

# **PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM (KAO) DALAM CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE* (AC-WC) DENGAN LIMBAH BETON SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT**

**Herwin Widya Wardana**

S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email : [herwinwardana@mhs.unesa.ac.id](mailto:herwinwardana@mhs.unesa.ac.id)

**Purwo Mahardi, S.T., M.Sc.**

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email : [purwomahardi@unesa.ac.id](mailto:purwomahardi@unesa.ac.id)

**Yogie Risdianto, S.T., M.T.**

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email : [risdi75@yahoo.com](mailto:risdi75@yahoo.com)

## **Abstrak**

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai karakteristik marshall dari aspal beton lapis aus atau *asphalt concrete wearing course* (AC-WC) yang meliputi: *Void In The Mix* (VIM), *Void In Mineral Agreggate* (VMA), *Void Filled With Asphalt* (VFA), Stabilitas, Kelelahan (*Flow*) dan *Marshall Quotient* (MQ) menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat dengan harapan limbah beton dapat menjadi alternatif material dalam campuran perkerasan jalan, sehingga dapat menghemat dari segi biaya dan mengurangi eksploitasi material dari alam.

Penelitian ini dalam skala uji laboratorium dan menggunakan pedoman Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010. Limbah beton yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 35% dari total berat campuran aspal dengan ukuran butir agregat 5-10 hingga didapatkan proporsi campuran yang optimal dengan ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 dengan pengujian *Marshall Test*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada penggunaan limbah beton sebesar 35% dari total berat campuran dengan kadar aspal 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7%. Hasil dari kadar aspal tersebut didapatkan nilai KAO yaitu 6,17% dan nilai VIM dan VMA yaitu 4,8% dan 17,71%, sedangkan untuk nilai VFA sebesar 72,9%. nilai stabilitas sebesar 1627 kg, untuk Flow sebesar 4,5 mm dan nilai MQ sebesar 361,6 Kg/mm.

**Kata Kunci** : AC-WC, Pen 60/70, KAO, Limbah Beton, *Marshall*

## **Abstract**

The purpose of this study was to determine the marshall characteristic value of asphalt concrete wearing course (AC-WC) which includes: *Void In The Mix* (VIM), *Void In Mineral Agreeed* (VMA), *Void Filled With Asphalt* (VFA) , Stability, Flow (Marshall) and *Marshall Quotient* (MQ) use concrete waste as an aggregate replacement in the hope that concrete waste can become an alternative material in the road pavement mixture, so that it can save in terms of cost and reduce material exploitation from nature.

This research is on a laboratory test scale and uses guidelines for the 2010 General Highways Specifications. Concrete waste used in this study is 35% of the total weight of the asphalt mixture with 5-10 aggregate grain sizes to obtain an optimal mixture proportion with the provisions of the General Specifications of Highways 2010 with *Marshall Test* testing.

The results of this study indicate that the use of concrete waste by 35% of the total weight of the mixture with asphalt content of 5%; 5.5%; 6%; 6.5%; and 7%. The results of the asphalt levels obtained KAO value of 6.17% and VIM and VMA values of 4.8% and 17.71%, while for VFA values of 72.9%. stability value of 1627 kg, for Flow of 4.5 mm and MQ value of 361.6 kg / mm.

**Keywords** : AC-WC, Pen 60/70, KAO, Concrete Waste, *Marshall*

## **PENDAHULUAN**

Kebutuhan aspal untuk infrastruktur khususnya jalan, saat ini sangat besar sekali seiring bertambahnya jumlah penduduk yang dapat mengakibatkan

meningkatnya suatu volume kendaraan di setiap akses jalan yang wilayahnya padat penduduk. Oleh karena itu kondisi dari kualitas jalan dan pelayanannya tersebut harus diperhatikan dari segi keamanan, kenyamanan dan umur jalan yang tahan lama, maka dari itu banyak sekali

penelitian tentang aspal terutama menggunakan inovasi bahan campuran dengan bertujuan untuk meningkatkan nilai karakteristik aspal itu sendiri.

Penelitian ini menggunakan alternatif material limbah beton dalam pembuatan aspal beton lapis aus atau *asphalt concrete - wearing course* (AC-WC) sebagai pengganti agregat. Limbah beton saat ini umumnya digunakan hanya sebagai material untuk bahan tambah sebagai urugan, maka dari itu dalam penelitian ini limbah beton tersebut dimanfaatkan untuk bahan campuran dalam pembuatan aspal untuk menggantikan agregat komponen aspal itu sendiri. Limbah beton ini berasal dari tiang pancang yang sudah di hancurkan (*crusher*) sehingga limbah beton ini menyerupai agregat yang digunakan dalam pembuatan aspal.

Campuran aspal beton lapis aus atau *asphalt concrete wearing course* (AC-WC) dengan limbah beton sebagai pengganti agregat pada campuran diharapkan bisa memenuhi syarat dan dapat memperbaiki kinerja lapis perkerasan serta dapat meningkatkan stabilitas aspal beton.

Penelitian ini meninjau tentang pengaruh substitusi agregat menggunakan limbah beton dalam campuran aspal beton lapis aus atau *asphalt concrete wearing course* (AC-WC) terhadap karakteristik Marshall yang meliputi *stability*, *flow*, *void in mineral aggregate* (VMA), *void in the mix* (VIM), *void filled with asphalt* (VFA) dan *Marshall Quotient* (MQ). Penelitian ini menggunakan campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) dengan spesifikasi teknis Bina Marga 2010 yang diuji dengan metode *Marshall Test*.

## KAJIAN PUSTAKA

Sukirman (1999), menyatakan bahwa bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi :

- a. Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Contohnya yaitu Laston (Lapis Aspal beton), Lataston (Lapis Atas Aspal Beton), *Hot Rolled Asphalt* (HRA), *Hot Rolled Sheet* (HRS), *Split Mastic Asphalt* (SMA).  
Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan – lapisan tersebut untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan bawahnya. Karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil. Konstruksi perkerasan tersebut, antara lain :
  1. Lapis permukaan (*Surface Course*)
  2. Lapis pondasi atas (*Base Course*)
  3. Lapis pondasi bawah (*Sub base Course*)
  4. Lapisan tanah dasar (*Sub Grade*)

- b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah.
- c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.

Sukirman (1999), menyatakan bahwa Lapis aspal beton (Laston) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, laston terdiri dari atas agregat menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu. Yang dimaksud gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butiran yang merata dari ukuran yang terbesar sampai ukuran yang terkecil.

Spesifikasi campuran beraspal Departemen Pekerjaan Umum 2010 menyebutkan, 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, dan 37,5 mm.

Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas seperti campuran beraspal jenis AC-WC dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas

Sifat-sifat Campuran	Lapis aspal beton (Laston)			
	Lapis Aus	Lapis Pengikat	Pondasi	
Kadar aspal efektif	Min 5,1	4,3	4,0	
Penyerapan aspal (%)	Max	1,2		
Jumlah tumbukan perbidang		75	112	
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,5		
	Max	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi Aspal (VFA) (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		1800
	Max	-		-
Pelelehan (mm)	Min	3	4,5	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250		300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada	Min	2,5		

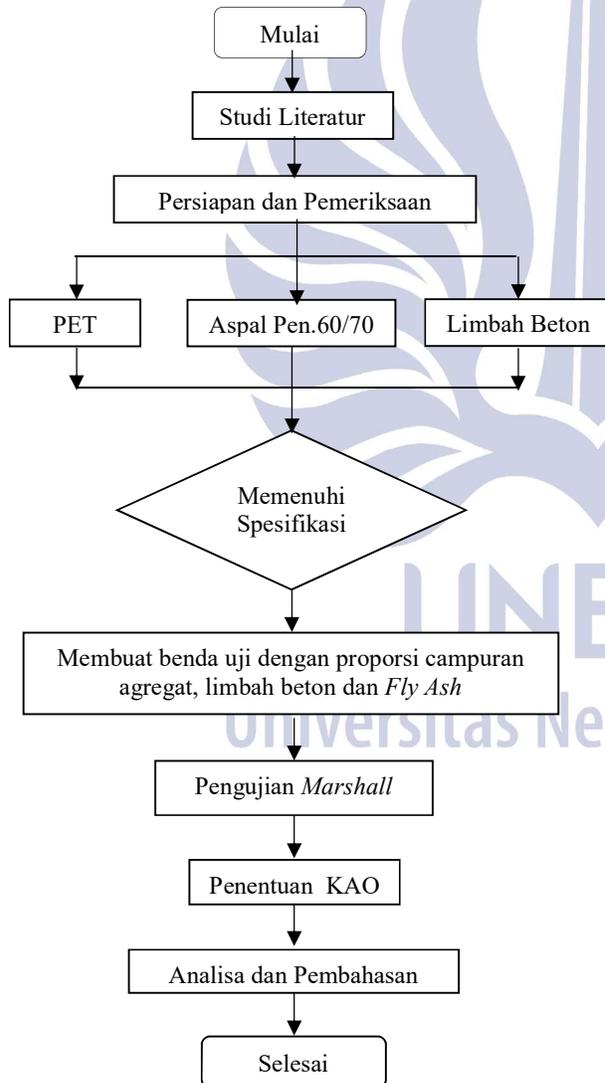
Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

Andhikhatama (2013) menyebutkan limbah adalah benda yang dibuang baik berasal dari alam ataupun dari hasil proses teknologi yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki karena tidak memiliki nilai ekonomis. Sedangkan limbah beton adalah material beton yang sudah tidak terpakai lagi untuk konstruksi.

Limbah beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah tiang pancang beton yang sudah dihancurkan (*crusher*) menggunakan alat dan sudah diayak sehingga menghasilkan ukuran gradasi yang di inginkan.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pengujian karakteristik Marshall pada aspal beton lapis aus atau *asphalt concrete wearing course (AC-WC)* limbah beton sebagai pengganti agregat. Untuk penelitian ini peneliti mengacu pada data primer dan data sekunder, data primer yang diperoleh merupakan data yang didapat saat meneliti di lapangan, sedangkan data sekunder merupakan data untuk penguatan data primer berupa teori-teori dan penelitian sebelumnya. Untuk lokasi penelitian berlokasi di PT. Multi Bangun Indonesia di kecamatan Porong kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010.



Gambar 1. Alur Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Peneliti melakukan pembuatan benda uji untuk campuran aspal beton lapis aus atau *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* sebelumnya perlu dilakukan adanya pemeriksaan terhadap material agregat penyusunnya dan juga aspal yang digunakan terlebih dahulu. Pengujian material ini perlu dilakukan karena mempunyai pengaruh besar terhadap kekuatan maupun ketahanan campuran aspal dalam menahan berat lalu lintas yang dikarenakan beban kendaraan yang melintas di atasnya secara terus menerus. Material yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Pasrepan Kabupaten Pasuruan yang telah di hancurkan dan di pisahkan berdasarkan ukuran yang beragam, setelah itu disimpan dalam gudang penyimpanan *stock pile* yang berada di AMP PT. Multi Bangun Indonesia yang berada di Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo. Pengujian agregat di Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Jawa Timur begitu juga dengan aspal yang digunakan. Pengujian material agregat yang di periksa salah satunya adalah abrasi menggunakan alat los angeles, sedangkan aspal yang diuji adalah sifat-sifat fisik maupun mekanisnya.

Agregat yang digunakan dalam penelitian berasal dari AMP PT. Multi Bangun Indonesia di Porong, Sidoarjo Jawa Timur. Material agregat diujikan di Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Jawa Timur untuk mengetahui berat jenis, penyerapan, hasil abrasi dan kelekatan agregat terhadap aspal. Hasil material agregat yang telah diujikan tersebut telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh Bina Marga tahun 2010. Peneliti juga melakukan penelitian dan pengujian terhadap material limbah beton yang digunakan untuk campuran aspal. Pengujian yang dilakukan terhadap limbah beton yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan agregat. Hasil dan pengujian agregat dari AMP (*Asphalt Mixing Plant*) maupun limbah beton dapat dilihat pada halaman lampiran.

Langkah awal untuk melakukan pembuatan benda uji adalah melakukan analisa ayakan terlebih dahulu terhadap material agregat. Material agregat yang diayak adalah material ukuran 10-15 mm, 5-10 mm, 0-5 mm dan *filler* untuk pengisi campuran aspal. Semua agregat yang digunakan diambil dari *stock pile* AMP PT. Multi Bangun Indonesia kecuali untuk material 5-10 mm digunakan material limbah beton.

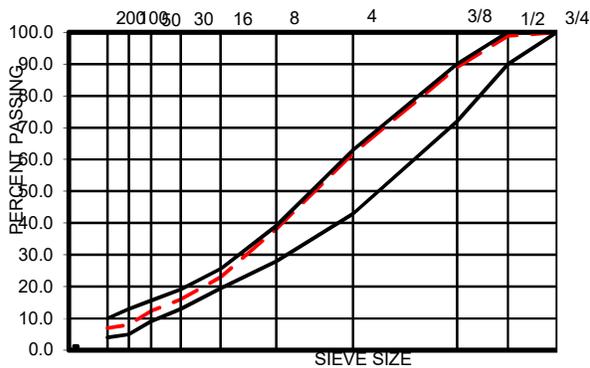
Kadar aspal optimum (KAO) ditentukan dengan melakukan beberapa kali *trial* atau uji coba untuk menentukan komposisi gradasi agregat yang tepat, untuk itu di gunakan komposisi perbandingan Agregat batu pecah ukuran 10-15 mm, agregat limbah beton dengan ukuran 5-10 mm, agregat halus ukuran 0-5 mm dan *fly*

ash sebagai bahan pengisi (*filler*) dengan jumlah tumbukan perbidang 2 x 75 tumbukan yaitu sisi atas dan sisi bawah. Limbah beton yang digunakan sebesar 30% untuk ukuran 10-15 mm hasil analisa ayakan dalam penelitian harus memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2010. Hasil ayakan yang dilakukan dapat dilihat pada

Sieve No.	10-15 mm	5-10 mm	0-5 mm	Filler	Total	Spek. Bina Marga 2010
3/4"	100	100	100	100	100	100
1/2"	97,7	100	100	100	98,9	90-100
3/8"	77,1	99,8	100	100	88,9	72-90
#4	23,9	95,7	100	100	61,9	43-63
#8	5,6	58,3	86,8	100	38,1	28-39,1
#16	0,8	35,2	55,1	100	23	19,5-25,6
#30	0,4	22,9	38,2	100	16	23-19,1
#50		17,9	27,2	100	12,3	9-15,6
#100		9,6	17,5	99,2	8	5-13
#200		7,4	16	99,1	7	4-10

Tabel 2 dan Grafik 4.1 berikut :

Tabel 2. Gradasi Gabungan Spesifikasi Bina Marga 2010  
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Laboratorium Aspal PT. Multi Bangun Indonesia Plant Porong, Sidoarjo



Gambar 1. Grafik Gradasi Campuran Spesifikasi Bina Marga 2010

Hasil dari proporsi campuran tersebut kemudian dibuat benda uji dengan kadar aspal yang bervariasi, dari perkiraan kadar aspal yang dilakukan didapatkan kadar aspal yang digunakan yaitu dengan kadar 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7 %. Hasil dari penambahan kadar aspal 5%; 5,5%; 6%; 6,5% dan 7% tersebut kemudian diuji *marshall test* hingga didapatkan nilai karakteristik *marshall* seperti VIM, VFA, VMA, Stabilitas, Flow dan

MQ yang kemudian dapat ditentukan nilai KAO nya hasil karakteristik *marshall* tersebut dapat dilihat pada tabel 3 seperti berikut:

Tabel 3. Hasil karakteristik *Marshall*

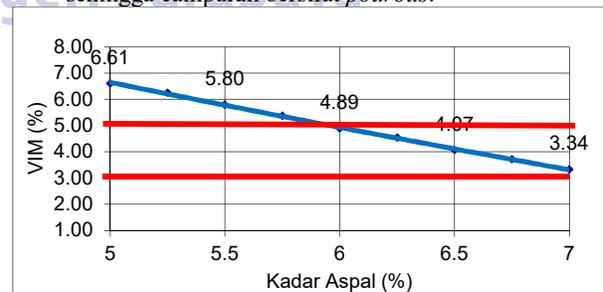
No.	Parameter Marshall	Spek	Kadar Aspal				
			5%	5,5%	6%	6,5%	7%
1	Rongga di dalam Campuran (VIM)%	3-5	6,61	6,25	5,8	5,38	4,89
2	Rongga di dalam agregat (VMA) %	Min. 15	16,87	17,07	17,2	17,34	17,44
3	Rongga terisi Aspal (VFA) %	Min. 65	60,8	63,38	66,25	69	71,95
4	Stabilitas (Kg)	Min. 800	1372	1347	1519	1591	1681
5	Flow (mm)	Min. 3	3,95	4,05	4,3	4,4	4,7
6	Marshall Quotient (Kg/mm)	Min. 250	347,4	332,6	353,4	361,7	357,7

Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Laboratorium Aspal PT. Multi Bangun Indonesia Plant Porong, Sidoarjo

Hasil dari pengujian *marshall test* ini dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* itu yang sendiri meliputi nilai VIM, VMA, VFA, Stabilitas, *Flow* dan *Marshall Quotient* (MQ) untuk kemudian dianalisis dan dapat ditentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) .

a. Analisis Nilai VIM

Nilai *Void In The Mix* (VIM) disebut juga persentase rongga yang terdapat dalam total campuran aspal mempunyai pengaruh terhadap umur lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat *pourous*.



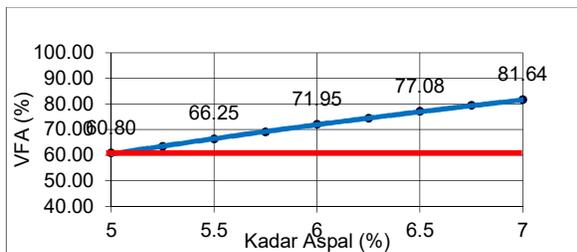
Gambar 2. Grafik Nilai VIM Hasil Analisis  
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Laboratorium Aspal PT. Multi Bangun Indonesia Plant Porong, Sidoarjo

Nilai VIM tertinggi berada pada kadar aspal 5% dan seiring bertambahnya kadar aspal, nilai VIM menjadi semakin rendah. Hal ini dikarenakan ada rongga yang terisi oleh aspal dan menyebabkan rongga didalam campuran terisi oleh aspal yang menyebabkan campuran aspal menjadi padat. Jika dilihat dari spesifikasi persyaratan Bina Marga 2010 nilai VIM berkisar antara 3-5 % dari hasil penelitian yang memenuhi persyaratan adalah kadar aspal dengan rentang 6% - 7%, sedangkan pada kadar aspal 5%-5,5% belum memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010, hal ini disebabkan aspal yang ditambahkan sedikit sehingga tidak bisa mengisi rongga dalam campuran secara keseluruhan yang menimbulkan adanya celah rongga udara pada campuran.

b. Analisis Nilai VFA

*Void Filled With Asphalt* (VFA) merupakan persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah dipadatkan. Nilai VFA dipengaruhi jumlah tumbukan dan suhu saat campuran aspal dipadatkan, gradasi agregat dan banyaknya kadar aspal. Semakin tinggi nilai VFA maka rongga dalam campuran yang terisi aspal semakin tinggi sehingga campuran semakin kedap terhadap air dan udara, tetapi nilai VFA yang terlalu tinggi juga akan menyebabkan campuran aspal menjadi *bleeding*.

Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan kurang kedapnya campuran terhadap air dan udara karena lapisan aspal akan menjadi berkurang sehingga menyebabkan campuran aspal menjadi mudah retak jika menerima beban yang semakin berat sehingga tidak tahan lama. Nilai VFA yang disyaratkan adalah minimal 65 %. Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang terisi oleh aspal, nilai ini akan naik berdasarkan seiring penambahan kadar aspal hingga batas tertentu yang menyebabkan bahwa rongga telah terisi secara keseluruhan yang berarti rongga pada campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga campuran adalah persen kadar aspal maksimum.

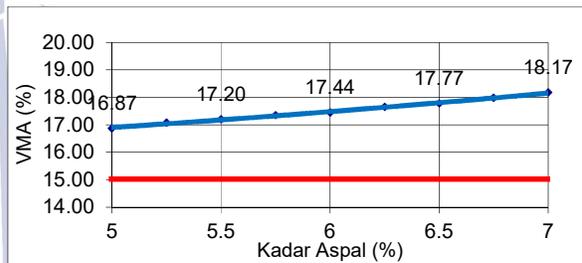


Gambar 3. Grafik Nilai VFA Hasil Analisis  
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Laboratorium Aspal PT. Multi Bangun Indonesia Plant Porong, Sidoarjo

Nilai VFA pada Gambar 3 hasil analisis peneliti menunjukkan yang memenuhi persyaratan adalah pada rentang kadar aspal 5,5% - 7%..

c. Analisis Nilai VMA

*Void In Mineral Agregate* (VMA) adalah rongga udara antar agregat pada campuran aspal, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume campuran. VMA atau rongga udara antar agregat berpengaruh terhadap campuran aspal. Hasil analisis nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah:

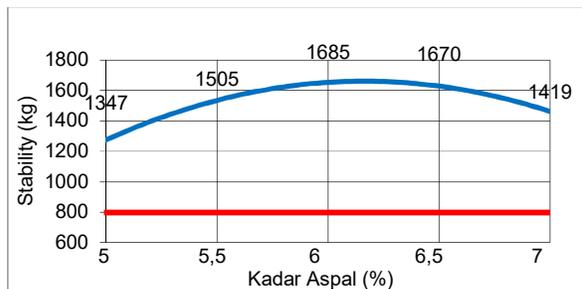


Gambar 4. Grafik Nilai VMA Hasil Analisis  
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Laboratorium Aspal PT. Multi Bangun Indonesia Plant Porong, Sidoarjo

Banyaknya presentase kadar aspal yang ditambahkan mengakibatkan nilai VMA juga semakin tinggi hal ini menunjukkan semakin banyak aspal yang ditambahkan dapat mengisi celah atau rongga antar agregat yang menyebabkan campuran juga semakin padat. Persyaratan nilai minimum dalam spesifikasi umum Bina marga menunjukkan 15%, pada penelitian ini dengan rentang kadar aspal 5%-7% telah memenuhi persyaratan yaitu diatas 15%.

d. Analisis Nilai Stabilitas

Stabilitas merupakan besarnya nilai beban yang diterima campuran beton aspal hingga terjadi kelelahan plastis atau kekuatan aspal beton untuk menahan deformasi akibat besarnya beban lalu lintas yang berada diatasnya tanpa mengalami perubahan bentuk secara tetap.

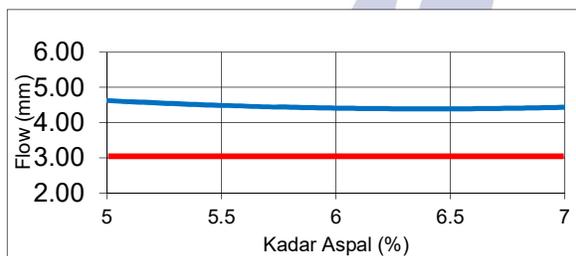


Gambar 5. Grafik Nilai Stabilitas Hasil Analisis  
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Laboratorium Aspal PT. Multi Bangun Indonesia Plant Porong, Sidoarjo

Persyaratan untuk nilai stabilitas pada spesifikasi umum Bina Marga 2010 adalah minimal 800 kg. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan rentang kadar aspal 5% hingga 7% memenuhi yang disyaratkan oleh Bina Marga 2010. Keadaan stabilitas tertinggi dihasilkan dengan penambahan kadar aspal yang optimum, apabila kadar aspal yang ditambahkan terlalu sedikit atau terlalu banyak akan mengakibatkan nilai stabilitas semakin rendah.

e. Analisis Nilai *Flow*

*Flow* merupakan besarnya penurunan deformasi campuran aspal saat terjadi pembebanan akibat penambahan beban, sehingga menyebabkan nilai stabilitas menjadi semakin menurun. Syarat nilai *flow* dalam spesifikasi umum Bina Marga 2010 adalah minimal 3 mm. Hasil pengujian untuk *flow* dapat dilihat pada gambar 6 di bawah ini:



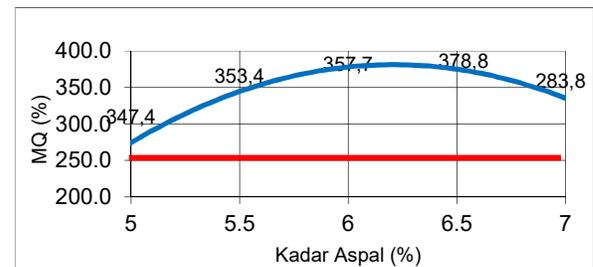
Gambar 6. Grafik Nilai *Flow* Hasil Analisis  
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Laboratorium Aspal PT. Multi Bangun Indonesia Plant Porong, Sidoarjo

Gambar 6 di atas menunjukkan nilai *flow* hasil dari pengujian, dapat dilihat pada rentang kadar aspal 5% hingga 7% yang sudah memenuhi persyaratan spesifikasi umum Bina Marga 2010. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku dan menyebabkan mudah retak, sedangkan nilai *flow* yang tinggi akan menyebabkan campuran menjadi lebih plastis dan elastis sehingga dapat menyebabkan *bleeding* pada campuran aspal.

f. Analisis Nilai MQ

*Marshall Quotient* adalah hasil bagi antara nilai stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient* memberikan nilai fleksibilitas atau kelenturan pada campuran aspal. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* menyebabkan campuran menjadi semakin kaku, sebaliknya jika nilai *Marshall Quotient* semakin kecil maka akan menyebabkan campuran aspal semakin lentur. Nilai *Marshall Quotient* berbanding lurus dengan nilai stabilitas namun berbanding terbalik dengan nilai *flow*, apabila nilai Stabilitas tinggi tapi nilai *flow* maka akan menyebabkan nilai MQ semakin tinggi, namun apabila nilai stabilitas rendah tetapi nilai *flow* tinggi maka akan menyebabkan nilai MQ menjadi semakin rendah. Nilai *Marshall Quotient* yang disyaratkan

dalam spesifikasi Bina Marga 2010 adalah lebih besar dari 250 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* dalam hasil analisis peneliti dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah:



Gambar 7. Grafik Nilai MQ Hasil Analisis  
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Laboratorium Aspal PT. Multi Bangun Indonesia Plant Porong, Sidoarjo

Hasil dari penelitian menunjukkan dengan rentang kadar aspal 5% hingga 7% menunjukkan bahwa nilai MQ sudah memenuhi nilai persyaratan Bina Marga 2010. Nilai *Marshall Quotient* di bawah 250 kg/mm akan mengakibatkan campuran aspal menjadi mudah mengalami *washboarding*, *rutting* dan *bleeding*, sedangkan nilai *Marshall Quotient* yang tinggi mengakibatkan campuran aspal menjadi kaku dan mudah retak.

Dari hasil analisis karakteristik marshall VIM, VMA, VFA, Stabilitas, *Flow* dan MQ didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,17% untuk hasil dari uji marshall menggunakan KAO dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil Uji *Marshall Test* dengan KAO

No.	Parameter Marshall	Spek.	Hasil	Keterangan
1	Rongga di dalam Campuran (VIM)%	3-5	4,8	Memenuhi
2	Rongga di dalam agregat (VMA) %	Min. 15	17,71	Memenuhi
3	Rongga terisi Aspal (VFA) %	Min. 65	72,9	Memenuhi
4	Stabilitas (Kg)	Min. 800	1627	Memenuhi
5	Flow (mm)	Min. 3	4,5	Memenuhi
6	Marshall Quotient (Kg/mm)	Min. 250	361,6	Memenuhi

Hasil uji marshall yang diperoleh dari benda uji dengan nilai KAO ini yang selanjutnya akan dijadikan benda uji kontrol dan kemudian menjadi acuan penambahan variasi kadar plastik PET untuk penelitian selanjutnya.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Pengaruh agregat limbah beton dalam campuran beton aspal lapis aus atau *asphalt concrete wearing - course* (AC-WC) dengan agregat limbah beton dalam

campuran beton aspal terhadap karakteristik *marshall* adalah sebagai berikut:

Campuran aspal menggunakan agregat limbah beton sebesar 35% dari total berat campuran aspal dengan kadar aspal perkiraan 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7% didapatkan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,17%. Hasil dari karakteristik *marshall* yang didapatkan adalah nilai VIM sebesar 4,8%, nilai VMA yaitu sebesar 17,71%, VFA yaitu 72,9%, nilai stabilitas yaitu sebesar 1627 kg. Nilai *flow* yaitu sebesar 4,5 mm dan MQ sebesar 361,6 kg/mm.

#### Saran

Saran yang dapat dikemukakan pada penelitian ini dipaparkan sebagai berikut.

1. Dapat digunakan inovasi material lain yang berupa limbah yang tidak terpakai dan mudah didapatkan sehingga dapat mengurangi jumlah limbah di sekitar kita dan memanfaatkannya sebagai material yang lebih berguna.
2. Dapat dilakukan penelitian serupa dengan menggunakan berbagai variasi presentase kadar limbah beton dan kadar aspal yang digunakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 2010. *Spesifikasi umum 2010 Devisi 6 Perkerasan Beraspal*. Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Andhikatama, Arys. 2013. *Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course Gradasi Kasar*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Mujiarto, Iman. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. Semarang : AMNI.
- Prameswari, Putri Ajeng. 2016. *Pengaruh Pemanfaatan PET Pada Laston Lapis Pengikat Terhadap Parameter Marshall*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Saodang, Hamirhan. 2005. *Konstruksi Jalan Raya*. Bandung. Nova. 243 Hlm.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung. Nova.
- Suroso, Tjitjik Wasiah. 2008. *Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Polyethilen) Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal*. Bandung : Puslitbang Jalan dan Jembatan.