

STUDI PENGGUNAAN KAPUR SEBAGAI BAHAN ADITIF TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN BETON ASPAL LAPIS AUS (AC-WC)

Kartini Mansyur*, Mashuri** dan Ali Alhadar**

*) Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Tadulako, Palu

**) Staf Pengajar pada KK Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Anggota
Pusat Studi Transportasi dan Logistik Universitas Tadulako, Palu

Abstract

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) is the layer indirect contact with the wheels of the vehicle that makes this layer is easy damage. The use of additive in Asphalt Concrete Mixtures as AC-WC has often done to improve the durability. One of additional material that has been used is hydrate lime. The aim of this research was to know the effect of using lime as additive on AC-WC characteristics. Variations lime used in this study was 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% respectively. Characteristic of AC-WC mixture include stability, flexibility, durability, VIM, VMA, VFB and flow of the mixtures. Test characteristic of the mixtures using Marshall Method.

Analysis of the relationships the characteristic of AC-WC mixtures with variations of lime using statistical methods is experiment factorial at 95% confidence level or $\alpha = 5\%$.

The result of this study was to found that using lime as additives to effect the characteristic of AC-WC mixtures. Optimum Asphalt Content tends to increase due to increased lime content in the AC-WC. The result also found that the best lime content is 15%, Optimum asphalt content is 6.67% with an increase stability value of 9.75%, durability value of 1.39% and flexibility value of 11.61% when compared to the characteristics of AC-WC mixture without additives lime.

Keyword: Lime, Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)

1. PENDAHULUAN

Salah satu jenis lapis perkerasan beraspal yang saat ini telah banyak digunakan di Indonesia adalah lapis perkerasan beton aspal (*asphalt concrete*) yang juga dikenal sebagai Laston.

Karakteristik campuran Beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas (Sukirman, S., 2007). Sesuai fungsinya, campuran Beton aspal ini dikenal dalam 3 macam yaitu campuran beton aspal sebagai lapis aus (AC-WC), campuran beton aspal sebagai lapis pengikat (AC-BC) dan campuran beton aspal lapis pondasi (AC-Base). Ketiga macam campuran tersebut menggunakan tipe gradasi menerus. Dari ketiga macam jenis campuran beton aspal tersebut di atas, yang mempunyai gradasi yang paling halus adalah tipe AC-WC.

Sesuai dengan namanya, Lapisan Campuran tipe AC-WC berfungsi sebagai lapis aus dengan tebal nominal minimum 4.0 cm (Sukirman, S. 2007). Sebagai lapisan aus maka letaknya berada pada lapis paling atas dalam struktur lapis perkerasan jalan yang bersentuhan langsung dengan roda roda kendaraan. Oleh karenanya, lapisan AC-WC disamping berfungsi sebagai lapis aus, lapisan ini juga dituntut untuk mempunyai stabilitas yang cukup dalam menerima beban lalu lintas dan mampu mendistribusikan ke lapisan yang ada di bawahnya.

Dilihat dari letak dan fungsinya inilah membuat lapis perkerasan tipe AC-WC sangat rentang terhadap kerusakan baik oleh pengaruh cuaca maupun oleh repetisi beban lalu lintas. dan pengaruh pengaruh lainnya.

Dengan tipe gradasi menerus dan cenderung lebih halus dibanding dengan tipe Beton aspal lainnya membuat pemakaian aspal akan lebih banyak dibanding dengan tipe beton aspal lainnya sementara di sisi lain untuk mencegah terjadinya retak maka tebal nominal minimum perlu dibatasi yaitu 4.0 cm. Kondisi seperti ini menuntut stabilitas AC-WC harus tinggi agar fungsinya dapat berjalan dengan baik sesuai masa layannya.

Telah banyak upaya upaya yang telah dilakukan untuk meningkatkan stabilitas dan keawetan campuran AC-WC ini dengan cara penggunaan bahan aditif pada bahan pengikat aspal. Penggunaan bahan aditif yang telah diproduksi oleh pabrik serta bahan lokal seperti kapur (lime) telah digunakan dalam upaya meningkatkan karakteristik campuran beton aspal khususnya jenis AC-WC.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kapur lokal terhadap karakteristik campuran Beton aspal Lapis aus (AC-WC). Manfaat dari hasil penelitian ini adalah memberikan informasi tentang bisa-tidaknya kapur lokal dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada campuran Beton aspal Lapis aus.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton aspal

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan pengikat (Sukirman, S., 2007).

Berdasarkan suhu pencampurannya, dibedakan atas beton aspal campuran panas (*hotmix*) dan beton aspal campuran dingin (*coldmix*). Suhu pencampuran Beton aspal campuran panas berkisar 145°C – 155°C (Sukirman, S., 2007) sementara beton aspal campuran dingin biasanya dicampur pada suhu ruang.

2.2 Jenis jenis Beton aspal campuran panas

Jenis campuran beton aspal campuran panas yang digunakan di

Indonesia saat ini adalah (Sukirman, S., 2007):

a. Laston (Lapisan aspal beton) atau juga dikenal dengan sebutan Beton Aspal (*Asphalt Concrete, AC*) yaitu beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan jalan dengan beban lalu lintas berat.

Tebal nominal minimum dari Beton aspal adalah 4 cm – 6 cm (Dep. Kimpraswil, 2002).

Berdasarkan fungsinya, campuran beton aspal (AC)dibedakan atas 3 (tiga) jenis, yaitu (Dep. Kimpraswil, 2002):

- Beton aspal lapis aus (AC-WC) dengan tebal nominal minimum 4.0 cm.
- Beton aspal lapis pengikat (AC-BC) dengan tebal nominal minimum 5.0 cm.
- Beton aspal lapisan pondasi (AC-Base) dengan tebal nominal minimum 6.0 cm.

b. Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton) atau juga dikenal dengan sebutan HRS (*Hot Rolled Sheet*).

Menurut Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, 2002, Dep. Kimpraswil, sesuai fungsinya, HRS dibedakan atas:

- HRS WC yaitu HRS sebagai lapisan aus dengan tebal nominal minimum 3.0 cm.
- HRS-Base dengan tebal nominal minimum 3.5 cm.

c. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir) atau HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*) adalah lapisan penutup permukaan jalan yang terdiri dari agregat halus atau pasir atau campuran keduanya dan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu (Pelaksanaan Campuran Beraspal Panas, 2007).

d. Lapisan Perata (*Levelling*)

Lapisan perata adalah campuran beton aspal yang digunakan sebagai lapis perata dan lapis pembentuk penampang melintang jalan pada permukaan jalan lama.

2.3 Karakteristik Campuran Beton Aspal

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran beton aspal campuran panas adalah (Sukirman, S. 1992):

- a. Stabilitas
Stabilitas merupakan ukuran kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding* (Sukirman, S. 2007).
- b. Durabilitas
Durabilitas (keawetan) adalah kemampuan perkerasan dalam menerima repetisi beban lalu lintas, gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim seperti udara, air dan perubahan temperatur (Sukirman, S., 2007).
- c. Fleksibilitas
Fleksibilitas atau kelenturan adalah kemampuan beton aspal untuk dapat menyesuaikan diri akibat penurunan dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar tanpa terjadinya retak (Sukirman, S., 2007).
- d. Tahanan geser
Tahanan geser atau kekesatan adalah kemampuan permukaan perkerasan beton aspal terutama pada kondisi basah memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir (Sukirman, S., 2007).
- e. Kedap air
Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki oleh air ataupun udara (Sukirman, S., 2007).
- f. Kemudahan pekerjaan
Kemudahan pekerjaan adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan (Sukirman, S., 2007)
- g. Ketahanan kelelahan
Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban lalu lintas tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak (Sukirman, S., 2007).

2.4 Pengujian Marshall

Pengujian Marshall merupakan jenis pengujian untuk menilai kinerja campuran beton aspal yang telah dipadatkan dimana pengujian ini dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall.

Pengujian Marshall meliputi kegiatan kegiatan berikut:

- a. Persiapan benda uji
- b. Penentuan Berat Jenis bulk dari benda uji
- c. Pemeriksaan nilai stabilitas dan kelelahan (flow)
- d. Perhitungan sifat sifat volumetrik campuran (benda uji)

Dari keempat kegiatan tersebut, nilai stabilitas dan kelelahan benda uji beton aspal yang diukur langsung dari alat Marshall, sedang parameter Berat jenis dan sifat volumetrik benda uji ditentukan melalui penimbangan dan perhitungan.

2.5 Kapur

Kapur dalam campuran aspal panas (hotmix) menciptakan banyak manfaat diantaranya adalah bertindak sebagai anti stripping agent yang dapat meningkatkan durabilitas atau keawetan kinerja campuran beton aspal dalam menerima repetisi beban lalu-lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Di sisi lain kapur juga berperan sebagai stabilisator guna peningkatan stabilitas campuran sehingga tahan terhadap alur (rutting) dan deformasi plastis. Kapur juga dapat mempengaruhi kinerja campuran beton aspal dengan cara meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat.

2.6 Penelitian penelitian yang pernah dilakukan

Beberapa penelitian penggunaan kapur sebagai bahan pengisi (filler) pada campuran beton aspal adalah:

- a. Henny Fannisa dan Mohammad Wahyudi, 2010 menyimpulkan bahwa pemanfaatan kapur padam sebagai

filler pada campuran beton aspal menghasilkan Kadar aspal optimum sebesar 4.8% dengan nilai stabilitas 853.10 kg, nilai kelelahan sebesar 2.2 mm, Stabilitas sisa sebesar 93.545%.

- b. Yusti Anggraeni Pertiwi, 2012, menyimpulkan bahwa penggunaan kapur sebagai filler paling baik adalah di bawah 80% dan dapat dimanfaatkan dalam campuran Aspal beton (Laston).
- c. Zemichael Berhe Mehari, 2007, menyimpulkan bahwa penggunaan 6.0% - 7.0% kapur sebagai filler dapat meningkatkan nilai stabilitas Marshall campuran beton aspal.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.

3.2 Bahan penelitian

Bahan/material yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

- a. Aspal
Jenis aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina Pen. 60/70 yang disiapkan di Laboratorium Transportasi

dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.

- b. Agregat
Agregat yang digunakan meliputi agregat kasar dan agregat halus serta filler debu batu yang didapatkan dari Mesin pemecah batu di Taipa.
- c. Kapur padam
Kapur yang digunakan pada penelitian ini adalah kapur local yang didapat dari pengrajin kapur padam di Kel. Tondo Kota Palu.

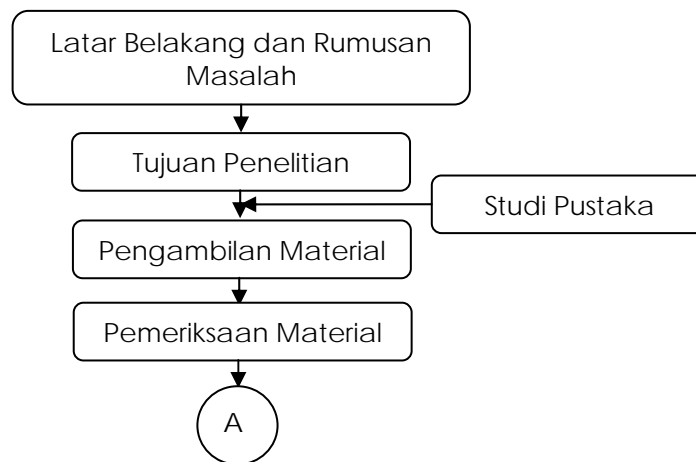
3.3 Alat penelitian

Jenis jenis peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

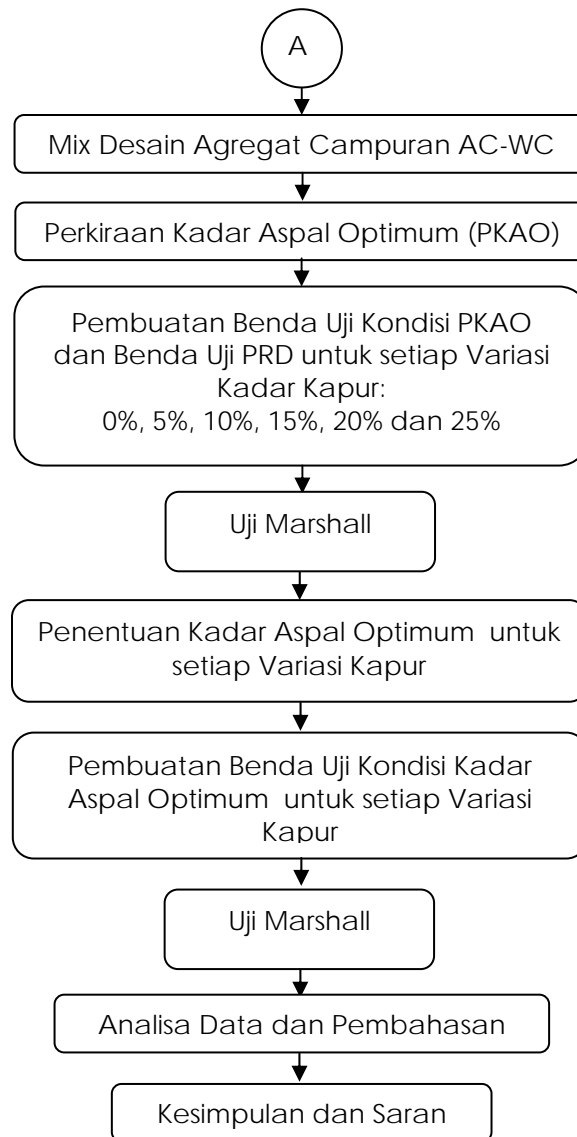
- a. Timbangan digital
- b. 1 (satu) set saringan
- c. 1 (satu) set alat penguji Marshall
- d. 1 (satu) buah kompor gas untuk memanaskan agregat dan aspal.
- e. Termometer aspal untuk mengukur suhu pemanasan aspal, suhu pencampuran dan pemadatan benda uji beton aspal.

3.4 Cara penelitian

Cara penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Kegiatan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Kegiatan Penelitian (lanjutan)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik agregat kasar

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar fraksi 3/4" dan fraksi 3/8" yang meliputi pengujian abrasi dan pengujian berat jenis serta penyerapan disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengujian agregat kasar fraksi 3/4" dan 3/8" seperti yang terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 diketahui bahwa material tersebut memenuhi spesifikasi yang berlaku sehingga dapat

digunakan sebagai material campuran beton aspal.

4.2 Karakteristik agregat halus

Hasil pengujian karakteristik agregat halus meliputi berat jenis dan penyerapan disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut diketahui bahwa agregat halus memenuhi spesifikasi yang berlaku dan dinyatakan dapat digunakan pada campuran beton aspal.

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar fraksi 3/4"

No.	Pengujian	Hasil Penelitian	Spek	Satuan	Ket.
1.	Abrasi	27,45	Maks. 40	%	Memenuhi
	Berat Jenis dan Penyerapan Air				
	a. BJ. Bulk	2,634		-	
2.	b. BJ. SSD	2,657	Min. 2,5	-	Memenuhi
	c. BJ. App	2,697		-	
	d. Penyerapan Agregat	0,888	Maks. 3	%	

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar fraksi 3/8"

No.	Pengujian	Hasil Penelitian	Spek	Satuan	Ket.
1.	Abrasi	27,45	Maks. 40	%	Memenuhi
	Berat Jenis dan Penyerapan Air				
	a. BJ. Bulk	2,638		-	
2.	b. BJ. SSD	2,658	Min. 2,5	-	Memenuhi
	c. BJ. App	2,693		-	
	d. Penyerapan Agregat	0,775	Maks. 3	%	

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal

No.	Pengujian	Kadar Kapur (%)					Spesifikasi	Satuan	Ket.
		5.0	10.0	15.0	20.0	25.0			
1	Penetrasi	76.9	72.5	67.9	63.3	59.7	50 - 80	mm	Memenuhi
2	Berat Jenis	1.094	1.117	1.140	1.163	1.186	Min, 1.0	-	Memenuhi
3	Titik Lembek	56.3	59.0	61.5	65.2	67.8	Min. 54	°C	Memenuhi
4	Daktilitas	120.5	109.5	98.25	89.0	78.75	Min. 50	cm	Memenuhi
5	Viskositas	495	534	573	609.83	643.82	300 - 2000	cst	Memenuhi

4.3 Karakteristik material kapur

Hasil pengujian karakteristik kapur sebagai bahan tambah (additive) berupa Berat jenis sebesar 1.898.

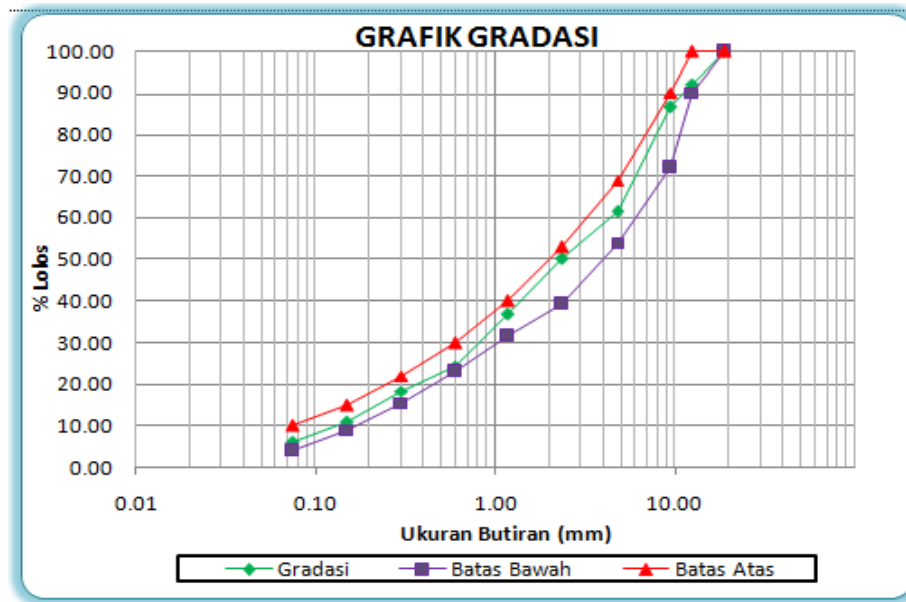
telah berlaku di Indonesia. Dengan demikian aspal dengan variasi kapur 5.0% sampai 25.0% dapat digunakan untuk membuat campuran beton aspal.

4.4 Pengujian Karakteristik aspal

Hasil pengujian karakteristik aspal pada beberapa variasi kadar kapur disajikan pada Tabel 3. Dari Tabel 3 tersebut diketahui bahwa aspal yang ditambah dengan kapur memenuhi spesifikasi yang

4.5 Hasil Gradasi gabungan agregat dalam campuran

Hasil penetapan gradasi yang didapatkan dari komposisi setiap fraksi agregat dalam campuran disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Gradasi Gabungan Campuran Beton Aspal Lapis Aus

Tabel 4. Hasil Pengujian Marshall Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) pada Kondisi PKAO

Karakteristik Campuran	Variasi Kapur (%)	Kadar Aspal (%)						Spesifikasi
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	
Kepadatan (gr/cm ³)	0	2.282	2.312	2.323	2.311	2.293	2.295	
	5	2.3.21	2.336	2.349	2.360	2.351	2.350	
	10	2.332	2.331	2.369	2.355	2.356	2.353	
	15	2.330	2.339	2.358	2.355	2.350	2.349	
	20	2.316	2.331	2.348	2.362	2.360	2.372	
	25	2.316	2.331	2.348	2.358	2.362	2.356	
VIM (%)	0	6.509	4.639	3.493	3.344	3.462	2.712	3 – 5.5
	5	7.686	6.446	5.292	4.198	3.929	3.335	
	10	7.540	6.940	4.836	4.756	4.087	3.603	
	15	7.826	6.885	5.531	5.065	4.648	4.101	
	20	8.650	7.497	6.244	5.075	4.587	3.523	
	25	8.975	7.840	6.603	5.664	4.931	4.618	
VMA (%)	0	16.588	15.951	15.970	16.857	17.960	18.318	Min. 15%
	5	15.176	15.069	15.053	15.101	15.881	16.372	
	10	14.769	15.229	14.334	15.272	15.680	16.251	
	15	14.821	14.949	14.712	15.283	15.895	16.390	
	20	15.352	15.260	15.091	15.011	15.546	15.575	
	25	15.334	15.241	15.067	15.175	15.473	16.145	

Sumber: Hasil pengujian, Tahun 2012

Tabel 4. Hasil Pengujian Marshall Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) pada Kondisi PKAO (lanjutan)

Karakteristik Campuran	Variasi Kapur (%)	Kadar Aspal (%)						Spesifikasi
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	
VFB (%)	0	60.830	70.925	78.131	80.192	80.790	85.210	Min. 65%
	5	49.360	57.226	64.888	72.200	75.262	79.645	
	10	48.956	54.428	66.275	68.860	73.935	77.917	
	15	47.197	53.942	62.418	66.863	70.760	74.983	
	20	43.659	50.879	58.631	66.197	70.502	77.380	
	25	41.478	48.566	56.177	62.729	68.142	71.396	
Stabilitas (kg)	0	1072.732	1056.086	1216.932	1303.201	1133.823	991.213	Min. 800 kg
	5	1407.217	1546.177	1710.187	1494.312	1239.246	1123.394	
	10	1316.412	1442.446	1562.161	1480.598	1217.370	1178.563	
	15	1581.407	1582.059	1595.107	1573.904	1506.707	1240.000	
	20	1333.221	1625.209	1556.086	1588.073	1290.245	1232.817	
	25	1173.323	1159.755	1324.373	1391.998	1509.867	1161.563	
Flow (mm)	0	3.837	3.897	3.920	5.160	4.917	6.013	Min. 3.0 mm
	5	3.637	3.390	4.253	4.333	5.530	6.497	
	10	3.427	4.020	4.153	4.333	4.427	5.487	
	15	3.717	3.817	3.990	4.593	4.877	6.370	
	20	4.310	4.220	3.810	4.160	4.843	5.503	
	25	3.647	3.673	3.957	3.970	4.463	4.717	
MQ (kg/mm)	0	283.375	271.965	315.542	253.196	230.797	165.196	Min. 300 kg/mm
	5	386.805	455.981	404.069	344.855	224.033	174.010	
	10	383.920	360.892	379.677	341.619	275.151	216.086	
	15	425.219	415.407	399.820	342.910	313.201	194.838	
	20	309.489	385.797	408.530	384.750	266.421	223.949	
	25	321.371	315.355	334.651	350.511	338.185	246.657	

Sumber: Hasil Pengujian, Tahun 2012

4.6 Karakteristik Campuran Beton Aspal AC-WC Kondisi Perkiraan Kadar Aspal Optimum (PKAO)

Hasil pengujian Marshall pada benda uji campuran beton aspal lapis aus (AC-WC) untuk beberapa variasi kadar kapur sebagai bahan tambah pada kondisi PKAO disajikan pada Tabel 4.

4.7 Analisa Hubungan Karakteristik Campuran Beton Aspal AC-WC dengan Variasi Kadar Kapur sebagai Bahan Tambah

Analisa hubungan antar karakteristik campuran beton aspal AC-WC dengan variasi kadar kapur sebagai bahan tambah dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen factorial pada tingkat kepercayaan 95% atau $\alpha = 5\%$.

- a. Pengaruh terhadap Kepadatan Campuran AC-WC
 Hasil analisis eksperimen pengaruh Kadar aspal dan Kadar bahan aditif kapur sebagai variabel bebas terhadap nilai kepadatan campuran Beton Aspal jenis AC-WC sebagai variabel tidak bebas disajikan pada Tabel 5.
 Pada Pada tingkat kepercayaan 95% didapatkan $\alpha = 5\%$, $F_{hitung} = 5,528 > F_{tabel} = 1,658$, berarti kadar aspal dan kadar kapur memberikan inetraksi yang signifikan terhadap kepadatan.
- b. Pengaruh terhadap Nilai VIM Campuran AC-WC
 Hasil analisis eksperimen pengaruh Kadar aspal dan Kadar bahan aditif kapur sebagai variabel bebas terhadap nilai VIM campuran Beton Aspal jenis AC-WC sebagai variabel tidak bebas disajikan pada Tabel 6.
 Pada Pada tingkat kepercayaan 95% didapatkan $\alpha = 5\%$, $F_{hitung} = 3,887 > F_{tabel} = 1,658$, berarti kadar aspal dan kadar kapur memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai VIM.
- c. Pengaruh terhadap Nilai VMA Campuran AC-WC
 Hasil analisis eksperimen pengaruh Kadar aspal dan Kadar bahan aditif kapur sebagai variabel bebas terhadap nilai VMA campuran Beton Aspal jenis AC-WC sebagai variabel tidak bebas disajikan pada Tabel 7.
 Pada Pada tingkat kepercayaan 95% didapatkan $\alpha = 5\%$, $F_{hitung} = 4,782 > F_{tabel} = 1,658$, berarti kadar aspal dan kadar kapur memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai VMA.

Tabel 5. Rangkuman Hasil Analisis Data Pengujian Hubungan antara Kadar Kapur dan Kadar Aspal terhadap Nilai Kepadatan Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)

Sumber Variasi	SS	df	MS	Fhitung	Ftabel
Kadar Aspal	SSk= 0,015739	dfk= 5	MSk= 0,003148	Fk= 60,196	2,346
Kadar Kapur	SSr= 0,028728	dfr= 5	MSr= 0,005746	Fr= 109,873	2,346
Interaksi	SSkr= 0,007227	dfkr= 25	MSkr= 0,000289	Fkr= 5,528	1,658
Residual	SSres= 0,003765	dfres= 72	MSres= 0,000052		
Total	SST= 0,055460	dfT= 107			

Sumber: Hasil analisis Tahun 2012

Tabel 6. Rangkuman Hasil Analisis Data Pengujian Hubungan antara Kadar Kapur dan Kadar Aspal terhadap Nilai VIM Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)

Sumber Variasi	SS	df	MS	Fhitung	Ftabel
Kadar Aspal	SSk= 227,395994	dfk= 5	MSk= 45,479199	Fk= 520,116	2,346
Kadar Kapur	SSr= 61,093602	dfr= 5	MSr= 12,218720	Fr= 139,738	2,346
Interaksi	SSkr= 8,497433	dfkr= 25	MSkr= 0,339897	Fkr= 3,887	1,658
Residual	SSres= 6,295715	dfres= 72	MSres= 0,087440		
Total	SST= 303,282744	dfT= 107			

Sumber: Hasil analisis Tahun 2012

Tabel 7. Rangkuman Hasil Analisis Data Pengujian Hubungan antara Kadar Kapur dan Kadar Aspal terhadap Nilai VMA Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)

Sumber Variasi	SS	df	MS	F _{hitung}	F _{tabel}
Kadar Aspal	SS _k = 27,969136	df _k = 5	MS _k = 5,593827	F _k = 82,260	2,346
Kadar Kapur	SS _r =38,345280	df _r = 5	MS _r = 7,669056	F _r = 112,777	2,346
Interaksi	SS _{kr} = 8,129475	df _{kr} = 25	MS _{kr} = 0,325179	F _{kr} = 4,782	1,658
Residual	SS _{res} = 4,896137	df _{res} = 72	MS _{res} = 0,068002		
Total	SST= 79,340029	df _T = 107			

Sumber: Hasil analisis Tahun 2012

Tabel 8. Rangkuman Hasil Analisis Data Pengujian Hubungan antara Kadar Kapur dan Kadar Aspal terhadap Nilai VFB Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)

Sumber Variasi	SS	df	MS	F _{hitung}	F _{tabel}
Kadar Aspal	SS _k = 10832,065144	df _k = 5	MS _k = 2166,413029	F _k = 1211,055	2,346
Kadar Kapur	SS _r =3435,423925	df _r = 5	MS _r = 687,084785	F _r = 384,090	2,346
Interaksi	SS _{kr} = 258,562088	df _{kr} = 25	MS _{kr} = 10,342484	F _{kr} = 5,782	1,658
Residual	SS _{res} = 128,798270	df _{res} = 72	MS _{res} = 1,788865		
Total	SST= 14654,849428	df _T = 107			

Sumber: Hasil analisis Tahun 2012

d. Pengaruh terhadap Nilai VFB Campuran AC-WC

Hasil analisis eksperimen pengaruh Kadar aspal dan Kadar bahan aditif kapur sebagai variabel bebas terhadap nilai VFB campuran Beton Aspal jenis AC-WC sebagai variabel tidak bebas disajikan pada Tabel 8.

Pada Pada tingkat kepercayaan 95% didapatkan $\alpha = 5\%$, $F_{hitung} = 5,782 > F_{tabel} = 1,658$, berarti kadar aspal dan kadar kapur memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai VFB.

e. Pengaruh terhadap Nilai Stabilitas Campuran AC-WC

Hasil analisis eksperimen pengaruh Kadar aspal dan Kadar bahan aditif kapur sebagai variabel bebas terhadap nilai Stabilitas campuran Beton Aspal jenis AC-WC sebagai variabel tidak bebas disajikan pada Tabel 9.

Pada Pada tingkat kepercayaan 95% didapatkan $\alpha = 5\%$, $F_{hitung} = 3,341 > F_{tabel}$

$= 1,658$, berarti kadar aspal dan kadar kapur memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai Stabilitas.

f. Pengaruh terhadap Nilai Kelelahan Campuran AC-WC

Hasil analisis eksperimen pengaruh Kadar aspal dan Kadar bahan aditif kapur sebagai variabel bebas terhadap nilai Kelelahan campuran Beton Aspal jenis AC-WC sebagai variabel tidak bebas disajikan pada Tabel 10.

Pada Pada tingkat kepercayaan 95% didapatkan $\alpha = 5\%$, $F_{hitung} = 3,757 > F_{tabel} = 1,658$, berarti kadar aspal dan kadar kapur memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai Kelelahan.

g. Pengaruh terhadap Nilai Marshall Quetient (MQ)

Hasil uji statistika eksperimen faktorial pengaruh Kadar aspal dan Kadar bahan aditif kapur sebagai variabel bebas terhadap nilai Stabilitas sisa (MQ)

campuran Beton Aspal jenis AC-WC sebagai variabel tidak bebas disajikan pada Tabel 10.

Pada Pada tingkat kepercayaan 95% didapatkan $\alpha = 5\%$, $F_{hitung} = 5,431 > F_{tabel}$

= 1,658, berarti kadar aspal dan kadar kapur memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai Marshall sisa (MQ).

Tabel 9. Rangkuman Hasil Analisis Data Pengujian Hubungan antara Kadar Kapur dan Kadar Aspal terhadap Nilai Stabilitas Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)

Sumber Variasi	SS	df	MS	F _{hitung}	F _{tabel}
Kadar Aspal	SSk= 1398626,793672	dfk= 5	MSk= 279725,358734	Fk= 27,693	2,346
Kadar Kapur	SSr=1683238,157830	dfr= 5	MSr= 336647,631566	Fr= 33,328	2,346
Interaksi	SSkr= 843770,050801	dfkr= 25	MSkr= 33750,802032	Fkr= 3,341	1,658
Residual	SSres= 727273,137696	dfres= 72	MSres= 10101,015801		
Total	SST= 4652908,14000	dfT= 107			

Sumber: Hasil analisis Tahun 2012

Tabel 10. Rangkuman Hasil Analisis Data Pengujian Hubungan antara Kadar Kapur dan Kadar Aspal terhadap Nilai Kelelehan (*Flow*) Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)

Sumber Variasi	SS	df	MS	F _{hitung}	F _{tabel}
Kadar Aspal	SSk= 52,600319	dfk= 5	MSk= 10,520064	Fk= 94,847	2,346
Kadar Kapur	SSr=4,155685	dfr= 5	MSr= 0,831137	Fr= 7,493	2,346
Interaksi	SSkr= 10,417537	dfkr= 25	MSkr= 0,416701	Fkr= 3,757	1,658
Residual	SSres= 7,986	dfres= 72	MSres= 0,110917		
Total	SST= 75,159541	dfT= 107			

Sumber: Hasil analisis Tahun 2012

Tabel 11. Rangkuman Hasil Analisis Data Pengujian Hubungan antara Kadar Kapur dan Kadar Aspal terhadap Nilai Marshall Sisa (*Marshall Quetient*) Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)

Sumber Variasi	SS	df	MS	F _{hitung}	F _{tabel}
Kadar Aspal	SSk= 396587,105698	dfk= 5	MSk= 79317,421140	Fk= 97,988	2,346
Kadar Kapur	SSr=99136,159774	dfr= 5	MSr= 19827,231955	Fr= 24,491	2,346
Interaksi	SSkr= 109910,508869	dfkr= 25	MSkr= 4396,420355	Fkr= 5,431	1,658
Residual	SSres= 58280,892519	dfres= 72	MSres= 809,456841		
Total	SST= 66914,666860	dfT= 107			

Sumber: Hasil analisis Tahun 2012

4.8 Pengaruh Kadar Filler Kapur terhadap Kadar Aspal Optimum Campuran AC-WC

Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran AC-WC pada beberapa kadar kapur sebagai bahan tambah disajikan pada Tabel 12. Nilai KAO cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar kapur dalam campuran AC-WC.

4.9 Pengaruh Variasi kadar kapur pada Stabilitas Campuran AC-WC kondisi KAO

Nilai stabilitas campuran AC-WC pada beberapa variasi kadar kapur sebagai

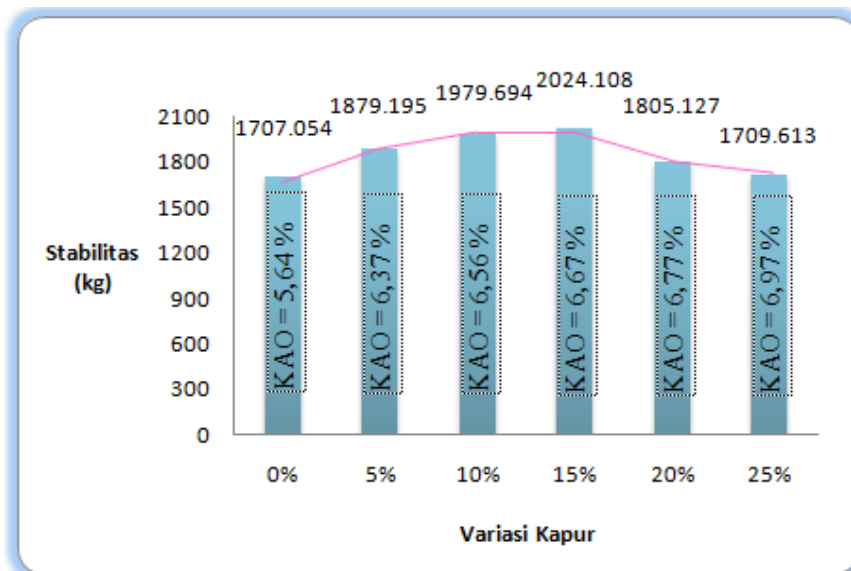
aditif pada kondisi KAO disajikan pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa penggunaan kadar kapur sebagai aditif pada campuran AC-WC sampai 15% cenderung meningkatkan nilai stabilitasnya kemudian turun kembali setelah kadar kapur di atas 15%. Ini berarti, bila didasarkan pada nilai stabilitas maka kadar kapur terbaik dalam campuran AC-WC adalah sekitar 15%. Namun demikian, penambahan kadar kapur sampai 25% masih memenuhi spesifikasi stabilitas AC-WC, yaitu minimum 800 kg.

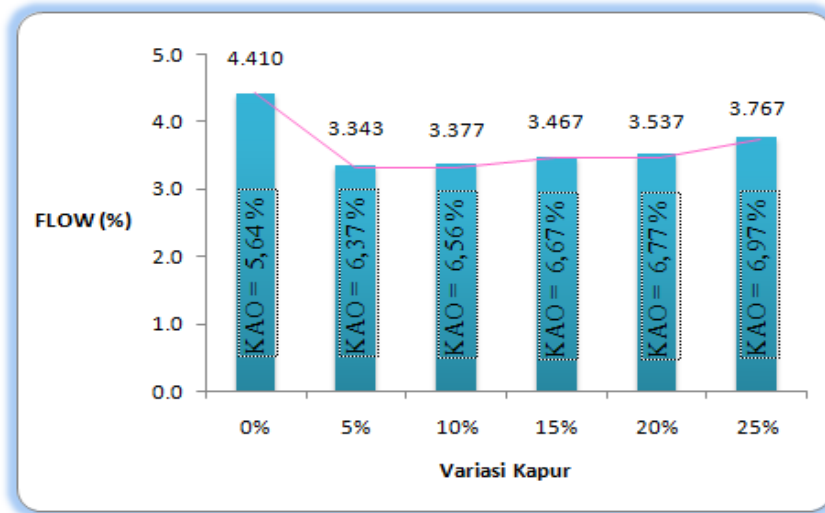
Tabel 12. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) setiap Variasi Kadar Kapur

Variasi Kapur (%)	0	5	10	15	20	25
KAO	5,64	6,37	6,56	6,67	6,77	6,97

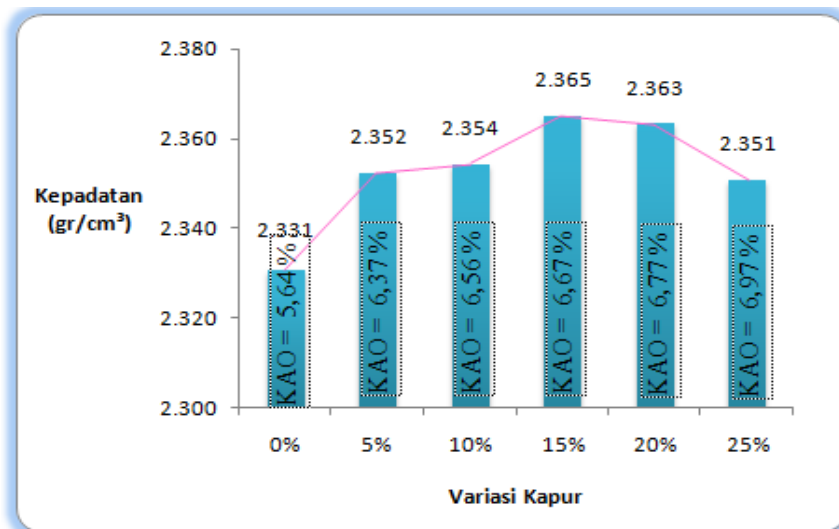
Sumber: Hasil penelitian, 2012



Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Kapur dengan Stabilitas Campuran AC-WC Kondisi KAO



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Kapur dengan Kelelahan Campuran AC-WC Kondisi KAO



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Kapur dengan Kepadatan Campuran AC-WC Kondisi KAO

4.10 Pengaruh Variasi kadar kapur pada Kelelahan Campuran AC-WC kondisi KAO

Nilai kelelahan atau *flow* campuran AC-WC pada beberapa variasi kadar kapur sebagai aditif pada kondisi KAO disajikan pada Gambar 4.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa penambahan kadar kapur ke dalam campuran AC-WC sampai 25% cenderung menurunkan nilai kelelehannya bila

dibandingkan dengan tanpa menggunakan kapur. Namun demikian penambahan kapur hingga 25% masih memenuhi spesifikasi kelelahan campuran AC-WC, yaitu minimum 3.0 mm.

4.11 Pengaruh Variasi kadar kapur pada Kepadatan Campuran AC-WC kondisi KAO

Nilai Kepadatan campuran AC-WC pada beberapa variasi kadar kapur sebagai

bahan aditif pada kondisi KAO disajikan pada Gambar 5.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa penggunaan kadar kapur sebagai aditif pada campuran AC-WC sampai 15% cenderung meningkatkan nilai kepadatannya kemudian turun kembali setelah kadar kapur di atas 15%. Ini berarti, bila didasarkan pada nilai kepadatannya maka kadar kapur terbaik dalam campuran AC-WC adalah sekitar 15%. Hal ini sejalan dengan nilai stabilitasnya.

4.12 Pengaruh Variasi kadar kapur pada Fleksibilitas Campuran AC-WC kondisi KAO

Nilai Fleksibilitas atau kelenturan campuran AC-WC pada beberapa variasi kadar kapur sebagai bahan aditif pada kondisi KAO disajikan pada Gambar 6.

Pada Gambar 6 terlihat bahwa penambahan kadar kapur ke dalam campuran AC-WC sampai 10% cenderung menaikkan nilai kelenturannya bila dibandingkan dengan tanpa menggunakan kapur, kemudian cenderung turun kembali setelah kadar kapur di atas 15%. Namun demikian penambahan kapur hingga 25% masih memenuhi spesifikasi fleksibilitas

campuran AC-WC, yaitu minimum 250.0 kg/mm.

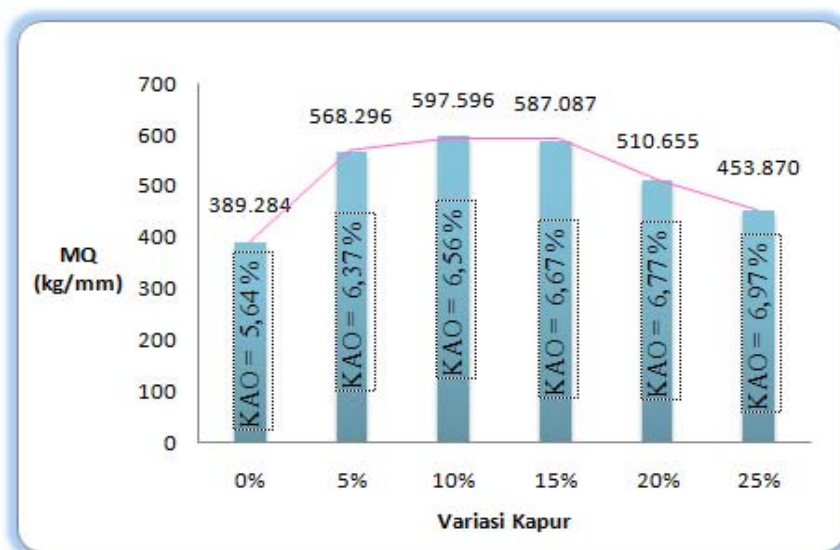
4.13 Pengaruh Variasi kadar kapur pada Nilai VIM Campuran AC-WC kondisi KAO

Nilai VIM atau rongga dalam campuran AC-WC pada beberapa variasi kadar kapur sebagai bahan aditif pada kondisi KAO disajikan pada Gambar 7.

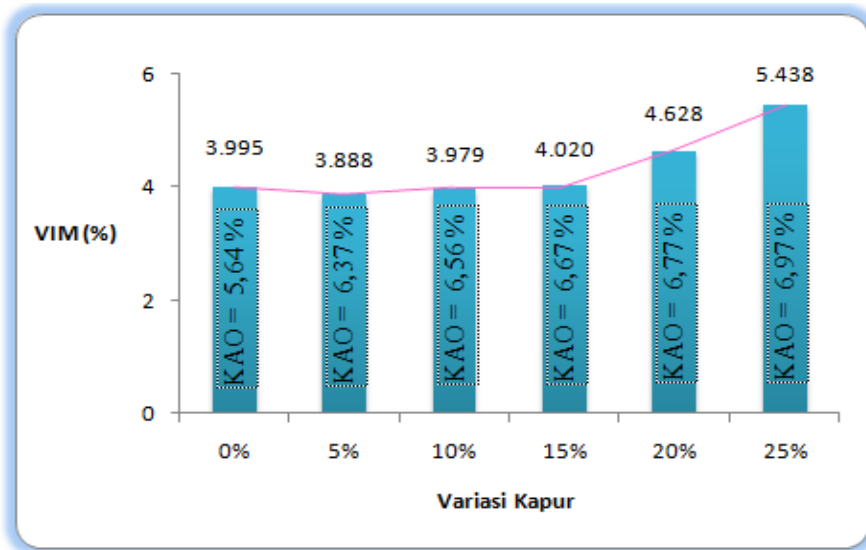
Pada Gambar 7 terlihat bahwa penggunaan kadar kapur sebagai aditif pada campuran AC-WC sampai 10% cenderung meningkatkan nilai VIMnya kemudian turun kembali setelah kadar kapur di atas 10%. Kecenderungan ini sejalan dengan kecenderungan nilai MQ atau fleksibilitasnya. Namun demikian penambahan kapur hingga 20% masih memenuhi spesifikasi VIM campuran AC-WC, yaitu 3.50% sampai 5.0 %.

4.14 Pengaruh Variasi kadar kapur pada Nilai VMA Campuran AC-WC kondisi KAO

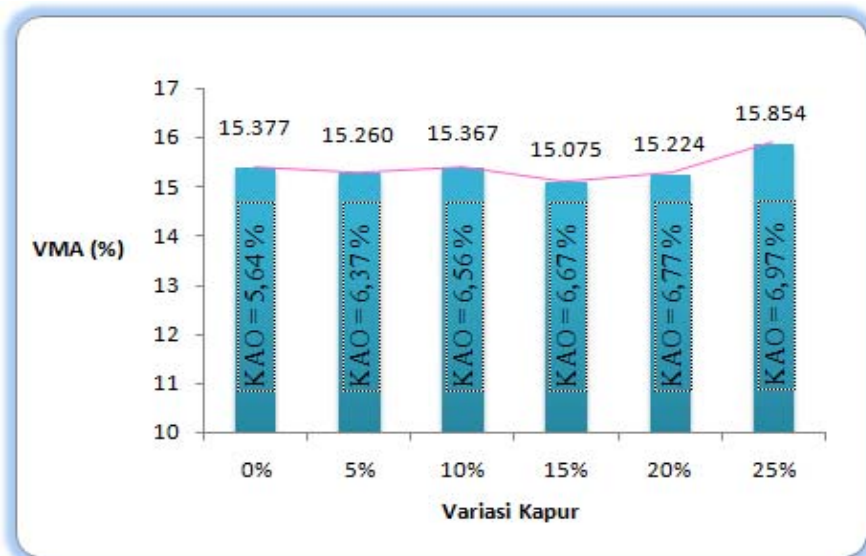
Nilai VMA dalam campuran AC-WC pada beberapa variasi kadar kapur sebagai bahan aditif pada kondisi KAO disajikan pada Gambar 8.



Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Kapur dengan Fleksibilitas Campuran AC-WC Kondisi KAO



Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Kapur dengan Nilai VIM Campuran AC-WC Kondisi KAO

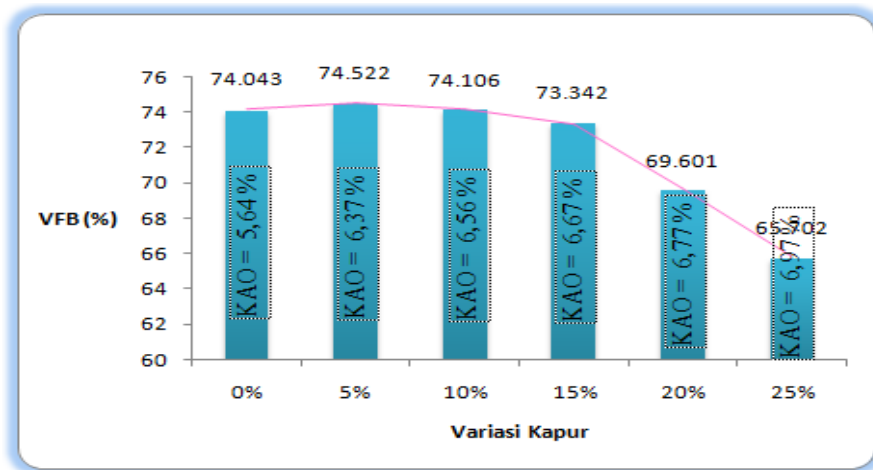


Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Kapur dengan Nilai VMA Campuran AC-WC Kondisi KAO

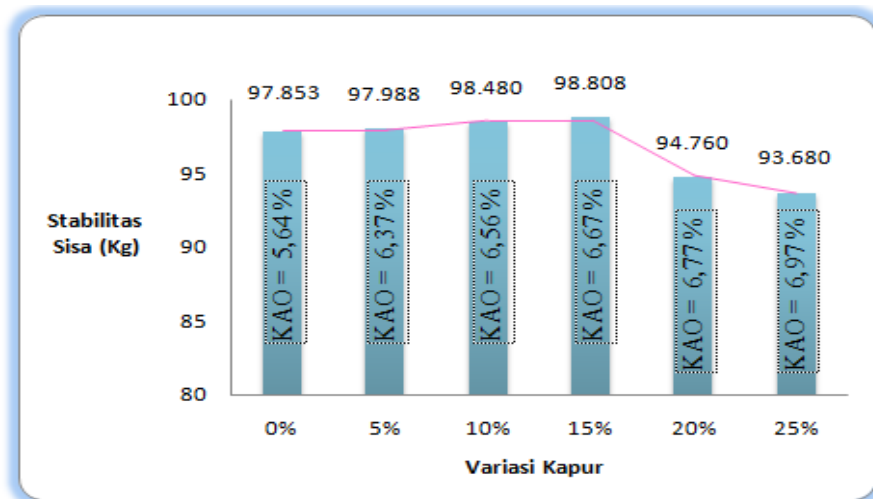
Pada Gambar 8 terlihat bahwa penggunaan kadar kapur sebagai bahan aditif pada campuran AC-WC sampai 20% cenderung menurunkan nilai VMAnya kemudian naik kembali pada kadar kapur 25%. Namun demikian penambahan kapur hingga 25% masih memenuhi spesifikasi VMA campuran AC-WC, yaitu minimum 15%.

4.15 Pengaruh Variasi kadar kapur pada Nilai VFB Campuran AC-WC kondisi KAO

Nilai VFB atau rongga campuran terisi aspal dalam campuran AC-WC pada beberapa variasi kadar kapur sebagai bahan aditif pada kondisi KAO disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Kadar Kapur dengan Nilai VFB Campuran AC-WC Kondisi KAO



Gambar 10. Grafik Hubungan Kadar Kapur dengan Nilai Marshall Sisa Campuran AC-WC Kondisi KAO

Pada Gambar 9 terlihat bahwa penggunaan kadar kapur sebagai bahan aditif pada campuran AC-WC sampai 25% cenderung menurunkan nilai VFBnya. Namun demikian penambahan kapur hingga 25% masih memenuhi spesifikasi VFB campuran AC-WC, yaitu minimum 65%.

4.16 Pengaruh Variasi kadar kapur pada Nilai Stabilitas Sisa Campuran AC-WC kondisi KAO

Nilai Stabilitas Sisa menggambarkan durabilitas campuran beraspal. Nilai

Stabilitas Sisa campuran AC-WC pada beberapa variasi kadar kapur sebagai bahan aditif pada kondisi KAO disajikan pada Gambar 10.

Pada Gambar 10 terlihat bahwa penggunaan kadar kapur sebagai bahan aditif pada campuran AC-WC sampai 15% cenderung meningkatkan nilai Stabilitas Sisanya. Namun demikian penambahan kapur 20% sampai 25% masih memenuhi spesifikasi Stabilitas Sisa campuran AC-WC, yaitu minimum 90%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

- a. Variasi kadar kapur dalam campuran AC-WC mempengaruhi nilai karakteristiknya.
- b. Kadar kapur terbaik digunakan sebagai bahan tambah dalam Campuran AC-WC adalah berkisar 15% dengan Kadar Aspal Optimum 6.67%.
- c. Penggunaan kapur sebagai bahan tambah sebesar 15% dalam campuran AC-WC meningkatkan nilai stabilitas sebesar 9.75%, nilai fleksibilitasnya meningkat sebesar 11.61%, nilai durabilitasnya meningkat sebesar 1.39% dibandingkan dengan campuran AC-WC tanpa bahan tambah kapur.

5.2 Saran

Penggunaan kapur sebagai bahan tambah pada campuran beton aspal lapis aus disarankan untuk tidak melebihi 15% karena adanya kecenderungan penurunan sifat sifat campuran yang sangat diharapkan untuk tetap meningkat yaitu nilai stabilitas dan stabilitas sisanya.

6. DAFTAR PUSTAKA

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2007, Pelaksanaan Campuran Beraspal Panas, Jakarta.

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Jakarta

Fannisa, Henny dan Wahyudi Moh., 2010, Perencanaan Campuran Aspal Beton dengan Menggunakan Filler Kapur Padam, Tugas Akhir Program Studi Diploma III Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang

Mehari, Zeiichael Berhe, 2007, Effect of Different Types of Filler Materials on

Characteristics of Hot Mix Asphalt Concrete, Thesis, Master of Science in Civil Engineering, Addis Ababa University

Pertiwi, Yusti Anggraeni, 2012, Pemanfaatan Kapur sebagai Filler untuk Campuran Aspal Beton Ditinjau dari Parameter Marshall, Tugas Akhir Skripsi, Universitas Negeri Malang, Malang.

Sukirman, Silvia, 2007, Beton Aspal Campuran Panas, Edisi ke-2, Penerbit Yayasan Obor Indonesia, Jakarta

Sukirman, Silvia, 1992, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.