

PENGARUH PENGGUNAAN AGREGAT BETON DAUR ULANG DAN ASBUTON LGA PADA PEMBUATAN AC-WC

Ihdah Khusnayaini

Progam Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : ihdahkhusnayaini@mhs.unesa.ac.id

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

Dosen S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : yogierisdianto@unesa.ac.id

Abstrak

Limbah beton merupakan limbah yang dihasilkan dari penghancuran struktur beton pada proses pembangunan ataupun renovasi bangunan. Limbah beton mutu tinggi seperti limbah tiang pancang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti agregat pada perkerasan jalan. Asbuton LGA adalah aspal alam yang berasal dari pulau Buton yang pemanfaatannya belum cukup optimal dan populer di Indonesia, maka dari itu asbuton LGA dapat dimanfaatkan sebagai pengganti agregat dalam pembuatan perkerasan jalan. Penggunaan limbah beton dan asbuton LGA sebagai pengganti agregat dalam pembuatan perkerasan jalan dapat mengurangi penggunaan material agregat alami batu pecah yang merupakan sumberdaya alam yang tidak dapat diperbaharui. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan limbah beton dan asbuton LGA sebagai agregat dalam pembuatan AC-WC.

Pada penelitian ini membahas tentang pengaruh dari penggunaan limbah beton dan asbuton LGA sebagai agregat dalam campuran AC-WC, dengan parameter pengujian dari karakteristik marshall yaitu stabilitas, *Void in Mix*, *Void in Mineral Agregate*, *Void Filled with Bitumen*, *Flow*, dan *Marshall Quotient*. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan kadar aspal pen 60/70 yaitu 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, dan 7% untuk mencari kadar aspal optimum (KAO).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan gradasi butiran agregat 30% *coarse agregat* limbah beton, 36% *medium agregate* asbuton LGA, 26% *fine agregate* limbah beton, dan 8% *filler fly ash* diperoleh kadar aspal optimum (KAO) 5,0%. Pengaruh penggunaan limbah beton dan asbuton LGA sebagai agregat ditinjau dari karakteristik marshall yaitu nilai stabilitas sebesar 1775 kg, VIM sebesar 3,99%, VFB sebesar 66,12%, *flow* sebesar 3,4 mm, dan MQ sebesar 601,70 kg/mm. Sedangkan untuk karakteristik marshall yang tidak memenuhi spesifikasi adalah VMA.

Kata Kunci : AC-WC, Limbah Beton, Asbuton LGA, Karakteristik Marshall, Kadar Aspal Optimum.

Abstract

Concrete waste is a waste from the destruction of concrete structure in the process of building construction or renovation. High quality concrete waste such a pile waste can be used as an aggregate replacement for road pavement. Asbuton LGA is a natural asphalt from the Buton island whose the utilization was not optimum and not popular in Indonesia, therefore asbuton LGA can be used as an aggregate replacement in the manufacture of road pavement. The used of concrete waste and asbuton LGA as an aggregate replacement in the manufacture of road pavement can reduce the use of the stone natural aggregate material wich is a non-renewable natural resource. The purpose of this research was to determine the damage of using the waste concrete and asbuton LGA as an aggregate replacement in the manufacture of AC-WC.

In this research is discuss about the damage of using the concrete waste and asbuton LGA as an aggregate replacement in the manufacture of AC-WC, with the parameter of the marshall characteristics wich are stability, *Void in Mix*, *Void in Mineral Agregate*, *Void Filled with Bitumen*, *Flow*, dan *Marshall Quotient*. This research carried out experimentally in the laboratory with penetration of asphalt content 60/70 are 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, and 7% for find the value of optimum asphalt content.

The result of the research showed that AC-WC mixture with aggregate gradations 30% *coarse agregat* concrete waste, 36% *medium agregate* asbuton LGA, 26% *fine agregate* concrete waste, and 8% *filler fly ash* obtained that the optimum asphalt content is 5,0%. The damage of using waste concrete and asbuton LGA as an aggregate in terms of the marshall characteristics the value are stability is 1775 kg, VIM is 3,99%, VFB is 66,12%, *flow* is 3,4 mm, and MQ is 601,70 kg.mm. while for marshall characteristics does not fulfill the spesification is VMA.

Keywords: AC-WC, Concrete Waste, Asbuton LGA, Marshall Characteristics, Optimum Asphalt Content.

PENDAHULUAN

Prasarana jalan penting sebagai sarana penghubung darat untuk mendistribusikan barang dan jasa sebagai faktor penunjang laju ekonomi. Laju ekonomi ditunjang oleh sarana jalan yang baik. Jenis perkerasan ada dua jenis yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Jenis perkerasan yang sering digunakan di Indonesia salah

satunya adalah perkerasan lentur dengan jenis campuran yang digunakan adalah *Asphalt Concrete* (AC) yang biasa disebut Lapis Aspal Beton (Laston) sesuai yang tertera pada peraturan bina marga.

Asphalt concrete atau lapis aspal beton ini terdiri dari 90-95% agregat. Agregat kasar yang biasa digunakan berupa kerikil atau batu pecah. Penggunaan dan penambangan kerikil dalam jumlah besar dan terus

menerus dapat menyebabkan kerusakan lingkungan disekitar daerah penambangan. Pengembangan dan penelitian mengenai penggunaan agregat kasar alternatif yang lebih ramah lingkungan diperlukan untuk mengurangi penggunaan agregat kasar alami. Limbah beton sangatlah banyak disekitar kita salah satunya adalah limbah beton tiang pancang yang bermutu tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian agregat kerikil dalam campuran perkerasan AC tersebut.

LGA (Lawele Granular Asphalt) yang merupakan aspal batu yang ditemukan di pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Asbuton LGA ini adalah jenis asbuton yang sudah difabrikasi. LGA memiliki karakteristik kandungan air rendah, kadar aspal tinggi, dan nilai penetrasi yang setara dengan aspal pen 60/70. Jumlah cadangan aspal di pulau Buton sangat melimpah sehingga banyak dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan aspal buton tersebut salah satunya adalah pemanfaatan dari LGA sebagai agregat pada campuran aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggantian limbah beton dan asbuton LGA sebagai agregat kasar pada AC-WC dengan *fly ash* sebagai *filler*. Serta mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang sesuai dengan parameter *marshall*.

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas maka penulis mengambil judul penelitian “Pengaruh penggunaan agregat beton daur ulang dan asbuton LGA pada pembuatan AC-WC”. Adapun rumusan masalah dari penelitian tersebut adalah bagaimana pengaruh limbah beton dan asbuton LGA sebagai pengganti agregat pada campuran perkerasan AC-WC, berapa prosentase pemanfaatan limbah beton dan asbuton LGA yang optimum dalam campuran perkerasan AC-WC sebagai agregat, berapa KAO pada campuran AC-WC bila menggunakan limbah beton dan asbuton LGA sebagai pengganti agregat.

METODE

Metode eksperimental adalah metode penelitian yang dilaksanakan di laboratorium. Penelitian ini dilakukan di laboratorium AMP PT. Merakindo mix dan laboratorium Universitas Negeri Surabaya. Metode penelitian ini adalah penelitian eksperimen (*true experiment*), diartikan sebagai metode yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali sehingga didapat data yang digunakan untuk menyimpulkan hasil penelitian. Jenis penelitian dilakukan adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui. (Kasiram, 2008). Urutan metode penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

A. Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA yang akan dilihat pengaruhnya sebagai agregat dalam campuran *Asphalt Concrete-Wearing Coarse*. Sehingga diharapkan dapat memberikan nilai guna dari limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA tersebut dan

memberikan hasil kinerja layan yang baik pada perkerasan jalan khususnya pada perkerasan lentur.

B. Rancangan Penelitian

Langkah pertama dalam penelitian adalah pengujian bahan campuran *Asphalt Concrete-Wearing Coarse* yang terdiri limbah beton tiang pancang, aspal buton LGA, *fly ash*, dan aspal penetrasi 60/70. Pengujian yang dilakukan pada bahan-bahan campuran AC-WC antara lain

1. Aspal pen 60/70 dilakukan pengujian penetrasi, titik lembek, penurunan berat aspal, dan daktilitas.
2. Limbah beton tiang pancang, aspal buton LGA, dan *fly ash* dilakukan uji ayakan untuk menentukan gradasi butiran dan uji berat jenis

Pengujian yang dilakukan pada bahan-bahan pada campuran AC-WC tersebut mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal 2010

Langkah selanjutnya adalah *trial and error* untuk menentukan komposisi terbaik dari campuran AC-WC yang menggunakan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA, *trial and error* dilakukan sebanyak 9 kali *mix design* komposisi gradasi agregat limbah beton tiang pancang sebagai pengganti agregat bin 1 dan bin 3, aspal buton LGA sebagai pengganti agregat bin 2, dan *fly ash* sebagai pengisi atau *filler*, kemudian 9 *mix design* tersebut dilakukan pengujian dengan menggunakan aspal pen 60/70 dengan kadar aspal 5,2% yaitu kadar aspal efektif yang disarankan dalam spesifikasi umum bina marga divisi 6 2010 untuk campuran AC-WC. Selanjutnya dibuat benda uji campuran *Asphalt Concrete-Wearing Coarse* menggunakan komposisi *mix design* dengan hasil terbaik dengan 7 variasi kadar aspal pen 60/70 yaitu 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. Pembuatan benda uji untuk menentukan KAO berjumlah 14 buah, dengan masing-masing 2 buah benda uji setiap variasi kadar aspal.

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap data yang didapat dari pengujian benda uji menurut parameter *marshall* dan menentukan kadar aspal optimum. Pengujian *marshall* dilakukan menggunakan alat *marshall test* didapat nilai stabilitas yang ditunjukkan oleh jarum pada *dial* stabilitas dan nilai *flow* atau kelelahan yang ditunjukkan oleh jarum pada *dial flow*. Sebelum dilakukan pengetesan pada *marshall test machine* dilakukan beberapa *treatment* atau perlakuan pada benda uji yang menghasilkan nilai berat benda uji yang akan digunakan dalam perhitungan karakteristik *marshall*. Nilai-nilai yang didapat tersebut dihitung menggunakan rumus untuk mendapatkan nilai *Void In Mix*, *Void in Mineral Aggregate*, *Void Filled with Bitumen*, *Marshall Quotient* sesuai dengan spesifikasi Standart Nasional Indonesia 06 1991 dan ASTM D 1559-76.

Pengujian dengan *marshall test machine* dilaksanakan sesuai dengan prosedur bina marga divisi 6 perkerasan aspal. Hasil dari pengujian digunakan untuk mengetahui karakteristik *marshall* campuran aspal dan memperoleh hasil perhitungan dari sifat – sifat *marshall* yaitu :

1.Void In Mix (VIM) adalah banyaknya rongga udara didalam campuran (dalam %).

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume b.u}}{BJ \text{ max teoritis}} \quad (\text{SNI 06-2489-1991})$$

Dimana :

Void In Mix : banyaknya rongga udara didalam campuran setelah pemadatan (%)

Berat Jenis max teoritis : berat jenis campuran maximum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

2.Void in Mineral Aggregate (VMA) adalah banyaknya pori- pori diantara butir agregat dinyatakan dalam %

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \% \text{aspal}) \times \text{berat volume b.u}}{BJ \text{ agregat}} \quad (\text{SNI 06-2489-1991})$$

Dimana :

Void in Mineral Aggregate : rongga udara pada mineral agregat (%)

% aspal : kadar aspal terhadap campuran (%)

Berat Jenis agregat : berat jenis efektif

3.Void Filled with Bitumen (VFB) adalah banyaknya rongga terisi aspal dinyatakan dalam %.

$$VFB = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \quad (\text{SNI 06-2489-1991})$$

Dimana :

Void Filled with Bitumen : rongga udara terisi aspal (%)

Void in Mineral Aggregate: rongga udara mineral agregat (%)

Void In Mix :rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

4.Flow (Kelelahan) adalah perubahan bentuk platis suatu campuran yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh yang ditunjukkan oleh dial flow pada alat tes marshall dinyatakan dalam mm

5.Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa adanya perubahan bentuk permanen dan bleeding dinyatakan dalam kg yang ditunjukkan oleh jarum arloji pada alat uji marshall.

6.Marshall Quotient (MQ) adalah hasil bagi dari stabilitas dan flow dinyatakan dalam kg/mm

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (\text{SNI 06-2489-1991})$$

Dimana :

MQ: marshall quotient (kg/mm)

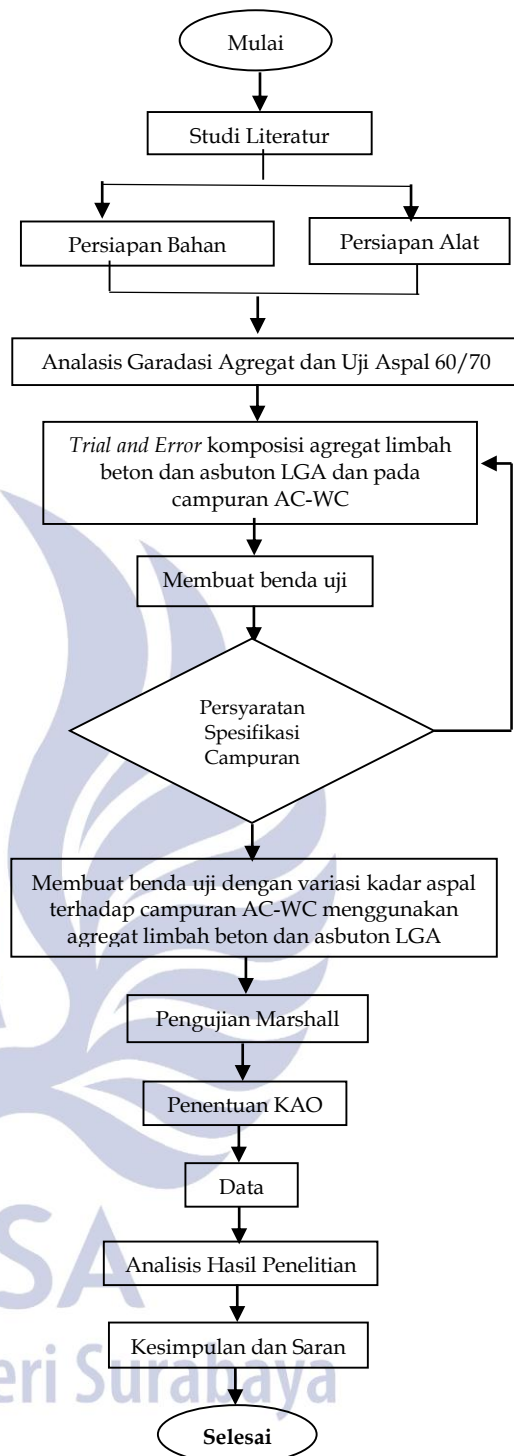
S : stability (kg)

F : flow (mm)

Berikut adalah spesifikasi campuran beraspal AC-WC menurut spesifikasi umum bina marga 2010 divisi 6 perkerasan aspal sebagai berikut:

1. Void In Mix sebesar 3,5%-5,0%
2. Void in Mineral Aggregate sebesar >15%
3. Void Filled with Bitumen sebesar >65%
4. Stabilitas sebesar >800 kg
5. Flow sebesar 2mm- 4mm
6. Marshall quotient sebesar >250 kg/mm

Langkah-langkah dalam metode penelitian ini dapat digambarkan dalam flow chart sebagai berikut :



Gambar 1. Bagan alur atau Flow Chart Penelitian

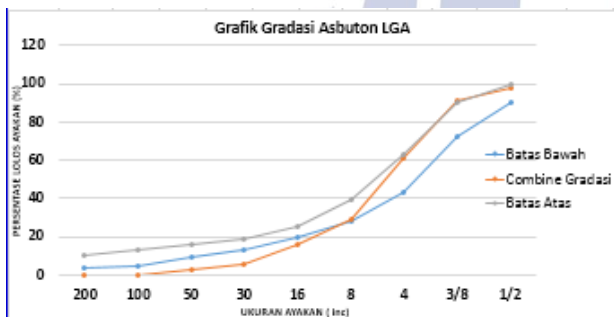
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA yang digunakan sebagai pengganti agregat dalam campuran AC-WC. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini sesuai dengan urutan dalam metode penelitian yang bersifat sistematis. Berikut adalah hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan, yang pertama adalah menentukan posisi gradasi limbah beton

tiang pancang dan aspal buton LGA sebagai agregat sesuai dengan spesifikasi batas atas dan bawah ayakan pada bina marga divisi 6 tahun 2010

Tabel 1. Gradasi Aspal buton LGA

Uk. smgn	Limbah Beton		LGA		Limbah Beton		Total	Spesifikasi
	Lolos	0%	Lolos	100%	Lolos	0%		
3/4"	100	0,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100	100-100
1/2"	81,9	0,0	97,99	97,99	100,0	0,0	98	90-100
3/8"	17,9	0,0	91,07	91,07	100,0	0,0	91	72-90
4	0,15	0,0	60,85	60,85	87,60	0,0	61	43-63
8	0,13	0,0	29,12	29,12	64,64	0,0	29	28-39,1
16	0,13	0,0	15,84	15,84	40,14	0,0	16	19-25,6
30	0,13	0,0	5,45	5,45	33,64	0,0	5	13-19,1
50	0,00	0,0	3,23	3,23	23,43	0,0	3	9-15,5
100	0,00	0,0	0,00	0,00	10,17	0,0	0	6-13
200	0,00	0,0	0,00	0,00	2,59	0,0	0	4-10

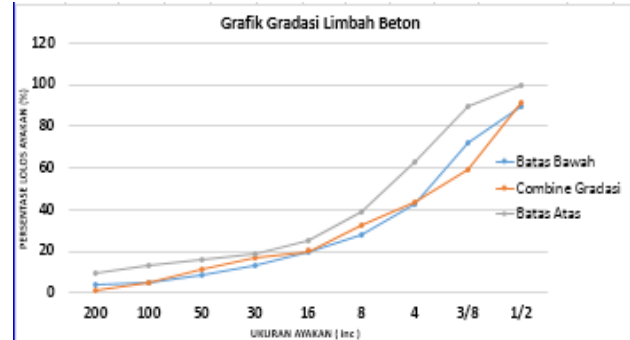


Gambar 2. Grafik Gradasi Aspal buton LGA.

Agregat medium dalam campuran AC-WC berukuran 5mm – 10 mm yang berarti agregat yang lolos pada ayakan nomor 8, 4 dan 3/8 termasuk dalam agregat medium. Terlihat pada gambar 2 diatas bahwa aspal buton LGA menempati posisi lolos ayakan nomor 4 dan 8. Garis gradasi tidak melebihi atau kurang dari batas atas dan batas bawah spesifikasi bina marga divisi 6 tahun 2010 sehingga dapat disimpulkan bahwa aspal buton LGA dapat digunakan pada agregat medium berdasarkan ukurannya.

Tabel 2. Gradasi Limbah Beton Tiang Pancang

Uk. smgn	Limbah Beton BIN 3		LGA		Limbah Beton BIN 1		Total	Spesifikasi
	Lolos	50%	Lolos	0%	Lolos	50%		
3/4"	100,00	50,00	100,00	0,00	100,00	50,0	100	100-100
1/2"	81,90	40,95	97,99	0,00	100,00	50,0	91	90-100
3/8"	17,90	8,95	91,07	0,00	100,00	50,0	59	72-90
4	0,15	0,08	60,85	0,00	87,60	43,8	44	43-63
8	0,13	0,07	29,12	0,00	64,64	32,3	32	28-39,1
16	0,13	0,07	15,84	0,00	40,14	20,1	20	19-25,6
30	0,13	0,07	5,45	0,00	33,64	16,8	17	13-19,1
50	0,00	0,00	3,23	0,00	23,43	11,7	12	9-15,5
100	0,00	0,00	0,00	0,00	10,17	5,1	5	6-13
200	0,00	0,00	0,00	0,00	2,59	1,3	1	4-10



Gambar 3. Grafik Gradasi Limbah Beton

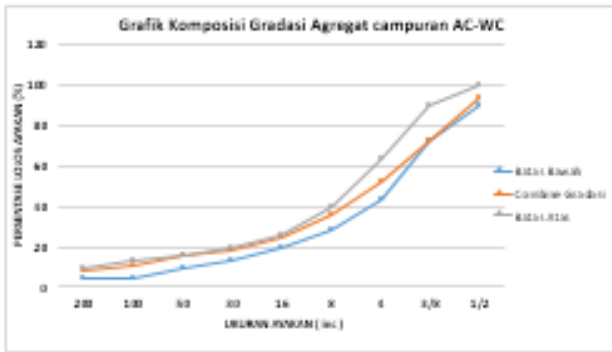
Limbah beton tiang pancang yang akan digunakan dalam penelitian sudah dilakukan *treatment* atau perlakuan yaitu pemecahan menggunakan *stone crusher* sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan. Limbah beton tiang pancang termasuk kedalam agregat kasar dan agregat halus dalam campuran AC-WC karena seperti yang terlihat dalam gambar 3 bahwa gradasi limbah beton tiang pancang berada pada posisi lolos ayakan nomor 100 sampai 4 dan nomor ayakan 1/2 tidak melebihi atau kurang dari batas atas dan batas bawah spesifikasi bina marga divisi 6 tahun 2010 sehingga dapat disimpulkan bahwa limbah beton tiang pancang dapat digunakan pada agregat halus dan agregat kasar berdasarkan ukurannya. Sehingga komposisi rancangan campuran terbagi menjadi 4 fraksi yaitu :

- 1) Agregat kasar (bin 3) limbah beton (10mm-15mm)
- 2) Agregat medium (bin 2) asbuton LGA (5mm-10mm)
- 3) Agregat halus (bin 1) limbah beton (0mm-5mm)
- 4) Pengisi atau *filler fly ash*

Setelah didapatkan posisi gradasi dari limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA sebagai agregat pada setiap fraksi. Selanjutnya dilakukan 9 kali *trial and error mix design* campuran untuk menentukan proporsi komposisi *mix design* yang baik dari limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA sebagai pengganti agregat pada setiap fraksi agregat yang memenuhi spesifikasi bina marga divisi 6 tahun 2010. Kesembilan *mix design* tersebut kemudian dibuat benda uji dengan menggunakan kadar aspal pen 60/70 sebesar 5,2%. Kemudian dilakukan analisis terhadap hasil dari 9 *mix design* dengan kadar aspal 5,2% untuk dicari hasil terbaik. Berikut adalah hasil *mix design* terbaik dari *trial and error* yang dilakukan:

Tabel 3. Mix Design Agregat Limbah Beton Tiang Pancang dan Asal Buton LGA Pada AC-WC

Uk. smgn	Limbah Beton Bin 3		LGA Bin 2		Limbah Beton Bin 1		Fly Ash Filler		Total
	Lolos	30%	Lolos	36%	Lolos	26%	Lolos	8%	
3/4"	100	30,0	100	36,0	100	26	100	8,0	100
1/2"	81,9	24,57	97,99	35,28	100	26	100	8,0	94
3/8"	17,90	5,37	91,07	32,79	100,00	26,0	100	8,0	72
4	0,15	0,05	60,85	21,91	87,60	22,8	100	8,0	53
8	0,13	0,04	29,12	10,48	64,64	16,8	100	8,0	35
16	0,13	0,04	15,84	5,70	40,14	10,4	100	8,0	24
30	0,13	0,04	5,45	1,96	33,64	8,7	100	8,0	19
50	0,00	0,00	3,23	1,16	23,43	6,1	100	8,0	15
100	0,00	0,00	0,00	0,00	10,17	2,6	99,25	7,9	11
200	0,00	0,00	0,00	0,00	2,59	0,7	99,1	7,9	9

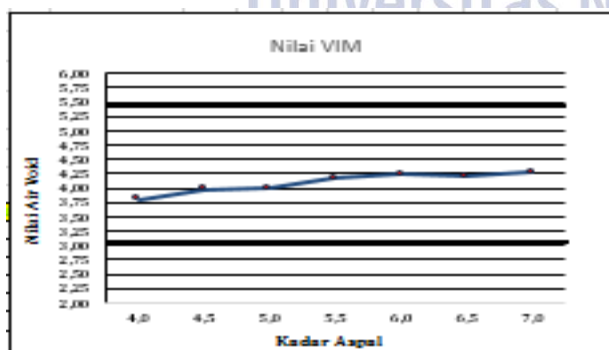


Terlihat pada tabel 3 dan grafik 4 bahwa *mix design* terbaik campuran AC-WC menggunakan limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA sebagai agregat adalah agregat kasar bin 3 limbah beton 30%, agregat sedang bin 2 asbuton LGA 36%, agregat halus bin 1 limbah beton 26%, dan *filler fly ash* 8%. *Mix design* tersebut memenuhi spesifikasi gradasi ayakan bina marga divisi 6 tahun 2010 karena tidak lebih atau kurang dari batas atas dan bawah spesifikasi.

Langkah selanjutnya adalah pembuatan 14 buah benda uji dengan *mix design* agregat diatas dengan 7 variasi kadar aspal yaitu 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7 % dengan 2 benda uji setiap variasi kadar aspalnya. Adapun nilai-nilai karakteristik marshall yang perlu diperhatikan untuk mengetahui pengaruh limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA sebagai pengganti agregat antara lain adalah *Void In Mix* , *Void in Mineral Aggregate*, *Void Filled with Bitumen*, stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* sehingga dapat memenuhi spesifikasi.

A. Hasil Analisis Terhadap Nilai VIM

Nilai VIM (*Void In Mix*) atau *air void* menunjukkan presentase rongga dalam campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porrus. Lengkung grafik *Air Void* atau VIM akan terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara ultimit mencapai nilai minimum atau tidak mengalami kenaikan secara drastis sehingga terbentuk garis konstan.



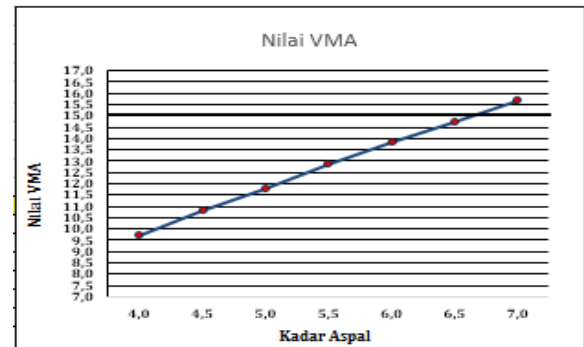
Gambar 5. Grafik Nilai VIM

Grafik 5 di atas menunjukkan bahwa penggunaan aspal buton LGA dan limbah beton tiang pancang

sebagai pengganti agregat dalam campuran AC-WC memberikan pengaruh terhadap nilai VIM yaitu kadar aspal 4,0% sampai dengan 7,0% memenuhi spesifikasi bina marga 2010 divisi 6 yaitu dengan nilai minimum 3 dan maksimal 5.

B. Hasil Analisis Terhadap Nilai VMA

VMA (*Voids in the Mineral Agregate*) atau rongga diantara agregat adalah volume rongga udara diantara butir-butir agregat dalam campuran beraspal dalam kondisi padat yang dinyatakan dalam prosentase.

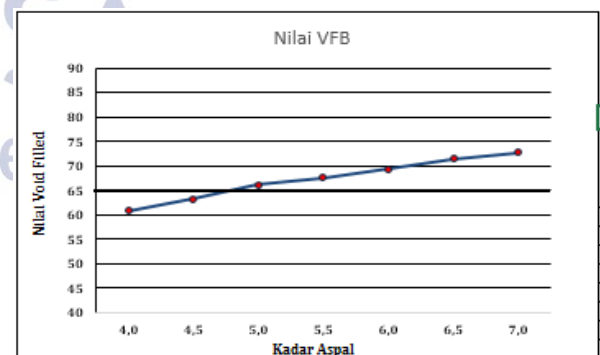


Gambar 6. Grafik Nilai VMA

Grafik 6 di atas menunjukkan bahwa penggunaan aspal buton LGA dan limbah beton tiang pancang sebagai pengganti agregat dalam campuran AC-WC memberikan pengaruh terhadap nilai VMA yaitu pada kadar aspal 4,0 % sampai dengan 6,5% kurang dari batas minimal 15% sesuai dengan spesifikasi bina marga 2010 divisi 6. Sehingga hanya kadar aspal 7,0% yang masuk dalam spesifikasi.

C. Hasil Analisis Terhadap Nilai VFB

VFB (*Void Filled with Bitumen*) adalah rongga terisi aspal, bagian dari rongga volume didalam agregat (VMA) yang terisi aspal efektif dinyatakan dalam %.



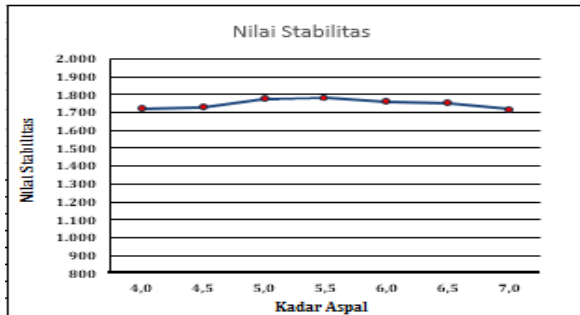
Gambar 7. Grafik Nilai VFB

Grafik 7 di atas menunjukkan bahwa penggunaan aspal buton LGA dan limbah beton tiang pancang sebagai pengganti agregat dalam campuran AC-WC memberikan pengaruh terhadap nilai VFB yaitu kadar aspal 5,0% sampai dengan 7,0% telah memenuhi

persyaratan Bina Marga 2010 Revisi 6 dengan nilai minimum 65% yang telah ditetapkan oleh Bina Marga.

D. Hasil Analisis Terhadap Nilai Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding. Kemampuan tersebut terjadi sebagai hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari aspal.

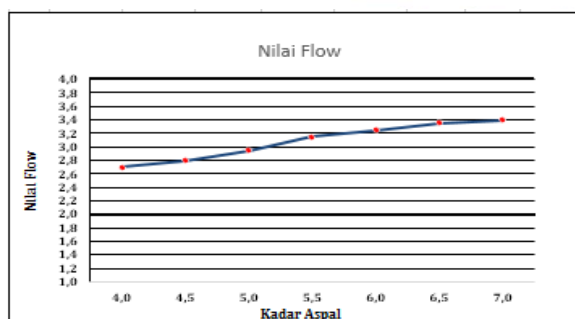


Gambar 8. Grafik Nilai Stabilitas

Grafik 8 stabilitas di atas menunjukkan bahwa penggunaan aspal buton LGA dan limbah beton tiang pancang sebagai pengganti agregat dalam campuran AC-WC memberikan pengaruh terhadap nilai stabilitas yaitu nilai stabilitas pada kadar aspal 4,0% sampai dengan 7,0% memenuhi persyaratan standar spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6 yaitu nilai stabilitas minimal 800 Kg

E. Hasil Analisis Terhadap Nilai Flow

Kelelehan (*flow*) adalah perubahan bentuk platiss suatu campuran yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm. Nilai *flow* tinggi menunjukkan campuran bersifat plastis sedangkan nilai *flow* rendah akan mengakibatkan aspal mudah retak atau bersifat kaku.



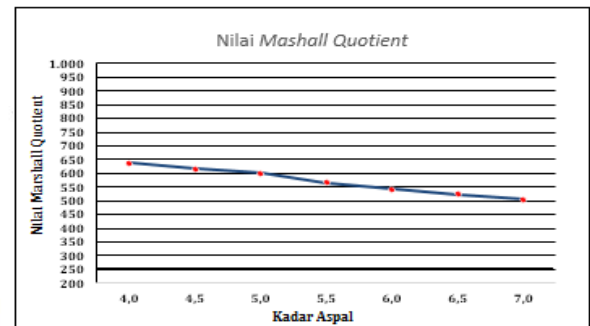
Gambar 9. Grafik Nilai Flow

Grafik 9 *flow* atau kelelehan di atas menunjukkan bahwa penggunaan aspal buton LGA dan limbah beton tiang pancang sebagai pengganti agregat dalam campuran AC-WC memberikan pengaruh terhadap nilai *flow* yaitu nilai *flow* tertinggi didapati pada kadar aspal 7,0% begitu juga sebaliknya nilai *flow* terendah didapati pada kadar aspal 4,0% . Nilai *flow* mulai dari kadar aspal 4,0% sampai dengan 7% memenuhi persyaratan standar spesifikasi Bina Marga 2010

Divisi 6 yaitu kelelehan atau *flow* minimal 2 mm dan maksimal 4 mm.

F. Hasil Analisis Terhadap Nilai Marshall Quotient

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara nilai stabilitas terhadap nilai kelelehan atau *flow*. Adapun kelebihan dari nilai MQ yang terlampaui tinggi dengan nilai MQ yang kecil, semakin tinggi nilai MQ maka aspal akan menjadi kaku, mudah retak tapi memiliki stabilitas yang tinggi. Begitu juga sebaliknya aspal akan lebih rentan berubah bentuk akibat beban lalu lintas dalam keseharian.

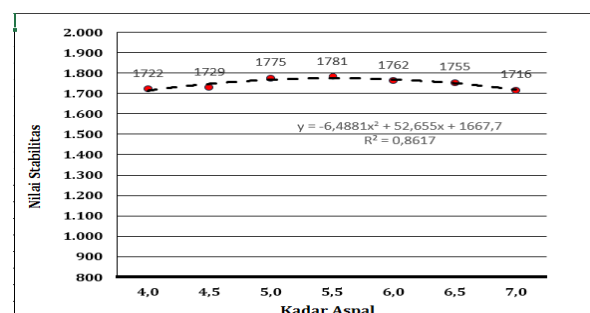


Gambar 10. Grafik Nilai Marshall Quotient

Grafik 10 menunjukkan nilai MQ pada campuran aspal AC-WC dengan menggunakan asbuton butir tipe LGA dan limbah beton sebagai pengganti agregat mengalami penurunan pada rentang kadar aspal 4,0% sampai dengan 7,0% namun masih memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6, Adapun batas MQ minimal adalah 250 kg.

G. Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Proses *interlocking* dalam suatu campuran erat kaitannya dengan kepadatan antara agregat dan kadar aspal yang terbaik dalam campuran. Sehingga campuran tidak mudah berubah bentuk karena memiliki nilai stabilitas yang baik. Dapat disimpulkan bahwa campuran dengan nilai stabilitas maksimum menunjukkan campuran tersebut memiliki kadar aspal terbaik. Sehingga untuk menentukan kadar aspal optimum dapat dilakukan dengan cara membuat garis polynominal menggunakan grafik nilai stabilitas dengan variasi kadar aspal. Axis y menunjukkan nilai stabilitas sedangkan axis x menunjukkan kadar aspal sehingga untuk mencari y maximum terlebih dahulu di cari y dengan cara membuat garis polynominal menggunakan grafik nilai stabilitas seperti berikut :



Gambar 11. Grafik Polynominal Stabilitas

Grafik polynominal yang dibuat akan menghasilkan rumus $y = ax^2 + bx + c$

Setelah diketahui $y = -6,4881x^2 + 52,655x + 1667,7$ dari grafik polynominal dengan nilai stabilitas maka dapat di cari y_{max} dengan rumus :

$$y_{max} = -D/4a = -b^2 - 4ac / 4a$$

$$y_{max} = 1775$$

Didapatkan $y_{maximum}$ adalah 1775 dari perhitungan diatas. Posisi stabilitas 1775 berada pada posisi kadar aspal 5,0%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar aspal optimum dari campuran AC-WC menggunakan limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA sebagai agregat adalah 5,0%.

Selanjutnya dilakukan analisis karakteristik marshall terhadap hasil *Void In Mix* , *Void in Mineral Aggregate*, *Void Filled with Bitumen*, stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* pada campuran dengan kadar aspal optimum (KAO) 5,0% untuk mengetahui kinerja limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA sebagai pengganti agregat.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil *Marshall Test*

Parameter Marshall	Spesifikasi		Perencanaan Campuran
	Minimum	Maximum	AC-WC Asbuton LGA + Beton + filler + aspal 5,0%
Stabilitas	800kg	-	1775
Kelelehan (<i>Flow</i>)	2mm	4mm	3,4
VIM (<i>Void In Mix</i>)	3,00%	5,00%	3,99
VMA (<i>Void Mineral Agregat</i>)	15%	-	11,78
VFB (<i>Void Filled Bitumen</i>)	65%	-	66,12
MQ (<i>Marshall Quotient</i>)	250kg/mm	-	601,70

1) Stabilitas

Nilai stabilitas campuran AC-WC dengan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA pada kadar aspal optimum 5,0% adalah 1775 Kg. Nilai stabilitas tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6 yang menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA memenuhi kinerja layan perkerasan jalan.

Stabilitas juga dipengaruhi oleh VIM, VMA, dan VFB karena keempatnya saling berkaitan. Semakin tinggi nilai rongga udara atau VIM maka nilai stabilitas akan rendah karena banyaknya rongga udara dalam campuran akan mengurangi kemampuan perkerasan dalam menerima beban lalu lintas. Semakin tinggi nilai VMA atau rongga diantara butir agregat akan semakin tinggi pula nilai stabilitas karena semakin tinggi VMA maka aspal akan semakin mudah mengisi celah dan campuran akan semakin kaku ketika dipadatkan. Nilai rongga yang terisi aspal atau VIM juga berpengaruh pada

stabilitas karena VIM yang terlalu sedikit atau kurang dari 65% maka campuran akan mengalami perubahan bentuk seperti *rutting*.

Gradasi butiran juga penting adanya dalam mempengaruhi stabilitas karena hal ini erat kaitannya dengan *interlocking* antara agregat dengan kadar aspal terbaik sehingga memiliki kepadatan campuran yang baik dan tidak mudah berubah bentuk. Butiran pada setiap ukuran bin material pada campuran haruslah memiliki proporsi yang baik. Apabila butiran material ukuran bin 3 banyak maka ukuran bin 2 dan bin 1 haruslah lebih banyak karena untuk mengisi rongga dalam campuran agar tidak terlalu banyak, namun apabila rongga dalam campuran terlalu rapat juga akan mempengaruhi nilai stabilitas.

2) *Flow* (Kelelehan)

Nilai *flow* yang dihasilkan dari pengujian terhadap campuran AC-WC dengan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA pada kadar aspal optimum 5,0% adalah 3,0 mm. Nilai *flow* tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6 yaitu minimal 2 mm dan maksimal 4 mm sehingga menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA memiliki sifat campuran yang plastis dan juga elastis sehingga mampu menerima beban lalu lintas secara merata.

3) VIM (*Void In Mix*)

Nilai *Void In Mix* yang dihasilkan dari pengujian terhadap campuran AC-WC dengan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA pada kadar aspal optimum 5,0% adalah 3,99%. Nilai *Void In Mix* tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6 yaitu minimal 3 % dan maksimal 5% sehingga menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA memiliki durabilitas yang baik dan kedap terhadap air karena memiliki rongga dalam campuran yang sedikit. Material agregat yang digunakan juga berpengaruh sebagai gradasi penyusun maka material agregat harus memiliki ukuran dan komposisi yang tepat sehingga campuran rapat namun tetap plastis.

4) VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

Nilai *Void in Mineral Aggregate* yang dihasilkan dari pengujian terhadap campuran AC-WC dengan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA pada kadar aspal optimum 5,0% adalah 11,78%. Nilai *Void in Mineral Aggregate* tersebut tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6 yaitu minimal 15 % sehingga menunjukkan bahwa campuran tersebut memiliki rongga diantara agregat yang rapat yang nantinya akan menyebabkan kadar aspal yang mengisi dalam campuran sedikit. Proporsi gradasi butiran sangatlah berpengaruh pada nilai VMA karena apabila gradasi butiran penyusunnya terlalu rapat dikarenakan butiran material agregat halus terlalu banyak sehingga mengisi rongga maka akan menyulitkan untuk aspal menyerap dan mengisi rongga sebagai perekat dan ketika dipadatkan campuran akan mudah mengalami perubahan bentuk

akibat kurangnya kadar aspal sebagai bahan pengikat. Maka dari itu proporsi gradasi butiran haruslah tepat sehingga tidak terlalu rapat ataupun besar yang akan mempengaruhi kepadatan dari campuran itu sendiri.

5) VFB (*Void Filled with Bitumen*)

Nilai *Void Filled with Bitumen* yang dihasilkan dari pengujian terhadap campuran AC-WC dengan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA pada kadar aspal optimum 5,0% adalah 66,12%. Nilai *Void Filled with Bitumen* tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6 yaitu minimal 65 % sehingga menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA memiliki durabilitas yang baik karena aspal yang mengisi rongga tersebut menyelimuti agregat dengan baik sehingga campuran memiliki kekakuan yang baik dan tidak mudah berubah bentuk.

Gradasi butiran, VMA, dan VIM juga mempengaruhi nilai VFB. Campuran agregat yang terlalu banyak agregat halus maka gradasi agregatnya akan rapat sehingga VMA atau rongga diantara campuran akan kecil yang akan membuat aspal sulit untuk menyerap diantara rongga tersebut sehingga kadar aspal yang terisi tidak memenuhi syarat dan akan mempengaruhi kekakuan dari campuran tersebut.

6) *Marshall Quotient (MQ)*

Nilai *Marshall Quotient* yang dihasilkan dari pengujian terhadap campuran AC-WC dengan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA pada kadar aspal optimum 5,0% adalah 601,70 Kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6 yaitu minimal 250 kg/mm sehingga menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA memiliki kekakuan dan kelenturan yang baik karena MQ merupakan indikator terhadap kelenturan (*flexibility*) pada perkerasan jalan.

SIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh aspal buton LGA dan limbah beton tiang pancang sebagai pengganti agregat pada campuran AC-WC yang menggunakan aspal pen 60/70 dengan tambahan *fly-ash* sebagai *filler*, maka diperoleh kesimpulan, diantaranya :

- 1) Material limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA dapat dimanfaatkan menjadi material alternatif untuk pembuatan campuran pada lapisan AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) karena memiliki pengaruh terpenuhinya parameter pengujian marshall pada benda uji AC-WC dengan KAO 5,0% diantaranya nilai VIM sebesar 4,44%, nilai VFB sebesar 66,12%, nilai *flow* sebesar 3,0mm , nilai stabilitas sebesar 1775 kg, dan nilai MQ sebesar 601,70 kg/mm. Sedangkan yang tidak memenuhi syarat hanya pada poin VMA yaitu 11,78% . Hasil dari karakteristik marshall yaitu VIM, VMA, VFB, *flow*, stabilitas dan MQ saling berkaitan karena komposisi agregat

penyusun berperan dalam menentukan hasil yang baik. Apabila rongga diantara agregat terlalu besar maka akan berpengaruh pada nilai VIM dan VFB yang mempengaruhi proses *interlocking* antara agregat dan aspal pada campuran. Semakin besar VMA maka semakin besar pula VIM dan akan membuat rongga yang terisi aspal terlalu banyak sehingga campuran akan mudah mengalami perubahan bentuk ataupun *bleeding*. Nilai stabilitas akan semakin turun apabila campuran bersifat terlalu plastis.

- 2) Prosentase pemanfaatan limbah beton dan asbuton LGA yang optimum setelah dilakukannya *trial and error* adalah 30% *coarse agregat* limbah beton, 36% *medium aggregate* asbuton LGA , dan 26% *fine aggregate* limbah beton.
- 3) Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapat dari perhitungan garis polynominal terhadap nilai stabilitas pada campuran AC-WC dengan agregat limbah beton tiang pancang dan aspal buton LGA yaitu 5,0 % dan juga menjelaskan bahwa untuk mendapatkan nilai yang optimum tidak harus menggunakan jumlah aspal yang paling banyak, melainkan dilihat melalui nilai puncak pada stabilitas dimana kemampuan dari campuran aspal tersebut, baik dari kekuatan, kelelahan dan juga proses *interlocking* antara agregat satu dengan agregat yang lain.

SARAN

Saran untuk pengembangan lebih lanjut untuk penelitian pada masa yang akan datang , yaitu :

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya melakukan pengujian ekstraksi terhadap kadar aspal yang terkandung dalam asbuton LGA sehingga dapat menentukan KAO dengan lebih optimal.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pengujian daya serap agregat terhadap aspal sehingga dapat menentukan KAO dengan optimum.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu untuk mencari metode dalam pencampuran agregat LGA dengan aspal minyak agar campuran aspal dapat menjadi campuran yang homogen dengan sempurna.
4. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk melakukan beberapa uji campuran aspal selain daripada *marshall*, adapun beberapa uji yang dimaksudkan adalah uji *Skid Resistance* dan Uji *Flexibilitas* lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Silvia, Sukirman. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : NOVA.
- Silvia, Sukirman. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : NOVA.
- Silvia, Sukirman. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Yayasan Obor Indonesia.
- Saodang, H., 2005 . *Konstruksi Jalan Raya* . Bandung . NOVA

American Association of State Highway and
Transportation Officials (AASHTO). 1993.
Washington D.C. AASHTO

Spesifikasi umum Divisi 6 Perkerasan Aspal. 2010. Bina
marga.

