

PENGARUH VARIASI *BOTTOM ASH* DAN ABU BATU TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN BETON ASPAL LAPIS AUS (AC – WC)

Anas Tahir
Fakultas Teknik
Universitas Tadulako
Kampus Bumi Tadulako, Tondo, Palu
Telp . (0451) 422611
anastf@yahoo.com

Andi Tenri Wulan
Fakultas Teknik
Universitas Tadulako
Kampus Bumi Tadulako, Tondo, Palu
Telp . (0451) 422611
anditenri753@gmail.com

Abstract

The affect of the use of bottom ash on the characteristics of asphalt concrete mixtures that was once justanuseless bottom ash waste from the area around the power plant can be used as road construction highway. The aim of this study was to determine the effect of ash bottom ash and stones on the characteristics of asphalt concrete mix (AC- WC). The variations of bottom ash 0%: 100% stone ash, bottom ash 25%: 75% stone ash, bottom ash 50%: 50% stone ash, bottom ash 75%: 25% stone ash and bottom ash 100%: Ash stone 0%. Research using Marshall test method to determine the mix of characteristics referring to the SNI and BinaMarga Standard. Result this study showed that the addition of bottom ash affects the quality of the mixture on the value of stability, flexibility, durability, density, VIM, VMA, VFB, and flow. From the research that used variations bottom ash is 0%, 25%, 50% due to the variation of 75% and 100% are not obtained optimum bitumen content. Value stability obtained at optimum bitumen content in the bottom ash variation of 0%, 25%, and 50% was 985.742 kg, 990.989 kg, and 996.466 kg. For Durability mix asphalt concrete to the variation of bottom ash 0% , 25 % , and 50 % respectively were 97.741 % , 97.481 % and 97.174 % .Value Flexibility in bottom ash content of 0 % is 300.392 kg/mm, bottom ash 25 % is 304.110 kg/mm, and bottom ash of 50 % is 306,383 kg/mm.

Keywords: bottom ash, stone ash, stability, flexibility, durability, AC-WC

Abstrak

Pengaruh penggunaan bottom ash terhadap karakteristik campuran beton aspal yang dulunya bottom ash hanya merupakan limbah buangan disekitar wilayah PLTU dapat dimanfaatkan sebagai material dalam konstruksi jalan raya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bottom ash dan abu batu terhadap karakteristik campuran beton aspal (AC-WC). Variasi bottom ash 0% : abu batu 100%, bottom ash 25% : abu batu 75%, bottom ash 50% : abu batu 50% ,bottom ash 75% : abu batu 25% dan bottom ash 100% : abu batu 0%. Penelitian menggunakan metode pengujian *Marshall* untuk mengetahui karakteristik campuran mengacu pada SNI dan Standar Bina Marga. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan bottom ash mempengaruhi kualitas campuran terhadap nilai stabilitas, fleksibilitas, durabilitas, kepadatan, VIM, VMA, VFB, dan *flow*. Dari hasil penelitian variasi *bottom ash* yang digunakan adalah 0%, 25%, 50% karena pada variasi 75% dan 100% tidak diperoleh kadar aspal optimum. Nilai stabilitas yang diperoleh pada kadar aspal optimum dengan variasi bottom ash 0%, 25%, dan 50% adalah 985,742 kg, 990,989 kg, dan 996,466 kg. Untuk Durabilitas campuran beton aspal pada variasi *bottom ash*%, 25%, dan 50% adalah 97,741%, 97,481%, dan 97,174%. Nilai Fleksibilitas pada kadar *bottom ash* 0% adalah 300,392 kg/mm, *bottom ash* 25% sebesar 304,110 kg/mm, dan *bottom ash* 50% sebesar 306,383 kg/mm.

Kata Kunci: bottom ash, abu batu, stabilitas, fleksibilitas, durabilitas, AC-WC.

PENDAHULUAN

Dalam meningkatkan mutu lapis permukaan jalan yang perlu diperhatikan adalah material yang digunakan untuk pembangunan jalan tersebut, karena kerusakan jalan banyak terjadi disebabkan oleh pengendalian mutu yang kurang baik atau spesifikasi yang tidak

memenuhi. Pada campuran beton aspal lapis permukaan material yang digunakan merupakan campuran antara aspal, agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*). Di Sulawesi Tengah dan di beberapa daerah pada umumnya, material agregat halus yang digunakan pada campuran beton aspal berupa pasir sungai yang relatif mengandung bahan organik. Olehnya itu supaya penyediaan material agregat halus sebagai bahan campuran beton aspal dapat menggunakan bahan alternatif lain yang memenuhi syarat spesifikasi, seperti abu dasar batu bara (*bottom ash*). Pemanfaatan batu bara saat ini banyak kita jumpai pada PLTU untuk dimanfaatkan sebagai tenaga uap. Pemakaian batu bara sebagai sumber energi menghasilkan residu berupa *bottom ash* yang bisa menimbulkan pencemaran lingkungan. Penggunaan *bottom ash* sebagai material perkerasan jalan adalah salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut. *Bottom ash* adalah bahan buangan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada *fly ash*. Kebutuhan material perkerasan jalan makin meningkat seiring dengan meningkatnya laju pembangunan infrastruktur di Sulawesi Tengah khususnya. Akhir-akhir ini pelaksanaan pembangunan jalan semakin membutuhkan biaya yang sangat tinggi akibat kenaikan harga dan berkurangnya bahan baku. Sehubungan dengan hal itu perlu diusahakan adanya bahan alternatif yang memiliki sifat-sifat yang serupa dengan material pencampur dalam campuran beton aspal. Salah satu material yang memiliki sifat dan bentuk yang serupa dengan material perkerasan jalan adalah abu dasar (*bottom ash*), material ini serupa dengan agregat halus (pasir). Dengan demikian dalam penulisan tugas akhir ini penulis mencoba melakukan suatu penelitian tentang pemanfaatan abu dasar batu bara (*bottom ash*) pada campuran beton aspal lapis permukaan (AC-WC). Pada penelitian ini akan menitik beratkan sejauh mana pengaruh penggunaan *bottom ash* terhadap karakteristik campuran beton aspal. Sehingga nantinya *bottom ash* yang dulunya merupakan limbah buangan disekitar wilayah PLTU dapat dimanfaatkan sebagai material dalam konstruksi jalan raya.

TINJAUAN PUSTAKA

Lapis Beton Aspal Lapis Aus (AC – WC)

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal sebagai bahan pengikat (*Silvia Sukirman, 2003*). Menurut Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum, Campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Beton aspal dapat digunakan untuk lapisan aus (*wearing course*), perata (*leveling course*) dan fondasi (*base course*). Lapis aus merupakan lapis perkerasan jalan paling atas, yang menerima dampak langsung dari lalu lintas. Lapis perata berada di bawah lapis aus, dan di bawah lapis perata merupakan lapis fondasi. Lapisan-lapisan ini harus cukup kuat, stabil dan tetap ditempat meskipun ada guncangan-guncangan dari lalu lintas. Lapisan aus harus tahan lama dari dampak lalu lintas maupun cuaca. Lapis permukaan harus cukup halus agar ban mobil atau kendaraan yang lewat tidak cepat rusak, tergelincir dan cukup nyaman bagi penumpangnya. Lapisan aus merupakan agregat yang lebih halus dengan kadar aspal lebih tinggi dari lapisan lainnya (*Pramudya, 1999*).

Gradasi Agregat Campuran Beton Aspal

Gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, ukuran butir dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Gradasi agregat dinyatakan dalam

persentase lolos atau tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat yang digunakan adalah LASTON dengan jenis campuran lapis aus (AC-WC) yang berpedoman pada spesifikasi Baru Campuran Aspal Panas spesifikasi umum Bina Marga tahun 2010. Gradasi agregat campuran beton aspal dapat terlihat pada tabel 1.

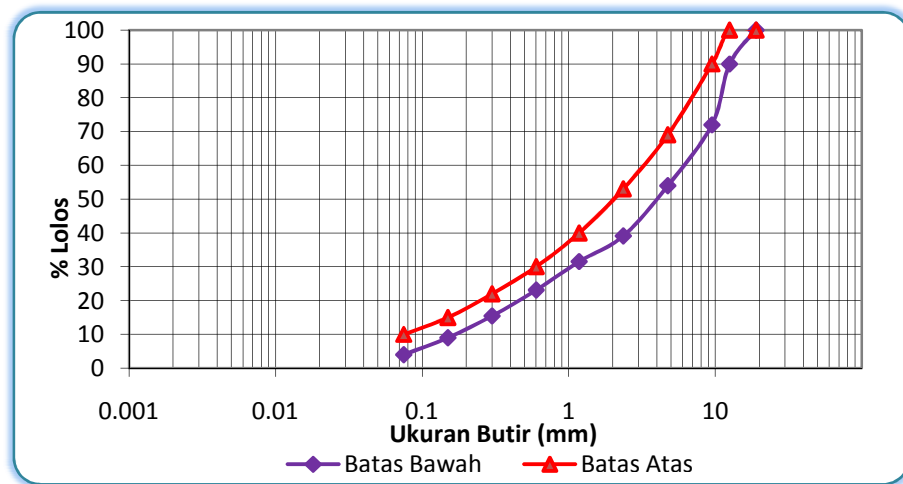
Tabel 1. Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beton Aspal

UkuranA yakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total AgregatdalamCampuran					
	GradasiHalus			GradasiKasar		
	AC-WC	AC-BC	AC-Base	AC-WC	AC-BC	AC-Base
37,5	-	-	100	-	-	100
25	-	100	90 - 100	-	100	90 - 100
19	100	90 - 100	73 - 90	100	90 - 100	73 - 90
12,5	90 - 100	74 - 90	61 - 79	90 - 100	71 - 90	55 - 76
9,5	72 - 90	64 - 82	47 - 67	72 - 90	58 - 80	45 - 66
4,75	54 - 69	47 - 64	39,5 - 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5
2,36	39,1 - 53	34,6 - 49	30,8 - 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8
1,18	31,6 - 40	28,3 - 38	24,1 - 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1
0,6	23,1 - 30	20,7- 28	17,6 - 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6
0,3	15,5 - 22	13,7- 20	11,4 - 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4
0,15	9 - 15	4 - 13	4 - 10	6 - 13	5 - 11	4,5 - 9
0,075	4 - 10	4 - 8	3 - 6	4 - 10	4 - 8	3-7

Catatan:

Laston (AC) bergradasi kasar dapat digunakan pada daerah yang mengalami deformasi yang lebih tinggi dari biasanya seperti pada daerah pengunungan, gerbang tol atau pada dekat lampu lalu lintas.

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Divisi 9 (Revisi)



Gambar 1. Grafik Gradasi Campuran Beton Aspal (AC-WC) Gradasi Halus Spesifikasi Campuran Beton Aspal

Menurut spesifikasi campuran aspal Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, Laston (AC) terdiri dari tiga macam campuran, Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis

Pengikat (AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25.4 mm, 37.5 mm. Ketentuan mengenai sifat-sifat dari campuran Laston (AC) dengan aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada **tabel 2**.

Tabel. 2. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston (AC)					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspalektif (%)	Min	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapanaspal (%)	Maks					1,2	
Jumlahtumbukan per bidang		75				112	
Ronggadalamcampuran (%)	Min					3,5	
	Maks					5,0	
RonggadalamAgregat (VMA)(%)	Min	15		14		13	
RonggaTerisiAspal (%)	Min	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800				1800	
	Maks	-				-	
Pelelehan (mm)	Min	3				4,5	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelahperendamanselama 24 jam, 60 °C	Min					90	
Ronggadalamcampuran (%) padaKepadatanmembal (refusal)	Min					2,5	

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Divisi 9 (Revisi 2)

Bottom Ash

Bottom ash (abu dasar) adalah bahan buangan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada *fly ash*, sehingga abu dasar akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (*boiler*) dan terkumpul pada penampung debu (*ash hopper*) lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang. Abu dasar dikategorikan menjadi *dry bottom ash* dan *wet bottom ash/boiler slag* berdasarkan jenis tungkunya yaitu *dry bottom boiler* yang menghasilkan *dry bottom ash* dan *slag-tap boiler* serta *cyclone boiler* yang menghasilkan *wet bottom ash (boiler slag)*. Sifat dari *bottom ash* sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh jenis batu bara dan sistem pembakarannya

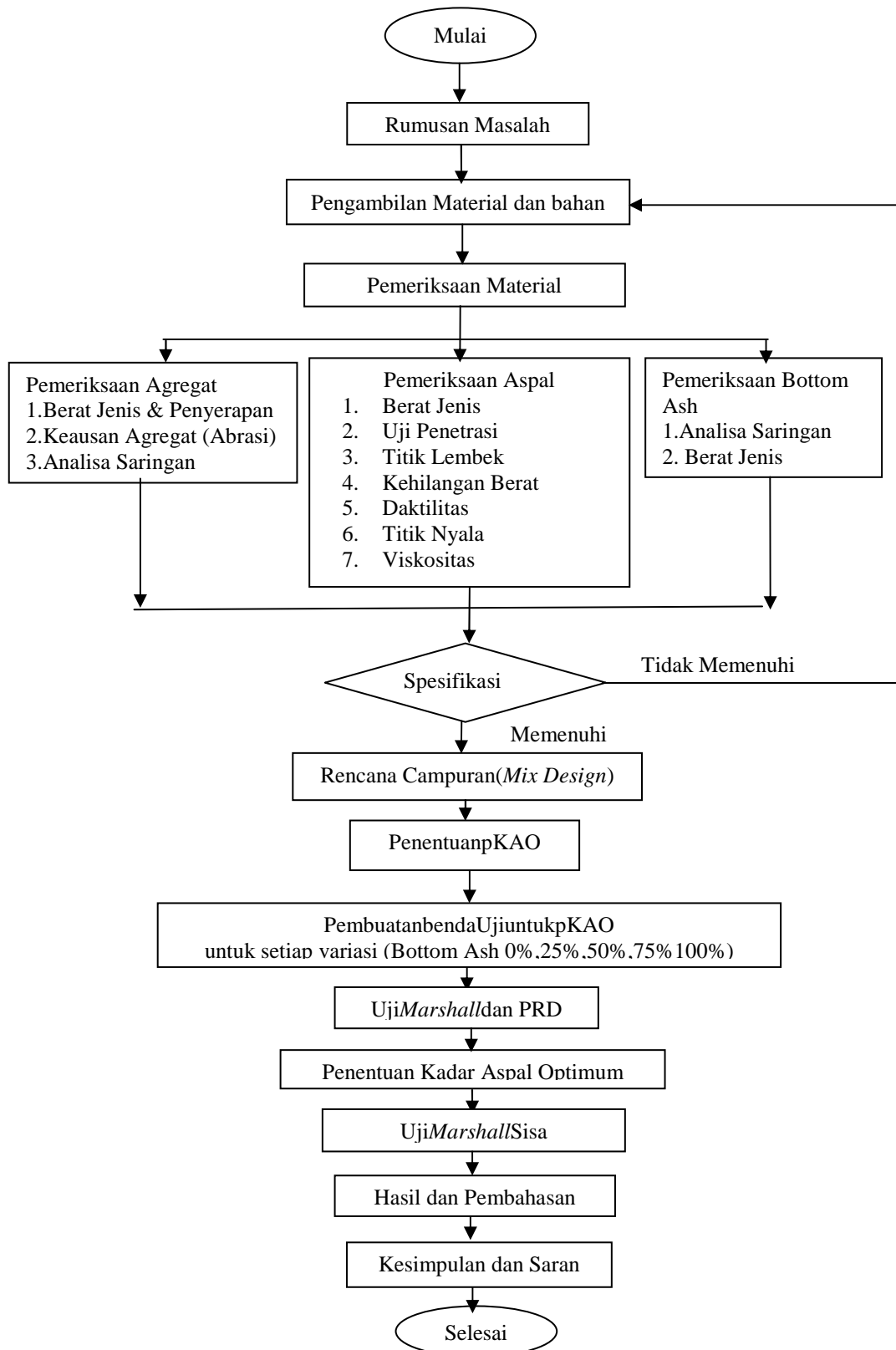
METODE PENELITIAN

Jenis dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini adalah berupa penelitian eksperimental yaitu penelitian dengan melakukan percobaan-percobaan di laboratorium, berdasarkan kaidah-kaidah ilmiah dengan prosedur yang sistematis melalui pembuktian yang ilmiah. Material penelitian ini terdiri dari *bottom ash* yang berasal dari hasil pembakaran batu bara di PLTU Mpanau Tawaeli Kota Palu. Material Agregat, agregat kasar, agregat halus, filler (abu batu) yang diambil dari lokasi *stone crusher* Taipa. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako.

Bagan Alir Penelitian

Prosedur penelitian yang digambarkan dalam diagram alir penelitian pada gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Perencanaan Campuran (Mix Design)

Komposisi campuran untuk masing-masing benda uji terdiri dari campuran fraksi agregat 3/4", 3/8", abu batu dan *bottom ash* dengan gradasi by portion yang menggunakan gradasi campuran aspal beton spesifikasi baru, divisi VI Perkerasan Beraspal Dep.PU 2007. Fraksi *Bottom Ash* yang digunakan dengan variasi kadar berkisar antara 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap total agregat.

Jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah 90 benda uji untuk kondisi pKAO, 45 benda uji untuk kondisi PRD dan 30 benda uji kondisi KAO untuk masing-masing variasi antara *bottom ash* dengan abu batu 0% : 100% ; 25% : 75% ; 50% : 50% dan 100% : 0%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat dan Aspal

Hasil pengujian agregat kasar dan halus dapat dilihat pada tabel 3 sampai tabel 7.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar Pecah 3/4"

No	Pengujian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan	Ket
1.	- Berat Jenis				
	a. BJ. Bulk	2,647			
	b. BJ SSD	2,661	Min. 2,5		Memenuhi
	c. BJ.Apparent	2,686			
	- Penyerapan Agregat	0,541	Maks. 3	%	Memenuhi
2.	Abrasi	31,60	Maks. 40	%	Memenuhi

Sumber : Hasil olahan data 2015

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar Pecah 3/8"

No	Pengujian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan	Ket
1.	- Berat Jenis				
	a. BJ. Bulk	2,663			
	b. BJ SSD	2,650	Min. 2,5		Memenuhi
	c. BJ.Apparent	2,679			
	- Penyerapan Agregat	0,650	Maks. 3	%	Memenuhi
2.	Abrasi	31,60	Maks. 40	%	Memenuhi

Sumber : Hasil olahan data 2015

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Karakteristik *Bottom Ash*

No	Pengujian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan	Ket
1.	- Berat Jenis				
	a. BJ. Bulk	2,541			
	b. BJ SSD	2,575	Min. 2,5		Memenuhi
	c. BJ.Apparent	2,629			
	- Penyerapan Agregat	1,317	Maks. 3	%	Memenuhi
2.	Abrasi	31,60	Maks. 40	%	Memenuhi

Sumber : Hasil olahan data 2015

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Abu Batu

No	Pengujian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan	Ket
1.	- Berat Jenis				
	a. BJ. Bulk	2,559			
	b. BJ SSD	2,603	Min. 2,5		Memenuhi

c. BJ.Apparent	2,676			
- Penyerapan Agregat	1,709	Maks. 3	%	Memenuhi
2. Abrasi	31,60	Maks. 40	%	Memenuhi

Sumber : Hasil olahan data 2015

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Bahan Pengikat (Aspal Pen 60/70)

No	Pengujian	Hasil Penelitian	Spek	Satuan	Ket
1.	Berat Jenis (25°C)	1,064	Min. 1	-	Memenuhi
2.	Penetrasi (25°C, 5 dtk)	68,65	60-70	mm	Memenuhi
3.	Titik Lembek (Ring Ball)	48,36	Min. 48	°C	Memenuhi
4.	Titik nyala	320	Min.232	°C	Memenuhi
5.	Kehilangan Berat	0,0017	Maks 0,8	%	Memenuhi
6.	Daktilitas(25°C,5 cm/menit)	116	Min. 100	cm	Memenuhi
7.	Viskositas	395,52	Min 385	cts	Memenuhi

Sumber: Hasil olahan data 2015

Hasil Pengujian Marshall Masing-masing Variasi Bottom Ash dengan Abu Batu

Dari hasil pengujian Marshall untuk komposisi *Bottom Ash* (0%) dengan Abu batu (100%) dapat dilihat pada tabel 8 berikut ini :

Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall *Bottom Ash* 0% dan Abu Batu (100%)

Sifat-Sifat Marshall	Satuan	Kadar Aspal (%)						Spec
		4,5.	5,0	5,5	6	6,5	7	
Kepadatan	(gr/cm ³)	2,280	2,272	2,291	2,285	2,309	2,295	-
VIM	(%)	6,812	6,502	5,076	4,664	3,036	2,974	3,5-5
VMA	(%)	16,047	16,785	16,536	17,184	16,783	17,728	Min. 15
VFB	(%)	57,574	61,265	69,442	72,937	81,909	83,236	Min. 65
Stabilitas	(kg)	965,474	960,652	1037,44	1011,53	954,964	926,524	Min. 800
Flow	(mm)	3,903	4,020	3,787	4,003	3,577	3,410	Min. 3
MQ	(kg/mm)	247,363	239,141	274,356	252,862	267,393	271,824	Min. 250

Sumber: Hasil Penelitian 2015

Dari hasil pengujian Marshall tersebut dengan menggunakan *bar chart* (grafik batang) diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar **5,65%**.

Untuk variasi kadar *Bottom Ash* (25%) dengan abu batu (75%) diperoleh hasil pengujian Marshall seperti pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengujian Marshall *Bottom ash* 25% dan Abu Batu (75%)

Sifat-Sifat Marshall	Satuan	Kadar Aspal (%)						Spec
		5,0	5,5	6	6,5	7	7,5	
Kepadatan	(gr/cm ³)	2,336	2,328	2,331	2,319	2,333	2,316	-
VIM	(%)	6,211	5,846	5,056	4,853	3,630	3,672	3,5-5
VMA	(%)	14,393	15,123	15,466	16,328	16,294	17,358	Min. 15
VFB	(%)	56,849	61,35	67,309	70,321	77,739	78,85	Min. 65
Stabilitas	(kg)	1066,514	1050,714	1069,589	1143,619	1100,958	1060,194	Min. 800
Flow	(mm)	3,873	3,87	3,883	3,913	3,967	4,017	Min. 3
MQ	(kg/mm)	275,586	271,514	275,473	292,251	277,745	264,213	Min. 250

Sumber : Hasil Penelitian 2015

Dengan menggunakan *bar chart* (grafik batang) untuk menentukan kadar aspal optimum diperoleh KAO sebesar **6,25%** terhadap berat total campuran.

Untuk variasi kadar *bottom ash* (50%) dan abu batu (50%) diperoleh hasil pengujian Marshall seperti terlihat pada tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian Marshall *Bottom ash* (50%) dan Abu Batu (50%)

Sifat-Sifat Marshall	Satuan	Kadar Aspal (%)						pesifikasi
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7	
Kepadatan	(gr/cm ³)	2,332	2,336	2,318	2,314	2,333	2,326	-
VIM	(%)	5,781	4,581	4,637	4,134	3,116	2,325	3,5-5
VMA	(%)	14,680	14,645	15,732	16,315	16,450	16,787	Min. 15
VFB	(%)	60,640	68,734	70,525	74,678	81,071	86,152	Min. 65
Stabilitas	(kg)	982,803	1050,000	1082,280	1178,695	1042,416	1060,194	Min. 800
Flow	(mm)	4,207	3,990	4,303	4,560	3,850	3,960	Min. 3
MQ	(kg/mm)	235,041	263,562	251,777	264,128	277,219	267,741	Min. 250

Sumber : Hasil Penelitian 2015

Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk campuran beton aspal untuk *Bottomash* 50% dan Abu batu 50% adalah 5,425 % terhadap berat total campuran.

Untuk kadar *bottom ash* 75% dan 100% walaupun gradasi gabungannya memenuhi spesifikasi namun tidak diperoleh Kadar aspal Optimum (tidak memiliki nilai KAO), karena beberapa sifat marshall yang ada tidak memenuhi spesifikasi sehingga tidak digunakan dalam penelitian selanjutnya.

Kinerja Campuran Beton Aspal pada Kadar Aspal Optimum

Pengaruh *Bottom Ash* Terhadap Stabilitas

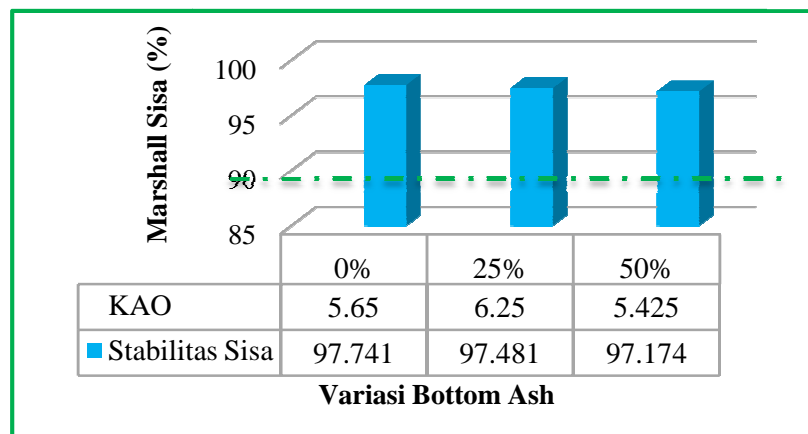
Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa stabilitas campuran yang menggunakan penambahan *bottom ash* cenderung mengalami peningkatan. Untuk campuran dengan *bottom ash* 0% memiliki nilai stabilitas 985,742 kg, *bottom ash* 25% naik menjadi 990,989 kg dan *bottom ash* 50% juga bertambah menjadi 996,466kg. Nilai Stabilitas tersebut campuran AC–WC masih memenuhi spesifikasi.

Pengaruh Variasi *Bottom ash* terhadap Fleksibilitas

Nilai *Marshall Quotient (MQ)* pada kadar aspal optimum cenderung meningkat setelah penambahan *bottom ash*. Adapun nilai *MQ* yang diperoleh pada campuran AC–WC yang menggunakan *bottom ash* 0% sebesar 300,392 kg/mm, *bottom ash* 25% sebesar 304,110 kg/mm, dan *bottom ash* 50% sebesar 306,383 kg/mm.

Pengaruh Variasi *Bottom Ash* terhadap Durabilitas

Marshall sisa adalah persentase minimum terhadap nilai stabilitas *marshall*. Nilai *marshall* sisa dinyatakan pada kondisi yang paling buruk atau ekstrim terhadap campuran. Dari gambar 2. menunjukkan bahwa nilai durabilitas cenderung mengalami penurunan. Nilai *marshall* sisa menggambarkan potensi durabilitas campuran. Semakin kecil nilai *marshall* sisa maka semakin buruk ketahanan campuran terhadap pengaruh kondisi yang buruk dan cuaca ekstrim. Nilai durabilitas semakin menurun seiring bertambahnya kadar *bottom ash*.



Sumber : Hasil Penelitian 2015

Gambar 3. Hubungan Variasi *Bottom Ash* terhadap Marshall Sisa

Pengaruh Variasi *Bottom Ash* terhadap VIM

Penambahan variasi *bottom ash* ke dalam campuran menyebabkan nilai VIM menurun pada *bottom ash* 25 % dan menurun kembali pada kadar *bottom ash* 50%. Hal ini disebabkan karena rongga yang ada terisi oleh *bottom ash* lebih banyak. Adapun nilai VIM yang diperoleh dengan kadar *bottom ash* 0% sebesar 4,958 %, *bottom ash* 25% sebesar 3,770% dan pada variasi *bottom ash* 50% sebesar 3,539%.

Pengaruh Variasi *Bottom Ash* terhadap Flow

Nilai *flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis keras akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya. Nilai *flow* cenderung menurun dan hampir konstan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kadar aspal optimum yang diperoleh pada kondisi kadar *bottom ash* 0% sebesar 5,650%, kadar *bottom ash* 25% sebesar 6,250% dan kadar *bottom ash* 50% sebesar 5,425%. Sedangkan untuk kondisi kadar *bottom ash* 75% dan 100% tidak diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO).

Dengan penambahan kadar *bottom ash* pada campuran beton aspal AC-WC akan meningkatkan nilai stabilitas campuran. Nilai stabilitas pada kadar *bottom ash* 0% sebesar 985,742kg dan pada kadar 25% sebesar 990,989 atau mengalami peningkatan sekitar 0,53%. Pada kadar *bottom ash* 25% nilai stabilitas diperoleh sebesar 996,466 kg atau meningkat sebesar 0,55%. Nilai stabilitas tertinggi terjadi pada kadar *bottom ash* 50%.

Fleksibilitas campuran yang dinyatakan dengan nilai *Marshall Quotient (MQ)* dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *flow*. Fleksibilitas campuran yang menggunakan *bottom ash* sebagai agregat cenderung mengalami peningkatan. Nilai MQ pada kadar *bottom ash* 0% sebesar 300,392 kg/mm dan meningkat menjadi 304,110 kg/mm pada kadar *bottom ash* 25%, atau nilai fleksibilitas campuran mengalami peningkatan sebesar 3,718%. Nilai MQ pada kadar *bottom ash* 50% sebesar 306,383 kg/mm, atau meningkat sebesar 5,991%. Dari ke tiga variasi *bottom ash* tersebut kadar *bottom ash* 50% memiliki nilai fleksibilitas yang paling tinggi.

Durabilitas campuran dinyatakan dengan nilai stabilitas sisa. Semakin meningkat kadar *bottom ash*, maka nilai durabilitas campuran beton aspal cenderung mengalami penurunan. Durabilitas campuran pada kadar *bottom ash* 0% adalah 97,741%. Dengan penambahan kadar *bottom ash* 25%, nilai durabilitas menjadi 97,481% mengalami penurunan sebesar 0,27%. Untuk kadar *bottom ash* 50%, nilai durabilitas sebesar 97,174% atau turun sebesar 0,31%.

Dari beberapa variasi kadar *bottom ash* yang digunakan, kadar *bottom ash* 25% menjadi kadar yang optimum/ideal sebagai bahan material dalam perkerasan jalan, dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,250%.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *bottom ash* akan pada campuran beton aspal tetap memberikan kinerja yang baik pada campuran beton aspal khususnya

jenis AC-WC hingga kadar *bottom ash* 50% terhadap berat total agregat, namun nilai durabilitas cenderung berkurang.

Saran – Saran

Apabila di waktu mendatang hendak dilakukan penelitian serupa, disarankan untuk mengubah komposisi kadar *bottom ash* dengan abu batu sehingga nilai yang diperoleh dapat diperbandingkan hasilnya.

Pada penelitian ini, sumber material berasal dari Stone Crusher Taipa, mengingat wilayah Sulawesi Tengah kaya akan material, maka perlu dilakukan pengujian dengan menggunakan sumber material dari wilayah lainnya, guna mendapatkan perbandingan hasil dengan memperhatikan karakteristik agregat yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2000. *Coal Bottom Ash/Boiler Slag-Material Description*. (<http://www.cedar.at/mailarchives/waste/cbabs.1.html>).
- Anonim, 2000, Spesifikasi Volume 3, Seksi 6.3. Campuran Aspal Panas. Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim, 2010. Spesifikasi Umum Edisi 2010. Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim, 2002. Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas (Draft). Manual XX-2002. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah. Jakarta.
- Anonim, 1990. SK SNI S – 04 – 1989 - F . Spesifikasi Agregat Sebagai Bahan Bangunan . Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum. Yayasan LPMB. Bandung.
- DR, Ghafoori, 1998. Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Terhadap Perkerasan Kaku. Southern Illinois University.
- Gurharyanto., Gani. M, Ulun, 1996. Minimalisasi Limbah Batubara: Pengurangan Kandungan Batubara dengan Metode Magnetik. Litbang Ilmu Pengetahuan Teknik. LIPI Bandung.
- I. Hermanus Santoso, dkk, 2001. Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* terhadap Karakteristik Beton Aspal . Dosen Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Kristen Petra
- Pramudya, Ir. MBA, 1999. Pekerjaan Jalan dengan Aspal Beton.
- Pusat Sumber Daya Geologi, (2005). Data Geologi, Geokimia, dan Geofisika. Bandung.
- Sukirman. Silvia, 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Penerbit Granit. Bandung.
- The Asphalt Institute, 1983. *Asphalt Technologie Construction Practice. Educational Series No. 1*.
- Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas. 2004. *Pengertian Batu bara* http://id.wikipedia.org/wiki/Batu_bara. Diakses 13 Juli 2014