh.

Tabel 1 Sifat Campuran Laston AC-WC

Sifat Campuran		Laston (AC-WC)
Jumlah Tumbukan / Bidang		75
VIM (%)	Maks	5,9
	Min	4,9
VMA (%)	Maks	-
	Min	15
VFA (%)	Maks	-
	Min	65
Stabilitas Marshall (Kg.)	Maks	-
	Min	800
Kelelehan (mm.)	Maks	-
	Min	2
Kuotien Marshall (Kg./ mm)	Maks	-
	Min	200

Sumber : Sukirman. S. 2003

PROSEDUR KERJA

Rencana Kerja

Sebelum penelitian dilakukan, terlebih dahulu dilakukan penyusunan rencana kerja dan persiapan bahan, hal ini mempunyai tujuan untuk mempermudah pelaksanaan penelitian. Setelah melakukan persiapan bahan, dilakukan pemeriksaan terhadap agregat dan aspal. Setelah melakukan pemeriksaan, dilakukan pembuatan benda uji dan pengujian dengan alat Marshall.

Persiapan Bahan

Langkah awal untuk persiapan bahan ialah menyiapkan agregat, aspal dan belerang. Penggunaan belerang sebagai pelapis agregat kasar dilakukan sesuai perhitungan persentase belerang terhadap berat agregat kasar.

Proses pelapisan agregat kasar dengan belerang dilakukan dengan cara mencampurkan agregat kasar dengan belerang dengan dipanaskan terlebih dahulu agregat kasar hingga mencapai suhu 110°C kemudian dicampurkan dengan belerang dan diaduk hingga pencampuran belerang melapisi agregat kasar hingga merata.

Penentuan Acuan Gradasi Agregat yang Digunakan

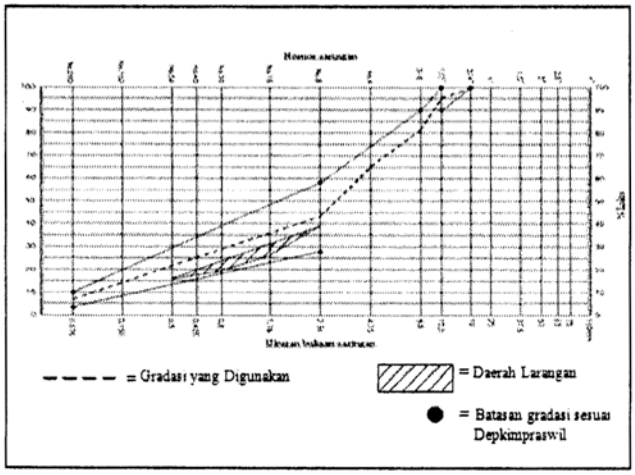
Gradasi agregat acuan yang dipakai adalah gradasi lapisan aspal beton (LASTON) lapisan pengikat AC-WC WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course)* yang memenuhi batas persyaratan yang telah ditentukan dalam Spesifikasi Depkimpraswil 2002.

Gradasi yang terdapat pada Tabel 2 adalah gradasi agregat yang digunakan sebagai bahan campuran yang didapat dari lengkung gradasi laston (AC-WC).Pada penelitian ini, gradasi agregat yang digunakan adalah gradasi yang memenuhi spesifikasi perkerasan Laston AC-WC, seperti terlihat pada Gambar 2.

Pada penelitian ini digunakan aspal pen 60 dan diperiksa sesuai dengan persyaratan jenis perkerasan LASTON.

Tabel 2 Gradasi Agregat Yang Digunakan

Ukuran Saringan		Agregat yang Digunakan Berdasarkan Kurva Gradasi	
No	Bukaan (mm)	% Lolos	% Tertahan
¾"	19	100	0
½"	12,5	95	5
⅜"	9,5	82	13
No.4	4,75	65	17
No.8	2,36	43	22
No.16	1,18	36	7
No.30	0,6	29	7
No.40	0,4	25	4
No.50	0,3	22	3
No.100	0,15	19	3
No.200	0,075	7	12
filler	–	–	7



Gambar 2 Lengkung Gradasi Hasil Pencampuran Agregat

Pada penelitian ini digunakan aspal pen 60 dan diperiksa sesuai dengan persyaratan jenis perkerasan LASTON.

Persiapan Benda Uji

Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan kadar aspal acuan, setelah itu tentukan berat setiap benda uji sehingga tinggi benda uji yang diperoleh adalah 6,25cm ±0,125 cm. Untuk pembuatan benda uji dengan standar SNI 06-2489-1991.

Persiapan Benda Uji dengan Agregat Kasar yang Digunakan Tanpa Campuran Belerang

Langkah awal yang dilakukan adalah membuat benda uji dengan berat total agregat campuran adalah 1100 gram dan aspal dengan berat sesuai dengan berat sesuai dengan persentase kadar aspal masing-masing, sehingga dihasilkan benda uji padat dengan diameter 10,2 cm dan tinggi 6,35 cm. Untuk mendapatkan benda uji dilakukan penimbangan berat agregat sesuai dengan berat dan ukuran saringan masing-masing berdasarkan gradasi ideal perkerasan LASTON (AC-WC) dengan kadar aspal yang telah ditentukan pada perhitungan kadar aspal acuan yaitu sebanyak 5 variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0,5 %. Setiap masing-masing kadar aspal dibuat 3 buah benda uji.

Agregat yang telah ditimbang dipanaskan terlebih dahulu sampai mencapai temperatur 170°C. Kemudian agregat tersebut dicampur dengan aspal sehingga mencapai berat total agregat dan dipanaskan kembali hingga mencapai temperatur 140°C sambil diaduk-aduk sampai tercampur secara homogen. Setelah homogen, campuran tersebut dimasukan kedalam *mold* berukuran standar dan ditusuk-tusuk dengan *spatula* sebanyak 10 kali pada bagian tengahnya dan 15 kali pada bagian sisinya, kemudian ditumbuk. Jumlah tumbukan yang dilakukan tergantung pada perencanaan lalu lintas.

Pada penelitian ini dianggap jenis lalu lintas berat dengan jumlah tumbukan sebanyak 75 kali, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Jumlah Tumbukan Masing-Masing Sisi Benda Uji

Jumlah tumbukan masing-masing sisi benda uji	Jumlah lintasan sumbu standar 18000 pon (ESA)	Beban lalu lintas
35	$< 10^4$	Ringan
50	10^4-10^6	Sedang
75	$> 10^6$	Berat

Sumber : Sukirman, S., (2003)

Benda uji yang selesai ditumbuk dibiarkan selama 24 jam pada temperatur suhu ruangan (25 °C), lalu dikeluarkan dari *mold* dengan menggunakan dongkrak. Selanjutnya benda uji ditimbang beratnya untuk mendapatkan berat benda uji kering, kemudian direndam dalam air selama 24 jam. Setelah itu, benda uji ditimbang beratnya pada kondisi SSD dan dalam air, sehingga didapatkan nilai VMA (Rongga antar agregat), VIM (Rongga udara dalam campuran) dan VFA (Rongga terisi aspal). Kemudian benda uji direndam dalam *waterbath* pada temperatur 60°C selama 30 sampai 40 menit lalu benda uji diangkat dan dilakukan pengujian Marshall. Dari pengujian tersebut akan diperoleh nilai stabilitas dan kelelehan. Setelah itu didapat hubungan antara parameter-parameter

Marshall dengan variasi Kadar Aspal dan diplot ke dalam grafik sehingga didapatkan Kadar Aspal Optimum.

Persiapan Benda Uji dengan Agregat Kasar yang Menggunakan Campuran Belerang

Pada pelaksanaannya, dimulai dengan mengambil sampel agregat kasar kemudian agregat kasar dibagi dengan menggunakan alat *quatering*. Setelah didapat ¼ agregat dari alat *quatering* kemudian agregat dicuci, dioven dengan suhu 110°C selama 24 jam, setelah itu agregat kasar ditimbang kemudian dicampur dengan belerang dengan variasi persentase belerang yaitu 5%, 10%, dan 15% terhadap berat agregat kasar.

Langkah selanjutnya agregat kasar dipanaskan dengan menggunakan kompor gas pada suhu mencapai 110°C, setelah mencapai suhu tersebut belerang dicampur dengan agregat kasar dan diaduk hingga agregat kasar terselimuti oleh belerang secara merata kemudian dihampar lalu didinginkan selama 1 jam.
Setelah agregat kasar dingin, Agregat tersebut disaring sesuai dengan ukurannya dan ditimbang untuk mendapatkan berat total agregat campuran dari hasil pencampuran dengan belerang, maka didapatkan persentase belerang yang terbaik lalu dibuat benda uji. Untuk selanjutnya, pelaksanaannya sama seperti pembuatan benda uji dengan agregat kasar tanpa campuran belerang.
Dari hasil pencampuran belerang yang terbaik maka dibuat 3 buah benda uji dengan menggunakan variasi kadar aspal dan kemudian dilakukan pengujian terhadap parameter-parameter Marshall. Setelah itu didapat hubungan antara parameter-parameter Marshall dengan variasi kadar aspal yang menggunakan agregat kasar yang telah dicampur belerang dan yang terakhir diplot kedalam grafik.

Pembuatan Benda Uji pada Kadar Aspal Optimum

Setelah menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) baik untuk aspal + agregat maupun aspal dengan agregat + belerang 15 %, maka dilakukan pembuatan benda uji pada kadar aspal optimum tersebut masing-masing 3 buah benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan dengan standar SNI 06-2489-1991.

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan membandingkan parameter-parameter dari pengujian Marshall, antara yang dicampur belerang dan yang tidak dicampur belerang dari masing-masing benda uji pada Aspal + Agregat maupun Aspal dan Agregat + belerang 15 %.

Penyimpulan Hasil

Dari hasil pengolahan data, maka didapat kesimpulan pengaruh penggunaan Belerang atau *Sulfur* sebagai bahan pelapis agregat kasar terhadap kinerja campuran LASTON AC-WC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyajian Data

Data yang didapat dari penelitian Tugas Akhir ini meliputi data hasil pemeriksaan agregat, data hasil pemeriksaan aspal dan data hasil pengujian Marshall.
Data agregat yang dipergunakan adalah data yang memenuhi spesifikasi Depkimpraswil 2002, yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya.

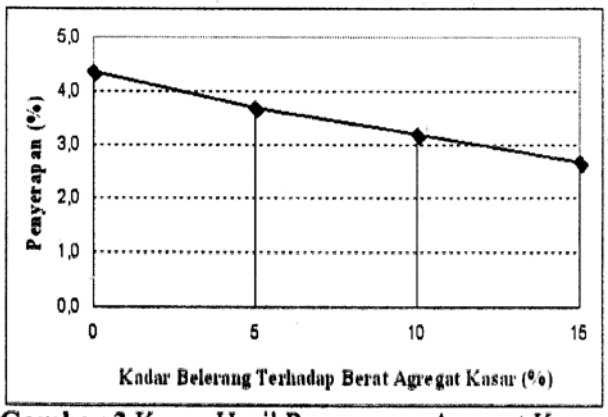
Data Hasil Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat dilakukan sesuai dengan prosedur uji di Laboratorium. Agregat yang diuji terdiri dari agregat kasar tanpa campuran belerang, agregat kasar yang dicampur dengan belerang, agregat halus, abu batu (*filler*). Adapun pemeriksaan agregat yang dilakukan meliputi pemeriksaan berat jenis, dan penyerapan.
Hasil pemeriksaan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Keterangan	Tanpa Campuran Belerang	Kadar Belerang Terhadap Berat Agregat		
		5%	10%	15%
Berat jenis (Bulk)	2,39	2,46	2,45	2,53
Berat jenis permukaan jenuh	2,49	2,55	2,64	2,6
Berat jenis semu	2,67	2,70	2,66	2,72
Penyerapan (Absorption) %	**4,36**	**3,68**	**3,19**	**2,67**
Berat jenis efektif	2,53	2,58	2,56	2,62

Terlihat dari Tabel 4 dan Gambar 3 di atas bahwa berat jenis agregat kasar mengalami peningkatan dengan bertambahnya persentase belerang terhadap berat agregat. Berat jenis *apparent* agregat kasar tanpa campuran belerang, berat jenis *apparent* agregat kasar yang dicampur belerang maupun berat jenis *apparent* agregat halus memenuhi persyaratan minimum sebesar 2,50.



Gambar 3 Kurva Hasil Penyerapan Agregat Kasar

Untuk persentase penyerapan, agregat kasar tanpa campuran belerang sebesar 4,36% tidak memenuhi persyaratan maksimum persentase penyerapan yaitu sebesar 3%. Begitu juga agregat kasar yang dicampur belerang dengan kadar belerang 5% dan 10% terhadap berat agregat kasar menghasilkan nilai persentase penyerapan sebesar 3,68% dan 3,19% hasil tersebut tidak memenuhi persyaratan maksimum persentase penyerapan, tetapi nilai penyerapan mengalami penurunan dibanding dengan agregat kasar tanpa campuran belerang. Sedangkan agregat kasar yang dicampur belerang dengan kadar belerang 15% terhadap berat agregat kasar menghasilkan nilai penyerapan sebesar 2,67%. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan maksimum persentase penyerapan yaitu sebesar 3%. Dengan penggunaan belerang sebesar 15% terhadap berat agregat kasar, berpengaruh terhadap nilai penyerapan dan memenuhi persyaratan SNI 03-1970-1990. Untuk persentase penyerapan agregat halus yaitu sebesar 5,03%, nilai tersebut tidak memenuhi persyaratan penyerapan.

Pemeriksaan bahan pengisi *(Filler)* dilakukan pada prosedur SNI 03-6884-2002. Berat jenis bahan pengisi (*Filler*) yang didapat sebesar 2,55 nilai tersebut memenuhi persyaratan yang ditentukan karena memiliki berat jenis lebih besar dari 2,5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Abrasi

No	Keterangan	Abrasi(%)
1	Agregat kasar tanpa campuran belerang	22
2	Agregat kasar dengan campuran belerang 15%	18

Terlihat dari Tabel 5 nilai abrasi yang dihasilkan pada agregat kasar yang di campur dengan belerang sebesar 18% dan nilai abrasi agregat kasar tanpa campuran belerang sebesar 22%. Nilai abrasi agregat kasar yang dicampur belerang maupun agregat kasar tanpa campuran belerang telah memenuhi spesipikasi SNI 03-2417-1991 yaitu sebesar 40%.

Tabel 6 Hasil Pengujian Pelapukan Agregat (*Soudness*)

No	Keterangan	*Soudness(%)*
1	Agregat kasar tanpa campuran belerang	2,86
2	Agregat kasar dengan campuran belerang 15%	7,72

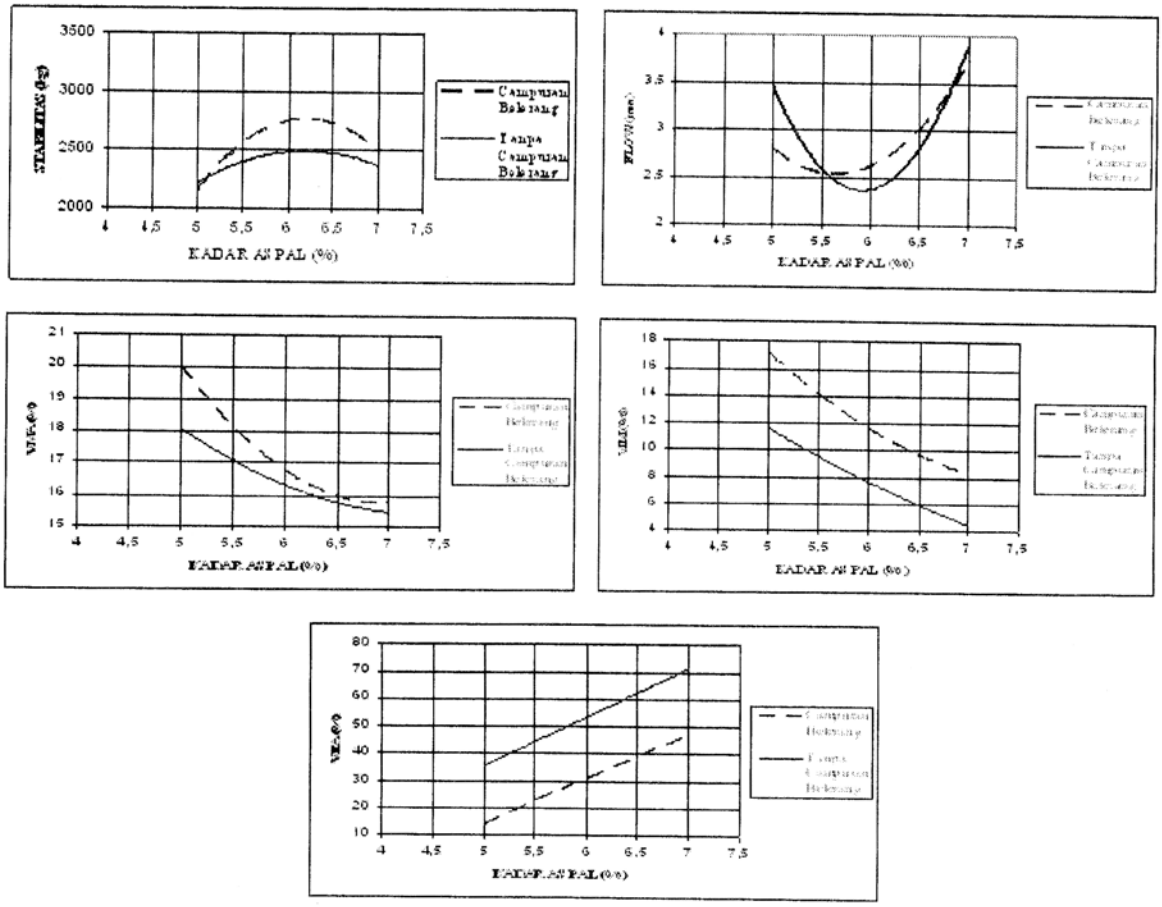
Terlihat dari Tabel 6 nilai pelapukan agregat *(soundness)* yang dihasilkan pada agregat kasar yang dicampur belerang mengalami penurunan yakni sebesar 7,72% dibanding dengan agregat kasar tanpa campuran belerang sebesar 2,86%, hal ini dikarenakan belerang yang menyelimuti agregat tidak tahan terhadap asam sulfat (*Magnesium Sulfat),* tetapi nilai tersebut masih memenuhi persyaratan SNI 03-3407-1994 yaitu sebesar 12%.

Tabel 7 Hasil Pengujian Marshall Tanpa Campuran Belerang

No	Kadar aspal (%)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)
1	5	18,372	11,958	34,91	2217	3,47
2		17,449	10,962	37,174	2345	3,31
3		18,603	12,208	34,378	2053	3,69
1	5,5	16,082	8,455	47,424	2486	2,36
2		16,683	9,111	45,386	2408	2,47
3		17,438	9,935	43,028	2315	2,69
1	6	16,878	8,242	51,164	2330	2,71
2		16,431	7,749	52,837	2556	2,42
3		17,21	8,609	49,976	2697	2,22
1	6,5	15,909	6,102	61,648	2570	2,48
2		15,323	5,446	64,455	2370	2,89
3		15,027	5,116	65,953	2343	3,03
1	7	16,382	5,502	66,411	2354	3,78
2		15,065	4,014	73,355	2464	4,1
3		15,266	4,242	72,214	2357	3,82

Tabel 8 Hasil Pengujian Marshall dengan Campuran Belerang

No	Kadar aspal (%)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)
1	5	20,349	17,446	14,267	2120	3,02
2		19,033	16,082	15,506	1989	2,84
3		19,968	17,051	14,609	2072	2,76
1	5,5	19,033	15,042	20,845	2315	2,28
2		18,617	14,637	21,379	3030	2,47
3		18,503	14,517	21,541	2802	2,39
1	6	16,61	11,437	31,145	2855	2,41
2		16,134	10,931	32,247	2853	3,29
3		16,214	11,016	32,058	2731	2,35
1	6,5	15,992	9,695	39,378	2606	3,25
2		16,306	10,032	38,447	2340	2,42
3		15,596	9,269	40,567	2555	3,65
1	7	16,33	8,957	45,153	3482	3,78
2		15,242	7,773	49,005	2081	4,1
3		16,014	8,613	46,217	2231	3,12



Gambar 4.4 Kurva Hubungan Kadar Aspal Dengan Stabilitas, *Flow*, VMA, VIM, VFA

Pada **Gambar 4** dapat dilihat gambar gabungan parameter Marshall stabilitas, *flow*, VMA, VIM, VFA antara agregat kasar tanpa campuran belerang dan agregat kasar yang dicampur belerang. Dari hasil pemeriksaan dilaboratorium dilakukan analisis data, yaitu dengan cara mengamati hubungan nilai-nilai parameter Marshall yang terdapat pada grafik hubungan antara parameter Marshall dengan kadar aspal dari campuran beton aspal dengan belerang.

Analisis Hasil Parameter Marshall Dari Kedua Jenis Campuran

Perbandingan kinerja antara campuran beraspal tanpa campuran belerang dan campuran beraspal menggunakan belerang dapat dilihat pada Gambar 4.5. Parameter yang ditinjau antara lain VMA, VIM, VFA, stabilitas dan *flow*.

Pada penelitian ini hubungan kadar aspal dengan nilai stabilitas diperoleh nilai stabilitas untuk campuran beton aspal dengan agregat kasar yang dicampur belerang nilai stabilitas lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran beton aspal dengan agregat kasar tanpa campuran belerang, hal ini dikarenakan rongga agregat kasar terisi oleh belerang, sehingga menyebabkan nilai stabilitas lebih tinggi di banding dengan agregat tanpa belerang.

Flow digunakan untuk mengukur besarnya deformasi yang terjadi akibat beban. Dari kurva hubungan kadar aspal dengan nilai *flow* dapat diambil kesimpulan bahwa nilai *flow* tanpa campuran belerang lebih tinggi dari nilai *flow* benda uji yang dicampur belerang, hal ini disebabkan agregat yang dicampur belerang lebih terisi sehingga mengakibatkan aspal yang menyelimuti permukaan agregat menjadi lebih tipis, nilai *flow* meningkat hal ini karena luas permukaan agregat mejadi lebih besar sehingga

aspal yang menyelimuti permukaan agregat menjadi lebih sedikit.

VMA adalah rongga di antara butir agregat dalam campuran, pada penelitian ini lengkung VMA tanpa campuran belerang berada dibawah lengkung VMA yang menggunakan campuran belerang, hal ini dikarenakan agregat yang dicampur belerang membentuk rongga baru didalam agregat yang diselimuti belerang menyebabkan rongga antar agregat didalam campuran menjadi lebih besar.

VIM adalah rongga udara dalam campuran. Pada penelitian ini lengkung VIM tanpa campuran belerang lebih kecil dari nilai VIM agregat kasar yang dicampur dengan belerang. Hal ini dikarenakan agregat kasar yang dicampur belerang memiliki permukaan yang lebih luas, hal ini menyebabkan tipisnya selimut aspal, sehingga terdapat pori udara didalam campuran lebih banyak dan tidak memenuhi persyaratan.

VFA adalah nilai yang menyatakan jumlah aspal yang terdapat pada rongga di dalam campuran. Pada penelitian ini lengkung VFA menggunakan agregat kasar tanpa campuran belerang lebih besar dari nilai VFA yang agregat kasarnya dicampur belerang. Hal ini dikarenakan pada campuran agregat kasar dengan belerang, rongga agregat lebih terisi dan aspal tidak bisa masuk ke rongga agregat campuran sehingga didapat nilai VFA yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai VFA yang tanpa campuran belerang.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis terhadap hasil pemeriksaan bahan dan campuran LASTON AC-WC dengan campuran belerang pada agregat kasar yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengujian penyerapan terhadap agregat kasar yang dicampur dengan belerang didapat persentase kadar belerang 15% dari berat agregat kasar dengan penyerapan sebesar 2,67%.
2. Aspal yang digunakan memenuhi persyaratan SNI yaitu penetrasi, titik lembek, titik nyala, titik bakar, berat jenis dan daktilitas, dimana aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60
3. Kadar aspal optimum yang dihasilkan pada agregat kasar tanpa campuran belerang sebesar 6,73% dan agregat kasar dengan campuran belerang 15% tidak didapat kadar aspal optimum.
4. Pengaruh penggunaan campuran belerang yang dicampur dengan persentase kadar belerang 15% terhadap berat agregat kasar menyebabkan stabilitas meningkat. Hal ini disebabkan karena rongga agregat terisi oleh belerang sehingga menyebabkan meningkatnya daya dukung campuran marshall.
5. Penggunaan campuran belerang yang dicampur dengan persentase kadar belerang 15% terhadap berat agregat kasar menyebabkan nilai VMA dan VIM meningkat. Nilai VMA meningkat dikarenakan agregat yang dicampur belerang membentuk rongga baru didalam agregat yang diselimuti belerang. Nilai VIM meningkat disebabkan agregat kasar yang diampur belerang memiliki permukaan yang lebih luas sehingga menyebabkan tipisnya selimut aspal.
6. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa agregat kasar yang dicampur dengan belerang memerlukan kadar aspal yang lebih banyak dibandingkan dengan agregat kasar tanpa campuran belerang.

Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan disarankan untuk melakukan:

1. Disarankan agar dilakukan penelitian lebih lanjut dengan agregat kasar yang dicampur belerang dengan menggunakan aspal cair agar proses pemanasan tidak terjadi dua kali.
2. Penelitian berikutnya disarankan agar menggunakan persentase belerang terhadap agregat kasar lebih dari 15% untuk mengetahui hasil yang optimum terhadap nilai penyerapan
3. Dianjurkan laboratorium MPJ (Material Perkerasan Jalan) dan Teknologi Beton memiliki ruangan khusus untuk pengetesan-pengetesan tertentu yang menimbulkan polusi

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jendral Bina Marga, 1983, "*Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya*", Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

Laboratorium Material Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Sipil ITENAS, 2004, "*Pedoman Praktikum Material Perkerasan Jalan*", Institut Teknologi Nasional, Bandung..

Standar Nasional Indonesia, Badan Standardisasi Nasional, 2003, *"Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall* RSNI M-01-2003".

Sukirman, S., 1995," *Perkerasan Lentur Jalan Raya"*, Nova, Bandung.

Sukirman, S., 2003, *"Beton Aspal Campuran Panas"*, Granit, Jakarta.

Widyathama, A.,2001, " Pengkajian Terhadap Lentur Balok Beton Belerang Bertulang Tunggal", Bandung.

Ismanto, A F, 2005, Studi Penggunaan Flexible Vinyl Film And Sheeting Sebagai Bahan Tambahan Aspal dan Sebagai Bahan Pelapis agregat Kasar Pada Campuran AC-WC Terhadap Parameter Marshall, Bandung.

http://www.en.wikipedia.org/wiki/Chemical_elements_data_references

http://belerang/Situs Web Kimia Indonesia Artikel - Belerang Superkonduktor yang diharapkan.

Mary Stroup-Gardiner, 1997, Asphalt Cements.

Sanjaya Senadheera, Civil Engineering Department, Texas Tech.University ,2002, Lesson 20_Pt1_Pavement_Intro.ppt.

The Asphalt Institute, 1993, *Mix Design Method For Asphalt Concrete And Other Hot Mix Types*, Manual Series No.2 (MS-2) , Six Edition, Lexington, Kentucky, USA., Asphalt Institute.

Anderton G., Ahlirch R, 1997, *Resin Modified Pavement : A Composite Paving Matereials,* Proc. 18th International Conference On Asphalt Pavement, Vol. 1, Seattlr, Wasingthon.

ASTM Standar, 1985, *Road And Paving Material Traveled Surface Characeristic Volume 4 Contruction.*

http://www.fhwa.dot.gov/asphtech/junior/lectures/lmixdelhist

http://www.fhwa.dot.gov/asphtech/junior/lectures/asphalt concrete mixed design

Sukirman S, 2004, Materi Kuliah Material Perkerasan Jalan, Modul Perkerasan Beraspal

Silvia Sukirman, 1997, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova, Bandung, hal 7–14.

Departemen Pekerjaan Umum, 1983, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Penetrasi Makadam No 01/PT/B/83.