

## PENGARUH ASAM SULFAT TERHADAP STABILITAS CAMPURAN ASPAL LASTON WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN ALAT MARSHALL

*Indra Syahrul Fuad<sup>16</sup>, Bazar Asmawi<sup>17</sup>, Harry Ananda<sup>18</sup>*  
email: indra.utp@gmail.com

**Abstrak:** Asam Sulfat merupakan merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Asam Sulfat sering digunakan dalam mencetak hasil perkebunan karet. Dengan maraknya penggunaan Asam Sulfat untuk pengolahan karet, besar kemungkinan ketika proses pengangkutan, Asam Sulfat tertumpah atau menetes ke atas permukaan jalan. Kondisi inilah yang selanjutnya mendorong untuk melakukan penelitian kondisi stabilitas suatu perkerasan jalan akibat pengaruh Asam Sulfat. Ada dua perlakuan yaitu pembuatan benda uji campuran normal, dan benda uji yang direndam Asam Sulfat. Untuk perlakuan benda uji yang direndam Asam Sulfat dilakukan perendaman dengan variasi konsentrasi Asam Sulfat 100 %, Asam Sulfat 75% + Air 25%, Asam Sulfat 50% + Air 50%, dan Asam Sulfat 25% + Air 75% serta variasi waktu perendaman 1, 3 dan 5 menit diangkat, dicuci dan didiamkan untuk pengeringan air selama 24 jam sebelum diuji Marshall. Dari hasil pengujian campuran normal didapatkan nilai KAO 5,80 % dan nilai stabilitas 1610 kg. Secara keseluruhan nilai stabilitas menurun akibat perendaman Asam Sulfat. Penurunan terbesar terjadi ketika direndam dengan Asam Sulfat 100% dengan waktu 5 menit sebesar 555,31 kg. Penurunan stabilitas terkecil terjadi pada kondisi benda uji dicelupkan ke dalam larutan 25 % Asam Sulfat + 75 % air dengan waktu 1 menit sebesar 1504,48 kg. Semakin besar konsentrasi Asam Sulfat terhadap air dan semakin lama waktu pencelupan maka kondisi benda uji semakin jelek dan hancur nilai stabilitasnya.

**Kata kunci:** campuran aspal, asam sulfat, marshall

*Abstract: Sulfuric acid is a mineral acid (inorganic) are strong. Sulfuric acid is often used in forming the rubber plantation crops. With the widespread use of sulfuric acid for rubber processing, most likely when the transport process, sulfuric acid spilled or dripped onto the road surface. This condition is further pushed to do research conditions of stability of a pavement due to the influence of sulfuric acid. There are two treatments, namely the manufacture of a mixture of normal specimen, and the specimen is immersed Sulphuric Acid. For the treatment of specimens immersed sulfuric acid soaking with varying concentrations Sulfuric Acid 100%, sulfuric acid 75% + water 25%, sulfuric acid 50% + water 50%, and Sulfuric Acid 25% + Water 75% and variations in immersion time 1, 3 and 5 minutes removed, washed and allowed to stand for drying of water for 24 hours before being tested Marshall. Mixture of normal test results obtained KAO value 5.80% and stability value is 1610 kg. Overall value decreased due to the stability of Sulphuric Acid immersion. The largest decline occurred when soaked with sulfuric acid to 100% with 5 minutes of 555.31 kg. The smallest decrease in stability occurred in the conditions of the test specimen is dipped into a solution of 25% sulfuric acid + 75% water with a time of 1 minute at 1504.48 kg. The greater the concentration of sulfuric acid to water and the longer time of dipping the test specimen conditions got worse and destroyed the value of stability.*

**Keywords:** asphalt mixture, sulfuric acid, marshall

---

<sup>16,17</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang.

<sup>18</sup> Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang.

## PENDAHULUAN

Di Sumatera Selatan, perkebunan karet merupakan salah satu komoditas yang memproduksi secara signifikan dibandingkan komoditas perkebunan lainnya. Data statistik pada tahun 2014 menunjukkan bahwa produksi karet di Sumatera Selatan pada tahun 2013 sebesar 1.122.005 ton dengan penggunaan lahan seluas 1.300.340 Ha.

Pada Jalan Lettu Karim Kadir daerah Gandus Palembang, sering dilewati oleh mobil yang mengangkut hasil kebun karet. Hasil perkebunan karet biasanya dibentuk atau disatukan menggunakan Asam Sulfat. Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam Sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia. Sebagian besar dari efek Asam Sulfat menghasilkan keasaman yang kuat. Korosi logam oleh Asam Sulfat disebabkan oleh keasaman. Efek dari Asam Sulfat pada bahan organik, termasuk jaringan manusia.

Dengan maraknya penggunaan Asam Sulfat untuk pengolahan karet, besar kemungkinan ketika proses pengangkutan, Asam Sulfat tertumpah atau menetes ke atas permukaan jalan.

## Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana komposisi campuran *Laston Bearing Course* (AC-BC) termasuk penentuan kadar aspal optimum sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 revisi 2
2. Bagaimana mengetahui perbandingan stabilitas campuran *Laston Bearing Course* (AC-BC) normal dengan stabilitas campuran *Laston Bearing Course* (AC-BC) akibat pengaruh Asam Sulfat dengan pengujian Marshall yang telah dibuat sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 revisi 2.

## Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui komposisi campuran *Laston Bearing Course* (AC-BC) dan perbandingan stabilitas campuran *Laston Bearing Course* (AC-BC) normal dengan stabilitas campuran *Laston Bearing Course* (AC-BC) akibat pengaruh Asam Sulfat dengan metode Marshall test yang telah dibuat sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 revisi 2.

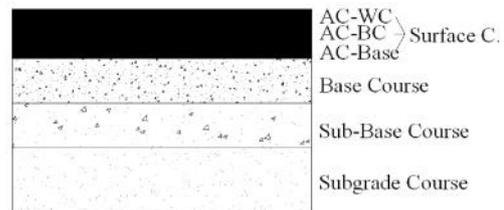
## LANDASAN TEORI

### Jenis Perkerasan

Pada umumnya pengklasifikasian konstruksi perkerasan jalan dapat digolongkan menjadi tiga bagian, yaitu :

### Konstruksi Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur merupakan suatu perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran aspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan yang ada dibawahnya. Beberapa lapisan yang ada pada perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Struktur Lapisan Perkerasan Lentur

### Konstruksi Perkerasan Kaku

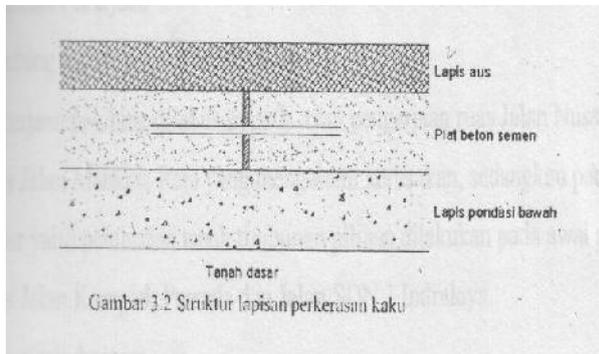
Perkerasan kaku merupakan struktur yang terdiri dari plat beton semen bersambung atau sambungan dengan tulangan yang terletak diatas pondasi bawah dengan atau tanpa pengaspalan sebagai lapisan aus.

Untuk dapat mempunyai fungsi yang baik, perkerasan kaku harus:

1. Direncanakan dan dibangun sedemikian rupa sehingga mampu mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar, dan pengaruh cuaca, serta kondisi lingkungan.
2. Mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar (sebagai akibat beban lalu lintas) sampai batas-batas yang masih mampu dipikul tanah dasar tersebut, tanpa

menimbulkan perbedaan lendutan atau penurunan yang dapat merusak perkerasan sendiri.

Bentuk dan susunan perkerasan kaku dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Struktur Lapisan Perkerasan Kaku

## Material Perkerasan

### 1. Agregat

Agregat atau disebut juga dengan batuan pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan penyal (solid). Hasil pengelolaan (*artificial/manufacture aggregate*) yang digunakan sebagai bahan penyusun utama dalam campuran lapis perkerasan dan sangat menentukan kekuatan dan daya dukung dari campuran perkerasan tersebut, komposisinya dalam campuran berkisar antara 90 persen sampai 95 persen berat campuran atau 75 persen sampai 85 persen agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

### 2. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada suhu ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suhu tertentu aspal akan mencair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau masuk kedalam pori-pori yang ada pada waktu penyiraman pada perkerasan macadam atau pelaburan. Jika suhu mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya. (sifat thermoplastis).

Aspal merupakan komponen kecil pada perkerasan, umumnya hanya 4-10% berdasarkan

berat atau 10-15% dari volume, namun merupakan komponen yang relatif mahal. Sifat aspal akan berubah akibat panas dan umur sehingga menjadi kaku dan rapuh, akibatnya daya adhesinya terhadap partikel agregat akan berkurang. Hal ini dapat diatasi jika sifatnya dikuasai dan dilakukan pengambilan langkah yang lebih baik dalam proses pelaksanaan.

### 3. Lapisan Beton Aspal

Lapis beton aspal adalah lapisan penutup konstruksi jalan yang mempunyai nilai struktural yang pertama kali dikembangkan di Amerika oleh *The Asphalt Institute* dengan nama *Asphalt Concrete (AC)*. Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, campuran ini terdiri atas agregat menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Sedangkan yang dimaksud gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butir yang merata mulai dari ukuran yang terbesar sampai ukuran yang terkecil. Beton aspal dengan campuran bergradasi menerus memiliki komposisi dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi (*filler*) dan aspal (*bitumen*) sebagai pengikat. Ciri lainnya memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku.

Menurut spesifikasi campuran aspal Departemen Pekerjaan Umum 2010, Laston (AC) terdiri dari tiga macam campuran, Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25.4 mm, 37.5 mm.

### Karakteristik Beton Aspal

Menurut Silvia Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*). Di bawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut.

1. Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan mayoritas kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :
  - a. Gesekan internal yang dapat berasal dari kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
  - b. Kohesi yang merupakan gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.
2. Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat penaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.
3. Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/*settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*) adalah kemampuan beton aspal untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.
5. Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya esek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip. Faktor-faktor untuk

mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.

6. Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.
7. *Workability* adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

Ketujuh sifat campuran beton aspal ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu campuran. Sifat-sifat beton aspal mana yang dominan lebih diinginkan akan menentukan jenis beton aspal yang dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan seperti mobil penumpang sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi daripada memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi.

### **Pengujian Beton Aspal Dengan alat Marshall**

Kinerja dari campuran aspal panas aspal beton dapat diukur dengan pengujian *Marshall Test*

Pengujian karakteristik campuran tersebut dapat mengukur parameter-parameter sebagai berikut :

1. Stabilitas (*stability*), yang dinyatakan dalam kg  
Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan untuk menahan beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan/deformasi permanen (*permanent deformation*) seperti gelombang (*washboarding*), alur (*rutting*) dan *bleeding*. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk butir, kualitas, tekstur

permukaan dan gradasi agregat yaitu pada gesekan antar butiran agregat (internal friction) dan saling kunci antar butiran agregat (interlocking), daya lekat dan kadar aspal dalam campuran.

2. *Flow* (kelelahan), yang dinyatakan dengan mm atau 0,01 inch.  
Kelelahan adalah besarnya deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun, kelelahan dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat dan temperatur pemadatan.
3. Kerapatan (*density*), dinyatakan dalam (gram/cc)  
Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan, nilai density biasanya digunakan untuk membandingkan nilai kepadatan rata-rata lapisan yang telah selesai dilapangan dengan kepadatan dilaboratorium, kerapatan ini dipengaruhi oleh temperatur pemadatan, kadar dan jumlah aspal, kualitas dan jenis agregat bahan susun campuran.
4. VFA (*Voids Filled with Asphalt*), yang dinyatakan dalam persen (%)  
VFA adalah prosentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah proses pemadatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi VFA adalah kadar aspal, gradasi agregat, energi pemadatan (jumlah tumbukan) temperature pemadatan.
5. VIM (*Voids In the Mix*), yang dinyatakan dalam persen (%)  
VIM adalah prosentase rongga udara dalam campuran yang telah dipadatkan, nilai VIM yang semakin tinggi menunjukkan semakin besarnya rongga udara dalam campuran, sehingga campuran bersifat porous. Hal ini dapat menyebabkan air dan udara mudah memasuki campuran dan mengakibatkan mudah terjadi oksidasi dan akan mengurangi keawetan campuran tersebut. Sebaiknya VIM yang terlalu rendah akan muncul deformasi plastis, sehingga nilai VIM perlu ditetapkan dalam rentang tertentu.
6. VMA (*Voids in Mineral Aggregate*) yang dinyatakan dalam persen (%).  
VMA adalah rongga udara yang ada diantara butiran agregat dalam campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal dan

dinyatakan dalam prosen terhadap volume campuran agregat aspal. VMA dinyatakan sebagai ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran.

Faktor-faktor yang mempengaruhi VMA antara lain adalah struktur/distribusi target gradasi (jumlah fraksi agregat dalam campuran), ukuran diameter butir terbesar, energi pemadat, kadar aspal, tekstur permukaan, bentuk butiran dan serapan air oleh agregat.

#### 7. *Marshall Quotient* (MQ)

*Marshall Quotient* adalah perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai kelelahan (*flow*) dan digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran, bila campuran aspal agregat mempunyai angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi maka campuran menunjukkan sifat kaku dan getas (*brittle*), dan sebaiknya jika nilai kelelahan tinggi dan nilai stabilitas rendah maka campuran cenderung plastis.

#### Asam Sulfat

Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia. Kegunaan utamanya termasuk pemrosesan biji mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah dan pengilangan minyak.

Sebagian besar dari efek asam sulfat menghasilkan keasaman yang kuat. Korosi logam oleh asam sulfat disebabkan oleh keasaman. Efek dari asam sulfat pada bahan organik, termasuk jaringan manusia, sebagian besar hasil dari menghidrasi sifat-sifatnya.

Efek dari asam sulfat pada logam khas dari asam kuat: ia akan bereaksi dengan logam tersebut yang lebih reaktif daripada hidrogen untuk membentuk garam logam sulfat dan melepaskan gas hidrogen. Ini akan bereaksi dengan cara ini dengan banyak logam biasa, termasuk zat besi, seng dan aluminium. Reaksi ini lebih kuat dengan asam encer dibandingkan dengan asam pekat. Ini membatasi bahan yang dapat digunakan untuk menyimpan asam, meskipun dalam bentuk terkonsentrasi dapat disimpan dalam tangki stainless steel. Pelepasan gas hidrogen menimbulkan risiko ledakan

potensial dalam hal terjadi tumpahan atau kebocoran, jika asam mengalami kontak dengan logam.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian lebih kurang empat bulan, dilaksanakan dilaboratorium Dinas PU Bina Marga Provinsi Sumatera Selatan.

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah, agregat, aspal AC-WC dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Penggunaan peralatan yang digunakan untuk pengujian sifat-sifat dasar agregat, aspal, marshall.

### Pembuatan DMF dan JMF

*Desain Mix Formula* (DMF) dibuat dengan merangkum data komposisi agregat, Kadar Aspal Optimum (KAO) dan hasil pengujian *Marshall*. Maka didapatkan persentase campuran aspal dengan menggabungkan komposisi agregat dan Kadar Aspal Optimum (KAO) dan hasil *Marshall* yang masuk dalam spesifikasi.

*Job Mix Formula* (JMF) merupakan rencana campuran yang akan dibuat untuk melakukan pengujian campuran aspal di laboratorium. Komposisi campuran aspal diambil dari DMF diatas, maka JMF didapatkan dengan mengalikan komposisi tiap-tiap campuran dengan kebutuhan berat untuk 1 buah benda uji yaitu 1100 gram.

## PEMBAHASAN DAN ANALISA

### Hasil Pengujian Agregat

Material agregat dilakukan pengujian sifat dasar setelah dikeringkan selama 24 jam didalam oven sehingga agregat tidak mengandung kadar air. Hasil Pengujian agregat yang dilakukan di laboratorium meliputi agregat kasar, agregat halus dan filler yang dapat ditunjukkan pada tabel 1, 2 dan 3 berikut:

**Tabel 1** Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil		Spek. Bina Marga
		Split 1/2"	Screen 1/1"	
1	Berat Jenis Bulk	2,54	2,51	

	Berat Jenis SSD	2,59	2,56	
	Berat Jenis Semu	2,67	2,66	
	Penyerapan Air	1,90 %	2,24 %	Maks. 3%
2	Abrasi dengan mesin Los Angeles	18,14 %		Maks. 30%
3	Kelekatan agregat terhadap Aspal	95 %		Min. 95%
4	Material lolos # 200	0,96	0,84	Maks. 1%

Sumber : Pengujian laboratorium

**Tabel 2** Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil		Spek. Bina Marga
		Dust	Sand	
1	Berat Jenis Bulk	2,50	2,53	
	Berat Jenis SSD	2,55	2,59	
	Berat Jenis Semu	2,64	2,70	
	Penyerapan Air	2,08 %	2,51 %	Maks. 3%
2	Material lolos # 200	4,76	1,50	

Sumber : Pengujian laboratorium

**Tabel 3** Hasil Pengujian Filler

No	Jenis Pengujian	Hasil	Spek. Bina Marga
1	Lolos saringan #200	100 %	Min. 70

Sumber : Pengujian laboratorium

### Hasil Pengujian Aspal

Pengujian Aspal dilakukan di ruangan dengan suhu 25 °C, hasil pengujian aspal dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

**Tabel 4** Hasil Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Hasil	Spek. Bina Marga
1	Penetrasi	63	60 – 70
2	Berat jenis	1,033	1,0
3	Titik lembek (°C)	54	48
4	Titik Nyala (°C)	344	232
5	Daktalitas (cm)	> 140	100

Sumber : Pengujian laboratorium

Aspal memenuhi persyaratan spesifikasi bina marga 2010 rev.2, sehingga aspal ini bisa

digunakan sebagai bahan pengikat campuran Laston *Wearing Course* (AC – WC).

**Perhitungan Komposisi Agregat**

Hasil perhitungan tersebut didapatkan komposisi campuran yang sesuai dengan gradasi campuran yang telah ditetapkan oleh spesifikasi Bina Marga. Komposisi campuran tersebut yaitu :

1. Split (batu pecah ½) = 15 %
2. Screen (batu pecah 1/1) = 45 %
3. Dust (abu batu) = 28 %
4. Sand (pasir) = 10 %
5. Filler (semen) = 2 % *(diambil maksimum)*

Gradasi yang digunakan yaitu gradasi kasar dikarenakan hasil pengujian analisa saringan dari agregat sangat sedikit persentase lolos ayakan dibawah saringan No.4.

**Perhitungan Kadar Aspal**

Perhitungan kadar Aspal menggunakan metode *California*. Terlebih dahulu hitung selisih antar saringan AC – WC, lihat Tabel 5.

**Tabel 5** Selisih antar saringan

Ukuran Saringan (mm)	Spesifikasi Laston AC-WC	
	Batas Bawah	Batas Atas
19	100	0
12,5	90 – 100	10
9,5	72 – 90	27
4,75	43 – 63	23,9
2,36	28 – 39,1	13,5
1,18	19 – 25,6	6,5
0,600	13 – 19,1	3,6
0,300	9 – 15,5	2,5
0,150	6 – 13	3
0,075	4 – 10	
	FF = 4	FF = 10

Sumber : Perhitungan

Perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan sebagai berikut :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K$$

Keterangan :

- Pb = Perkiraan kadar aspal optimum
- CA = Nilai persentase agregat kasar

(diatas saringan No. 8)

FA = Nilai persentase agregat halus (dibawah saringan No. 8)

FF = Nilai persentase *filler*

K = Konstanta (untuk Laston 0,5 – 1,0)

Hasil perhitungan Pb dibulatkan 0,5 % ke atas terdekat dan nilai konstanta (K) diambil 0,5.

Batas Bawah

$$Pb_{min} = 0,035 (72) + 0,045 (24) + 0,18 (4) + 0,5 = 4,82 \%$$

Batas Atas

$$Pb_{maks} = 0,035 (60,9) + 0,045 (29,1) + 0,18 (10) + 0,5 = 5,74$$

Rata – rata

$$Pb = \frac{Pb_{min} + Pb_{maks}}{2} = \frac{4,82 + 5,74}{2}$$

$$Pb = 5,28 \quad 5,5 \%$$

Setelah didapat nilai kadar aspal rencana sebesar 5,5 %, selanjutnya dibuat rentang interval penurunan dan kenaikan 0,5% sedikitnya lima variasi. Perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 6** Variasi nilai kadar aspal

Pengurangan (%)		Kadar Aspal Rencana	Penambahan (%)	
-1,0	-0,5	Pb	+0,5	+1,0
4,5	5,0	5,5	6,0	6,5

Sumber : Perhitungan

**Marshall Test**

Pengujian *Marshall* dilakukan berdasarkan kadar aspalnya yang terdiri dari 5 variasi kadar aspal. Dimana berat agregat untuk setiap sample dibuat 1100 gram. Pengujian *Marshall* ini dilakukan untuk mengetahui Kadar Aspal Optimum (KAO). Setelah benda uji dibuat, maka dilakukan pengujian persiapan *Marshall* sebelum dilakukan pengujian *Marshall* terhadap benda uji tersebut. Pengujian persiapan *Marshall* yaitu benda uji ditimbang kering udara, timbang dalam air dan timbang dalam keadaa SSD.

Pengujian *Marshall* dilakukan dengan merendam benda uji selama 30 menit dengan suhu 60 °C. Setelah itu benda uji di letakkan pada alat *Marshall* test untuk ditekan sehingga mendapatkan nilai stabilitas dan kelelahan.

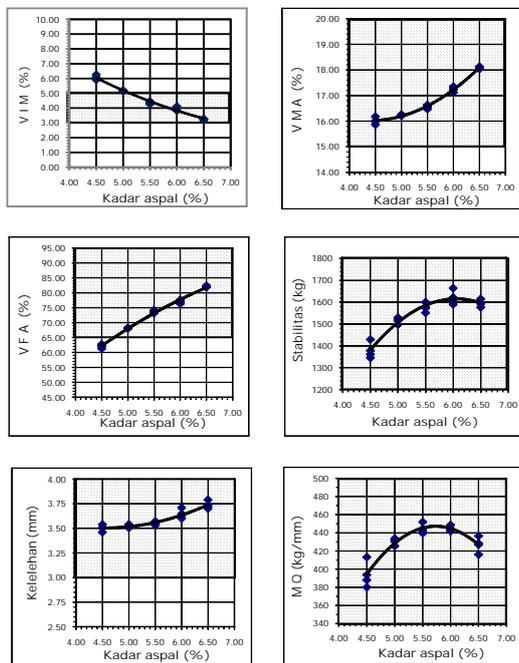
Adapun hasil pengujian *Marshall* campuran aspal dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 7** Hasil Pengujian Marshall

Kode Briket	Kadar Aspal	Berat isi	VIM Refusal	VMA	VFA	Stabilitas	Kelelahan	Hasil Bagi Marshall
	%	t/m <sup>3</sup>	%	%	%	Kg	mm	Kg/mm
A - 1	4,50	2,282	6,05	15,99	62,16	1429,43	3,46	413,13
A - 2	4,50	2,285	5,91	15,86	62,75	1361,79	3,51	387,98
A - 3	4,50	2,276	6,27	16,18	61,28	1345,34	3,54	380,04
<b>Rata-rata</b>	<b>4,50</b>	<b>2,281</b>	<b>6,07</b>	<b>16,01</b>	<b>62,07</b>	<b>1378,86</b>	<b>3,50</b>	<b>393,72</b>
B - 1	5,00	2,287	5,17	16,24	68,17	1497,34	3,52	425,38
B - 2	5,00	2,287	5,14	16,22	68,27	1519,98	3,51	433,64
B - 3	5,00	2,286	5,19	16,26	68,06	1529,60	3,54	432,09
<b>Rata-rata</b>	<b>5,00</b>	<b>2,287</b>	<b>5,17</b>	<b>16,24</b>	<b>68,17</b>	<b>1515,64</b>	<b>3,52</b>	<b>430,37</b>
C - 1	5,50	2,288	4,45	16,64	73,23	1600,07	3,54	452,00
C - 2	5,50	2,290	4,37	16,56	73,64	1551,70	3,53	439,58
C - 3	5,50	2,293	4,26	16,47	74,13	1573,91	3,57	440,87
<b>Rata-rata</b>	<b>5,50</b>	<b>2,290</b>	<b>4,36</b>	<b>16,55</b>	<b>73,67</b>	<b>1575,23</b>	<b>3,55</b>	<b>444,15</b>
D - 1	6,00	2,287	3,84	17,12	77,59	1664,33	3,71	448,61
D - 2	6,00	2,281	4,10	17,35	76,34	1609,41	3,63	443,36
D - 3	6,00	2,283	4,00	17,26	76,84	1590,18	3,60	441,72
<b>Rata-rata</b>	<b>6,00</b>	<b>2,284</b>	<b>3,98</b>	<b>17,24</b>	<b>76,92</b>	<b>1621,31</b>	<b>3,65</b>	<b>444,56</b>
E - 1	6,50	2,271	3,27	18,13	81,96	1593,30	3,72	428,31
E - 2	6,50	2,274	3,17	18,04	82,43	1577,11	3,79	416,13
E - 3	6,50	2,271	3,27	18,12	81,97	1615,27	3,70	436,56
<b>Rata-rata</b>	<b>6,50</b>	<b>2,272</b>	<b>3,24</b>	<b>18,10</b>	<b>82,12</b>	<b>1595,23</b>	<b>3,74</b>	<b>427,00</b>

Sumber : Pengujian laboratorium

Dari data hasil pengujian *Marshall* diatas selanjutnya masing-masing parameter tersebut digambarkan dalam bentuk grafik yang menghubungkan variabel kadar aspal dan parameter-parameter tersebut. Grafik hasil pengujian *Marshall* disajikan pada gambar 3 sebagai berikut:

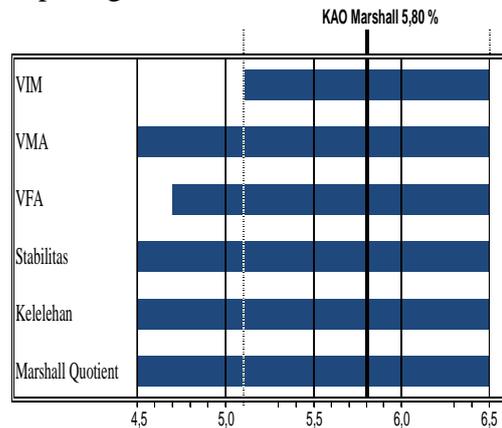


— Grafik Pengujian  
 ▨ Spesifikasi Bina Marga 2010 rev.2  
 — Kadar Aspal Optimum

**Gambar 3** Grafik Hasil Pengujian *Marshall* pada Campuran Normal (Sumber : Pengujian laboratorium)

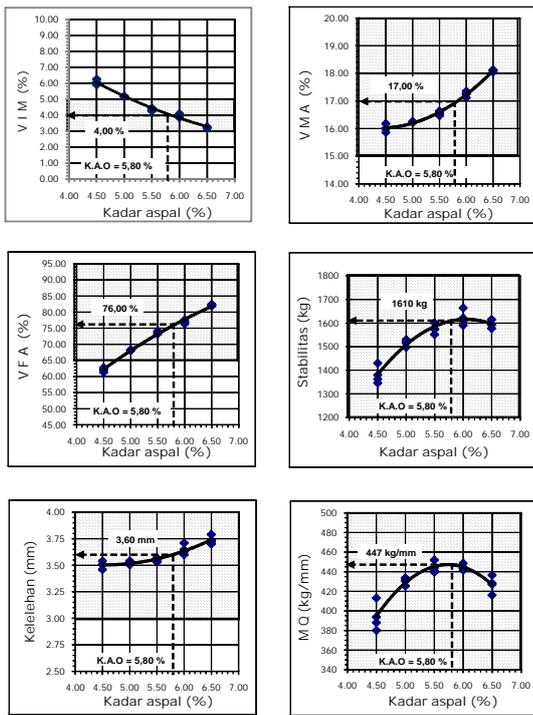
**Penentuan Nilai KAO**

Dari gambar 4.1 hasil pengujian *Marshall* campuran normal (AC – WC) yang akan diambil untuk perbandingan dalam menentukan nilai kadar aspal optimum (KAO) adalah nilai rata-rata dari masing-masing parameter *Marshall*. Kemudian dibuat grafik batang untuk menentukan kadar aspal optimumnya, dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4** Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Campuran Normal (Sumber : Perhitungan)

Dapat ditarik kesimpulan, bahwa kadar aspal dengan rentang 5,1 hingga 6,5 % yang memenuhi semua parameter *Marshall*, lalu rentang tersebut diambil nilai tengahnya dan didapatlah kadar aspal optimumnya sebesar 5,80 %, maka dapat dianalisa nilai optimum tiap-tiap parameter *Marshall* yang ditampilkan pada gambar 5.



— Grafik Pengujian  
 [Dotted Box] Spesifikasi Bina Marga 2010 rev.2  
 — Kadar Aspal Optimum

**Gambar 5** Grafik nilai Optimum Campuran Normal pada KAO = 5,80 %  
 (Sumber : Pengujian laboratorium)

Dari grafik parameter *Marshall* pada gambar 4.3 diatas, didapatkan nilai optimum masing-masing parameter *Marshall* tersebut. Pada KAO 5,80 % didapat nilai VIM sebesar 4,00 %, VMA 17,00 %, VFA 76,00 %, Stabilitas 1.610 kg, Kelelehan 3,60 mm, dan *Marshall Quotient* 447 kg/mm. Dapat dilihat pada tabel 8 berikut:

**Tabel 8** Rekapitulasi Nilai Optimum Parameter *Marshall* Campuran Normal

No.	Parameter	Hasil	Spec.
1	VIM	4,00 %	3,0 % – 5,0 %
2	VMA	17,00 %	15 %
3	VFA	76,00 %	65 %
4	Stabilitas	1.610 kg	800 kg
5	Kelelehan	3,60 mm	3 mm
6	MQ	447 kg/mm	250 kg/mm

(Sumber : Pengujian laboratorium)

### Hasil Pengujian *Marshall* Perendaman Benda Uji Campuran Laston *Wearing Course* (AC-WC) ke dalam Asam Sulfat

Benda uji direndam dengan Asam Sulfat, dicuci, dikeringkan lalu dilakukan pengujian *Marshall*.

**Tabel 9** Hasil Pengujian *Marshall* Pengaruh Asam Sulfat

Kode Billet	Kadar Aspal	Berat (s)	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Kelelehan	MQ
	%		3,0 - 5,0	≥ 15	≥ 65			
100 % - 1 ment (a)	5,80	2,245	5,85	18,46	68,29	946,12	4,70	202,34
100 % - 1 ment (b)	5,80	2,242	5,97	18,56	67,94	1016,06	4,78	212,78
<b>Rate-rata</b>	<b>5,80</b>	<b>2,244</b>	<b>5,91</b>	<b>18,51</b>	<b>68,07</b>	<b>981,09</b>	<b>4,74</b>	<b>207,66</b>
100 % - 3 ment (a)	5,80	2,226	6,66	19,16	65,23	803,25	5,18	135,02
100 % - 3 ment (b)	5,80	2,222	6,82	19,29	64,67	771,68	5,26	146,77
<b>Rate-rata</b>	<b>5,80</b>	<b>2,224</b>	<b>6,74</b>	<b>19,23</b>	<b>64,95</b>	<b>787,47</b>	<b>5,22</b>	<b>150,89</b>
100 % - 5 ment (a)	5,80	2,229	6,54	19,05	65,68	585,20	5,84	100,17
100 % - 5 ment (b)	5,80	2,176	8,75	20,87	58,26	525,42	5,77	91,13
<b>Rate-rata</b>	<b>5,80</b>	<b>2,202</b>	<b>7,65</b>	<b>20,01</b>	<b>61,97</b>	<b>555,31</b>	<b>5,80</b>	<b>95,65</b>
75 % - 1 ment (a)	5,80	2,256	5,39	18,06	70,14	1164,35	4,19	277,82
75 % - 1 ment (b)	5,80	2,276	4,56	17,34	73,68	1050,23	4,27	236,19
<b>Rate-rata</b>	<b>5,80</b>	<b>2,266</b>	<b>4,98</b>	<b>17,70</b>	<b>71,91</b>	<b>1128,79</b>	<b>4,23</b>	<b>267,01</b>
75 % - 3 ment (a)	5,80	2,224	6,74	19,23	64,95	872,16	4,67	208,01
75 % - 3 ment (b)	5,80	2,292	3,88	16,75	76,85	919,30	4,78	152,51
<b>Rate-rata</b>	<b>5,80</b>	<b>2,258</b>	<b>5,31</b>	<b>17,99</b>	<b>70,89</b>	<b>945,73</b>	<b>4,72</b>	<b>200,26</b>
75 % - 5 ment (a)	5,80	2,248	5,75	18,37	68,68	774,48	5,28	146,59
75 % - 5 ment (b)	5,80	2,240	6,09	18,66	67,38	752,50	5,11	147,39
<b>Rate-rata</b>	<b>5,80</b>	<b>2,244</b>	<b>5,92</b>	<b>18,52</b>	<b>68,03</b>	<b>763,49</b>	<b>5,19</b>	<b>146,99</b>
50 % - 1 ment (a)	5,80	2,286	4,15	16,98	75,39	1325,94	3,86	343,44
50 % - 1 ment (b)	5,80	2,281	4,36	17,17	74,58	1388,46	3,91	354,96
<b>Rate-rata</b>	<b>5,80</b>	<b>2,283</b>	<b>4,26</b>	<b>17,07</b>	<b>75,08</b>	<b>1357,20</b>	<b>3,89</b>	<b>349,20</b>
50 % - 3 ment (a)	5,80	2,272	4,74	17,50	72,90	1191,68	4,27	276,27
50 % - 3 ment (b)	5,80	2,273	4,69	17,45	73,12	1257,76	4,17	301,94
<b>Rate-rata</b>	<b>5,80</b>	<b>2,272</b>	<b>4,72</b>	<b>17,47</b>	<b>73,01</b>	<b>1234,72</b>	<b>4,22</b>	<b>290,60</b>
50 % - 5 ment (a)	5,80	2,262	5,14	17,94	71,20	993,28	4,70	211,38
50 % - 5 ment (b)	5,80	2,260	5,22	17,91	70,84	1018,79	4,88	208,90
<b>Rate-rata</b>	<b>5,80</b>	<b>2,261</b>	<b>5,18</b>	<b>17,88</b>	<b>71,02</b>	<b>1006,03</b>	<b>4,79</b>	<b>210,14</b>
25 % - 1 ment (a)	5,80	2,285	4,18	17,01	75,45	1446,00	3,66	396,16
25 % - 1 ment (b)	5,80	2,285	4,20	17,03	75,33	1539,96	3,71	420,66
<b>Rate-rata</b>	<b>5,80</b>	<b>2,285</b>	<b>4,19</b>	<b>17,02</b>	<b>75,39</b>	<b>1504,48</b>	<b>3,68</b>	<b>408,41</b>
25 % - 3 ment (a)	5,80	2,282	4,31	17,13	74,81	1410,86	3,96	336,06
25 % - 3 ment (b)	5,80	2,284	4,31	17,04	75,28	1336,04	3,91	335,62
<b>Rate-rata</b>	<b>5,80</b>	<b>2,283</b>	<b>4,26</b>	<b>17,08</b>	<b>75,05</b>	<b>1400,95</b>	<b>3,94</b>	<b>335,84</b>
25 % - 5 ment (a)	5,80	2,275	4,59	17,36	73,57	1128,91	4,09	317,63
25 % - 5 ment (b)	5,80	2,277	4,52	17,31	73,86	1137,23	4,27	311,03
<b>Rate-rata</b>	<b>5,80</b>	<b>2,276</b>	<b>4,56</b>	<b>17,33</b>	<b>73,72</b>	<b>1133,07</b>	<b>4,18</b>	<b>314,33</b>

(Sumber : Pengujian laboratorium)

### Perbandingan Hasil Pengujian *Marshall* Campuran Normal dan Pengaruh Asam Sulfat

Setelah didapat rata-rata dari parameter *Marshall* benda uji pengaruh Asam Sulfat, Selanjutnya hasil rata-rata tersebut dibandingkan dengan parameter *Marshall* campuran normal.

Hasil perbandingan *Marshall* dapat dilihat pada tabel 10 dibawah ini.

**Tabel 10** Perbandingan Hasil Parameter  
*Marshall* Benda Uji Campuran  
Normal dan Benda Uji Pengaruh  
Tumpahan Asam Sulfat

Hasil Pengujian Benda Uji KAO=5,80%	Parameter Marshall												
	Rongga Dalam Campuran (VIM)		Rongga Dalam Agregat (VMA)		Rongga Terisi Aspal (VFA)		Stabilitas Marshall		Kelelahan (Flou)		Marshall Quotient (MQ)		
	3,0-5,0	≥ 15	≥ 65	≥ 800	≥ 3	≥ 250							
Normal	4,00	M	17,00	M	76,00	M	1610	M	3,80	M	447	M	
100 % Asam Sulfat	1 menit	5,91	TM	18,51	M	68,07	M	981,09	M	4,74	M	207,06	TM
	3 menit	6,82	TM	19,23	M	64,95	TM	787,47	TM	5,22	M	130,89	TM
	5 menit	7,65	TM	20,01	M	61,97	TM	555,31	TM	5,80	M	95,65	TM
75 % Asam Sulfat + 25 % Air	1 menit	4,98	M	17,70	M	71,91	M	1128,79	M	4,23	M	267,01	M
	3 menit	5,31	TM	17,99	M	70,89	M	945,73	M	4,72	M	200,26	TM
	5 menit	5,92	TM	18,52	M	68,03	M	763,49	TM	5,19	M	148,99	TM
50 % Asam Sulfat + 50 % Air	1 menit	4,26	M	17,07	M	75,08	M	1357,20	M	3,89	M	348,20	M
	3 menit	4,72	M	17,47	M	73,01	M	1224,72	M	4,22	M	290,60	M
	5 menit	5,18	TM	17,88	M	71,02	M	1006,03	M	4,79	M	210,14	TM
25 % Asam Sulfat + 75 % Air	1 menit	4,19	M	17,02	M	75,39	M	1504,48	M	3,68	M	408,41	M
	3 menit	4,26	M	17,08	M	75,05	M	1400,95	M	3,94	M	355,84	M
	5 menit	4,56	M	17,33	M	73,72	M	1313,07	M	4,18	M	314,33	M

(Sumber : Pengujian laboratorium)

## SIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian di laboratorium dan hasil analisa disimpulkan:

1. Komposisi campuran AC – WC yaitu batu pecah ½ (*split*) sebanyak 14,13 %, batu pecah 1/1 (*screen*) sebanyak 42,39 %, abu batu (*dust*) sebanyak 26,38 %, pasir (*sand*) sebanyak 9,42 %, dan semen (*filler*) sebanyak 1,88 % dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,80 %. Baik nilai volumetik yaitu VIM, VMA dan VFA, maupun nilai hasil pengujian *Marshall* yaitu stabilitas, kelelahan dan *Marshall Quotient (MQ)* untuk campuran normal memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2010 rev. 2.
2. Nilai stabilitas benda uji menurun dari kondisi normal, nilai stabilitas sebesar 1610 kg. Penurunan stabilitas terbesar terjadi pada kondisi benda uji dicelupkan ke dalam larutan Asam Sulfat murni dengan waktu 5 menit sebesar 555,31 kg. Penurunan stabilitas terkecil terjadi pada kondisi benda uji dicelupkan ke dalam larutan 25 % Asam Sulfat + 75 % air dengan waktu 1 menit sebesar 1504,48 kg. Variasi konsentrasi Asam Sulfat dicampur air dan variasi waktu pencelupan sangat mempengaruhi penurunan nilai stabilitas, semakin besar konsentrasi Asam Sulfat terhadap air dan semakin lama waktu pencelupan maka kondisi benda uji semakin jelek dan hancur nilai stabilitasnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Artikel non-personal, 3 September 2009. Sumber Daya Alam, Wikipedia Bahasa Indonesia, [http://id.wikipedia.org/wiki/Pembicaraan:Sumber\\_daya\\_alam](http://id.wikipedia.org/wiki/Pembicaraan:Sumber_daya_alam), diakses 23 Februari 2015
- Badan Standarisasi Nasional 1996. SNI 03-4142-1996: *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)*
- Badan Standarisasi Nasional 1991. SNI 03-2489-1991: *Pengujian Campuran Beraspal dengan Alat Marshall*
- Badan Standarisasi Nasional 1991. SNI 03-2456-1991: *Metode Pengujian Penetrasi Bahan-bahan Bitumen*
- Badan Standarisasi Nasional 1991. SNI 03-2441-1991: *Metode Pengujian Berat Jenis Aspal*
- Badan Standarisasi Nasional 1991. SNI 03-2434-1991: *Metode Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter*
- Badan Standarisasi Nasional 1991. SNI 03-2433-1991: *Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Dengan Clevelan Cup*
- Badan Standarisasi Nasional 1991. SNI 03-2432-1991: *Metode Pengujian Daktilitas Bahan Aspal*
- Badan Standarisasi Nasional 1991. SNI 03-2417-1991: *Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*
- Badan Standarisasi Nasional 1990. SNI 03-1970-1990: *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*
- Badan Standarisasi Nasional 1990. SNI 03-1969-1990: *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar*
- Badan Standarisasi Nasional 1990. SNI 03-1968-1990: *Metode Pengujian Tentang*

*Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*

Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, Sumsel, 2013, *Dokumen Pengadaan*, Dinas Pekerjaan Umum, Palembang.

Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, *Manual Pemeriksaan Bahan Jalan*, Jakarta

Kementrian Pekerjaan Umum, 2010 rev 2 , *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan* , Kementrian Pekerjaan Umum, Jakarta.

Oemar Bakrie, *Bahan Perkerasan Jalan*, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya, Palembang

Shirley L. Hendarsin , 2000, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Politeknik Negeri Bandung.

Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit, Jakarta.

Sukirman, Silvia. 1995. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.

Sridianti. 2014. *Apakah dampak efek dari Asam Sulfat?(online)*,<http://sridianti.com/apakah-efek-asam-sulfat.html>. Diakses 20 Februari 2015