

PENGGUNAAN LIMBAH BATU BATA DAN BATU BARA SEBAGAI CAMPURAN ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE

B. H. Fuady¹, Zainuddin Muchtar^{1*}, S. R. Hartini¹, Y. Alfarizi¹, Y. Atrasina¹

¹ Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: zainuddin_muchtar@yahoo.co.id

ABSTRACT: Asphalt concrete is a surface layer on flexible pavement, where this asphalt concrete layer when mixing will occur cavities between the aggregates, because there are voids that can reduce the strength of the laston pavement and this is to reduce the cavities that occur, additional or filler materials are needed. . For this reason, it is very necessary to study in detail in this study, so that it can be seen how many comparisons of filler requirements that must be used and can increase the strength of the laston mixture. The purpose of using filler of crushed brick fragments and coal fly ash from the combustion of the Tanjung Enim PLTU is to determine the increase in lastton strength by testing in the laboratory, including stability tests and tests of lastton's resistance to the flow value. In this study the asphalt material is 60/70 penetration asphalt from PT. Rabana Aspalindo with a variation of 5% to 6% and for the use of filler there are several materials, namely cement, coal fly ash, crushed brick fragments (brick powder) and a combination of coal fly ash and crushed brick fragments. At the time of testing to obtain the stability value and the lastton's resistance value, the Marshall Test method was used. The results obtained after the Marshall Test was carried out at the Civil Engineering Laboratory of the Sriwijaya State Polytechnic obtained as follows: Optimum Asphalt Content (KAO) in the filler using cement was obtained when the asphalt content was 5.5%, Optimum Asphalt Content (KAO) in the filler used stone powder brick is obtained with asphalt content of 6%, Optimum Asphalt Content (KAO) in the filler using coal fly ash is obtained with asphalt content of 5% and Optimum Asphalt Content (KAO) in the filler using a combined material of brick powder and coal fly ash obtained with a grade of asphalt 5.5%. Therefore, from the results of this study for the mixture in the asphalt concrete layer, that with an asphalt content of 5% the stability value and flow value of the filler using coal fly ash material met the specification standards.

Keyword : Asphalt Concrete, Filler, Fly Ash, Asphalt

ABSTRAK: Aspal beton adalah lapis permukaan pada perkerasan lentur, dimana lapisan aspal beton ini pada saat dilakukan pencampuran akan terjadi rongga-rongga diantara agregat, karena ada rongga tersebut dapat mengurangi kekuatan dari perkerasan laston dan ini untuk mengurangi rongga-rongga yang terjadi diperlukan bahan tambah atau filler. Untuk itu sangat diperlukan pengkajian secara detail dalam penelitian ini, sehingga dapat diketahui berapa banyak perbandingan kebutuhan filler yang harus digunakan dan dapat menambah kekuatan dari pada campuran laston. Tujuan dari pemanfaatan *filler* pecahan batu bata yang sudah dihaluskan dan abu terbang batu bara sisa pembakaran PLTU Tanjung Enim ini untuk mengetahui penambahan kekuatan laston dengan menguji dilaboratorium antara lain yaitu uji stabilitas dan uji ketahanan laston terhadap nilai kelelahan (*flow*). Dalam kajian ini material aspal adalah aspal penetrasi 60/70 dari PT. Rabana Aspalindo dengan variasi 5% sampai dengan 6% dan untuk penggunaan *filler* ada beberapa material yaitu semen, *fly ash* batu bara, pecahan batu bata yang dihaluskan (serbuk batu bata) dan gabungan *fly ash* batu bara dan pecahan batu bata yang dihaluskan. Pada saat pengujian untuk mendapatkan nilai stabilitas dan nilai ketahanan laston dilakukan dengan metode *Marshall Test*. Hasil yang didapat setelah dilakukan pengujian *Marshall Test* di laboratorium Teknik Sipil Polteknik Negeri Sriwijaya diperoleh sebagai berikut :Kadar Aspal Optimum (KAO) pada *filler* menggunakan semen diperoleh pada saat kadar aspal 5,5%, Kadar Aspal Optimum (KAO) pada *filler* menggunakan serbuk batu bata diperoleh dengan kadar aspal 6%, Kadar Aspal Optimum (KAO) pada *filler* menggunakan *fly ash* batu bara diperoleh dengan kadar aspal 5% dan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada *filler* menggunakan material gabungan serbuk batu bata dan *fly ash* batu bara diperoleh dengab kadar aspal 5,5%. Maka dari itu dari hasil penelitian ini untuk campuran pada lapisan aspal beton, bahwa dengan kadar aspal 5% diperoleh nilai stabilitas dan nilai kelelahan (*flow*) pada *filler* menggunakan material *fly ash* batu bara memenuhi standar spesifikasi.

Kata Kunci: Aspal Beton, Filler, Fly Ash, Aspal

PENDAHULUAN

Asphalt concrete atau aspal beton adalah lapisan permukaan pada konstruksi jalan dimana campuran dari agregat kasar, agregat halus dan aspal. Aspal panas (hotmix) adalah campuran saat proses pembuatan, proses penghamparan dan proses pemadatan dilaksanakan saat kondisi aspal masih panas. Berdasarkan persyaratan yang dikeluarkan dari Dirjen Bina Marga Pekerjaan Umum, jenis *hot mix* di Indonesia adalah *Asphalt Concrete* (AC). Kekuatan mencapai optimum pada perkerasan aspal beton adalah pada saat pencampuran antara agregat/filler/bitumen tersebut dalam keadaan saling mengunci. Bagian perkerasan lapis permukaan adalah lapis aus yang dikenal dengan lapis *asphalt concrete-wearing course* (ac-wc). Pada pelaksanaan dilapangan banyak sekali permasalahan, dikarenakan kondisi tanah di wilayah Indonesia berbeda-beda. Dengan adanya berbagai macam permasalahan, maka dilakukan penelitian untuk mencari alternatif bahan tambah (*filler*) pengganti semen agar stabilitas dan keuletan dari perkerasan menjadi lebih baik. Untuk menguji pengaruh *filler* terhadap campuran laston, maka peneliti mencoba menggunakan limbah batu bata dan batu bara sebagai bahan pengganti semen. Hasil penelitian ini, sangat diharapkan dengan menggunakan material pengganti filler dari material limbah batu bata dan batu bara terhadap campuran aspal beton yang lebih baik dari pada menggunakan filler normal dari material semen.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan Jalan

Untuk jenis perkerasan lentur pada konstruksi jalan di Indonesia, dalam perencanaan Design Mix Formula (DMF) pada campuran aspal panas menggunakan sistem *Marshall Mix Design Method*. Pada penelitian ini, peneliti membatasi pada perkerasan lapis permukaan pada lapisan aus aspal beton dimana lapisan ini adalah lapisan permukaan paling atas pada perkerasan lentur atau dikenal dengan lapis aus lapisan perkerasan yang berfungsi sebagai: untuk menahan langsung beban kendaraan termasuk gesekan dengan ban kendaraan, untuk sebagai lapis kedap air, lapis perkerasan ini juga harus tahan dari kondisi daerah sekitarnya, serta mempunyai kekuatan yang mampu menerima beban di atasnya. Adapun syarat dimensi lapisan *Asphalt Concrete Wearing Course* adalah minimum 4 cm.

Perkerasan lentur (*rigid pavement*) adalah jenis perkerasan pada konstruksi jalan raya, dimana bahan

pengikat pada perkerasannya adalah menggunakan material aspal. Sifat dari lapisan perkerasan lentur ini adalah sistem gaya akibat beban lalu lintas yang diterima pada lapis atas akan diteruskan atau disebarkan sampai ke lapisan tanah dasar, atau gaya yang dipikul semakin ke lapisan dibawahnya semakin kecil.

Agregat

Pada struktur lapisan perkerasan lentur material utamanya adalah agregat kasar dan agregat halus, dimana proporsi kandungannya berdasarkan berat 90% - 95% sedangkan berdasarkan persentase volume 75% - 85%. Sehingga mutu dari perkerasan lentur sangat dipengaruhi oleh sifat fisik dan sifat kimia agregat serta kemampuan agregat untuk bercampur dengan material aspal dan material *filler* sehingga saling mengikat dan memiliki rongga yang kecil.

Klasifikasi Agregat

- Agregat berdasarkan proses terjadinya yaitu Agregat Beku, Agregat Sedimen, dan Agregat Metaforik.
- Agregat berdasarkan proses pengolahannya yaitu Agregat Alam, dan Agregat Buatan.
- Agregat berdasarkan dimensi butiran adalah Agregat Kasar, dan Agregat Halus.

Sifat Agregat

Menurut Sukirman (1999), bahwa sifat agregat pada konstruksi jalan ada 3 bagian:

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

Aspal

Aspal dapat dibedakan menjadi 2 yaitu aspal alam dan aspal buatan. Aspal alam didefinisikan aspal yang diperoleh langsung diambil dari alam. Di Indonesia aspal alam ada di Pulau Buton sehingga dikenal dengan nama Aspal Batu Buton (Asbuton).

Aspal buatan didefinisikan Aspal yang diperoleh dari proses penyaringan minyak tanah kasar (*crude oil*), sehingga merupakan bagian terberat dari minyak tanah kasar dan terkental. Untuk perkerasan lentur jalan di Indonesia pada umumnya digunakan jenis aspal buatan yaitu aspal minyak tanah kasar (*Asphaltic base crude oil*).

Tabel 1. Aspal Penetrasi 60/70

No.	Pengujian	Metoda	Syarat		Satuan
			Min	Max	
1.	Penetrasi (25°C, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	60	70	0,1mm
2.	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	≥ 48	-	°C
3.	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	≥232	-	°C
4.	Kelarutan CCl ₄	ASTM-D2042	≥ 99	-	% Berat
5.	Daktalitas (25°C, 5 cm/menit)	SNI 06-2432-1991	≥100	-	Cm
6.	Pen setelah kehilangan berat	SNI 06-2441-1991	54	-	% asli
7.	Daktalitas setelah kehilangan berat	SNI 06-2432-1991	100	-	Cm
8.	Berat Jenis	SNI 06-2488-1991	≥ 1	-	gr/cm ³
9.	Viskositas 135°C	SNI 06-2434-2000	385	-	cSt
10.	Stabilitas Penyimpanan	ASTM D 5976 part 6.1	-	-	°C
11.	Indeks Penetrasi	-	≥ -1	-	-

Lapisan Aspal Beton (Laston)

Laston merupakan perkerasan pada lapisan permukaan untuk perkerasan lentur pada jalan, perkerasan ini menggunakan material aspal dan sangat baik untuk perkerasan pada transportasi yang sering dilewati oleh kendaraan yang bertonase tinggi. Untuk material agregat yang digunakan adalah material berkualitas tinggi serta proporsi ukuran material harus benar-benar dalam batasan yang sangat ketat. Adapun dalam proses pembuatan atau perancangan laston mulai dari pencampuran, penghamparan, pemadatan akhir serta penyelesaian *finishing* akhir pada bagian permukaan memerlukan pengawasan yang ketat. Adapun Sifat-Sifat Campuran Lapisan Aspal Beton dalam hal ini lapisan perkerasan *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada lapisan beton (laston) sebagai lapisan aus dikenal dengan lapisan perkerasan lapis aus aspal beton, dimana lapisan ini memiliki gradasi butiran maksimum 19,0 mm dan secara fisik permukaan material halus.

Tabel 2. Sifat-Sifat *Asphalt Concrete Wearing Course*

Sifat-Sifat Campuran		LASTON		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Pondasi
Kadar Aspal Efektif	Min	5,1	4,3	4,0
Penyerapan Aspal (%)	Ma x	1,2		
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,5		
	Ma x	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		1800
	Ma x	-		
Pelelehan (mm)	Min	3	4,5	
<i>Marshall Quotient</i> (Kg/mm)	Min	250	300	
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 600C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%)	Min	2,5		

Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler pada lapisan aspal beton adalah bahan berbutir halus berfungsi mengisi rongga-rongga pada campuran aspal beton. Filler memiliki ukuran yang diartikan sebagai fraksi debu mineral dimana material ini harus lolos saringan dengan diameter 0,074 mm, dan kadar air material yang dipakai adalah maksimal 1%. Dalam penelitian ini filler yang dipakai adalah material serbuk batu bata dan *fly ash* batu bara.

Menurut Sukirman (2003), bahwa abu batu yang beasal dari hasil limbah mesin pemecah batu adalah material yang mempunyai sifat keras, sifat awet, dan unsur *pozzolan*. Apabila material tersebut dipakai untuk sebagai filler pada campuran aspal beton menghasilkan peningkatan ketahanan suatu campuran aspal beton.

Berdasarkan SNI 15-2094-2000, SII-0021-78 batu bata merah adalah bahan bangunan dalam pembuatan konstruksi dinding, dimana material ini dalam pembuatannya berasal dari tanah lempung/tanah liat ditambah air dan dalam proses pembuatan ada beberapa tahapan, yaitu: tanah lempung diambil dengan cara penggalian, tahapan pengolahan pengadukan agar tercampu homogen, tahapan pencetakan sesuai dengan ukuran yang diinginkan biasanya ukuran 10x20x5, tahapan pengeringan sementara dengan sinar matahari, tahapan pembakaran dengan temperatur tinggi hingga kadar airnya kecil sekali sehingga mengeras seperti batu, tahapan pendinginan, dan tahapan terakhir adalah tahapan pengujian dimana batu bata dikatakan baik apabila direndam dalam air batu bata tidak hancur.

Metode Marshall

Pengujian marshall adalah:

- Penentuan berat jenis *Bulk* (AASHTO T-166-88).
- Pengujian Stabilitas dan *Flow*.
- Pemeriksaan *Marshal Quotient (MQ)*.
- Berat volume benda uji.
- *Voids in Mixture (VIM)*.
- *Voids in Mineral Aggregates (VMA)*.
- *Voids Filled with Asphalt (VFA)*.

Lapisan Asphalt Concrete-Wearing Course

Menurut Silvia Sukirman (2003) bahwa beton aspal campuran panas adalah campuran dari agregat kasar, agregat halus dan aspal, serta dengan atau tanpa bahan tambahan (*filler*). Selanjutnya material yang telah tercampur merata pada suhu berkisar 145°-155°C.

Menurut Meirdiansyah (2009), dalam penelitian beton aspal yang menggunakan bahan pengisi filler batu kapur bersal dari kota batu raja. Penelitian ini menggunakan variasi kadar *filler* 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% pada kadar kapur 1%, 2%, 3%. Dari penelitian material filler yang dibuat dapat digunakan sebagai pengganti filler semen dan menunjukkan bahwa penggunaan *filler* batu kapur untuk lapisan perkerasan *Asphalt Concrete-Base Course (AC-BC)* tersebut memenuhi standar.

Muhammad (2006), dalam penelitiannya untuk lapisan perkerasan lentur pada konstruksi jalan yaitu lapisan aspal beton (*laston*), bahwa filler yang dipakai adalah material limbah Lumpur Lapindo dan setelah dilakukan pengujian hasil yang diperoleh masuk standar yang diizinkan. adapun metode yang digunakan adalah Metode Diagram Pita dan hasil yang didapat adalah nilai Kadar Aspal Optimum 7,7% dan proporsi *filler* optimum 75/25, sedangkan dengan Metode *Linear Programming* nilai Kadar Aspal Optimum 7,9%.

METODOLOGI PENELITIAN

Material Yang Digunakan

Pada penelitian ini material untuk sebagai filler pada campuran aspal beton lapis *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* adalah material limbah batu bata dan limbah batu bara, material aspal yang digunakan aspal dengan penetrasi 60/70, agregat halus berasal dari kota Tanjung Enim Provinsi Sumatera Selatan, agregat kasar berasal dari kota Bojonegoro Provinsi Jawa Timur.

Material

Dalam pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa material yang digunakan dalam objek penelitian harus memenuhi persyaratan terhadap standar yang mengatur. Pengujian bahan meliputi objek berupa agregat kasar (agregat kasar ukuran 1/1 dan agregat kasar ukuran 1/2), agregat halus dalam hal ini adalah pasir, material aspal yang dipakai adalah aspal penetrasi 60/70, dan bahan pengisi *filler* dengan bermacam variasi yaitu: semen, limbah batu bara dan limbah batu bata.

Material Agregat

Analisa Saringan Agregat Halus

- Timbang cawan kosong, kemudian timbang cawan bersama dengan 1000gr agregat halus.
- Susunlah saringan dengan urutan nomor saringan dari yang terbesar ke nomor saringan yang terkecil : 9,5; 4,75; 2,36; 1,18; 0,6; 0,3; 0,15; 0,075 dan pan.
- Masukkanlah 1000 gr agregat halus ke saringan, getarkan dengan mesin penggetar selama 15 menit.
- Timbanglah agregat halus yang tertahan dimasing-masing nomor saringan yang telah disusun.
- Hitung persentase dan modulus halus butir agregat.

Analisa Saringan Agregat Kasar

- Timbang cawan kosong, kemudian timbang cawan bersama dengan 1000 gr agregat kasar.
- Susunlah saringan dengan urutan nomor saringan dari yang terbesar ke nomor saringan yang terkecil : 25; 19; 12,5; 9,5; 4,75; 2,36; 1,18; 0,6; 0,3; 0,15; 0,075 dan pan.
- Masukkanlah 1000 gr agregat kasar ke saringan, getarkan dengan mesin penggetar selama 15 menit.
- Timbanglah agregat kasar yang tertahan dimasing-masing nomor saringan yang telah disusun.
- Hitung persentase dan modulus halus butir agregat.

Analisa Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

- Ambil cawan yang berisi agregat halus sebagai material benda uji untuk penentuan SSD.
- Agregat halus terlebih dahulu dibuat dalam keadaan jenuh air kering permukaan.
- Angkat cetakkan kerucut terpancung perlahan-lahan, perhatikan : cetakkan kerucut terpancung harus bersih, pengangkatan cetakkan harus benar-benar dalam porsi vertical, bentuk agregat hasil pencetakan diperiksa sampai SSD.
- Timbang agregat tersebut sebanyak 500gr dan masukkan dalam piknometer.
- Air diisi ke dalam piknometer mencapai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak

terlihat gelembung udara didalamnya, kemudian tambahkan air dan benda uji kemudian timbang.

- Benda uji diambil dan dikeringkan didalam oven dengan temperatur $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap kemudian timbang beratnya, selanjutnya piknometer diisi kembali dengan air sampai elevasi yang sama, lalu timbang kembali berapa beratnya.

Analisa Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

- Timbang cawan kosong, kemudian timbang cawan bersama dengan 500gr agregat kasar.
- Keringkan agregat yang telah di cuci menggunakan oven dengan suhu 110°C , lalu timbang dengan ketelitian 0,01gr untuk mendapat nilai berat tetap.
- Agregat yang telah mendapat berat tetap direndam di dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam, setelah direndam agregat dikeluarkan dari air rendaman kemudian agregat tersebut dibersihkan dengan kain bersih sampai air pada permukaan agregat tidak ada lagi.
- Agregat ditimbang sehingga didapat nilai berat kering jenuh permukaan.
- Agregat dimasukkan dalam piknometer dan tambahkan air hingga benda uji terendam dalam permukaan air sampai 90% kemudian piknometer diisi air sampai tanda batas dan timbang beratnya.

Kadar Air Agregat

- Timbang cawan kosong, kemudian timbang cawan bersama dengan 500gr agregat.
- Keringkan agregat menggunakan oven dengan suhu ($110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$).
- Agregat dikeluarkan dari dalam oven, lalu di timbang untuk mendapatkan berat tetap.

Kadar Lumpur Agregat

- Timbang cawan kosong, kemudian timbang cawan bersama dengan 500gr agregat.
- Agregat dikeringkan menggunakan oven dengan suhu ($110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$).
- Agregat dibersihkan dari debu atau kotoran yang melekat pada permukaan.
- Agregat dikeringkan kembali dengan temperatur 110°C sampai berat tetap kemudian timbang dengan ketelitian 0,01gr untuk mendapat nilai berat konstan.

Keausan Agregat Kasar

- Timbang agregat yang akan diuji dengan jumlah dilebihkan dari ketentuan.
- Cuci agregat dengan bersih, kemudian keringkan dalam oven hingga mendapat berat konstan.
- Setelah mendapat berat konstan, timbang agregat sebanyak yang sesuai dengan ketentuan table, benda uji dipisah kedalam ukuran fraksi masing-masing.

- Masukkan agregat bersama dengan bola baja dengan jumlah yang sesuai ke dalam mesin los angeles, putar selama 15 menit.
- Setelah itu agregat dikeluarkan dari mesin los angeles, kemudian saring dengan saringan no.12 dan timbang berat tertahan pada saringan tersebut.

Pengujian Aspal

Pengujian Berat Jenis Aspal

- Pembuatan Benda Uji.
- Isilah piknometer dengan air suling sehingga bagian atas piknometer yang terendam, bersihkan bagian luar piknometer lalu timbang beratnya.
- Keluarkan air dari dalam piknometer, lalu bersihkan dan masukkan benda uji ke dalam piknometer tersebut tambahkan air suling dan tutuplah tanpa ditekan, diamkan agar gelembung – gelembung udara keluar , kemudian timbang beratnya.

Pengujian Penetrasi Aspal

- Alat penetrasi dan jarum penetrasi disiapkan, pemberat 50 gr dipasang diatas jarum untuk beban 100 gr, cawan diletakkan berada di tengah–tengah jarum penetrasi. Tinggi jarum diatur, nol kan alat penetrasi dengan jarak 1 cm
- Jarum penetrasi diturunkan perlahan–lahan mendekati benda uji, putar arloji penetrometer dan baca angka penetrasi.
- Lepaskan jarum dari pemegangnya dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.

Pembuatan JMF Benda Uji dengan Alat Marshall

Variasi Benda Uji

Benda uji dengan variasi kadar aspal 5% ; 5,5% dan 6%, dan dengan variasi *filler* menggunakan semen, serbuk batu bata, *fly ash* batu bara dan campuran serbuk batu bata dan *fly ash* batu bara, dalam campuran sampel dengan jumlah 36 buah benda uji, benda uji yang dibuat menggunakan alat cetakan *Mould*. Dari hasil pengujian parameter Marshall akan diperoleh nilai stabilitas dan *flow*.

Prosedur Pengujian

- Pemadatan Benda Uji
 - Cetakan dibersihkan pada bagian muka penumbuk dengan teliti, kemudian di oven dengan temperatur $93,3^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $148,9^{\circ}\text{C}$.
 - Panaskan aspal hingga memperoleh kekentalan yang diizinkan, ini berlaku untuk pekerjaan

pencampuran dan pekerjaan pemadatan.

- Untuk aspal padat pencampuran beserta agregat dengan temperatur 28°C diatas suhu pencampuran, sedangkan untuk aspal cair temperatur 14°C diatas suhu pencampuran.
- Selanjutnya dilakukan pemadatan.

- Pengujian Aspal dengan Alat *Marshall*

- Benda uji dibersihkan dari kotoran dan setiap benda uji diberi nomor.
- Dimensi ketinggian benda uji diukur dengan ketelitian 0,1mm dan timbang beratnya.
- Kemudian direndam dalam air kira-kira 24 jam pada suhu ruang serta di timbang untuk mendapatkan berat isi.
- Selanjutnya benda uji ditimbang dalam keadaan kering jenuh permukaan.
- Aspal panas direndam dalam bak dengan waktu berkisar 30 sampai dengan 40 menit, kemudian dipanaskan di dalam oven selama 2 jam dengan temperatur 60°C ± 1°C untuk benda uji panas. Untuk benda uji ter temperaturnya 38°C ± 1°C. Untuk benda uji dingin temperaturnya 25°C ± 1°C.
- Kemudian dikeluarkan dari bak dan diletakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan. Segmen atas dipasang di atas benda uji dan letakkan semuanya di dalam alat penguji.

Metode Analisis Data

Penelitian ini meninjau dari parameter *Marsahall* untuk mencari nilai dengan variasi kadar aspal dari 5% sampai dengan 6% dan dengan variasi *filler* menggunakan semen, limbah batu bata, limbah batu bara dan campuran limbah batu bata dan limbah batu bara pada campuran laston yang ditinjau dari nilai stabilitas dan *flow*. Tahap akhir analisis menggunakan grafik ditinjau dari parameter *marshall* guna melihat apakah dengan menggunakan limbah batu bata, limbah batu bara dan campuran limbah batu bata dan limbah batu bara dapat dijadikan sebagai *filler* pada aspal beton AC – WC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Agregat

Tabel 3. Analisa Agregat

Jenis Pengujian	Hasil Pengolahan			Satuan	Standar Spesifikasi
	Agregat Halus	Agregat Kasar			
	Pasir	Agregat 1/1	Agregat 1/2		
Berat Jenis bulk	2,43	2,50	2,53	-	2,5-2,7
Berat Jenis SSD	2,49	2,54	2,58	-	2,5-2,7
Berat Jenis semu	2,60	2,60	2,66	-	2,5-2,7
Berat Jenis Efektif	2,52	2,55	2,60	-	-
Penyerapan	2,65	1,57	1,87	%	Maks 3%
Kadar Air	3,110	3,510	3,040	%	3-5%
Kadar Lumpur	1,560	2,764	3,235	%	Maks 5%
Keausan Agregat	-	15,89		%	Maks 40%

Pengujian Aspal

Tabel 4. Analisa Aspal

Pengujian	Hasil	Spesifikasi	SNI	Keterangan
Berat Jenis	1,020	Min. 1	06-2441-1991	Memenuhi
Penetrasi	68,37 mm	60 - 70	06-2456-1991	Memenuhi
Titik Lembek	41,85°C	40 - 150	06-2434-1991	Memenuhi
Titik Nyala	310°C	218 - 288	2433-2011	Memenuhi
Titik Bakar	349°C	>288	2433-2011	Memenuhi
Daktilitas	104 cm	≥100	2432-2011	Memenuhi

Tabel 5. Komposisi campuran untuk 1 (satu) benda uji

KOMPOSISI CAMPURAN	Type 1	Type 2	Type 3
	(%)	(%)	(%)
Agregat Kasar	17	17	17
Agregat Sedang	40	40	40
Agregat Halus	43	43	43
Aspal	5	5,5	6
Filler	5	5	5
Total Campuran	110	110,5	111

Hasil Pengujian Marshall

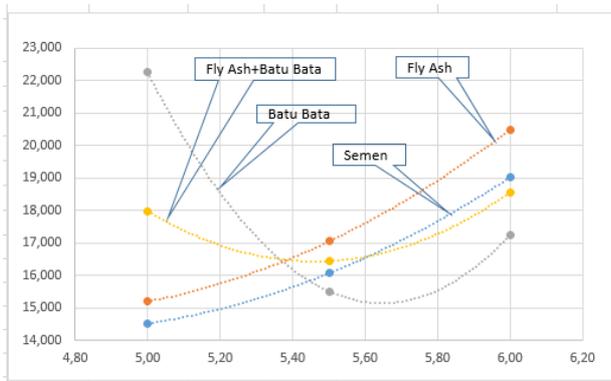
Tabel 6. Hasil Test Marshall

Kadar Aspal	filler	VMA(%)	VIM(%)	VFA(%)	Stabilitas (%)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
5%	Semen	14,520	3,827	73,870	1355	3,340	406,628
5%	Serbuk Batu Bata	22,245	12,518	43,733	1233	3,126	394,840
5%	Fly Ash Batu Bara	15,195	4,586	69,832	1744	3,367	513,503
5%	Campuran Serbuk Batu Bata dan Fly Ash Batu Bara	17,977	7,716	57,129	1413	3,702	381,415
5,5%	Semen	16,065	4,515	71,971	1415	3,774	375,488
5,5%	Serbuk Batu Bata	15,510	3,884	75,03	1460	4,229	345,972
5,5%	Fly Ash Batu Bara	17,045	5,629	67,089	1083	3,878	279,494
5,5%	Campuran Serbuk Batu Bata dan Fly Ash Batu Bara	16,443	4,945	69,927	1166	3,233	360,871
6%	Semen	19,025	6,870	63,915	1321	3,467	385,929
6%	Serbuk Batu Bata	17,252	4,830	72,059	1697	2,860	592,689
6%	Fly Ash Batu Bara	20,485	8,549	58,269	1458	3,213	453,400
6%	Campuran Serbuk Batu Bata dan Fly Ash Batu Bara	18,561	6,336	66,235	1504	3,409	451,965

Analisa Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course

Voids in Mineral Agregates (VMA)

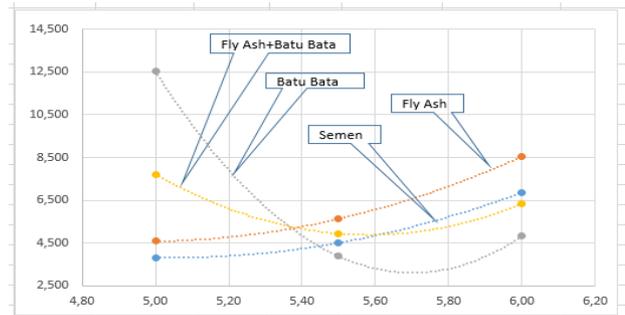
Nilai VMA pada setiap variasi filler batu bata dan fly ash batu bara pada setiap kadar aspal rata-rata memenuhi standar spesifikasi, terkecuali pada penggunaan filler semen pada variasi kadar aspal 5% yang menunjukkan nilai VMA sebesar 14,520% dimana disebutkan dalam standar spesifikasi Bina Marga 2010 nilai VMA minimal 15%.



Gambar 1. Voids in Mineral Agregates (VMA)

Voids in Mixture (VIM)

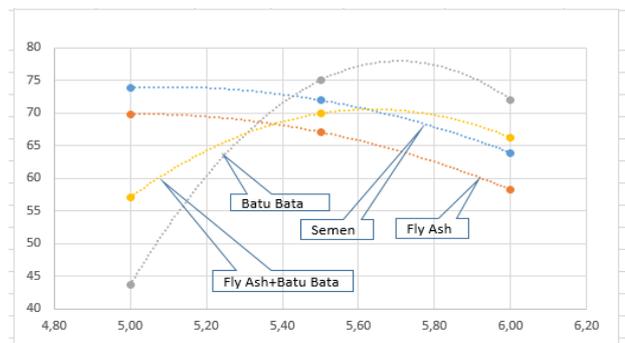
Nilai VIM menunjukkan bahwa pada kadar dan variasi tertentu ada hasil yang memenuhi standar spesifikasi dan ada yang tidak memenuhi, penggunaan filler batu bata pada variasi kadar aspal 5% menunjukkan nilai VIM terbesar yaitu 12,518%.



Gambar 2. Voids in Mixture (VIM)

Voids Filled with Asphalt (VFA)

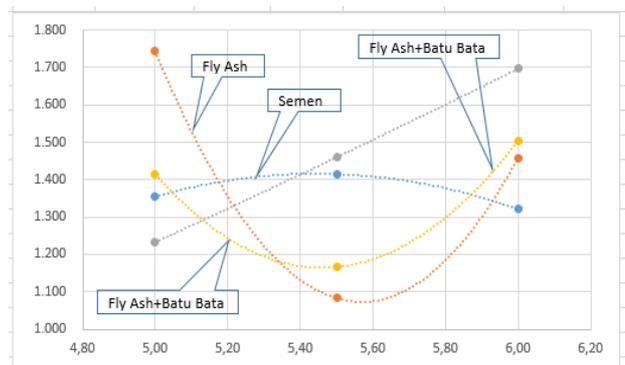
Nilai VFA memenuhi standar, kecuali pada penggunaan variasi filler batu bata dan Mix filler campuran batu bata dan fly ash batu bara pada kada aspal 5% dan penggunaan variasi filler fly ash batu bara pada kadar aspal 6% tidak memenuhi standar.



Gambar 3. Voids Filled with Asphalt (VFA)

Stabilitas

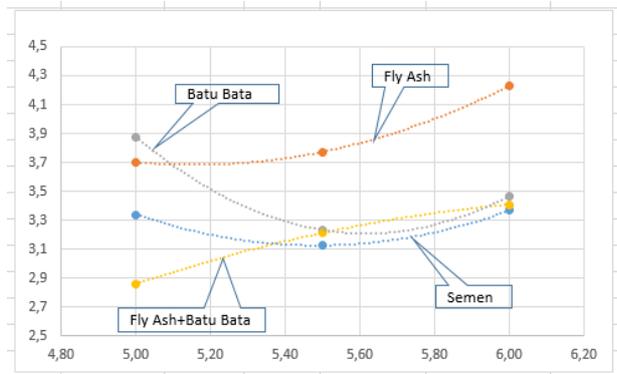
Nilai stabilitas menggunakan filler serbuk batu bata semakin besar KAO aspal maka stabilitas semakin tinggi, sedangkan bila menggunakan filler fly ash batu bara nilai stabilitas yang paling tinggi pada KAO aspal 5%.



Gambar 4. Stabilitas (kg)

Flow

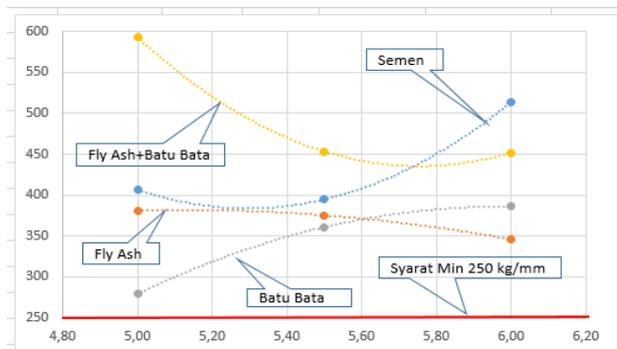
Nilai *flow* meningkat pada penggunaan *filler* fly ash, sedangkan menggunakan filler batu bata semakin besar KAO aspal maka nilai *flow* semakin kecil.



Gambar 5. Nilai Flow (mm)

Marshall Quotient (MQ)

Nilai MQ (*marshall quotient*) memenuhi standar spesifikasi Bina Marga. Dari grafik terlihat semakin besar KAO aspal maka nilai MQ untuk filler fly ash menurun, sedangkan filler batu bata semakin besar KAO aspal maka nilai MQ semakin naik.



Gambar 6. Marshall Quotient (MQ) (kg/mm)

KESIMPULAN

- Nilai VMA pada setiap variasi limbah batu bata dan limbah batu bara pada setiap kadar aspal rata-rata memenuhi standar spesifikasi, terkecuali pada penggunaan *filler* semen pada variasi kadar aspal 5% yang menunjukkan nilai VMA sebesar 14,520% dimana disebutkan dalam standar spesifikasi Bina Marga 2010 nilai VMA minimal 15%.
- Nilai VIM menunjukkan bahwa pada kadar dan variasi tertentu ada hasil yang memenuhi standar spesifikasi dan ada yang tidak memenuhi,

- penggunaan *filler* batu bata pada variasi kadar aspal 5% menunjukkan nilai VIM terbesar yaitu 12,518%.
- Nilai VFA memenuhi standar, kecuali pada penggunaan variasi *filler* batu bata dan *Mix filler* campuran batu bata dan *fly ash* batu bara pada kadar aspal 5% dan penggunaan variasi *filler fly ash* batu bara pada kadar aspal 6% tidak memenuhi standar.
- Nilai stabilitas menggunakan *filler* serbuk batu bata semakin besar KAO aspal maka stabilitas semakin tinggi, sedangkan bila menggunakan *filler fly ash* batu bara nilai stabilitas yang paling tinggi pada KAO aspal 5%.
- Nilai *flow* meningkat pada penggunaan *filler* fly ash, sedangkan menggunakan filler batu bata semakin besar KAO aspal maka nilai *flow* semakin kecil.
- Nilai MQ (*marshall quotient*) memenuhi standar spesifikasi Bina Marga. Dari grafik terlihat semakin besar KAO aspal maka nilai MQ untuk filler fly ash menurun, sedangkan filler batu bata semakin besar KAO aspal maka nilai MQ semakin naik.

DAFTAR PUSTAKA

Farida, I. dan Sakur, D.Y. (2019). Analisis Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Pada Campuran LASTON Lapis Aus (AC-WC), 17 (1), 19.

Abdillah, Z. M. dan Kartikasari, D. (2018). Substitusi Filler Pada Campuran Aspal Dengan fly Ash dan Serbuk Batu Bata, 3 (1), 124.

Hartantyo, D.S. dan Kartikasari, D. (2017). Penggantian Filler Dengan Fly Ash dan Serbuk Batu Bata pada Campuran Aspal (AC-WC), 1(1), 37.

Zulfhazli, Wesli dan Akbar, S.J. (2016). Penggunaan Abu Batu Bara sebagai Filler pada Campuran Aspal Beton AC-BC, 6 (2), 123-124.

Sukirman, Silvia (2007). Beton Aspal Campuran Panas, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.

Sukirman, Silvia (1999). Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova, Bandung.