

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN *FILLER*  
SEMEN DENGAN KOMBINASI 40% SERBUK  
BATU BATA DAN 60% ABU CANGKANG  
LOKAN PADA CAMPURAN *ASPHALT*  
*CONCRETE BINDER COURSE*  
(AC-BC)**



Oleh :

**ADVANTY ESENTIA  
G1B010007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BENGKULU  
2014**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN FILLER  
SEMEN DENGAN KOMBINASI 40% SERBUK  
BATU BATA DAN 60% ABU CANGKANG  
LOKAN PADA CAMPURAN ASPHALT  
CONCRETE BINDER COURSE  
(AC-BC)**

Oleh :

**ADVANTY ESENTIA**

**G1B010007**

Telah diseminarkan dan Dipertahankan di Hadapan Tim Penguji pada Hari,  
Rabu Tanggal 1 Oktober 2014, di Ruang Sidang 1 Fakultas Teknik  
Universitas Bengkulu

Menyetujui,

**Dosen Pembimbing Utama**

**Dosen Pembimbing Pendamping**

  
**Samsul Bahri, S.T., M.T.**  
NIP. 197208092000031002

  
**Maknun Reza Razali, S.T., M.T.**  
NIP. 19751172009121001

**Dosen Penguji 1**

**Dosen Penguji 2**

  
**Hardiansyah, S.T., M.T.**  
NIP. 19830813200801003

  
**Yuzuar Afrizal, S.T., M.T.**  
NIP. 198008232008121002

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik Universitas Bengkulu**

  
**Khairul Anri, S.T., M.T.**  
NIP. 197202121998021002

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN *FILLER* SEMEN  
DENGAN KOMBINASI 40% SERBUK BATU BATA DAN  
60% ABU CANGKANG LOKAN PADA CAMPURAN  
*ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE*  
(*AC-BC*)**

Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan hasil duplikasi dari skripsi atau karya ilmiah lainnya yang pernah dipublikasikan dan pernah dipergunakan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Bengkulu, Oktober 2014



Advanty Esentia  
NPM. G1B010007

### **MOTTO :**

*Dan mohonkanlah pertolongan (kepada Allah) dengan sabar dan solat.*

*(al-Baqarah : 45).*

*Sesuatu mungkin mendatangi mereka yang mau menunggu, namun hanya didapatkan oleh mereka yang bersemangat mengejarnya*

*(Abraham Lincoln).*

*Pekerjaan besar tidak dihasilkan dari kekuatan, melainkan oleh ketekunan*

*(Samuel Johnson).*

### **PERSEMBAHAN :**

Dengan memanjatkan rasa syukur kehadiran Allah SWT serta shalawat beriring salam kepada Nabi Besar Muhammad SAW. Ku persembahkan sebuah karya kecil ini kepada :

- ❖ Bangsa dan Negara serta almamaterku Universitas Bengkulu.
- ❖ Papa (Jumri Agusti, S.E), Mama (Ratna Juita, S.Pd) yang selalu membantu dan memberikan dukungan hingga selesainya penyusunan skripsi ini.
- ❖ Dosen Pembimbing Akademikku (Bapak Makmun Reza Razal, S.T., M.T) yang telah banyak membimbing dan membantuku selama 4 tahun terakhir ini.
- ❖ Adikku tercinta (Findy Rahma Dini) yang selalu punya waktu untuk membantu.
- ❖ Teman-teman seperjuangan tim aspal terima kasih telah saling berbagi dan bekerja sama.
- ❖ Sahabat-sahabatku (Kristiana Kovalevsky, Agung Eko Baskoro, Yofie Williansyah, Faddli Usman, Galih Rio, Tommy Idwin) yang selalu membantu, berbagi *moment* senang dan sedih serta saling memotivasi.
- ❖ Teman-temanku di Teknik Sipil 10 (TEKSAS) yang memberikan bantuan baik moril maupun materiil yang takkan ternilai oleh materi sebanyak apapun, semoga Allah memberikanku kemampuan untuk membalas segala kebaikan kalian.
- ❖ Keluarga besar Teknik Sipil Universitas Bengkulu.

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penyusun ucapkan atas kehadiran Allah Subhanahuwata'ala, yang telah melimpahkan kesehatan, waktu dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Penggantian Sebagian *Filler* Semen Dengan Kombinasi 40% Serbuk Batu Bata Dan 60% Abu Cangkang Lokan Pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC)” sampai dengan selesai. Skripsi ini merupakan syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.

Penyusun mengucapkan terima kasih atas segala bantuan dan bimbingan serta fasilitas yang diberikan setiap pihak, khususnya kepada yang terhormat:

1. Ibu Fepy Supriani S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bengkulu.
2. Bapak Samsul Bahri, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bantuan, bimbingan, arahan dan gagasan.
3. Bapak Makmun Reza Razali, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pendamping dan Pembimbing Akademik saya yang telah banyak membantu, membimbing dan memberi masukan.
3. Bapak Hardiasyah, S.T., M.T., dan Bapak Yuzuar Afrizal, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang memberikan keritik dan masukan.
4. Bapak dan Ibu Dosen yang telah membantu, membimbing dan memberikan pengetahuan selama proses belajar mengajar.
8. Ayah, Ibu serta keluarga yang turut memberi dukungan demi kelancaran penyusunan skripsi ini.
9. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan dukungan baik materil maupun moril.

Penyusun menyadari sepenuhnya dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan kekeliruan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan demi perbaikan di kemudian hari.

Akhirnya penyusun berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Bengkulu, Oktober 2014



Advanty Esentia  
G1B010007

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	iii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR RUMUS</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	xiv
<b>INTISARI</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-2
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-2
1.4 Batasan Masalah .....	I-2
1.5 Manfaat Penelitian .....	I-3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Konstruksi Jalan Raya .....	II-1
2.2 <i>Filler</i> .....	II-1
2.2.1 Semen <i>Portland</i> .....	II-2
2.2.2 Serbuk Batu Bata.....	II-2
2.2.3 Cangkang Lokan.....	II-4
2.3 Aspal.....	II-5
2.2.1 Pengertian Aspal.....	II-5
2.2.2 Kandungan Aspal .....	II-6
2.2.3 Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan.....	II-6

2.4 Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC).....	II-7
2.5 Agregat .....	II-9
2.5.1 Agregat Kasar.....	II-9
2.5.2 Agregat Halus.....	II-10
2.5.3 Gradasi Agregat.....	II-10
2.6 Rancangan Campuran Aspal ( <i>Mix Design</i> ) .....	II-11
2.7 Pengujian Marshall.....	II-16
2.8 Hasil Penelitian Sebelumnya .....	II-16

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Gambaran Umum Penelitian.....	III-1
3.2 Tahapan Penelitian .....	III-1
3.2.1 Persiapan Bahan .....	III-1
3.2.2 Persiapan Alat .....	III-3
3.2.3 Pemeriksaan Aspal .....	III-4
3.2.4 Pemeriksaan Agregat .....	III-4
3.2.5 Rancangan Campuran Aspal.....	III-4
3.2.6 Pembuatan Benda Uji <i>Marshall Test</i> .....	III-5
3.3 Prosedur Marshall Untuk Campuran.....	III-8
3.4 Bagan Alir Penelitian .....	III-9

### **BAB IV PEMBAHASAN**

4.1 Uji Fisis Agregat .....	IV-1
4.1.1 Hasil Uji Fisis Analisa Saringan Agregat Kasar .....	IV-1
4.1.2 Hasil Uji Fisis Analisa Saringan Agregat Halus .....	IV-2
4.1.3 Uji Fisis Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar ....	IV-3
4.1.4 Hasil dan Pembahasan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus .....	IV-3
4.1.5 Hasil Uji Fisis Berat Jenis <i>Filler</i> .....	IV-4
4.1.6 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar .....	IV-5
4.1.7 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus .....	IV-5
4.1.8 Hasil Pengujian Keausan Agregat Menggunakan Alat Abrasi <i>Los Angeles</i> .....	IV-6

4.2 Uji Fisis Aspal .....	IV-6
4.2.1 Titik Lembek Aspal.....	IV-6
4.2.2 Penetrasi Aspal.....	IV-7
4.2.3 Berat Jenis Aspal .....	IV-7
4.3 Pembahasan Pencampuran Agregat Pada Campuran AC-BC. IV-7	
4.3.1 Kebutuhan Material Untuk Pembuatan Satu Benda Uji IV-7	
4.4 Hasil Pembahasan Kadar Aspal Terhadap Campuran Aspal.. IV-9	
4.5 Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	IV-10
4.6 Hasil Pengujian Marshal Pada Kadar Aspal Optimum .....	IV-13
4.6.1 Stabilitas.....	IV-14
4.6.2 <i>Flow</i> .....	IV-15
4.6.3 <i>Void of Material Aggregate (VMA)</i> .....	IV-16
4.6.4 <i>Volume of Void Fiiled by Asphalt (VFA)</i> .....	IV-18
4.6.5 <i>Void in Mixture (VIM)</i> .....	IV-19
4.6.6 <i>Marshall Quotient (MQ)</i> .....	IV-20

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran.....	V-2

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ketentuan <i>Filler</i> .....	II-2
Tabel 2.2	Komposisi Semen <i>Portland</i> .....	II-2
Tabel 2.3	Komposisi Kimia Cangkang Kerang .....	II-5
Tabel 2.4	Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal .....	II-7
Tabel 2.5	Kekuatan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) .....	II-8
Tabel 2.6	Ketentuan Aspal Penetrasi 60-70 .....	II-8
Tabel 2.7	Ketentuan Agregat Kasar .....	II-9
Tabel 2.8	Ketentuan Agregat Halus .....	II-10
Tabel 2.9	Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal .....	II-11
Tabel 2.10	Perbedaan Metode Marshall dan Metode CQCMU .....	II-13
Tabel 3.1	Komposisi dan Jumlah Pembuatan Benda Uji .....	III-7
Tabel 3.2	Rancangan Benda Uji Berdasarkan KAO .....	III-7
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar .....	IV-2
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.....	IV-2
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar .....	IV-3
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus .....	IV-3
Tabel 4.5	Berat Total Campuran Sesuai Gradasi Dalam Satu Benda Uji .....	IV-8
Tabel 4.6	Jumlah <i>Filler</i> dalam Satu Benda Uji .....	IV-9
Tabel 4.7	Kadar Aspal Untuk Satu Benda Uji.....	IV-10
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO pada Komposisi <i>Filler</i> 100:0.....	IV-10
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO pada Komposisi <i>Filler</i> 50:50.....	IV-11
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO pada Komposisi <i>Filler</i> 0:100.....	IV-12
Tabel 4.11	Hasil Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum.....	IV-13
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Marshall untuk Setiap Variasi Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-14

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Serbuk Batu Bata .....	II-3
Gambar 2.2	Cangkang Lokan Di Bengkulu .....	II-4
Gambar 2.3	Abu Cangkang Lokan.....	II-5
Gambar 2.4	Kadar Aspal .....	II-6
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian .....	III-8
Gambar 4.1	Proses Penyaringan Agregat .....	IV-1
Gambar 4.2	Pengujian Berat Jenis <i>Filler</i> .....	IV-4
Gambar 4.3	Pengujian Berat Isi Agregat Kasar .....	IV-5
Gambar 4.4	Grafik Gradasi Agregat .....	IV-9
Gambar 4.5	Grafik untuk Mencari KAO pada Komposisi <i>Filler</i> 100:0 ....	IV-11
Gambar 4.6	Grafik untuk Mencari KAO pada Komposisi <i>Filler</i> 50:50 ....	IV-12
Gambar 4.7	Grafik untuk Mencari KAO pada Komposisi <i>Filler</i> 0:100 ....	IV-13
Gambar 4.8	Grafik Hasil Stabilitas terhadap Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-14
Gambar 4.9	Grafik Hasil Nilai <i>Flow</i> terhadap Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-16
Gambar 4.10	Grafik Hasil Nilai VMA terhadap Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-17
Gambar 4.11	Grafik Hasil Nilai VFA terhadap Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-18
Gambar 4.12	Grafik Nilai VIM terhadap Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-19
Gambar 4.13	Grafik Nilai MQ terhadap Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-21

## DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Kadar Aspal .....	II-15
-----------------------------	-------

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	....Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.....	L-1
Lampiran 2	Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.....	L-2
Lampiran 3	Berat Jenis Agregat Kasar .....	L-3
Lampiran 4	Berat Jenis Agregat Halus .....	L-4
Lampiran 5	Berat Jenis <i>Filler</i> Pengganti .....	L-5
Lampiran 6	Berat Jenis <i>Filler</i> Semen <i>Portland</i> .....	L-6
Lampiran 7	Berat Isi Agregat Kasar .....	L-7
Lampiran 8	Berat Isi Agregat Halus .....	L-8
Lampiran 9	Uji Keausan Agregat .....	L-9
Lampiran 10	Berat Jenis Aspal.....	L-10
Lampiran 11	Penetrasi Aspal.....	L-11
Lampiran 12	Titik Lembek Aspal.....	L-12
Lampiran 13	Perhitungan Berat Total Campuran Pergradasi dalam 1 Benda Uji .....	L-13
Lampiran 14	Grafik Gradasi Agregat .....	L-14
Lampiran 15	Perhitungan Berat <i>Filler</i> Sesuai Komposisi .....	L-15
Lampiran 16	Perhitungan Kadar Aspal.....	L-16
Lampiran 17	Hasil Pengujian Marshall Tahap 1 Komposisi <i>Filler</i> 100:0.....	L-17
Lampiran 18	Grafik Pengujian Marshall Tahap 1 Komposisi <i>Filler</i> 100:0...	L-18
Lampiran 19	Hasil Pengujian Marshall Tahap 1 Komposisi <i>Filler</i> 50:50.....	L-19
Lampiran 20	Grafik Pengujian Marshall Tahap 1 Komposisi <i>Filler</i> 50:50...	L-20
Lampiran 21	Hasil Pengujian Marshall Tahap 1 Komposisi <i>Filler</i> 0:100.....	L-21
Lampiran 22	Grafik Pengujian Marshall Tahap 1 Komposisi <i>Filler</i> 0:100...	L-22
Lampiran 23	Hasil Pengujian Marshall Tahap 2 (KAO) .....	L-23
Lampiran 24	Grafik Pengujian Marshall Tahap 2 (KAO) .....	L-24
Lampiran 25	Rumus Yang Digunakan Selama Penelitian.....	L-25
Lampiran 26	Rincian Perhitungan Hasil Pengujian Marshall (KAO) .....	L-30
Lampiran 27	Perhitungan Nilai Ekonomis <i>Filler</i> .....	L-32
Lampiran 28	Dokumentasi .....	L-34

## DAFTAR ISTILAH

<i>Asphalt Concrete Binder Course</i>	: Laston sebagai lapisan pengikat.
<i>Filler</i>	: Bahan pengisi rongga dalam campuran aspal beton.
Laston	: Beton aspal bergradasi menerus yang umumnya digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat.
<i>Marshall Test</i>	: Alat pengujian aspal.
<i>Marshall Quotient</i>	: Perbandingan nilai stabilitas dan <i>flow</i> .
VIM	: Volume pori dalam beton aspal padat.
VFA	: Volume pori antara butir agregat terisi aspal.
VMA	: Volume pori dalam agregat campuran.
<i>Saturated Surface Dry</i>	: Berat Jenis Permukaan Jenuh pada Agregat
<i>Bulk</i>	: Berat Jenis kering oven pada Agregat.
<i>Apperent</i>	: Berat Jenis semu pada Agregat.
<i>Absorbsi</i>	: Penyerapan material.

# **PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN FILLER SEMEN DENGAN KOMBINASI 40% SERBUK BATU BATA DAN 60% ABU CANGKANG LOKAN PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)**

## **INTISARI**

Penelitian ini merupakan eksperimen untuk mencari alternatif pengganti *filler* semen Portland dengan memanfaatkan limbah abu cangkang lokan dan serbuk batu bata karena limbah tersebut memiliki senyawa kimia yang hampir menyerupai senyawa penyusun semen Portland. Seperti yang diketahui, semen mengandung kapur tohor sebesar 60-65%, silika 20-24% dan Alumina 4-8%. Serbuk Batu Bata mengandung silika 47% dan Alumina 47% sedangkan Abu cangkang kerang mengandung kapur tohor 67,072%, Alumina 1,622% dan senyawa silika 8,252%. Kandungan kapur dan silika yang tinggi diharapkan dapat meningkatkan stabilitas pada campuran. Penelitian ini mengkombinasikan 2 limbah yang kandungannya saling melengkapi dengan komposisi 60% Abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata sebagai pengganti *filler* semen Portland pada campuran AC-BC. Persentase yang diambil dari penelitian ini berupa 100:0, 50:50 dan 0:100. Dari hasil pengujian karakteristik Marshall dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas semakin meningkat seiring dengan pergantian *filler* dan stabilitas terbaik dihasilkan oleh komposisi *filler* 0:100 (yang mengandung kapur dan silika yang tinggi) sebesar 926,545 kg dan kerapatan rongga campuran (VIM) yang kecil sebesar 3,226%. Nilai VIM yang kecil mengindikasikan tingkat kerapatan suatu campuran AC-BC sedangkan semakin besar nilai stabilitas menunjukkan tingkat kekuatan campuran AC-BC terhadap kemampuan menerima beban.

Kata kunci: abu cangkang lokan, serbuk batu bata, beton aspal lapis antara.

***EFFECT OF REPLACEMENT PARTIAL OF PORTLAND CEMENT  
FILLER WITH A COMBINATION OF 40% BRICK POWDER AND 60%  
LOKAN SHELL ASH ON ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE  
(AC-BC)***

***ABSTRACT***

*This research is an experiment to look for alternatives of Portland cement filler with utilizing of lokan shell ash and brick powder because the wastes have chemical compounds which almost resembles a compound constituent of Portland cement. As is known, the cement containing calcium oxide by 60-65%, silica 20-24% and 4-8% Alumina. Bricks powder containing 47% silica and 47% alumina, while lokan shell ash containing calcium oxide 67,072%, 1,622% Alumina and silica compound 8,252%. The high contain of calcium oxide and silica expected to increase the stability of AC-BC. This research combines two complementary waste videlicet 60% lokan shell ash and 40% brick powder as filler substitute for Portland cement in the mix AC-BC. Percentage taken from this research is a 100: 0, 50:50 and 0: 100. The result of Marshall test characteristics concluded that stability increasing with the change of filler and the best stability generated from filler composition 0:100 (which have high contain of calcium oxide and silica) is 926,545 kg and cavity density mix (VIM) by 3,226%. The small VIM value indicated a level density of AC-BC while the higher value of stability indicates the level strenght of AC-BC within receive load.*

*Keyword: Lokan shell ash, brick powder, asphalt concrete binder course.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Campuran aspal panas atau yang sering disebut *hotmix* merupakan jenis campuran yang sering dibuat, dihamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas. Menurut Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2010 revisi 1 (BM 2010), salah satu jenis *hotmix* yang umumnya dipakai di Indonesia adalah *Asphalt Concrete (AC)*. AC/aspal beton itu sendiri terbentuk dari agregat kasar, agregat halus, aspal sebagai bahan perekat dan *filler* sebagai bahan pengisi.

Persyaratan *filler* menurut Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2010 revisi 1 harus dalam kondisi kering, bebas dari gumpalan-gumpalan dan lolos ayakan diameter 75 micron. Berdasarkan ketentuan tersebut, dalam aplikasi di lapangan, *filler* sering menggunakan semen karena mudah didapat. Selain itu, semen juga mengandung kapur tohor 60-65%, silika 20-24% dan alumina sekitar 4-8%. Kandungan bahan tersebut mempengaruhi stabilitas dan viskositas campuran aspal. Namun hal tersebut tidak menutup kemungkinan adanya penggunaan *filler* lain selama masih memenuhi ketentuan yang disyaratkan.

Menurut Czernin (1980) dalam penelitian Darmawan (2013) sebelumnya mengatakan bahwa cangkang kerang mengandung senyawa yang hampir mirip dengan kandungan yang terdapat dalam semen yaitu kapur tohor sebesar 67,072%, alumina sebesar 1,622% dan senyawa silika sebesar 8,252%. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Sahlan (2009) menunjukkan bahwa penggunaan kulit kerang sebagai bahan tambah *filler* dapat meningkatkan stabilitas pada campuran *Asphalt Thrated Base*.

Fauzi (2012) menyebutkan dalam sebuah blog bahwa batu bata memiliki sebagian besar silika sebesar 47% dan alumina sebesar 47%. Senyawa kimia yang terkandung dalam batu bata juga memiliki kemiripan dengan senyawa kimia dalam kandungan cangkang kerang dan semen. Oleh karena itu, pada penelitian

kali ini akan dicoba menggunakan kulit kerang jenis lokan sebagai pengganti *filler* semen *Portland* yang akan dikombinasikan dengan batu bata. Penelitian ini merupakan eksperimen dan akan dilihat pengaruhnya dari penggantian sebagian *filler* semen dengan abu cangkang lokan dan serbuk batu bata pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* dengan perbandingan 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Seberapa besar pengaruh penggunaan 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata sebagai pengganti sebagian *filler* terhadap karakteristik Marshall dengan perbandingan antara *filler* semen dan *filler* pengganti 100:0, 50:50, 0:100 pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*?
2. Berapa nilai persentase optimum karakteristik Marshall pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menguji nilai karakteristik Marshall pada penggantian sebagian *filler* Semen *Portland* dengan 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* yang terdiri dari stabilitas, *flow*, *VMA*, *VIM*, *VFA* dan *Marshall Quotient*.
2. Mencari komposisi penggantian *filler* yang optimum diantara persentase *filler* 100:0, 50:50 dan 0:100.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Spesifikasi campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* mengacu pada Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2010 revisi 1 (BM 2010).

2. Pengujian yang dilakukan pada benda uji berupa Marshall *test* yang meliputi : stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *Voids In Mixture* (VIM), *Voids in Mineral Agregat* (VMA), dan *Voids Filled by Asphalt* (VFA).
3. *Filler* yang akan diganti adalah Semen *Portland* dan bahan pengganti *filler* yang digunakan berupa kombinasi dari 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata.
4. Perbandingan antara *filler* Semen *Portland* dan kombinasi 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata yang diambil sebesar 0:100, 50:50 dan 100:0.
5. Persyaratan agregat dan aspal mengacu pada BM 2010.
6. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
7. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Bengkulu Utara.
8. Agregat halus yang digunakan berasal dari Bengkulu Utara.
9. Cangkang lokan yang digunakan berasal dari Pulau Baai Kota Bengkulu.
10. Limbah Batu bata yang digunakan diambil dari pabrik batu bata di Kelurahan Dusun Besar Kota Bengkulu.
11. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dari penelitian ini diharapkan memperoleh manfaat berupa:

1. Pemanfaatan limbah cangkang lokan dan limbah batu bata yang jarang digunakan untuk keperluan konstruksi jalan raya.
2. Mengurangi masalah limbah khususnya limbah cangkang lokan dan batu bata.
3. Pengembangan ilmu pengetahuan khususnya dibidang transportasi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Konstruksi Jalan Raya**

Dalam Undang-Undang Jalan Raya No. 13/1980 disebutkan bahwa jalan merupakan suatu prasarana perhubungan darat dalam bentuk apapun meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas. Secara umum, perkembangan konstruksi perkerasan di Indonesia mulai berkembang pesat sejak tahun 1970 dimana mulai diperkenalkannya pembangunan perkerasan jalan sesuai dengan fungsinya (Hadihardaja, 1997).

Untuk menunjang fungsinya sebagai konstruksi jalan, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis agar mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai. Lapis perkerasan itu terdiri dari lapis permukaan sebagai lapis paling atas yang terdiri dari lapis aus (*Wearing Course*) dan lapis antara (*Binder Course*). Lapis pondasi atas (*Base Course*) yang terletak diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) yang terletak diantara lapis pondasi dan tanah dasar. Semua lapis perkerasan tersebut memiliki spesifikasi tersendiri untuk menunjang fungsinya masing-masing sebagai lapis perkerasan (Suprpto, 2004).

#### **2.2 Filler**

*Filler* merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. Disamping itu, kadar dan jenis *filler* akan berpengaruh terhadap sifat elastisitas campuran dan sensifisitas campuran (Rahaditya, 2012).

Adapun ketentuan *filler* pada campuran aspal menurut Bina Marga 2010 revisi 1 adalah:

1. Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

2. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya.
3. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat.

Tabel 2.1 Ketentuan *Filler*

Pengujian	Standar	Nilai
Material lolos saringan no.200	SNI 03-6723-2002	Min. 75%

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

### 2.2.1 Semen *Portland*

Semen *Portland* dibuat dari batu kapur (*limestone*) dan mineral yang lainnya, dicampur dan dibakar dalam sebuah alat pembakaran dan sesudah itu didapat bahan material yang berupa bubuk. Bubuk tersebut akan mengeras dan terjadi ikatan yang kuat karena suatu reaksi kimia ketika dicampur dengan air (Putrowijoyo, 2006).

Komposisi senyawa kimia dari semen *portland* adalah sebagai berikut dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Semen *Portland*

No	Oksidasi	Lambang	Kode	Presetase
1.	Calcium Oxide	CaO	C	60-65
2.	Magnesium Oxide	MgO	M	0-5
3.	Aluminium Oxide	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	4-8
4.	Ferrie Oxide	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	2-5
5.	Sillicon Oxide	SiO <sub>2</sub>	S	20-24
6.	Sulfur Oxide	SI <sub>3</sub>	S	1-3

Sumber: Putrowijoyo, 2006

### 2.2.2 Serbuk Batu Bata

Batu Bata merupakan batu yang dibuat untuk keperluan konstruksi seperti pembuatan dinding dan tembok. Bahan dasar pembuatan batu bata merah ini bersifat plastis. Tanah liat sebagai bahan dasar pembuatan batu bata merah

mengalami proses pembakaran dengan temperatur tinggi diatas  $800^{\circ}\text{C}$  hingga mengeras seperti batu (Wulandari, 2011).

Banyak penelitian yang memanfaatkan batu bata sebagai *filler* untuk perkerasan jalan maupun untuk keperluan konstruksi bangunan beton karena sifatnya yang keras dan tahan terhadap kuat tekan. Menurut Widodo (2004) dalam penelitiannya mengatakan bahwa batu bata merah memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  lebih dari 70%, sehingga tergolong sebagai *pozzolan* aktif.

Menurut Fauzi (2012) batu bata merah mengandung silika sebesar 47% dan alumina sebesar 47%, dimana dalam penelitian yang dilakukan oleh Ambarwati dan Arifin (2009) mengatakan penggunaan silika dalam campuran beraspal dapat meningkatkan potensi stabilitas dan durabilitas pada campuran aspal.

Sitepu (2014) dalam penelitiannya mengatakan bahwa masyarakat Kota Bengkulu banyak menggunakan batu bata merah sebagai dinding bangunan. Hal ini bisa dilihat dari rumah-rumah yang berada dikawasan Kota Bengkulu hampir semua bangunan rumah menggunakan bata merah sebagai material utama dinding. Kebutuhan akan batu bata merah ini diiringi dengan banyaknya produksi batu bata merah yang ada di Kota Bengkulu dan limbah batu bata yang berserakan di setiap pabrik batu bata. Karena komposisinya yang tergolong sebagai *pozzolan* menyerupai sifat semen dan kandungan silika yang tinggi diharapkan dapat mengurangi kadar aspal dan meningkatkan stabilitas campuran maka pada penelitian ini dicoba menggunakan limbah batu bata merah yang ada di Kota Bengkulu sebagai *filler* pengganti semen.



Sumber: Dokumentasi Pribadi

## Gambar 2.1 Serbuk Batu Bata

### 2.2.3 Cangkang Loka

Cangkang kerang merupakan cangkang dari hewan molusca yang banyak hidup di daerah perairan muara dan pantai. Cangkang kerang ini mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang apabila dipanaskan akan berubah menjadi  $\text{CaO}$  dan melepaskan  $\text{CO}_2$  ke udara, sehingga yang tersisa hanya  $\text{CaO}$  (kapur tohor) dan Si (Silika) dimana kandungan tersebut merupakan komponen pembentuk semen selain  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan Al (Czernin, 1980 dalam Darmawan, 2013).

Kapur dalam campuran aspal panas (*hotmix*) menciptakan banyak manfaat diantaranya adalah bertindak sebagai anti *stripping agent* yang dapat meningkatkan durabilitas atau keawetan kinerja campuran beton aspal dalam menerima repetisi beban lalu-lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Di sisi lain kapur juga berperan sebagai stabilisator guna meningkatkan stabilitas campuran sehingga tahan terhadap alur (*rutting*) dan deformasi plastis. Kapur juga dapat mempengaruhi kinerja campuran beton aspal dengan cara meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat (Mansyur dkk., 2012).



Sumber: [Bengkuluekpress.com](http://Bengkuluekpress.com)

Gambar 2.2 Cangkang Loka Di Bengkulu

Kota Bengkulu sebagai daerah yang memiliki garis pantai yang panjang mengakibatkan banyaknya limbah cangkang loka terutama di daerah pesisir. Saat ini pemanfaatan limbah ini belum optimal, biasanya cangkang loka yang telah diambil isinya ada yang dibuat souvenir tapi sebagian besar belum dimanfaatkan dan hanya menjadi limbah yang berserakan yang dapat merusak lingkungan dan

menimbulkan bau busuk (Supriani, 2013). Berdasarkan kandungan yang terdapat pada cangkang kerang dan sifatnya yang menyerupai semen, maka penelitian ini menggunakan cangkang kerang jenis lokan sebagai alternatif pengganti *filler* semen yang akan dikombinasikan dengan batu bata.

Umumnya, abu cangkang kerang dari berbagai jenis mengandung komposisi kimia yang dapat dilihat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Abu Cangkang Kerang

Komponen Kimia	Kadar senyawa kimia (%)
CaO	67,072
SiO <sub>2</sub>	8,252
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,402
MgO	22,652
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,622

Sumber: Annur, 2013



Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 2.3 Abu Cangkang Lokan

## 2.3 Aspal

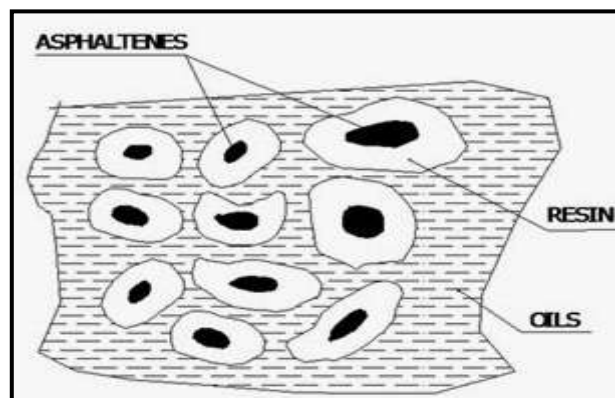
### 2.3.1 Pengertian Aspal

Aspal adalah material *thermoplastis* yang akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur, yang dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspal walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman, 2007).

Pada temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastis*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2007).

### 2.3.2 Kandungan Aspal

Aspal merupakan unsur hidokarbon yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Disamping itu setiap sumber dari minyak bumi menghasilkan komposisi molekul yang berbeda. Komposisi aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *metanes*. *Asphaltenes* merupakan material yang berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *heptane*. *Maltenes* larut dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari resin dan *oils*. Resin merupakan cairan kental yang berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan (Sukirman,1999).



Sumber: Silvia Sukirman, 1999

Gambar 2.4 Kandungan Aspal

### 2.3.3 Fungsi Aspal sebagai Material Perkerasan Jalan

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada didalam butir agregat itu sendiri.

## 2.4 Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)

Jenis beton aspal yang ada di Indonesia saat ini adalah Laston atau dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concrete*), yaitu beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas (Waani, 2013).

Pembuatan Laston/AC (*Asphalt Concrete*) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya. Sebagai lapis permukaan, lapis aspal beton harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi (Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987). Berdasarkan Fungsinya, *Asphalt Concrete* mempunyai tiga macam campuran, salah satunya *Asphalt Concrete-Binder Course(AC-BC)* yang berfungsi sebagai lapisan pengikat.

Berdasarkan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I, setiap jenis lapisan memiliki ketebalan tersendiri yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Tebal Nominal Minimum Campuran beraspal

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC-Base	7,5

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

Selain itu, Bina Marga 2010 juga memberikan persyaratan laston dalam lapis perkerasan yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4.3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112 <sup>(1)</sup>	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,5					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800				1800 <sup>(1)</sup>	
	Maks.	-				-	
Pelelehan (mm)	Min.	3				4,5 <sup>(1)</sup>	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min.	90					
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2,5					

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

Berdasarkan tingkat kekerasannya umumnya di Indonesia menggunakan aspal penetrasi 60-70 yang juga akan digunakan dalam penelitian ini dengan ketentuan seperti pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Ketentuan Aspal Penetrasi 60-70

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70
1.	Penetrasi pada 25°C (dmm)	SNI 06-2456-1991	60-70
2.	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥48
3.	Duktilitas pada 25°C, (cm)	SNI-06-2432-1991	≥100
4.	Titik Nyala (°C)	SNI-06-2433-1991	≥232
5.	Berat Jenis	SNI-06-2441-1991	≥1,0
6.	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

## 2.5 Agregat

ASTM 1995 mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar atau berupa fragmen-fragmen. Agregat, berdasarkan proses pembentukannya terdiri dari 2 jenis yaitu agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam, berdasarkan proses pembentukannya, terbagi lagi atas batuan endapan, batuan beku dan batuan metamorph. Berdasarkan proses pengolahannya agregat dibedakan atas agregat alam yang mengalami proses pengolahan terlebih dahulu dan agregat buatan (Waani, 2013).

Selain itu agregat juga dibagi berdasarkan ukuran butirannya menurut Bina Marga Tahun 2010 yaitu:

1. Agregat kasar, yakni yang tertahan saringan no.8
2. Agregat halus, yakni yang lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200
3. Bahan pengisi atau *filler*, termasuk agregat halus yang sebagian besar lolos saringan no.200.

### 2.5.1 Agregat Kasar

Menurut Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I, agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan. Adapun ketentuan agregat kasar sesuai Bina Marga 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417-2008	Maks. 30%
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)	SNI 03-6877-2002	95/90
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10 cm)		80/75
Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791	Maks. 10%
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%
Berat jenis	SNI-03-1959-1990	Maks.0,2 dari agregat halus
Penyerapan air	SNI-03-1959-1990	Maks. 3%

Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

### 2.5.2 Agregat Halus

Menurut persyaratan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2010 Revisi I, agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (2,36 mm). Selain itu, agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Komposisi agregat halus yang ideal dipakai di Indonesia berdasarkan Bina Marga 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10cm)	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10cm)		Min. 40
Berat jenis	SNI 03-1970-1990	Mak. 0,2 dari agregat kasar
Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	Maks. 3%
Berat isi	-	-

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

### 2.5.3 Gradasi Agregat

Sesuai spesifikasi umum yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2010 revisi 1, gradasi agregat untuk campuran aspal beton berbeda-beda sesuai dengan jenis perkerasannya. Gradasi ini terbagi menjadi gradasi halus dan kasar dengan persentase lolos saringan berbeda. Gradasi Agregat untuk campuran aspal selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran					
	Laston (AC)					
	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37,5			100			100
25		100	90 – 100		100	90 – 100
19	100	90 – 100	73 – 90	100	90 - 100	73 – 90
12,5	90 - 100	74 – 90	61 – 79	90 - 100	71 - 90	55 – 76
9,5	72 - 90	64 – 82	47 – 67	72 - 90	58 – 80	45 – 66
4,75	54 - 69	47 – 64	39,5 – 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5
2,36	39,1 - 53	34,6 – 49	30,8 – 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8
1,18	31,6 - 40	28,3 – 38	24,1 – 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1
0,600	23,1 - 30	20,7- 28	17,6 – 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6
0,300	15,5 - 22	13,7- 20	11,4 – 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4
0,150	9 - 15	4 – 13	4 – 10	6 – 13	5 – 11	4,5 – 9
0,075	4 - 10	4 – 8	3 - 6	4 – 10	4 - 8	3 – 7

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

## 2.6 Rancangan Campuran Aspal (*Design Mix Formula*)

Rancangan campuran dilaksanakan setelah pemeriksaan apakah agregat dan aspal yang akan dipergunakan memenuhi spesifikasi material campuran. Di Indonesia terdapat dua metode rancangan campuran, yaitu metode Marshall yang dikembangkan oleh *The Asphalt Institute* dan metode CQCMU yang dikembangkan di Indonesia mengacu pada *British Standard* (Sukirman,2007).

### 1. Metode Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76 atau AASHTO T-245-90. Langkah-langkah kerja campuran metode Marshall (Sukirman, 2007) adalah :

- a. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran pekerjaan.
- b. Merancang proporsi dari masing-masing agregat yang tersedia untuk mendapatkan agregat campuran dengan gradasi sesuai butir
- c. Menentukan kadar aspal total dalam campuran
- d. Membuat benda uji atau briket beton aspal
- e. Melakukan uji Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) benda uji.

- f. Menghitung parameter Marshall yaitu VIM, VMA, VFA, berat volume campuran, dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.
- g. Menggambarkan hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall, setelah itu didapat nilai kadar aspal optimum.
- h. Membuat *Job Mix Formula*.

## 2. Metode CQCMU

Perencanaan campuran awal di laboratorium berdasarkan metode CQCMU dikembangkan dari BS 594 oleh CP Corne pada awal tahun 1980 di Indonesia. Metode ini kemudian dikembangkan oleh *Central Quality Control and Monitoring Unit* (CQCMU), Bina Marga sehingga lebih dikenal sebagai metode CQCMU. Langkah-langkah kerja campuran metode CQCMU adalah sebagai berikut (Sukirman, 2007) :

- a. Pemilihan agregat dan penentuan sifat yang harus sesuai spesifikasi material.
- b. Penentuan kadar aspal total.
- c. Penentuan campuran nominal berdasarkan sifat dan kadar aspal efektif yang ditentukan dalam spesifikasi.
- d. Pembuatan benda uji
- e. Pengujian Marshall
- f. Perhitungan parameter Marshall
- g. Penggambaran hubungan proporsi agregat kasar dan parameter Marshall
- h. Diperoleh proporsi agregat kasar dan ratio pasir/abu batu terbaik lalu pembuatan benda uji lagi untuk untuk ratio pasir/abu batu terbaik dengan kadar aspal  $a\%$ ,  $a \pm 1\%$  dan  $a \pm 2\%$ . Lalu dilanjutkan pengujian Marshall.
- i. Perhitungan parameter Marshall lalu digambar hubungan antara kadar aspal optimum dan parameter Marshall sehingga diperoleh kadar aspal optimum.
- j. Pembuatan *Job Mix Formula*.

Perbedaan mendasar antara metode Marshall dan metode CQCMU dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Perbedaan metode marshall dan metode CQCMU

No.	Metode Marshall	Metode CQCMU
1	Untuk beton aspal bergradasi baik	Untuk beton aspal bergradasi senjang
2	Dimulai dari gradasi yang dipilih	Dimulai dari rancangna campuran nominal
3	Kadar aspal ditentukan berdasarkan sifat campuran yang diinginkan.	Menentukan porposisi agregat kasar dan ratio pasir dan abu batu.

Sumber: Sukirman, 2007

Dalam mendapatkan campuran aspal beton yang baik maka harus diperhatikan penggabungan agregatnya. Penggabungan agregat tersebut sangat berpengaruh pada resep komposisi campuran agar didapatkan suatu campuran yang homogen dan butir agregat yang sesuai standar spesifikasi. Baik metode Marshall ataupun Metode CQCMU dapat menggunakan ke empat alternatif metode penggabungan seperti berikut ini (Muqarramah, 2012) :

a. Cara *Trial* dan *Error*

Prinsip kerja dari metode ini adalah :

1. Memahami batas gradasi yang disyaratkan.
2. Memasukkan data spesifikasi gradasi pada kolom spesifikasi unit.
3. Memasukkan presentase lolos saringan, masing-masing jenis batuan ke dalam persentase *passing*.
4. Memasukkan spesifikasi ideal pada kolom target *value*, yaitu nilai salah satu dari spesifikasi ideal yang disyaratkan.
5. Mengambil dari salah satu spesifikasi ideal dengan jenis yang ada, dalam hal ini agregat kasar, sedang dan halus kemudian dicampur ketiganya dengan jumlah 100 % dan nilai gabungannya mendekati nilai spesifikasi ideal yang kita ambil tadi.
6. Jika sudah mendekati salah satu nilai spesifikasi ideal dari ketiga agregat tadi, yang lain dihitung atau *combined* dengan prosentase yang sama.

Sehingga dapat dipergunakan sebagai gradasi untuk campuran aspal panas sebagai perkerasan jalan.

b. Cara Diagonal

Prinsip kerja dari metode ini adalah :

1. Mengetahui gradasi yang diminta.
2. Buat gambar persegi panjang, ukuran (10 x 20) cm pada kertas milimeter *block*.
3. Buat garis diagonal dari sisi kiri bawah ke sisi kanan atas. Sisi vertikal (10 cm) merupakan persen lolos saringan. Dengan melihat spesifikasi ideal, letakkan tiap-tiap nilai spesifikasi ideal pada garis tiap-tiap yang diwujudkan berupa titik. Dari titik-titik pada diagonal tersebut ditarik garis vertikal untuk tempat menuliskan nomor-nomor saringan. Dengan menggunakan grafik persen lolos saringan masing-masing fraksi batuan 2 dapat dilihat dengan jarak antara fraksi 2 terhadap garis tepi bawah dan atas jarak antara grafik 1 terhadap garis tepi atas yang mana merupakan garis lurus. Pada kedua jarak itu, tariklah garis vertikal yang memotong garis diagonal pada suatu titik. Dari titik potong tersebut, tarik garis mendatar ke kanan sampai memotong garis tepi empat persegi panjang pada bagian sebelah kanan sehingga diperoleh titik yang merupakan titik persen agregat 2 yang diperlukan. Buatlah garis potong dengan jarak sama antara jarak terhadap agregat 3 (harus sama dengan jumlah jarak terhadap agregat 1 dan 2). Dari titik potong ini ditarik garis mendatar ke samping kanan, sehingga diperoleh titik dimana didapatkan persen agregat 1, 2 dan 3, dengan demikian kita telah memperoleh agregat dalam bentuk % (1, 2 dan 3). Dari persentase ini, fraksi-fraksi yang diperoleh dapat dihitung (sehingga memenuhi syarat) atau dengan spesifikasi yang dipakai.

c. Cara Grafis (Bujur Sangkar)

Prinsip kerja dari metode ini adalah :

1. Buat kotak dengan ukuran bujur sangkar (10 x 10) cm sebanyak dua buah.
2. Untuk sisi kiri merupakan persen agregat kasar. Plot pada garis paling tepi titik-titik dari masing-masing nomor saringan untuk agregat sedang.

Gabungkan masing-masing titik/nomor saringan yang sama. Pada garis-garis penghubung tersebut ditentukan batas spesifikasi. Tentukan batas maksimum dan minimum yang paling dekat terhadap garis agregat kasar dan agregat sedang yang paling dekat. Dari batas maksimum dan minimum tersebut ditarik garis vertikal. Tarik yang membagi membatasi dua daerah maksimum dan minimum sehingga dari garis ini, dapat ditentukan persentase agregat kasar dan halus. Pada bujur sangkar yang ke dua tarik garis mendatar untuk memindahkan nomor-nomor saringan. Pada garis sisi kanan sebagai agregat halus, tentukan titik-titik pada garis tersebut sesuai ukuran saringan. Hubungkan kedua titik pada garis agregat kasar dan agregat halus serta agregat sedang. Cari harga maksimum dan minimum yang mempunyai jarak terdekat. Tarik garis vertikal dari masing-masing titik maksimum dan minimum tersebut. Tarik garis pembagi dua, sehingga dapat ditentukan presentase agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus.

d. Cara Analitis

Prinsip kerja dari metode ini adalah :

1. Tentukan gradasi agregat yang digunakan.
2. Tentukan campuran agregat dan *filler*. Hitung butiran agregat yang lewat saringan sesuai gradasi lapisan dengan mengalikan presentase agregat.
3. Tentukan spesifikasi ideal terhadap butiran yang lewat saringan nomor 200. Hitung kekurangan butiran yang lewat saringan nomor 200 dengan mengurangkan spesifikasi ideal dengan total butiran lewat saringan nomor 200.
4. Tentukan komposisi campuran.

Dalam perencanaan suatu campuran, kadar aspal ditentukan dengan rumus berdasarkan spesifikasi Depkimpraswil 2002 seperti berikut ini:

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (filler) + K \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

P = kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

Ca = persen agregat tertahan saringan No 8

FA = persen agregat lolos saringan No 8 dan tertahan saringan No.200

Filler = persen agregat minimal 75% lolos No 200

K = konstanta; 0,5-1,0 untuk laston; 2,0 – 3,0 untuk lataston

## 2.7 Pengujian Marshall

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall, dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh U.S *Corps Engineer* (Sukirman, 2007).

Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur keelehan plastik atau *flow*. Alat uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Menurut Sukirman tahun 2007, secara umum pengujian Marshall meliputi enam butir pengujian :

1. Pengujian nilai stabilitas, yaitu kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi keelehan plastis.
2. Pengujian keelehan (*flow*), yaitu besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.
3. Perhitungan *Marshall Quotient*, yaitu : perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*.
4. Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat
  - a. Volume pori dalam beton aspal padat (VIM).
  - b. Volume pori dalam agregat campuran (VMA).

## 2.8 Hasil Penelitian sebelumnya

1. Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sahlan (2009) mengenai penggunaan kulit kerang sebagai bahan tambah pada campuran ATB menyimpulkan bahwa benda uji campuran normal dengan aspal optimum didapat sifat Marshall sebagai berikut : *density* 2.320 gr/cc, VFWA 61 %, VITM 7.2 %, VMA 20.3 %, stabilitas 1458 kg, *flow* 4.21 mm, MQ 449 kg/mm. Benda uji campuran dengan bahan tambah kulit kerang, pada kulit kerang optimum didapat sifat Marshall sebagai berikut : *density* 2.232 gr/cc,

nilai VFWA 61.05 %, VITM 7.473 %, VMA 20.3 %, stabilitas 2999 kg, *flow* 2.19 mm, nilai MQ 940 kg/mm. Dari hasil yang diperoleh, dapat dilihat terjadinya kenaikan pada density, VFWA, VITM, stabilitas dan MQ.

2. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rahaditya (2012) mengenai studi penggunaan serbuk bata merah sebagai *filler* pada perkerasan *hrs-wc* menyimpulkan bahwa setiap bertambahnya kadar aspal nilai stabilitas terus mengalami kenaikan. Pada kelelahan (*flow*) kadar aspal 4,5 % s/d 6,5% masuk dalam spesifikasi yang disyaratkan, hal serupa terjadi pada nilai stabilitas pada campuran *filler* serbuk bata merah dengan kadar aspal 4,5% s/d 6,5% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Pada *MQ* campuran *filler* serbuk bata merah dengan kadar aspal 4,5% s/d 5,5 % mengalami kenaikan dan pada kadar aspal 6% s/d 6,5% terjadi penurunan. Tetapi pada semua penurunan tersebut masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

## **BAB III**

### **METODELOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Gambaran Umum Penelitian**

Pelaksanaan penelitian seperti pembuatan benda uji, perawatan dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Penelitian yang akan diuji pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* adalah *Marshall test* dengan variasi penggantian sebagian *filler* 100:0, 50:50, 0:100 dimana bahan utama *filler* berupa semen *portland* dan *filler* pengganti berupa kombinasi dari 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata. Semua bahan yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada spesifikasi umum yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2010 Revisi I.

#### **3.2 Tahapan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu disajikan dalam gambar diagram bagan alir penelitian (Gambar 3.1).

##### **3.2.1 Persiapan Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Agregat kasar (*split*)

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat alami yang dipecahkan (*split*), agregat ini berasal dari Kabupaten Bengkulu Utara.

2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa abu batu yang disaring, agregat halus ini berasal dari Kabupaten Bengkulu Utara.

3. *Filler*

Penelitian ini berupa eksperimen dari penggantian *filler* yang dikombinasikan.

Terdapat tiga jenis *filler* yang dipakai yaitu:

a. Semen *Portland*

Semen digunakan sebagai bahan utama *filler*. Semen yang digunakan

adalah Semen *Portland* yang sesuai dengan standar SNI. Pengamatan dilakukan secara visual pada kemasan kantong 50 kg, kemasan dalam keadaan tertutup dan tidak terdapat kerusakan pada segel maupun kantong.

b. Batu bata.

1) Sumber Bahan

Limbah batu bata diambil dari Pabrik Batu Bata Di Kelurahan Dusun Besar Kota Bengkulu.

2) Tahap Pengolahan :

- a) Limbah/sisa batu bata yang telah diambil dari pabrik dijemur terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar air, lama penjemuran  $\pm$  setengah hari
- b) Setelah kering, batu bata dihancurkan secara manual dengan batu giling hingga menjadi serbuk lalu disaring dengan saringan nomor 200.
- c) Serbuk batu bata yang diambil adalah serbuk yang lolos ayakan nomor 200.

c. Cangkang lokan

1) Sumber Bahan

Limbah cangkang lokan diambil di daerah Pulau Baai pada lokasi pembuangan limbah rumah tangga penduduk disekitar Pulau Baai.

2) Tahap Pengolahan :

- a) Cangkang lokan yang diambil dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran yang menempel.
- b) Siapkan alat pembakaran untuk cangkang lokan berupa tungku pembakar dari susunan batu bata, kayu bakar, dan kawat besi.
- c) Cangkang lokan dibakar di atas kawat besi setelah api menyala diatas suhu  $110^{\circ}\text{C}$ .
- d) Cangkang lokan diangkat dari perapian setelah menjadi lunak dan mudah dihancurkan, hal ini bisa dilihat dari kulit cangkang yang berubah warna menjadi putih. Lama pembakaran  $\pm$  5 menit.

- e) Sebelum dihancurkan, cangkang lokan dibersihkan lagi dari dari kotoran bekas pembakaran menggunakan busa kawat cuci piring lalu ditumbuk hingga menjadi halus.
- f) Setelah penumbukan, cangkang lokan disaring dengan saringan nomor 200. Abu cangkang lokan yang lolos saringan nomor 200 dipakai sebagai *filler* pengganti semen.

#### 4. Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 yang berada di Laboraturim Transportasi Teknik Sipil Universitas Bengkulu.

#### 3.2.2 Persiapan Alat

Semua peralatan yang dibutuhkan untuk penelitian ini tersedia di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Peralatan yang digunakan adalah :

##### 1. Saringan/ayakan

Saringan digunakan untuk campuran aspal *AC-BC* berukuran 25 mm, 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, 0,075 mm dan pan.

##### 2. Timbangan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Timbangan kapasitas 20 kg dengan ketelitian 1 gram, untuk agregat kasar
- b. Timbangan Digital kapasitas 2 kg ketelitian 2 gram, untuk agregat halus dan *filler*.

##### 3. Gelas ukur

##### 4. Tabung silinder

##### 5. Kertas Hisap (Karton)

##### 6. Batang penumbuk berdiameter 16 mm dan panjang 610 mm

##### 7. Mistar

##### 8. Cetakan benda uji (*mold*)

##### 9. Talam atau pan

##### 10. Oven

##### 11. piknometer

##### 12. Mesin uji Marshall

13. Mesin uji Los Angeles
14. Satu set alat dongkrak
15. Ember
16. Kuas
17. Palu karet
18. Jangka sorong
19. *Thermometer*
20. Kompor
21. Bak perendam
22. Kualiti

### **3.2.3 Pemeriksaan Aspal**

Pemeriksaan aspal dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari aspal keras. Pemeriksaan aspal ini meliputi :

1. Berat Jenis Aspal (SNI 06-2441-1991)
2. Titik Lembek (SNI 06-2434-1991)
3. Titik Nyala (SNI 06-2433-1991)

### **3.2.4 Pemeriksaan Agregat**

Pemeriksaan agregat kasar dan halus dilakukan untuk memenuhi standar agregat sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Pemeriksaan agregat ini meliputi:

1. Pemeriksaan Gradasi Agregat (SNI 03-1968-1990)
2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI 03-1959-1990)
3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI 03-1970-1990)
4. Penentuan Berat Isi Agregat (SNI 03-4804-1998)
5. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin *Los Angeles*.

### **3.2.5 Rancangan Campuran Aspal**

Rancangan campuran dalam penelitian ini menggunakan metode Marshall. Hal ini dikarenakan metode Marshall lebih mudah diaplikasikan daripada metode CQCMU. Langkah-langkah rancangan untuk menggunakan metode ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan 2010 Revisi 1 Divisi 6.
2. Merancang proporsi agregat, proporsi ini ditentukan secara analitis dimana proporsi agregat tersebut dipilih dari gradasi yang sesuai BM 2010 Tabel 2.9. Prinsip kerja metode analitis ini adalah dengan menentukan gradasi agregat yang dipilih kemudian menghitung jumlah butiran yang lolos dan tertahan sesuai spesifikasi yang telah ditentukan sehingga didapat komposisi agregat kasar, agregat halus dan *filler*.
3. Mendapatkan kadar aspal total dalam campuran menggunakan rumus 2.1. Dari perhitungan diperoleh kadar aspal rencana P dengan dua variasi kadar aspal diatas P dan dua variasi kadar aspal dibawah P (-1,0%; -0,5%; P; +0,5%; +1%).
4. Menghitung kebutuhan agregat kasar, agregat halus dan *filler* sesuai dengan komposisi yang didapat. Berat total agregat 1200 gram untuk satu benda uji (tanpa aspal).
5. Berat aspal didapat dari persen kadar aspal x 1200 gram (berat total agregat).

### **3.2.6 Pembuatan Benda Uji *Marshall test***

Setelah semua pemeriksaan agregat memenuhi spesifikasi, langkah selanjutnya yaitu melakukan rancangan campuran (*mix design*) untuk mendapatkan komposisi agregat dan kadar aspal.

Bahan-bahan yang digunakan dalam campuran benda uji yaitu agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Agregat dan *filler* ditimbang sesuai ukurannya berdasarkan gradasi yang diinginkan. Berat total agregat campuran adalah berat agregat yang dapat menghasilkan satu benda uji padat setinggi 6,35 cm dengan diameter 10,2 cm. Umumnya berat agregat campuran adalah  $\pm 1200$  gram.

Prosedur pembuatan benda uji untuk campuran aspal adalah :

1. Persiapan Benda Uji

Bersihkan bahan-bahan yang akan digunakan untuk campuran benda uji lalu keringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam. Setelah itu, pisahkan agregat dan *filler* ke dalam wadah berupa nampan/loyang agar mudah pada saat pengambilan. Bersihkan cetakan benda uji lalu buat alas benda uji sesuai dengan diameter cetakan. Sebelum penuangan, bagian dalam cetakan dilapisi oli agar benda uji tidak melekat dengan cetakan dan mempermudah pengeluaran benda uji dari cetakan.

2. Pembuatan Campuran

Panaskan agregat dan *filler* yang diperlukan dengan cara disangrai dengan suhu diatas 110°C. Panaskan juga aspal hingga mencapai suhu diatas 110°C lalu timbang kadar aspal yang diperlukan dari komposisi campuran yang telah didapat, setelah itu tuangkan aspal sesuai jumlah yang dibutuhkan ke dalam agregat dan *filler*. Aduk campuran hingga merata.

3. Pemasakan campuran

Setelah campuran aspal tercampur merata diatas suhu 110°C, pindahkan kedalam cetakan yang telah dilapisi kertas saring yang bagian dasarnya telah dilapisi kertas dan ditusuk-tusuk pada pinggir cetakan dan bagian tengah cetakan yang telah terisi campuran. Lepaskan leher cetakan, ratakan permukaan campuran dengan sendok semen sehingga menjadi sedikit cembung. Letakan cetakan diatas alat pemadat kemudian ditumbuk sebanyak 75 kali. Setelah selesai cetakan dibalik dan dilakukan penumbukan kembali sebanyak 75 kali.

4. Perawatan Benda Uji

Benda uji yang telah dipadatkan dikeluarkan dari cetakan dengan dongkrak hidrolik (*extruder*) dengan meletakkan pelat pengeluar benda uji pada bagian atas cetakan dan lepaskan pelat dasar cetakan. Keluarkan benda uji dengan hati-hati dan rendam benda uji selama kurang lebih 1 hari.

Jumlah keseluruhan benda uji yang diteliti adalah 54 benda uji, yaitu 45 buah benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dan 9 benda uji setelah diperoleh KAO.

1. Benda uji untuk mencari KAO

Untuk mengetahui nilai KAO, 45 benda uji diuji Marshall. Hal ini bisa dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi dan Jumlah Pembuatan Benda Uji

No.	Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji Pada Setiap Perbandingan Antara <i>Filler</i> Semen Portland Dan <i>Filler</i> 60% Abu Cangkang Lokan dan 40% serbuk Batu Bata		
		0:100	50:50	100:0
1.	(p+1)	3	3	3
2.	(p+0,5)	3	3	3
3.	P	3	3	3
4.	(p-0,5)	3	3	3
5.	(p-1)	3	3	3
Jumlah benda uji		45 buah benda uji		

2. Benda uji setelah KAO diperoleh

Langkah ini dilakukan setelah memperoleh nilai KAO (Kadar Aspal Optimum). Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik Marshall pada setiap perbandingan penggantian *filler* semen dengan kombinasi 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata. Dari perbandingan tersebut akan diperoleh nilai KAO yang paling efektif yang bekerja pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*. Pada tahap ini keseluruhan benda uji yang diteliti adalah 9 buah benda uji, yaitu 3 benda uji untuk masing-masing perbandingan *filler* dengan persentase berbeda. Jumlah benda uji ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rancangan Benda Uji Berdasarkan KAO

Kadar Aspal(%)	Jumlah Benda Uji Pada Setiap Perbandingan Antara <i>Filler</i> Semen Portland Dan <i>Filler</i> 60% Abu Cangkang Lokan dan 40% serbuk Batu Bata		
	0:100	50:50	100:0
KAO	3	3	3
Jumlah Benda Uji	9 Buah Benda Uji		

### 3.3 Prosedur Marshall Untuk Campuran

Prosedur pengujian ini digunakan dalam desain dan evaluasi untuk campuran perkerasan aspal. Ada dua ciri utama dalam metode percobaan *Marshall* untuk campuran aspal yakni, stabilitas dan *flow test*.

Stabilitas dari campuran ditentukan sebagai suatu beban maksimum yang diperoleh melalui pembebanan benda uji pada temperatur standar saat dilakukan test yaitu 60° C. Kelelahan plastis (*flow*) diukur sebagai suatu perubahan bentuk dalam satuan 0.1 mm. Dalam percobaan ini usaha yang dilakukan adalah untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum pada tipe campuran agregat.

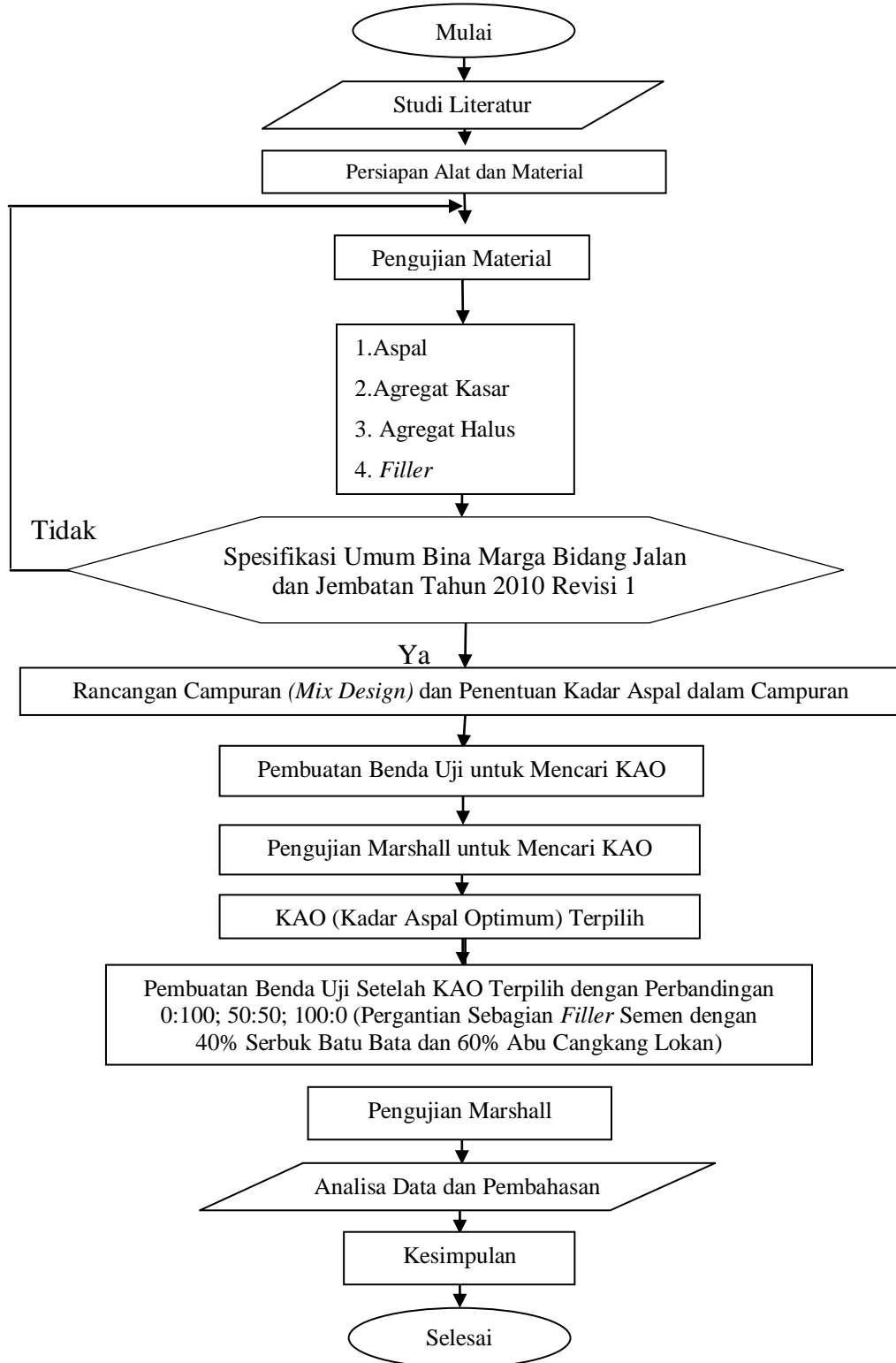
Benda uji yang kita buat ditimbang dan direndam dalam air selama 1 jam, selanjutnya dikeluarkan dan ditimbang lagi dalam keadaan kering permukaan jenuh. Kemudian benda uji direndam dalam bak perendam pada suhu 60° C selama 30 menit.

Pengujian Marshall dilakukan dalam waktu tidak lebih dari 30 detik sejak diambil dari *waterbath*. Pembacaan untuk stabilitas dilakukan pada pembebanan tertinggi dalam kg pada arloji dan *flow* dicatat pada pembebanan puncak tersebut dalam satuan 0.1 mm. Jika tinggi benda uji tidak persis sama dengan 63,5 mm, maka hasil pembacaan arloji harus dikalikan dengan suatu faktor koreksi benda uji, sementara pembacaan arloji stabilitas juga harus dikalikan dengan angka koreksi *proving ring*. Dari hasil penimbangan benda uji sebelum dilakukan pembebanan dapat dihitung persen rongga dalam campuran, dan persen rongga terisi aspal.

Data penelitian yang didapat menggunakan metode tabel dan grafik untuk memperoleh hubungan antara penggantian *filler* semen dengan *filler* 60% abu cangkang lokan dan 40% abu sekam padi terhadap karakteristik Marshall.

### 3.4 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

## **BAB IV PEMBAHASAN**

Pada bab ini, akan dibahas mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan. Keseluruhan Penelitian, mulai dari survei lokasi material, persiapan bahan campuran, uji fisis dan pengujian dilakukan kurang lebih 1 bulan. Benda uji dibuat dengan mengganti sebagian *filler* semen dengan 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata dengan persentase 100:0 , 50:50 dan 0:100 dan kadar aspal yang berbeda-beda dimana satu kadar aspal mewakili 3 buah benda uji.

### **4.1 Uji Fisis agregat**

Sebelum melakukan pengujian, dilakukan uji fisis bahan campuran terlebih dahulu. Pengujian agregat yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisa saringan, berat jenis, berat isi dan keausan agregat. Hasil dari pengujian agregat ini harus sesuai dengan acuan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi I.

#### **4.1.1 Hasil Uji Fisis Analisa Saringan Agregat Kasar**



Gambar 4.1 Proses Penyaringan Agregat

Pada Gambar 4.1 proses penyaringan agregat untuk campuran dilakukan secara manual menggunakan alat penyaring sesuai gradasi AC-BC. Agregat yang berhasil disaring dipisahkan kedalam karung untuk digunakan dalam pembuatan

campuran benda uji. Pengujian Analisa saringan dilakukan hanya untuk melihat gradasi agregat kasar dan menyesuaikan dengan acuan yang digunakan. Tidak ada pengaruhnya dalam campuran benda uji. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dan diambil rata-ratanya. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Nomor saringan	Ukuran Saringan	Spesifikasi	Hasil Penelitian
No.200	0,075	Maks. 1%	0,31%

Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat bahwa pada agregat kasar, material yang lolos saringan 200 hanya sebesar 0,31%. Hal ini sesuai dengan yang telah diisyaratkan Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi I (Tabel 2.7), bahwa untuk agregat kasar, material yang lolos saringan No.200 maksimal sebesar 1%. Proses hasil dan perhitungan analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 1.

#### 4.1.2 Hasil Uji Fisis Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan agregat halus ini menggunakan abu batu yang berasal dari pecahan agregat kasar. Pengujian ini dilakukan untuk melihat distribusi besaran atau jumlah presentase butiran agregat halus. Pengujian ini dilakukan sebanyak dua kali untuk mendapatkan gradasi agregat yang sama. Kemudian diambil nilai rata-rata dari pengujian ini.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Nomor saringan	Ukuran Saringan	Spesifikasi	Hasil Penelitian
No.200	0,075	Maks. 8%	7,35%

Dari Tabel 4.2 terlihat bahwa untuk agregat halus (abu batu) masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi I (Tabel 2.8) dimana ukuran ayakan maksimum pada saringan yang lolos No.200 tidak boleh lebih dari 8% dan pada hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saringan No.200, agregat halus yang lolos ayakan sebesar 7,58%. Proses hasil dan perhitungan analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 2.

#### 4.1.3 Hasil Uji Fisis Berat Jenis Agregat dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian ini meliputi berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated surface dry = SSD*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan dari agregat kasar. Nilai hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

No	Pengujian	Spesifikasi	Nilai
1	Berat Jenis	Selisih agregat kasar dan halus maks 0,2.	2,58
	a. Kering Oven ( <i>bulk</i> )		2,66
	b. Permukaan Jenuh (SSD)		2,79
	c. Semu ( <i>Apparent</i> )		
2	Penyerapan ( <i>Absorpsi</i> ) %	Maks. 3%	2,91

Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa nilai penyerapan agregat kasar sebesar 2,91 %. Sedangkan selisih antara berat jenis agregat kasar dan agregat halus pada Tabel 4.4 berupa berat *bulk* sebesar 0,14, SSD sebesar 0,13 dan *apparent* sebesar 0,16. Hasil pengujian ini telah memenuhi persyaratan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi I (Tabel 2.7) dimana berat jenis pada agregat kasar yang disyaratkan tidak boleh lebih 0,2 dari agregat halus. Penyerapan agregat kasar yang disyaratkan maksimum 3%. Adapun proses hasil dan perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 3.

#### 4.1.4 Hasil dan Pembahasan Berat Jenis Agregat dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian ini meliputi berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated surface dry = SSD*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan dari agregat halus. Nilai hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.

No	Pengujian	Spesifikasi	Nilai
1	Berat Jenis	Perbandingan agrgat kasar dan halus maks 0,2.	2,72
	a. Kering Oven ( <i>bulk</i> )		2,79
	b. Permukaan Jenuh (SSD)		2,95
	c. Semu ( <i>Apparent</i> )		
2	Penyerapan ( <i>Absorpsi</i> ), %	Maks. 3%	2,88

Pada Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa nilai penyerapan agregat halus sebesar 2,88%. Sedangkan selisih antara berat jenis agregat halus dan agregat kasar pada Tabel 4.3 berupa berat *bulk* sebesar 0,14, SSD sebesar 0,13 dan *apperent* sebesar 0,16. Hasil pengujian ini telah memenuhi persyaratan Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi I (Tabel 2.8) dimana nilai berat jenis agregat halus yang disyaratkan tidak boleh lebih 0,2 dari agregat kasar dan penyerapan agregat halus yang disyaratkan maksimum 3%. Adapun proses hasil dan perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 4.

#### 4.1.5 Hasil Uji Fisis Berat Jenis *filler*



Gambar 4.2 Pengujian Berat Jenis *Filler*

Penelitian ini menggunakan tiga jenis *filler*, yaitu *filler* yang diganti berupa Semen *Portland* dan *filler* pengganti berupa abu cangkang lokan dan serbuk batu bata. Untuk berat jenis semen didapat sebesar 2,99. Sedangkan berat jenis abu cangkang lokan didapat 2,75 dan berat jenis serbuk batu bata didapat sebesar 2,73. Adapun proses hasil dan perhitungan berat jenis dan penyerapan *filler* dapat dilihat pada Lampiran 5 dan 6.

#### 4.1.6 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat kasar



Gambar 4.3 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perubahan berat terhadap volume agregat pada kondisi kering. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil rata-rata dari dua contoh agregat yang sama, pengujian berat isi dilakukan untuk mengetahui sifat fisis dari agregat yang akan digunakan. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh berat isi agregat kasar lepas sebesar  $1143 \text{ kg/m}^3$ , dengan penggoyangan sebesar  $1304,57 \text{ kg/m}^3$  dan penusukan sebesar  $1253,12 \text{ kg/m}^3$ . Proses hasil pengujian berat isi agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran.7.

#### 4.1.7 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Cara pengujian berat isi agregat halus sama dengan pengujian berat isi agregat kasar. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perubahan berat terhadap volume agregat pada kondisi kering. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil rata-rata dari dua contoh agregat yang sama. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh berat isi agregat halus lepas sebesar  $1208 \text{ kg/m}^3$ , dengan penggoyangan sebesar  $1355,54 \text{ kg/m}^3$  dan penusukan sebesar  $1351,12 \text{ kg/m}^3$ . Proses hasil pengujian berat isi agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 8.

#### **4.1.8 Hasil Pengujian Keausan Agregat Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles**

Pemeriksaan keausan agregat kasar dengan mesin *Los Angeles* bertujuan untuk mengetahui daya tahan agregat terhadap beban mekanis. Gaya mekanis pada pemeriksaan dengan alat abrasi *Los Angeles* diperoleh dari bola-bola baja yang dimasukkan bersama dengan agregat yang hendak diuji.

Pengujian ini dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata dari dua contoh agregat yang sama. Agregat diuji keausan dengan 500 kali putaran 12 bola baja yang dimasukkan ke dalam mesin abrasi *Los Angeles*. Dari hasil pengujian keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* diperoleh keausan rata-rata agregat sebesar 23,55%. Nilai ini memenuhi syarat agregat normal Menurut spesifikasi yaitu keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* untuk Campuran AC bergradasi kasar Maksimal 30%. Proses hasil dan perhitungan pengujian keausan dengan mesin *Los Angeles* dapat dilihat pada Lampiran 9.

#### **4.2 Uji Fisis Aspal**

Uji Fisis aspal dilakukan untuk melihat kelayakan aspal yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji telah memenuhi persyaratan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi I atau belum. Aspal yang digunakan berupa aspal penetrasi 60/70. Pengujian aspal yang dilakukan meliputi pengujian titik lembek aspal, penetrasi aspal dan berat jenis aspal.

##### **4.2.1 Titik Lembek Aspal**

Pengujian titik lembek ini bertujuan untuk melihat perilaku aspal terhadap suhu karena pelembekan terhadap aspal tidak terjadi dalam sekejap pada suhu tertentu. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil 2 buah sampel dan nilai yang diambil adalah rata-rata dari kedua sampel tersebut. Hasil pengujian ini didapatkan nilai titik lembek sebesar 50,75°C. Nilai dari pengujian ini telah memenuhi persyaratan yang ditentukan dimana nilai titik lembek minimum pada aspal

penetrasi 60/70 sebesar 48°C. Proses hasil dan perhitungan pengujian titik lembek dapat dilihat pada Lampiran 12.

#### **4.2.2 Penetrasi Aspal**

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk melihat besar penetrasi aspal yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji dan menyesuaikannya dengan spesifikasi yang digunakan. Hasil pengujian menunjukkan penetrasi yang terjadi sebesar 63. Nilai dari pengujian ini telah memenuhi persyaratan yang ditentukan dimana penetrasi pada aspal penetrasi 60/70 berkisar antara 60-70. Proses hasil dan perhitungan pengujian penetrasi aspal dapat dilihat pada Lampiran 11.

#### **4.2.3 Berat Jenis Aspal**

Pengujian ini dilakukan dengan mengambil 2 buah sampel dan nilai yang diambil adalah rata-rata dari kedua sampel tersebut. Hasil pengujian ini didapatkan nilai berat jenis aspal sebesar 1,040. Nilai dari pengujian ini telah memenuhi persyaratan yang ditentukan dimana nilai pengujian berat jenis aspal minimum pada aspal penetrasi 60/70 sebesar 1. Proses hasil dan perhitungan pengujian berat jenis aspal dapat dilihat pada Lampiran 10.

### **4.3 Hasil Pembahasan Pencampuran Agregat Pada Campuran AC-BC**

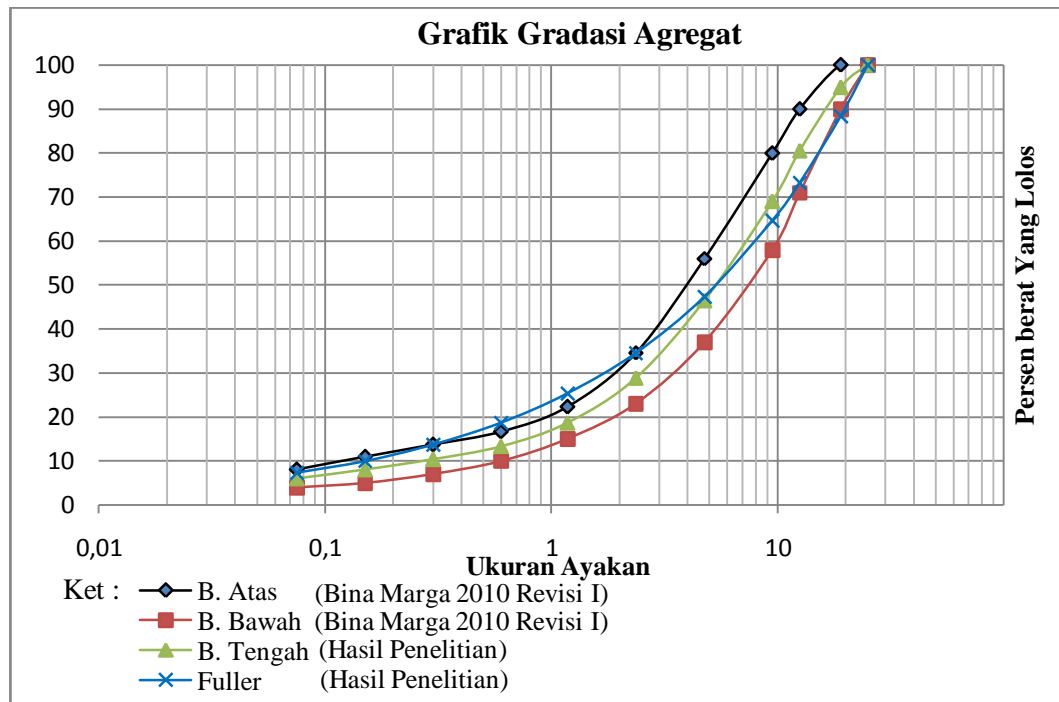
Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk menentukan gradasi campuran adalah metode analitis. Metode ini dilakukan dengan mengambil batas tengah dari spesifikasi gradasi yang disyaratkan sehingga didapatkan persentase gradasi sebesar 71,2% agregat kasar, 22,8% agregat halus dan 6% *filler*.

#### **4.3.1 Kebutuhan Material Untuk Pembuatan Satu Benda Uji**

Setelah didapat nilai masing-masing kebutuhan bahan campuran dengan metode analitis maka bahan campuran benda uji dapat disiapkan dengan menyaring agregat sesuai gradasi yang dipilih pada spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 1 untuk campuran AC-BC bergradasi kasar. Adapun berat Total campuran dalam satu benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Berat Total Campuran Sesuai Gradasi Dalam Satu Benda Uji

Ukuran Ayakan		Laston (AC)			Fuller	Persen Tertahan	Berat (gr)
ASTM	(mm)	Persen Lolos Gradasi Kasar					
		BC					
	a	B.Bawah	B.Tengah	B.Atas	$e = 100 \left( \frac{a}{a \text{ max}} \right)^{0,45}$	$f = c \text{ atas} - c \text{ bawah}$	$g = \frac{f}{100} \times 1200$
BM 2010	BM 2010	Hasil	BM 2010	Hasil	Hasil	Hasil	
1½"	37,5						
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	
¾"	19	90,00	95,00	100,00	88,38	5,00	60,00
½"	12,5	71,00	80,50	90,00	73,20	14,50	174,00
3/8"	9,5	58,00	69,00	80,00	64,70	11,50	138,00
No. 4	4,75	37,00	46,50	56,00	47,36	22,50	270,00
No. 8	2,36	23,00	28,80	34,60	34,57	17,70	212,40
No. 16	1,18	15,00	18,65	22,30	25,31	10,15	121,80
No. 30	0,6	10,00	13,35	16,70	18,67	5,30	63,60
No. 50	0,3	7,00	10,35	13,70	13,67	3,00	36,00
No. 100	0,15	5,00	8,00	11,00	10,00	2,35	28,20
No. 200	0,075	4,00	6,00	8,00	7,32	2,00	24,00
Pan		-	-			6,00	72,00
Jumlah						100,00	1200,00



Gambar 4.4 Grafik Gradasi Agregat

#### 4.4 Hasil Pembahasan Kadar Aspal Terhadap Campuran Aspal

Untuk *filler*, karena penelitian mengkombinasikan 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata sebagai pengganti *filler* semen dengan persentase 100:0, 50:50, 0:100. Maka perhitungan *filler* dalam satu benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Jumlah *Filler* dalam Satu Benda Uji

Persentase	Semen	60% Abu Cangkang Lokan	40% Serbuk Batu Bata
100:0	72 gr	0 gr	0 gr
50:50	36 gr	21,6 gr	14,4 gr
0:100	0 gr	43,2 gr	28,8 gr

Setelah didapatkan persentase agregat kasar, halus dan *filler* selanjutnya ditentukan kadar aspal tengah/ideal dengan rumus menurut Depkimpraswil seperti dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 P &= 0,035 (CA) + 0,045 (FA) + 0,18 (Filler) + K \\
 &= 0,035 (71,2) + 0,045 (22,8) + 0,18 (6) + 1 \\
 &= 6 \%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan nilai kadar aspal tengah sebesar 6% dari berat total campuran agregat. Untuk mendapatkan kadar aspal yang optimum, maka dibuat benda uji dengan rentang 2 kadar aspal dibawah kadar aspal tengah/ideal dan 2 rentang kadar aspal diatas kadar aspal tengah/ideal seperti pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kadar Aspal Untuk Satu Benda Uji

Kadar Aspal (%)	5	5,5	6	6,5	7
Berat dalam 1 Benda uji (gr)	60	66	72	78	84

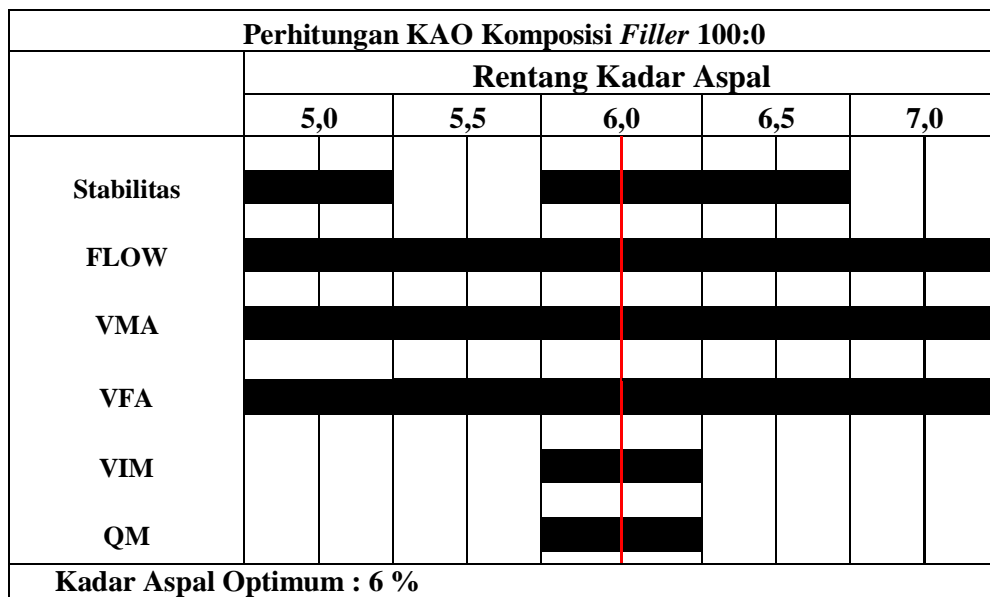
#### 4.5 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum ditentukan dengan melakukan pengujian Marshall sebanyak 45 benda uji dengan persentase *filler* 100:0, 50:50, 0:100. Hasil pengujian Marshall untuk komposisi *filler* yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO pada Komposisi *Filler* 100:0

Kadar Aspal	VMA (%)	VFA (%)	VIM (%)	FLOW (mm)	Stabilitas (Kg)	QM (Kg/mm)
5,00	15,610	67,126	5,141	3,720	924,421	249,438
5,50	16,615	68,770	5,236	3,193	798,944	249,403
6,00	16,736	74,149	4,341	3,327	843,726	253,836
6,50	16,403	82,291	2,921	5,103	841,995	171,637
7,00	17,011	84,787	2,598	5,370	649,020	122,968
<b>Spesifikasi</b>	<b>Min 14%</b>	<b>Min 63%</b>	<b>3 - 5 %</b>	<b>Min 3mm</b>	<b>Min 800 Kg</b>	<b>Min 250 Kg/mm</b>

Hasil pengujian Kadar Aspal Optimum komposisi *filler* 100:0, dimana 100% persen berupa *filler* semen dan 0% berupa *filler* 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata sepenuhnya dapat dilihat pada Lampiran 17 dan 18. Dari Tabel 4.8 dapat dilihat, meskipun stabilitas pada kadar aspal 5% paling tinggi, namun campuran benda uji memiliki rongga yang besar. Rongga ini berada diluar spesifikasi yang disyaratkan dimana nilai maksimum untuk VIM pada campuran adalah 5%. Nilai VIM yang terlalu besar mengakibatkan campuran tidak kedap air sehingga tidak tahan terhadap cuaca. Setelah didapat nilai rata-rata pengujian Marshall setiap pengujian, maka dilakukan penggambaran grafik untuk mendapatkan nilai KAO seperti yang terlihat pada Gambar 4.5

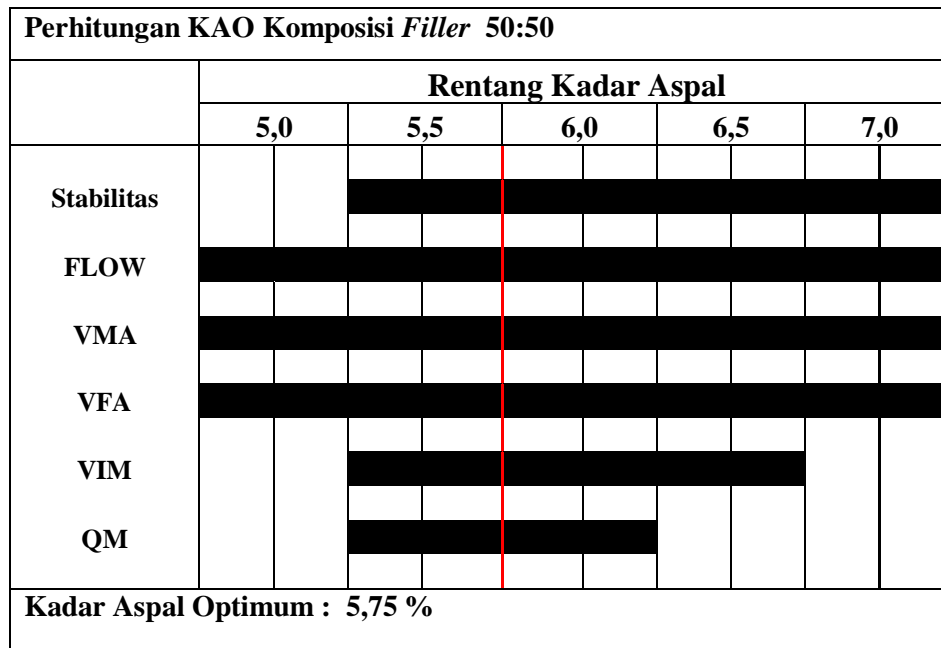


Gambar 4.5 Grafik untuk Mencari KAO pada Komposisi *Filler* 100:0

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO pada Komposisi *Filler* 50:50

Kadar Aspal	VMA (%)	VFA (%)	VIM (%)	FLOW (mm)	Stabilitas (Kg)	MQ (Kg/mm)
5,00	15,663	66,836	5,204	3,943	815,472	211,897
5,50	16,284	70,250	4,864	3,233	818,631	251,766
6,00	16,992	72,795	4,640	3,100	898,114	290,817
6,50	16,675	80,648	3,241	4,867	820,405	168,963
7,00	17,107	84,144	2,715	5,433	753,729	139,270
<b>Spesifikasi</b>	<b>Min 14%</b>	<b>Min 63%</b>	<b>3 - 5 %</b>	<b>Min 3mm</b>	<b>Min 800 Kg</b>	<b>Min 250 Kg/mm</b>

Hasil pengujian Kadar Aspal Optimum komposisi *filler* 50:50 sepenuhnya dapat dilihat pada Lampiran 19 dan 20. Dari Tabel 4.9, dapat dilihat campuran pada kadar aspal 5,5% dan 6% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Pada kadar aspal 6,5% dan 7%, nilai stabilitas menurun sedangkan nilai *flow* naik. Hal ini mengakibatkan nilai MQ menjadi kecil yang menandakan campuran terlalu plastis sehingga bersifat lembek dan dapat berubah bentuk jika diberi beban. Grafik untuk mendapatkan nilai KAO dapat dilihat pada Gambar 4.6.

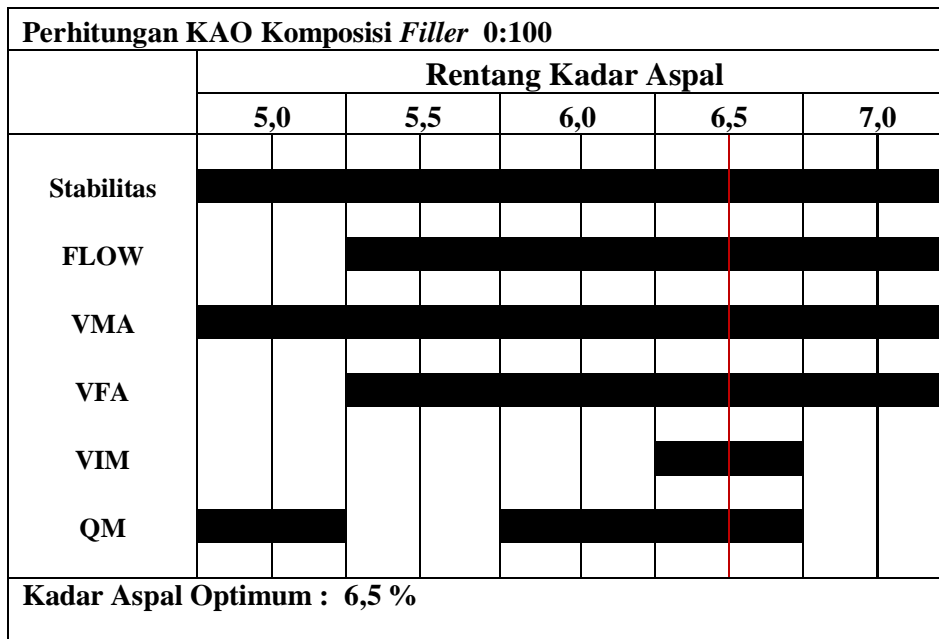


Gambar 4.6 Grafik untuk Mencari KAO pada Komposisi *Filler* 50:50

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO Pada Komposisi *Filler* 0:100

Kadar Aspal	VMA (%)	VFA (%)	VIM (%)	FLOW (mm)	Stabilitas (Kg)	MQ (Kg/mm)
5,00	18,892	53,445	8,834	2,977	902,657	303,514
5,50	17,939	63,141	6,745	4,313	1021,082	239,028
6,00	17,628	69,549	5,370	3,897	1081,094	284,113
6,50	16,710	80,377	3,282	4,057	971,237	250,655
7,00	16,725	86,663	2,267	4,523	843,986	185,589
<b>Spesifikasi</b>	<b>Min 14%</b>	<b>Min 63%</b>	<b>3 - 5 %</b>	<b>Min 3mm</b>	<b>Min 800 Kg</b>	<b>Min 250 Kg/mm</b>

Hasil pengujian Kadar Aspal Optimum komposisi *filler* 0:100 sepenuhnya dapat dilihat pada lampiran 21 dan 22. Setelah didapat nilai rata-rata pengujian Marshall setiap pengujian, maka dilakukan penggambaran grafik untuk mendapatkan nilai KAO yang memenuhi semua persyaratan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi I seperti yang terlihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik untuk Mencari KAO pada Komposisi *Filler* 0:100

Pada Komposisi *filler* 0:100, nilai Kadar Aspal Optimum naik menjadi 6,5%, hal ini dikarenakan rongga dalam campuran (VIM) yang memenuhi spesifikasi hanya pada KAO 6,5%. Pada KAO 6%, nilai VIM masih diluar spesifikasi yang disyaratkan. Nilai VIM yang idak konsisten pada tiap komposisi *filler* kemungkinan disebabkan oleh pemadatan yang dilakukan secara manual dengan tenaga manusia.

Setelah dilakukan pengujian Marshall dengan tiga komposisi *filler*, maka didapatkan Kadar Aspal Optimum untuk setiap persentase seperti pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Hasil Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum

KAO	Persentase <i>Filler</i> Semen dan Kombinasi 60% Abu Cangkang Lokan dan 40% Serbuk Batu Bata		
	100:0	50:50	0:100
	6%	5,75%	6,5%

#### 4.6 Hasil Pengujian Marshall Pada Kadar Aspal Optimum

Setelah didapatkan nilai KAO, selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji pada ketiga komposisi *filler* untuk melihat nilai karakteristik Marshall yang meliputi, stabilitas, *flow*, VMA, VFA, VIM dan MQ. Hasil pengujian Marshall

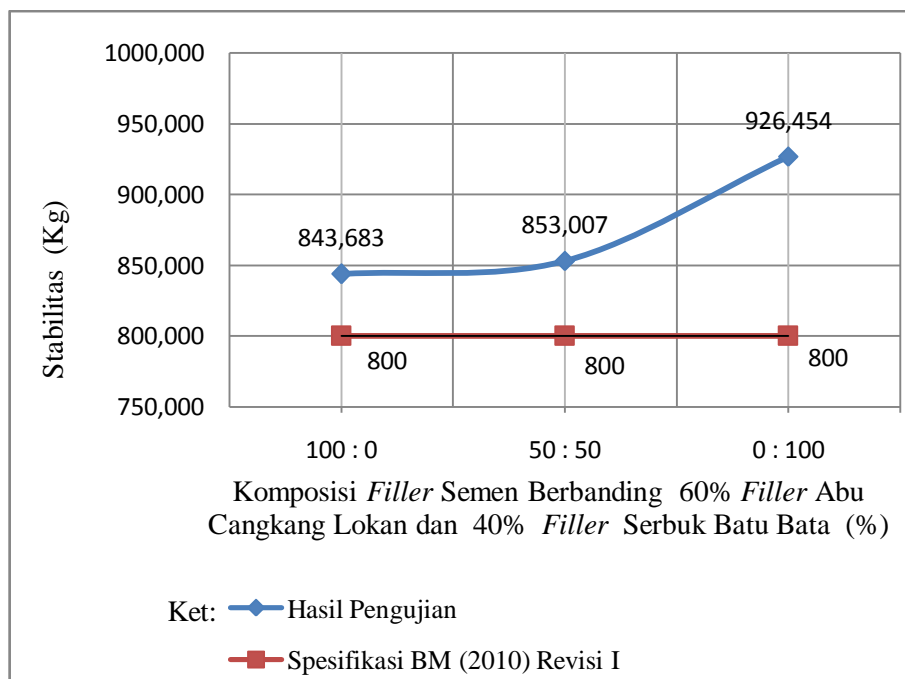
selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 23 dan 24. Adapun hasil pengujian pada setiap variasi penggantian *filler* dapat dilihat pada pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Marshall untuk Setiap Variasi Penggantian *Filler*

<i>Komposisi Filler</i>	<i>Kadar Aspal</i>	<i>VMA (%)</i>	<i>VFA (%)</i>	<i>VIM (%)</i>	<i>FLOW (mm)</i>	<i>Stabilitas (Kg)</i>	<i>MQ (Kg/mm)</i>
100 : 0	5,00	16,522	75,867	4,099	3,220	843,683	265,981
50 : 50	5,75	16,490	72,349	4,580	3,460	853,007	251,310
0 : 100	6,50	16,662	80,782	3,226	3,690	926,454	254,800
<b>Spesifikasi</b>		<b>Min 14%</b>	<b>Min 63%</b>	<b>3 - 5 %</b>	<b>Min 3mm</b>	<b>Min 800 Kg</b>	<b>Min 250 Kg/mm</b>

#### 4.6.1 Stabilitas

Stabilitas dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan perkerasan untuk menahan beban lalu lintas tanpa menimbulkan perubahan yang tetap, seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Berdasarkan teori, agregat bergradasi rapat memberikan rongga antar butiran (VMA) yang kecil yang dapat menghasilkan stabilitas yang tinggi. Namun pada penelitian ini, gradasi agregat diperlakukan sama dan hanya komposisi *filler* yang berubah. Hasil pengujian stabilitas terlihat pada Gambar 4.8.

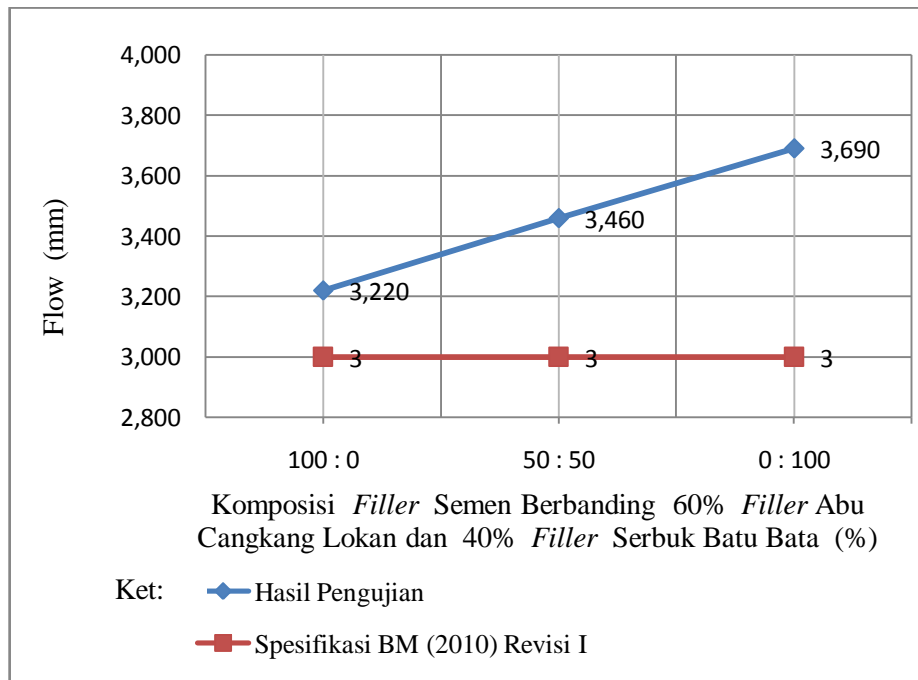


Gambar 4.8 Grafik Hasil Stabilitas terhadap Penggantian *Filler*

Dari Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada masing-masing komposisi penggantian *filler* berada di atas spesifikasi yang disyaratkan yaitu 800kg. Stabilitas paling rendah dihasilkan oleh komposisi *filler* 100:0 yaitu sebesar 843,683 kg, hal ini menunjukkan bahwa pada komposisi 100:0, benda uji yang dihasilkan lebih lembek namun masih berada di atas spesifikasi. Pada komposisi *filler* 50:50, terjadi kenaikan sebesar 1%. Benda uji paling kaku dihasilkan oleh stabilitas tertinggi yaitu benda uji komposisi *filler* 0:100 dengan kenaikan yang cukup tinggi sebesar 9,81% dari komposisi *filler* 100:0. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya komposisi *filler* pengganti yakni 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata, maka semakin bertambah nilai stabilitas yang dihasilkan dan stabilitas terbaik dihasilkan oleh komposisi *filler* pengganti 100% yaitu pada komposisi *filler* 0:100 sehingga dapat disimpulkan bahwa *filler* pengganti yaitu 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata menghasilkan nilai stabilitas lebih baik dari pada *filler* semen. Hal ini sesuai dengan teori pada penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa kandungan kapur dan silika yang tinggi dapat meningkatkan stabilitas pada campuran.

#### **4.6.2 Flow**

*Flow* adalah besarnya deformasi benda uji yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kestabilan maksimum sehingga batas runtuh dinyatakan dalam satuan mm. *Flow* menunjukkan tingkat kelenturan suatu campuran. Nilai *flow* yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban. Pengukuran *flow* bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas Marshall. Nilai *flow* juga diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian Marshall. Hasil pengujian *flow* dapat dilihat pada Gambar 4.9.

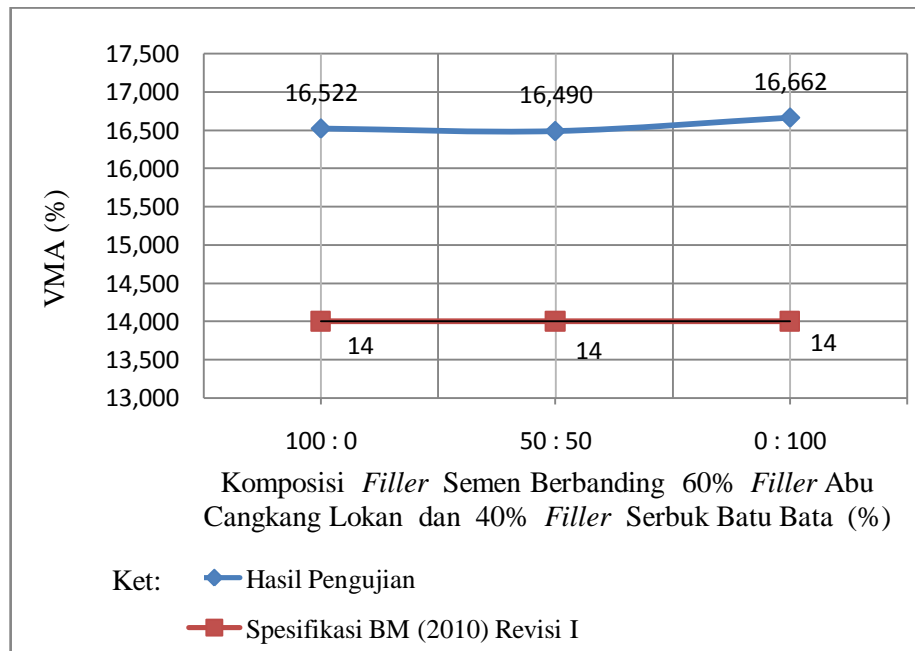


Gambar 4.9 Grafik Hasil Nilai *Flow* terhadap Penggantian *Filler*

Pada Gambar 4.9, terlihat bahwa nilai *flow* untuk tiap komposisi *filler* memenuhi syarat Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi I yaitu 3mm. Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *flow* mengalami peningkatan yang tidak terlalu jauh, nilai *flow* terendah dihasilkan oleh komposisi *filler* 100:0 sebesar 3,22mm, pada komposisi *filler* 50:50 nilai *flow* mengalami peningkatan sebesar 7,45% dan pada komposisi *filler* 0:100 nilai *flow* naik sebesar 14,59%. Meskipun nilai kenaikan tidak begitu besar tapi dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya komposisi *filler* pengganti, maka benda uji semakin bersifat plastis. Hal ini dikarenakan *filler* mampu bercampur dengan baik bersama aspal sehingga memperlentur campuran.

#### 4.6.3 Voids of Material Aggregate (VMA)

VMA merupakan volume pori di dalam beton aspal padat jika seluruh aspal ditiadakan. VMA menunjukkan persentase banyaknya rongga dalam agregat yang dapat diisi oleh aspal. Nilai VMA akan meningkat apabila selimut aspal dalam campuran lebih tebal. Hasil pengujian terhadap VMA dapat dilihat pada Gambar 4.10.

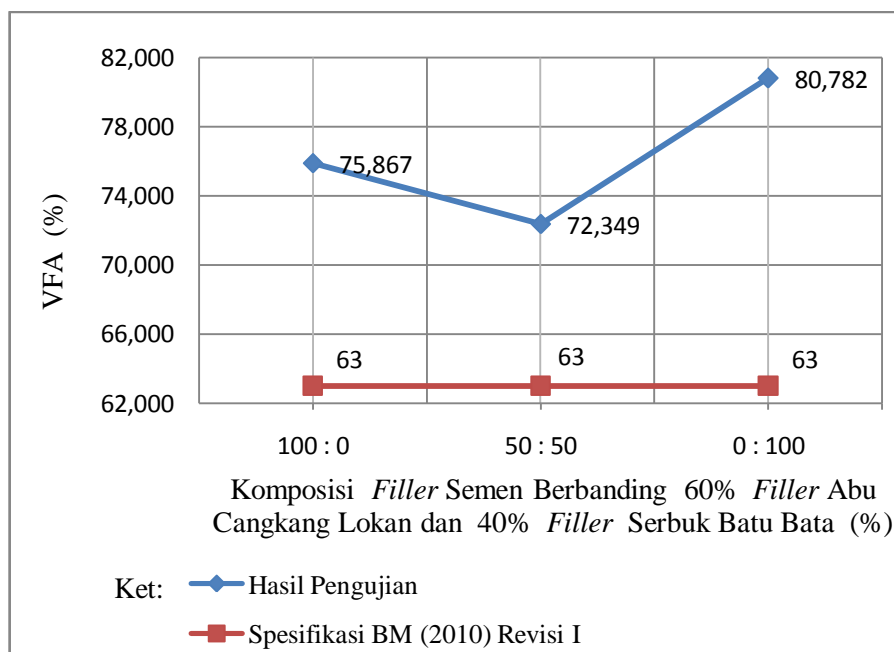


Gambar 4.10 Grafik Hasil Nilai VMA terhadap Penggantian Filler

Dari Gambar 4.10 terlihat bahwa nilai VMA untuk semua komposisi *filler* berada di atas nilai VMA yang disyaratkan pada spesifikasi yaitu 14%. Pada grafik dapat dilihat terjadi variasi naik turun nilai VMA. Nilai VMA pada komposisi *filler* 100:0 sebesar 16,522% terjadi penurunan sebesar 0,19% pada komposisi *filler* 50:50 yaitu sebesar 16,490%, Sedangkan pada komposisi *filler* 0:100 nilai VMA naik 0,85% dari komposisi *filler* 100:0 dan merupakan nilai VMA yang paling besar yaitu 16,662%. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kenaikan dan penurunan nilai VMA seperti kualitas pemadatan dan kadar aspal. Kenaikan nilai VMA pada benda uji dengan komposisi *filler* 0:100 bisa dipengaruhi oleh nilai Kadar Aspal yang lebih besar jika dibandingkan dengan benda uji pada komposisi *filler* lainnya sehingga selimut aspal lebih tebal dan mengakibatkan naiknya nilai VMA. Bisa juga diakibatkan oleh kualitas pemadatan yang kurang baik sehingga menghasilkan benda uji dengan rongga yang cukup besar namun masih memenuhi spesifikasi. Jika ditinjau dari komposisi *filler* (mengabaikan kadar aspal dan kualitas pemadatan), penurunan pada komposisi *filler* 50:50 disebabkan karena *filler* pengganti dan *filler* semen bekerja lebih baik dalam mengisi rongga antar partikel. Bisa jadi dikarenakan berat jenis *filler* yang tidak seragam.

#### 4.6.4 Volume of voids Filled with Asphalt (VFA)

VFA merupakan persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, tidak termasuk aspal yang terabsorpsi oleh butir agregat. Bisa dikatakan VFA merupakan persentase volume aspal yang menyelimuti agregat. VFA biasa disebut dengan rongga terisi aspal. Semakin tinggi nilai VFA menandakan semakin banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga campuran menjadi lebih kedap terhadap air dan udara. Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Hasil pengujian terhadap VFA dapat dilihat pada Gambar 4.11.



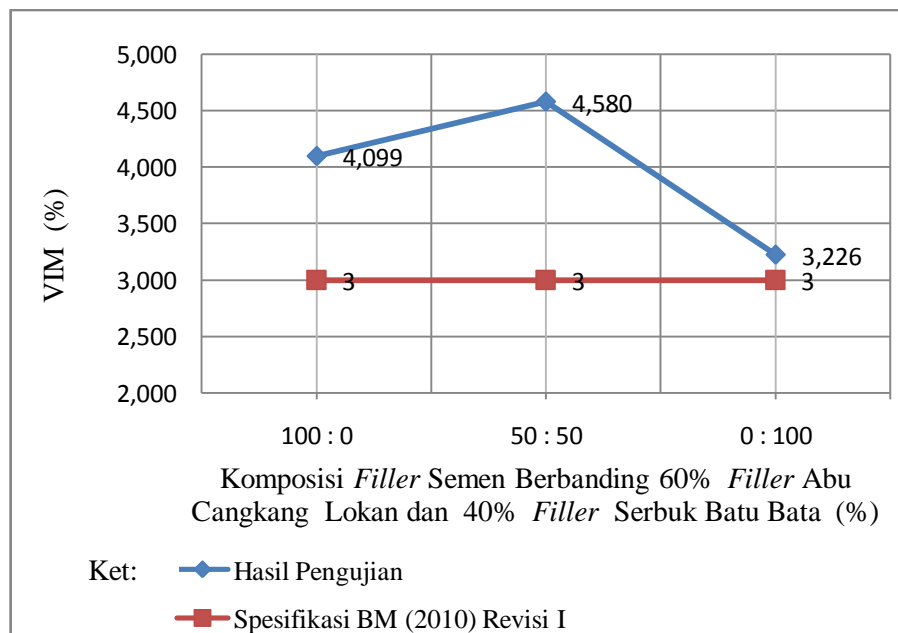
Gambar 4.11 Grafik Hasil Nilai VFA terhadap Penggantian Filler

Dari Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa nilai VFA pada masing-masing komposisi penggantian filler berada di atas spesifikasi yang disyaratkan yaitu 63%. Nilai VFA pada komposisi filler 100:0 mencapai 75,867%, penurunan terjadi 4,64% pada VFA komposisi filler 50:50 yaitu sebesar 72,349%. Nilai VFA ini lebih kecil dari komposisi filler lainnya. Jika ditinjau dari komposisi filler, penurunan terjadi karena aspal yang terserap oleh filler mengakibatkan rongga terisi aspal (VFA) pada campuran menurun, namun hal ini tidak bisa

dibuktikan karena pada komposisi *filler* 0:100, nilai VFA naik 6,59% dari komposisi *filler* 100:0. Terjadinya penurunan pada nilai VFA lebih masuk akal jika ditinjau pada Kadar Aspal masing-masing campuran. Pada campuran komposisi *filler* 50:50, Kadar Aspal yang dihasilkan paling kecil yaitu 5,75%. Hal ini mengakibatkan persentase rongga terisi aspal pada campuran sedikit dan menyebabkan turunnya Nilai VFA. Pada campuran komposisi *filler* 0:100, kadar aspal yang dihasilkan paling tinggi yaitu 6,5%. Hal ini membuat nilai VFA menjadi naik dan bahkan lebih tinggi dari komposisi *filler* lainnya yaitu sebesar 80,782%. Sehingga dari grafik pada gambar 4.9 dapat disimpulkan bahwa komposisi *filler* 0:100 lebih kedap terhadap air dan udara.

#### 4.6.5 Voids In Mixture (VIM)

VIM adalah rongga yang terdapat dalam total campuran. VIM dibutuhkan untuk mengetahui persentase volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal dipadatkan. Nilai VIM yang besar menunjukkan bahwa rongga pada benda uji besar dan kurangnya kedekatan suatu benda uji terhadap air. Hasil pengujian VIM dapat dilihat pada Gambar 4.12.

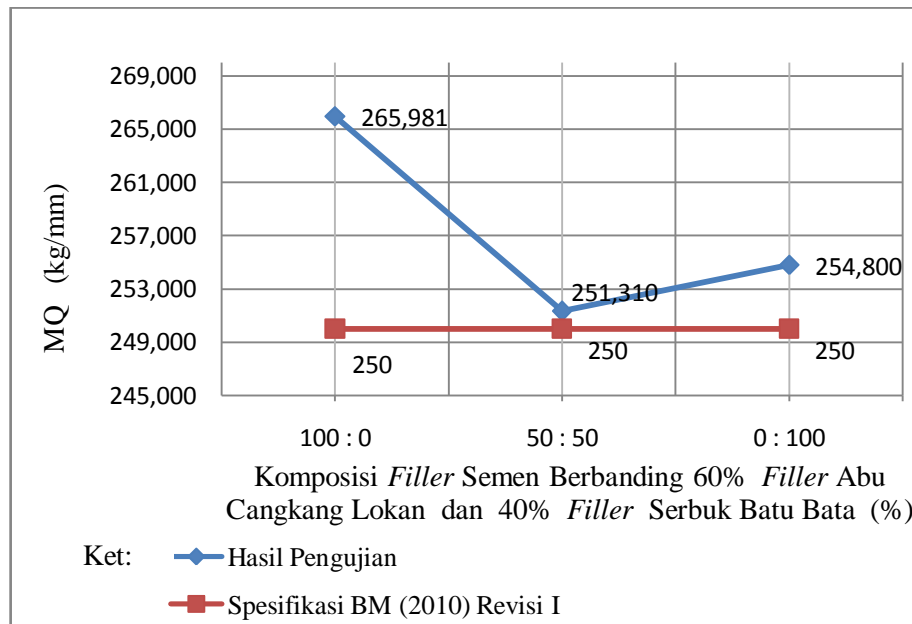


Gambar 4.12 Grafik Nilai VIM terhadap Penggantian *Filler*

Pada Gambar 4.12, variasi nilai VIM memenuhi syarat dalam spesifikasi umum yang disyaratkan yaitu sebesar 3-5%. Pada Komposisi *filler* 100:0 nilai VIM yang dihasilkan sebesar 4,099 %. Nilai VIM naik 11,73% pada komposisi *filler* 50:50 dan merupakan nilai VIM tertinggi pada komposisi *filler* lainnya. Pada komposisi *filler* 0:100, nilai VIM mengalami penurunan 29,56% dari komposisi *filler* 50:50 dan merupakan nilai VIM terendah dari komposisi *filler* lainnya. Pada kadar aspal konstan, penambahan *filler* akan memperkecil VIM karena *filler* dapat mengisi rongga-rongga dalam campuran sehingga campuran menjadi lebih padat. Ditinjau dari berat jenis *filler*, semen *Portland* memiliki berat jenis paling besar sehingga kuantitasnya lebih sedikit dari *filler* lainnya, kuantitas *filler* ini naik pada tiap pergantian *filler* dan kuantitas terbanyak berada pada komposisi 0:100. Seharusnya pada setiap pergantian *filler*, nilai VIM turun diiringi dengan kenaikan kuantitas *filler*, namun pada komposisi *filler* 50:50 terjadi kenaikan nilai VIM. Hal ini dikarenakan kadar aspal pada komposisi *filler* 50:50 paling rendah sehingga *filler* saja tidak cukup untuk mengisi pori-pori yang ada didalam campuran.

#### **4.6.6 Marshall Quotient (MQ)**

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) merupakan indeks kelenturan suatu campuran berupa perbandingan antara stabilitas terhadap *flow* dengan satuan kg/mm. Nilai MQ ini dihubungkan dengan daya tahan perkerasan terhadap deformasi. Semakin besar nilai MQ menandakan campuran semakin kaku/getas sehingga dapat terjadi retak apabila diberi beban, sedangkan semakin kecil nilai MQ menandakan campuran semakin lentur dan mampu berdeformasi apabila dioperasi beban. Hasil perhitungan nilai MQ dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Grafik Nilai MQ terhadap Penggantian Filler

Pada Gambar 4.13, terlihat bahwa nilai MQ untuk setiap variasi komposisi lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan, yaitu 250 kg/mm. Nilai MQ pada komposisi filler 100:0 mencapai 265,981 kg/mm. Terjadi penurunan 5,52% pada komposisi filler 50:50 yaitu sebesar 251,310 kg/mm. Pada komposisi filler 0:100, nilai MQ naik sekitar 1,31%, yaitu sebesar 254,800 kg/mm. Kenaikan dan penurunan nilai MQ dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow* pada campuran. Stabilitas yang kecil dan *flow* yang besar menghasilkan campuran yang lembek dan mudah berubah bentuk jika terjadi beban.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Karakteristik Marshall meliputi stabilitas, *flow*, VMA, VFA, VIM, MQ dari hasil pengujian berada di atas batas minimum yang disyaratkan oleh spesifikasi umum yang dikeluarkan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi dengan nilai karakteristik Marshall pada setiap komposisi sebagai berikut:
  - A. Hasil pengujian karakteristik Marshall pada kondisi KAO 6% dengan komposisi *filler* 100:0, dimana 100% berupa *filler* semen dan 0% berupa 60% *filler* abu cangkang lokan dan 40% *filler* serbuk batu bata, diperoleh nilai stabilitas sebesar 843,683 kg, nilai kelelehan atau *flow* sebesar 3,22 mm, nilai VMA sebesar 16,522%, nilai VFA sebesar 75,867%, nilai VIM sebesar 4,099% dan untuk nilai MQ diperoleh 265,981kg/mm, nilai MQ ini merupakan nilai MQ tertinggi dari komposisi *filler* lainnya.
  - B. Hasil pengujian karakteristik Marshall pada kondisi KAO 5,75% dengan komposisi *filler* 50:50, diperoleh nilai stabilitas sebesar 853,007 kg, nilai kelelehan atau *flow* sebesar 3,46 mm, nilai VMA sebesar 16,49%, nilai VFA sebesar 72,349%, nilai MQ sebesar 251,31 kg/mm. Komposisi *filler* 50:50 menghasilkan nilai VIM tertinggi dari komposisi *filler* lainnya yaitu 4,58%.
  - C. Hasil pengujian karakteristik Marshall pada kondisi KAO 6,5% pada komposisi *filler* 0:100 diperoleh nilai stabilitas sebesar 926,454 kg, nilai kelelehan atau *flow* sebesar 3,69 mm, nilai VMA sebesar 16,662%, nilai VFA sebesar 80,782%, nilai VIM sebesar 3,226% dan MQ sebesar 254,800 kg/mm. Komposisi *filler* 0:100 menghasilkan nilai stabilitas, *flow*, VFA dan VMA tertinggi dari komposisi *filler* lainnya.
2. Perbandingan Hasil pengujian menunjukkan bahwa komposisi *filler* 0:100 menghasilkan nilai karakteristik Marshall terbaik dengan nilai stabilitas tertinggi sebesar 926,454 kg dan nilai VIM terkecil sebesar 3,226%. Nilai

VIM yang kecil mengindikasikan tingkat kerapatan suatu campuran AC-BC sedangkan semakin besar nilai stabilitas pada campuran AC-BC menunjukkan tingkat kekuatan campuran AC-BC terhadap kemampuan menerima beban.

## 5.2 SARAN

Untuk penyempurnaan hasil penelitian serta untuk mengembangkan penelitian yang lebih lanjut disarankan untuk melakukan penelitian dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Diharapkan adanya pengujian bahan kandungan *filler* abu cangkang lokan dan serbuk batu bata yang digunakan pada penelitian ini sebagai pelengkap analisis penelitian.
2. Diharapkan adanya penelitian tentang penggantian *filler* semen *Portland* dengan abu cangkang lokan pada campuran perkerasan yang sama (AC-BC).
3. Hendaknya proses pencampuran maupun pemadatan benda uji dalam penelitian tidak dilakukan secara manual agar kualitas benda uji yang dihasilkan sama dan mengurangi kesalahan yang terjadi selama penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hadihardaja, J., 1997, *Rekayasa Jalan Raya*, Gunadarma, Jakarta.
- Waani, E., 2013, *Evaluasi Volumetrik Marshall Campuran AC-BC (Studi Kasus Material Agregat di Manado dan Minahasa)*, Jurnal Teknik Sipil, Vol. 20, Nomor 1.
- Fauzi, A., 2012, *Usaha Pembuatan Batu Bata Merah*, <http://usahajepara.blogspot.com/2012/10/bisnis-rental-playstation.html>, 12 Juni 2014, Pkl 19.19 WIB.
- Suprpto, 2004, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*, Biro Penerbit, Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada.
- Rahaditya, D. R., 2012, *Pengaruh Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Pada Perkerasan Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS-WC)*, Skripsi pada Fakultas Teknik Universitas Jember, tidak diterbitkan.
- Sitepu, K. K., 2012, *Perilaku Kuat Geser Bata Merah Kota Bengkulu (Studi Terhadap Bata Merah Di Kecamatan Selebar Dan Kecamatan Muara Bangkahulu)*, Skripsi pada Fakultas Teknik Universitas Bengkulu, tidak diterbitkan.
- Wulandari, F. I., 2011, *Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Kayu Jati (Tectona Grandits L.f) pada Paduan Tanah Liat dan Abu Sampah Terhadap Kualitas Batu Bata Merah Di Kabupaten Karanganyar*, Skripsi pada FMIPA Universitas Sebelas Maret, Surakarta, tidak diterbitkan.
- Widodo, S., 2004, *Optimalisasi Kuat Tekan Self-Compacting Concrete dengan Cara Trial-Mix Komposisi Agregat dan Filler Pada Campuran Adukan Beton*, Jurnal Penelitian Saintek, Vol.9, Nomor 1, Lembaga Penelitian UNY.
- Ambarwati, L. dan Arifin, M.Z., 2009, *Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) dengan Material Piropilit Sebagai Filler yang Tahan Hujan Asam*, Jurnal Teknik Sipil, Vol. 3, Nomor 1.
- Mansyur, K., Mashuri dan Alhadar, A., 2012, *Studi Penggunaan Kapur Sebagai Bahan Aditif Terhadap Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)*, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi, Vol. II, Nomor 2.
- Supriani, F., 2013, *Pengaruh Umur Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Akibat Penambahan Abu Cangkang Lokan*, Jurnal Inersia, Vol. 5, Nomor 2.

- Muqarramah, A., 2012, *Rancangan Campuran Aspal* <http://www.cyber007-cyber.blogspot.com/2012/02/rancangan-campuran-aspal.html>, 18 Mei 2014, Pkl 20.05 WIB.
- Putrowijoyo, R., 2006, *Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland Dan Abu Batu Sebagai*, Tesis pada Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang, tidak diterbitkan.
- Annur, H., 2013, *Campuran Beton Cangkang Kerang*, <http://hattaannur1701.blogspot.com/2013/02/campuran-beton-cangkang-kerang.html>, 11 Mei 2014, Pkl 08:31 WIB
- Darmawan, R., 2013, *Pengaruh Penambahan Serat Bambu dan Penggantian 40% Agregat Halus dengan Abu Sekam Padi dan Abu Cangkang Lokan Terhadap Kuat Tarik Beton*, Skripsi pada Fakultas Teknik Universitas Bengkulu, tidak diterbitkan.
- Sukirman, S., 2007, *Campuran Aspal Panas, Granit*, Bandung.
- Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Sahlan, R., 2009, *Pengaruh Penggunaan Kulit Kerang Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran ATB ( Asphalt Treated Base)*, Skripsi pada Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta, tidak diterbitkan.
- SNI 03-1968-1990, 1990, *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*, Pusjatan-Balitbang PU.
- SNI 1969:2008, 2008, *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1970:2008, 2008, *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*, Badan Standarisasi i Nasional.
- SNI 03-4804-1998, 1998, *Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*, Pusjatan-Balitbang PU.
- SNI 2417:2008, 2008, *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 06-2441-1991, 1991, *Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat*, Pusjatan-Balitbang PU.
- SNI 06-2434-1991, 1991, *Metode Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter*, Pusjatan-Balitbang PU.

*SNI 06-2433-1991, Metode Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar Dengan Cleve  
Land Open Cup, Pusjatan-Balitbang PU.*

Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010, *Spesifikasi  
Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Revisi I*, Yayasan Badan  
Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

**LAMPIRAN**



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227


Lampiran I

**HASIL PENGUJIAN ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR**

Material : Agregat Kasar (Batu Pecah)  
Sumber Material : Kabupaten Bengkulu Utara  
Tgl. Pemeriksaan : 16 Juni 2013

Ayakan		Sampel A			Sampel B			Rata-Rata
		Tertahan	Kumulatif		Tertahan	Kumulatif		
No.	Ukuran (mm)	Berat (gr)	Tertahan (%)	Lolos (%)	Berat (gr)	Tertahan (%)	Lolos (%)	Lolos (%)
1"	25	0.00	0.00	100.00	27.00	2.25	97.75	98.88
3/4"	19	12.00	1.00	99.00	21.50	1.79	95.96	97.48
1/2"	12.5	598.50	49.88	49.13	764.50	63.71	32.25	40.69
3/8"	9.5	360.50	30.04	19.08	297.50	24.79	7.46	13.27
No.4	4.75	202.50	16.88	2.21	80.00	6.67	0.79	1.50
No.8	2.36	13.00	1.08	1.13	2.50	0.21	0.58	0.85
No.16	1.18	5.50	0.46	0.67	0.50	0.04	0.54	0.60
No.30	0.6	1.00	0.08	0.58	0.50	0.04	0.50	0.54
No.50	0.3	0.50	0.04	0.54	0.50	0.04	0.46	0.50
No.100	0.15	1.50	0.13	0.42	1.00	0.08	0.37	0.40
No.200	0.075	1.50	0.13	0.29	0.50	0.04	0.33	0.31
Pan		3.5	0.29	0.00	4.00	0.33	0.00	0
Jumlah		1200	100		1200	100		

Mengetahui  
Kepala Laboratorium,  
  
Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP.197208092000031002

Bengkulu, September 2014  
Dikerjakan  
Laboran,  
  
Advanty Esentia  
NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**Lampiran 2**

**HASIL PENGUJIAN ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS**

Material : Abu Batu  
Sumber Material : Kabupaten Bengkulu Utara  
Tgl. Pemeriksaan : 16 Juni 2013

Ayakan		Sampel A			Sampel B			Rata-Rata
		Tertahan	Kumulatif		Tertahan	Kumulatif		
No.	Ukuran (mm)	Berat (gr)	Tertahan (%)	Lolos (%)	Berat (gr)	Tertahan (%)	Lolos (%)	Lolos (%)
1"	25	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
3/4"	19	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
1/2"	12.5	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
3/8"	9.5	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
No.4	4.75	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
No.8	2.36	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100
No.16	1.18	7.50	0.63	99.38	62.50	5.21	94.79	97.08
No.30	0.6	554.50	46.21	53.17	555.50	46.29	48.50	50.83
No.50	0.3	221.00	18.42	34.75	220.50	18.38	30.13	32.44
No.100	0.15	228.00	19.00	15.75	186.00	15.50	14.63	15.19
No.200	0.075	89.50	7.46	8.29	98.50	8.21	6.42	7.35
Pan		99.5	8.29	0.00	77.00	6.42	0.00	0
Jumlah		1200	100.00		1200	100		

Mengetahui  
Kepala Laboratorium,  
  
Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP. 197208092000031002

Bengkulu, September 2014  
Dikerjakan  
Laboran,  
  
Advanty Esentia  
NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

Lampiran 3

**BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

Material : Batu Pecah (*Splite*)  
Sumber Material : Bengkulu Utara  
Tanggal Uji : 15 Juni 2014

Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan		
	Sampel A	Sampel B	Rata-rata
Berat agregat kering permukaan jenuh (gr) (Bj)	2373	2340.5	
Berat Agregat Dalam Air (gr) (Ba)	1483	1456	
Berat agregat kering oven (gr) (Bk)	2305	2275	
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) =	2.67	2.65	2.66
Berat jenis kering oven (Bulk) =	2.59	2.57	2.58
Berat jenis semu (Apparent) =	2.80	2.78	2.79
Penyerapan (Absorpsi) =	2.95	2.88	2.91



Bengkulu, September 2014

Dikerjakan

Laboran,

Advanty Esentia

NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

Lampiran 4

**BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Material : Abu batu  
Sumber Material : Bengkulu Utara  
Tanggal Uji : 15 Juni 2014

Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan		
	Sampel A	Sampel B	Rata-rata
Berat agregat kering oven (Bk) (gr)	487.5	484.5	
Berat agregat kering permukaan (Bj) (gr)	500	500	
Berat piknometer berisi air (B) (gr)	544	548.5	
Berat piknometer + agregat + air (Bt) (gr)	861.5	873	
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) =	2.74	2.85	2.79
Berat jenis kering oven (Bulk) =	2.67	2.76	2.72
Berat jenis semu (Apparent) =	2.87	3.03	2.95
Penyerapan (Absorpsi) =	2.56	3.20	2.88



Bengkulu, September 2014

Dikerjakan

Laboran,

Advanty Esentia

NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

Lampiran 5

**BERAT JENIS FILLER PENGGANTI**

Material : Serbuk Batu Bata  
Sumber Material : Kelurahan Dusun Besar  
Tanggal Uji : 16 Juni 2014

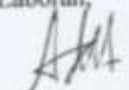
Uraian	A	B
Berat Piknometer + filler ( $W_2$ ) (gr)	64.2	63.5
Berat Piknometer ( $W_1$ )	39	38.2
Berat Filler ( $w_f$ )	25.2	25.3
Temperatur	20° C	
Berat Piknometer + air + Filler pada temp 20° C ( $W_3$ )	114	113.9
Berat Piknometer + air ( $w_4$ )	98.2	97.7
$w_5 = w_f + w_4$	123.4	123
Berat Jenis Gs = $\frac{w_f}{w_5 - W_3}$	2.681	2.780
Rata-rata	2.73	

Material : Abu Cangkang Lokan  
Sumber Material : Pulau Baai Kota Bengkulu


Uraian	A	B
Berat Piknometer + filler ( $W_2$ ) (gr)	64.2	63.9
Berat Piknometer ( $W_1$ )	39	38.2
Berat Filler ( $w_f$ )	25.2	25.7
Temperatur	20° C	
Berat Piknometer + air + Filler pada temp 20° C ( $W_3$ )	114.4	113.9
Berat Piknometer + air ( $w_4$ )	98.2	97.7
$w_5 = w_f + w_4$	123.4	123.4
Berat Jenis Gs = $\frac{w_f}{w_5 - W_3}$	2.80	2.71
Rata-rata	2.75	

Bengkulu, September 2014

Dikerjakan  
Laboran,

  
Advanty Esentia  
NPM. G1B010007

Mengetahui  
Kepala Laboratorium,

  
Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP.197208092000031002





**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

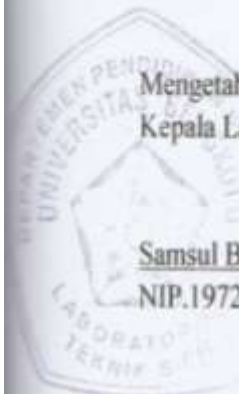
Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

Lampiran 6

**BERAT JENIS FILLER SEMEN PORTLAND**

Material : Semen Portland  
Sumber Material : Kota Bengkulu  
Tanggal Uji : 17 Juni 2014

Uraian	A	B
Berat Piknometer + filler ( $W_2$ ) (gr)	63.8	63.3
Berat Piknometer ( $W_1$ )	39	38.2
Berat Filler ( $w_f$ )	24.8	25.1
Temperatur	20° C	
Berat Piknometer + air + Filler pada temp 20°C ( $W_3$ )	114.7	114.4
Berat Piknometer + air ( $w_4$ )	98.2	97.7
$w_5 = w_f + w_4$	123	122.8
Berat Jenis Gs = $\frac{w_f}{w_5 - w_3}$	2.99	2.99
Rata-rata	2.99	



Mengetahui  
Kepala Laboratorium,

Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP.197208092000031002

Bengkulu, September 2014  
Dikerjakan  
Laboran,

Advanty Esentia  
NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**Lampiran 7**

**BERAT ISI AGREGAT KASAR**

Material : Batu Pecah (*Splite*)

Sumber Material : Bengkulu Utara

Tanggal Uji : 15 Juni 2014


Uraian	Sampel A	Sampel B
Berat mold (kg) ( $W_1$ )	10.83	10.83
Volume mold ( $m^3$ ) ( $V$ )	0.0103981	0.010398
<b>Berat Isi Lepas</b>		
Berat agregat + mold (kg) ( $W_2$ )	22.76	22.67
Berat agregat (kg) ( $W_3$ ) $\rightarrow W_3 = W_2 - W_1$	11.93	11.84
Berat isi ( $kg/m^3$ ) $= \frac{W_3}{V}$	1147.33	1138.67
Rata-rata berat isi ( $kg/m^3$ )	1143.00	
<b>Berat Isi Padat dengan Tusukan</b>		
Berat agregat + mold (kg) ( $W_2$ )	24.95	23.84
Berat agregat (kg) ( $W_3$ ) $\rightarrow W_3 = W_2 - W_1$	14.12	13.01
Berat isi ( $kg/m^3$ ) $= \frac{W_3}{V}$	1357.95	1251.20
Rata-rata berat isi ( $kg/m^3$ )	1304.57	
<b>Berat Isi Padat dengan Penggoyangan</b>		
Berat agregat + mold (kg) ( $W_2$ )	23.77	23.95
Berat agregat (kg) ( $W_3$ ) $\rightarrow W_3 = W_2 - W_1$	12.94	13.12
Berat isi ( $kg/m^3$ ) $= \frac{W_3}{V}$	1244.46	1261.77
Rata-rata berat isi ( $kg/m^3$ )	1253.12	

Mengetahui  
Kepala Laboratorium,



Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP.197208092000031002

Bengkulu, September 2014  
Dikerjakan  
Laboran,



Advanty Esentia  
NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**


Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

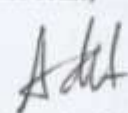
**Lampiran 8**

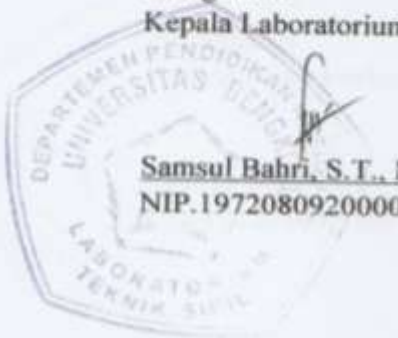
**BERAT ISI AGREGAT HALUS**

Material : Abu Batu  
Sumber Material : Bengkulu Utara  
Tanggal Uji : 15 Juni 2014

Uraian	Sampel A	Sampel B
Berat mold (kg) ( $W_1$ )	10.83	10.83
Volume mold ( $m^3$ ) ( $V$ )	0.0103981	0.010398
<b>Berat Isi Lepas</b>		
Berat agregat + mold (kg) ( $W_2$ )	23.40	23.40
Berat agregat (kg) ( $W_3$ ) $\rightarrow W_3 = W_2 - W_1$	12.57	12.57
Berat isi ( $kg/m^3$ ) =	1208.88	1208.88
Rata-rata berat isi ( $kg/m^3$ )	1208.88	
<b>Berat Isi Padat dengan Tusukan</b>		
Berat agregat + mold (kg) ( $W_2$ )	24.81	25.04
Berat agregat (kg) ( $W_3$ ) $\rightarrow W_3 = W_2 - W_1$	13.98	14.21
Berat isi ( $kg/m^3$ ) =	1344.48	1366.60
Rata-rata berat isi ( $kg/m^3$ )	1355.54	
<b>Berat Isi Padat dengan Penggoyangan</b>		
Berat agregat + mold (kg) ( $W_2$ )	24.76	25.00
Berat agregat (kg) ( $W_3$ ) $\rightarrow W_3 = W_2 - W_1$	13.93	14.17
Berat isi ( $kg/m^3$ ) =	1339.67	1362.75
Rata-rata berat isi ( $kg/m^3$ )	1351.21	

Mengetahui  
Kepala Laboratorium,  
  
Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP.197208092000031002

Bengkulu, September 2014  
Dikerjakan  
Laboran,  
  
Advanty Esentia  
NPM. G1B010007





**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**Lampiran 9**

**UJI KEAUSAN AGREGAT**

Material : Batu Pecah (*Splite*)  
Sumber Material : Bengkulu Utara  
Tanggal Uji : 15 Juni 2014

Gradasi agregat : A  
Jumlah bola baja : 12 buah  
Jumlah putaran : 500 putaran

Gradasi Pemeriksaan		Jumlah Putaran	
Ukuran Saringan		I	II
Lolos	Tertahan	Berat (a)	Berat (a)
76.2 (3")	63.5 (2.5")		
63.5 (2.5")	50.8 (2")		
50.8 (2")	36.1 (1,5")		
36.1 (1,5")	25.4 (1")	1250	1250
25.4 (1")	19.1 (3/4")	1250	1250
19.1 (3/4")	12.7 (1/2")	1250	1250
12.7 (1/2")	9.52 (3/8")	1250	1250
9.52 (3/8")	6.35 (1/4")		
6.35 (1/4")	4.75 (No. 4)		
4.75 (No. 4)	2.36 (No. 8)		
Jumlah Berat		5000	5000
Berat Tertahan Saringan No.12 Sesudah Percobaan		3987	3658.5
Keausan (%)		20.26	26.83
Keausan Rata-Rata (%)		23.545	

Mengetahui  
Kepala Laboratorium,

Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP.197208092000031002

Bengkulu, September 2014  
Laboran,

Advanty Esentia  
NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**Lampiran 10**

**BERAT JENIS ASPAL**

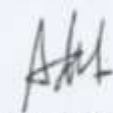
Material : Aspal Shell Pen 60/70  
Sumber Material : Kota Bengkulu  
Tanggal Uji : 16 Juni 2014

Pemeriksaan	Contoh 1	Contoh 2	Rata-Rata
Berat Pikno + Contoh (W2)	187.6	190.5	189.05
Berat Pikno (W1)	108.0	112.0	110
Berat Contoh ( $W_t = W_2 - W_1$ )	79.6	78.5	79.05
Temperatur	25.0	25.0	25
Berat Pikno + Air (W4)	304.0	309.5	306.75
( $W_5 = W_2 - W_1 + W_4$ )	383.6	388.0	385.8
Berat Pikno + Air + Contoh (W3)	308.1	311.5	309.8
Isi Contoh ( $W_5 - W_3$ )	75.5	76.5	76
Berat Jenis ( $W_t / W_5 - W_3$ )	1.054	1.026	1.040

Mengetahui  
Kepala Laboratorium,

  
Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP.197208092000031002

Bengkulu, September 2014  
Laboran,

  
Advanty Esentia  
NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**Lampiran 11**

**PENETRASI ASPAL**

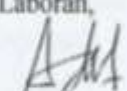
Material : Aspal Shell Pen 60/70  
Sumber Material : Kota Bengkulu  
Tanggal Uji : 16 Juni 2014

No.	Kegiatan	Uraian	
1	Pembukaan Contoh	Contoh mulai dipanaskan Mulai jam 19.30 Selesai jam 20.00	Pembacaan suhu oven 110° C
2	Mendinginkan Contoh	Didiamkan suhu ruangan Mulai jam 20.10 selesai jam 21.10	
3	Mencapai Suhu Pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C Mulai jam 21.10 Selesai jam 22.10	Pembacaan Suhu 25 °C

No.	Penetrasi	Sketsa Hasil Penetrasi
1	64	
2	62	
3	63	
4	65	
5	61	
Rata-rata	63	

Mengetahui  
Kepala Laboratorium,  
  
Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP.197208092000031002

Bengkulu, September 2014

Laboran,  
  
Advanty Esentia  
NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**Lampiran 12**

**TITIK LEMBEK ASPAL**

Material : Aspal Keras Pen 60/70  
Sumber Material : Kota Bengkulu  
Tanggal Uji : 15 Juni 2014

No.	Kegiatan	Uraian
1	Pembukaan Contoh	Contoh mulai dipanaskan Mulai jam 15.10 Selesai jam 15.40 Pembacaan suhu oven 110° C
2	Mendinginkan Contoh	Didiamkan suhu ruangan Mulai jam 15.40 selesai jam 16.10
3	Mencapai Suhu Pemeriksaan	Direndam pada suhu 25° C Mulai jam 16.10 Selesai jam 16.40 Pembacaan Suhu 25 °C

No	Suhu Yang Diamati (°C)	Waktu		Pembacaan Suhu (°C)	
		I	II		
1	5	0			
2	10	02' 04"	02' 04"		
3	15	03' 11"	03' 11"		
4	20	04' 16"	04' 16"		
5	25	05' 44"	05' 44"		
6	30	03' 20"	03' 20"		
7	35	08' 39"	08' 39"		
8	40	12' 16"	12' 16"		
9	45	16' 45"	16' 45"		
10	50	20' 45"	23' 12"		
11	55	23' 19"		51	50.5
Rata-rata				50.75	

Mengetahui  
Kepala Laboratorium,  
  
Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP.197208092000031002

Bengkulu, September 2014  
Laboran,  
  
Advanty Esentia  
NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**ampiran 13**

**BERAT CAMPURAN PERGRADASI DALAM SATU BENDA UJI**

Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran AC-BC

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran					
	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37.5			100			100
25		100	90 - 100		100	90 - 100
19	100	90 - 100	73 - 90	100	90 - 100	73 - 90
12.5	90 - 100	74 - 90	61 - 79	90 - 100	71 - 90	55 - 76
9.5	72 - 90	64 - 82	47 - 67	72 - 90	58 - 80	45 - 66
4.75	54 - 69	47 - 64	39.5 - 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39.5
2.36	39.1 - 53	34.6 - 49	30.8 - 37	28 - 39.1	23 - 34.6	19 - 26.8
1.18	31.6 - 40	28.3 - 38	24.1 - 28	19 - 25.6	15 - 22.3	12 - 18.1
0.6	23.1 - 30	20.7 - 28	17.6 - 22	13 - 19.1	10 - 16.7	7 - 13.6
0.3	15.5 - 22	13.7 - 20	11.4 - 16	9 - 15.5	7 - 13.7	5 - 11.4
0.15	9.0 - 15	4.0 - 13	4.0 - 10	6.0 - 13	5.0 - 11	4.5 - 9
0.075	4.0 - 10	4.0 - 8	3.0 - 6	4.0 - 13	4.0 - 8	3.0 - 7

Perhitungan Berat Agregat Pergradasi dalam Satu Benda Uji

ASTM	Ukuran Ayakan (mm)	Laston (AC)			Fuller	Persen Tertahan (%)	Jumlah (%)	Berat (gr)
		Gradasi Kasar						
		B.Bawah	B. Tengah	B. Atas				
1½"	37.5							
1"	25	100	100.0	100	0		0.00	
¾"	19	90	95.00	100	88	5	60.00	
½"	12.5	71	80.50	90	73	15	174.00	
3/8"	9.5	58	69.00	80	65	12	138.00	
No. 4	4.75	37	46.50	56	47	23	270.00	
No. 8	2.36	23	28.80	34.6	35	18	212.40	
No. 16	1.18	15	18.65	22.3	25	10	121.80	
No. 30	0.6	10	13.35	16.7	19	5	63.60	
No. 50	0.3	7	10.35	13.7	14	3	36.00	
No. 100	0.15	5	8.00	11	10	2	28.20	
No. 200	0.075	4	6.00	8	7	2	24.00	
Pan		-	-	-	-	6	6	72.00
Total						100.00	100.00	1200.00

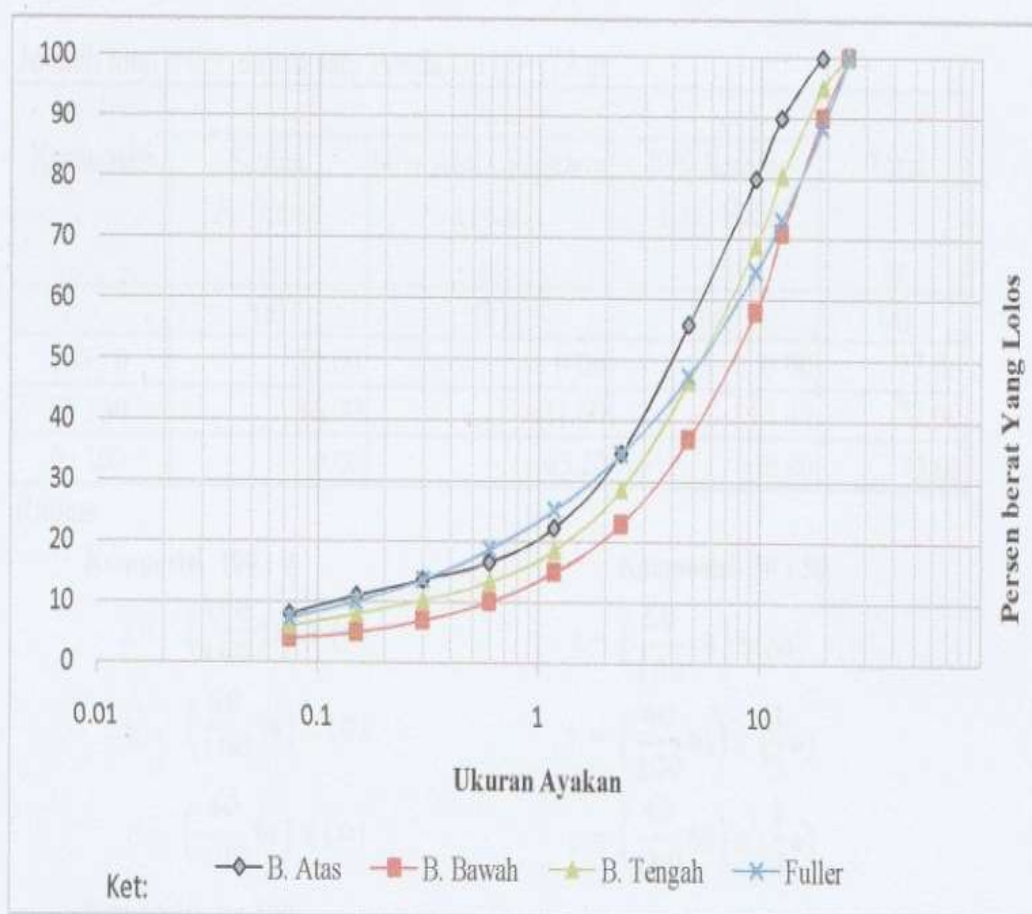


**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**Lampiran 14**

**GRAFIK GRADASI AGREGAT**



Rumus Fuller :

$$P = 100 \left( \frac{d}{D} \right)^{0.45}$$

- Ket: P = Persen yang lolos saringan (mm)  
d = Ukuran Ayakan Pergradasi (mm)  
D = Ukuran Maksimum Ayakan dalam gradasi (mm)



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

Lampiran 15

**PERHITUNGAN BERAT *FILLER* SESUAI KOMPOSISI**

Jumlah total *filler* dalam satu Benda Uji (e)= 72 gr

Komposisi	<i>Filler</i>			Total gr
	Semen <i>Portland</i> gr	60% Abu Cangkang Lokan gr	40% Serbuk Batu Bata gr	
	(a)	(b)	(c)	
100 : 0	72.00	0.00	0.00	72.00
50 : 50	36.00	21.60	14.40	72.00
0 : 100	0.00	43.20	28.80	72.00

Rumus :

**Komposisi 100 : 0**

$$a = \left( \frac{100}{100} \% \right) \times (e)$$

$$b = \left( \frac{60}{100} \% \right) \times (0)$$

$$c = \left( \frac{40}{100} \% \right) \times (0)$$

**Komposisi 50 : 50**

$$a = \left( \frac{50}{100} \% \right) \times (e)$$

$$b = \left( \frac{60}{100} \% \right) \times \left( \frac{1}{2} e \right)$$

$$c = \left( \frac{40}{100} \% \right) \times \left( \frac{1}{2} e \right)$$

**Komposisi 0 : 100**

$$a = \left( \frac{0}{100} \% \right) \times (e)$$

$$b = \left( \frac{60}{100} \% \right) \times (e)$$

$$c = \left( \frac{40}{100} \% \right) \times (e)$$



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**Lampiran 16**

**PERHITUNGAN KADAR ASPAL**

Tabel Persentase Bahan Campuran dalam Satu Benda Uji

Bahan Campuran	Jumlah %
Agregat Kasar	71
Agregat Halus	23
Filler	6
Jumlah	100

Menentukan kadar aspal rencana :

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%filler) + K$$

Keterangan :

P = persen kadar aspal

CA = persen agregat tertahan saringan No.8

FA = persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200

filler = persen agregat minimal 75% lolos saringan No.200

K = konstan 0,5 - 1,0 untuk Laston

2,0 - 3,0 untuk Lataston

$$\begin{aligned} P_1 &= 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0.18 (\%Filler) + K \\ &= 0.035 \cdot 71 + 0.045 \cdot 23.0 + 0.18 \cdot 6 + 1 \\ &= 6 \% \end{aligned}$$

Variasi Kadar Aspal	P <sub>-1</sub>	P <sub>-0,5</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>+0,5</sub>	P <sub>+1</sub>
Kadar Aspal (%)	5	5.5	6	6.5	7
Berat dalam Satu Benda Uji (g)	60	66	72	78	84



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

Lampiran 17

**Hasil Pengujian Marshall Tahap 1**  
**Komposisi Filler 100:0**

Diketahui :  
 Berat Jenis Bulk Agregat : 2.58  
 Berat Jenis Aspal : 1.040224213  
 Angka Kalibrasi : 12.9804

No.	Aspal thdp agregat	Aspal thd campuran	Berat kering	Berat jatuh	Berat dalam air	isi	Berat isi benda uji	Berat jenis maks teoritis	(b x g) / Bj. aspal	(100 - b)g / Bj. Agregat	Jmlh Kand rongga	VMA	VFA	VIM	Pembacaan dial	Stabilitas	Koreksi stabilitas	Flow	MQ
	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(ml)	-	-	-	-	(%)	(%)	(%)	(%)	(kg)	(kg)	mm	(kg/mm)	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
1.	5.0	4.762	1118.000	1132.500	647.000	485.500	2.303	2.411	10.542	84.973	4.486	15.027	70.149	4.486	59.000	765.844	834.770	3.220	259.245
2.	5.0	4.762	1091.500	1107.500	628.000	479.500	2.276	2.411	10.421	83.996	5.583	16.004	65.114	5.583	64.000	830.746	947.050	4.090	231.553
3.	5.0	4.762	1101.000	1117.500	635.000	482.500	2.282	2.411	10.446	84.201	5.353	15.799	66.116	5.353	67.000	869.687	991.443	3.850	257.518
<b>Rata-Rata</b>	<b>5.0</b>	<b>4.762</b>	<b>1103.500</b>	<b>1119.167</b>	<b>636.667</b>	<b>482.500</b>	<b>2.287</b>	<b>2.411</b>	<b>10.469</b>	<b>84.390</b>	<b>5.141</b>	<b>15.610</b>	<b>67.126</b>	<b>5.141</b>	<b>63.333</b>	<b>822.092</b>	<b>924.421</b>	<b>3.720</b>	<b>249.438</b>
1.	5.5	5.213	1148.000	1163.500	658.000	505.500	2.271	2.396	11.382	83.403	5.215	16.597	68.578	5.215	53.000	687.961	715.480	3.180	224.994
2.	5.5	5.213	1126.000	1139.000	650.000	489.000	2.303	2.396	11.540	84.565	3.895	15.435	74.768	3.895	51.000	662.000	721.580	3.100	232.768
3.	5.5	5.213	1110.000	1135.000	639.000	496.000	2.238	2.396	11.216	82.187	6.597	17.813	62.964	6.597	71.000	921.608	958.473	3.300	290.446
<b>Rata-Rata</b>	<b>5.5</b>	<b>5.213</b>	<b>1128.000</b>	<b>1145.833</b>	<b>649.000</b>	<b>496.833</b>	<b>2.271</b>	<b>2.396</b>	<b>11.379</b>	<b>83.385</b>	<b>5.236</b>	<b>16.615</b>	<b>68.770</b>	<b>5.236</b>	<b>58.333</b>	<b>757.190</b>	<b>798.511</b>	<b>3.193</b>	<b>249.403</b>
1.	6.0	5.660	1157.500	1173.000	662.000	511.000	2.265	2.381	12.326	82.796	4.878	17.204	71.646	4.878	72.000	934.589	934.589	3.400	274.879
2.	6.0	5.660	1197.000	1206.000	685.000	521.000	2.298	2.381	12.502	83.978	3.520	16.022	78.030	3.520	56.000	726.902	726.902	3.370	215.698
3.	6.0	5.660	1164.000	1175.500	663.000	512.500	2.271	2.381	12.359	83.017	4.624	16.983	72.773	4.624	67.000	869.687	869.687	3.210	270.930
<b>Rata-Rata</b>	<b>6.0</b>	<b>5.660</b>	<b>1172.833</b>	<b>1184.833</b>	<b>670.000</b>	<b>514.833</b>	<b>2.278</b>	<b>2.381</b>	<b>12.396</b>	<b>83.264</b>	<b>4.341</b>	<b>16.736</b>	<b>74.149</b>	<b>4.341</b>	<b>68.000</b>	<b>843.726</b>	<b>843.726</b>	<b>3.327</b>	<b>253.836</b>
1.	6.5	6.103	1176.500	1183.000	674.000	509.000	2.311	2.367	13.562	84.089	2.349	15.911	85.235	2.349	60.000	778.824	778.824	5.710	136.396
2.	6.5	6.103	1151.000	1159.500	660.000	499.500	2.304	2.367	13.520	83.831	2.649	16.169	83.618	2.649	65.000	843.726	877.475	3.870	226.738
3.	6.5	6.103	1184.500	1190.000	670.000	520.000	2.278	2.367	13.365	82.870	3.765	17.130	78.021	3.765	67.000	869.687	869.687	5.730	151.778
<b>Rata-Rata</b>	<b>6.5</b>	<b>6.103</b>	<b>1170.667</b>	<b>1177.500</b>	<b>668.000</b>	<b>509.500</b>	<b>2.298</b>	<b>2.367</b>	<b>13.482</b>	<b>83.597</b>	<b>2.921</b>	<b>16.403</b>	<b>82.291</b>	<b>2.921</b>	<b>64.000</b>	<b>830.746</b>	<b>841.995</b>	<b>5.103</b>	<b>171.637</b>
1.	7.0	6.542	1162.500	1170.000	660.000	510.000	2.279	2.353	14.335	82.538	3.127	17.462	82.095	3.127	44.000	571.138	571.138	6.210	91.971
2.	7.0	6.542	1177.000	1184.000	670.000	514.000	2.290	2.353	14.401	82.917	2.682	17.083	84.303	2.682	46.000	597.098	597.098	4.750	125.705
3.	7.0	6.542	1193.500	1199.500	682.000	517.500	2.306	2.353	14.504	83.511	1.985	16.489	87.964	1.985	60.000	778.824	778.824	5.150	151.228
<b>Rata-Rata</b>	<b>7.0</b>	<b>6.542</b>	<b>1177.667</b>	<b>1184.500</b>	<b>670.667</b>	<b>513.833</b>	<b>2.292</b>	<b>2.353</b>	<b>14.414</b>	<b>82.989</b>	<b>2.598</b>	<b>17.011</b>	<b>84.787</b>	<b>2.598</b>	<b>50.000</b>	<b>649.020</b>	<b>649.020</b>	<b>5.370</b>	<b>122.968</b>



Bengkulu, September 2014  
 Dikerjakan  
 Laboran,  
  
 Advanty Esentia  
 NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

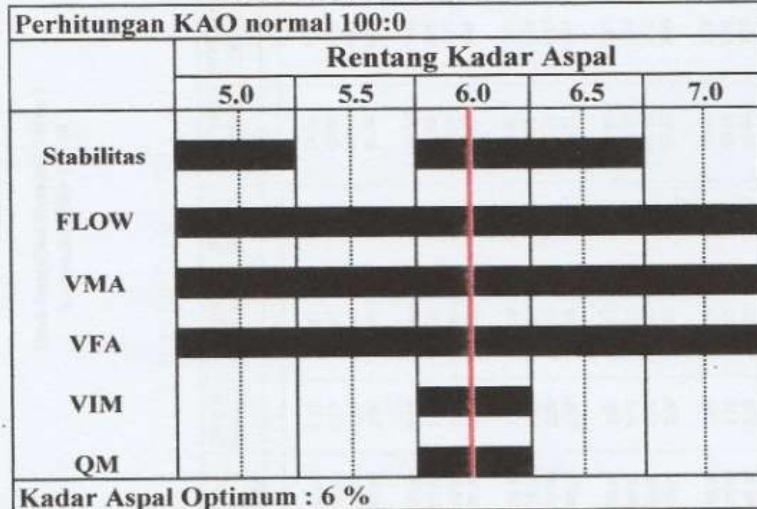
Lampiran 18

**GRAFIK PENGUJIAN MARSHALL TAHAP 1 KOMPOSISI FILLER 100:0**

Rekapitulasi Rata-rata Pengujian Marshall

Kadar Aspal	VMA (%)	VFA (%)	VIM (%)	Flow (mm)	Stabilitas (kg)	MQ (kg/mm)
5.00	15.610	67.126	5.141	3.720	924.421	249.438
5.50	16.615	68.770	5.236	3.193	798.511	249.403
6.00	16.736	74.149	4.341	3.327	843.726	253.836
6.50	16.403	82.291	2.921	5.103	841.995	171.637
7.00	17.011	84.787	2.598	5.370	649.020	122.968
Spesifikasi	Min. 14%	Min. 63%	3 - 5 %	Min. 3 mm	Min. 800 kg	Min. 250kg/mm

**GRAFIK MENCARI KAO**



Bengkulu, September 2014

Dikerjakan

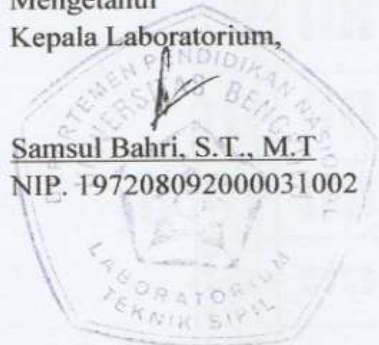
Laboran,

Advanty Esentia

NPM. G1B010007

Mengetahui  
Kepala Laboratorium,

Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP. 197208092000031002





**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**Lampiran 19**

Hasil Pengujian Marshall Tahap 1  
 Komposisi Filler 50 : 50

Diketahui :  
 Berat Jenis Bulk Agregat : 2.58  
 Berat Jenis Aspal : 1.040224  
 Angka Kalibrasi : 12.9804

No.	Aspal thdp agregat (%)	Aspal thdp campuran (%)	Berat kering (gram)	Berat jenuh (gram)	Berat dalam air (gram)	Isi (ml)	Berat isi benda uji	Berat jenis maks teoritis	(b x g/v) Bj. aspal	(100 - b)/g Bj. Agregat	Jmlh Kand rongga (%)	VMA (%)	VFA (%)	VIM (%)	Pembacaan dial	Stabilitas (Kg)	Koreksi stabilitas (Kg)	Flow mm	QM (Kg/mm)
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
1.	5.00	4.78	1033.50	1072.00	919.00	453.00	2.28	2.41	10.44	84.22	5.34	15.78	86.18	5.34	51.00	982.00	827.50	3.80	217.76
2.	5.00	4.78	1151.00	1181.50	975.00	506.50	2.27	2.41	10.40	83.89	5.71	16.11	84.56	5.71	59.00	765.84	796.48	3.23	246.59
3.	5.00	4.78	1203.00	1216.00	993.00	523.00	2.30	2.41	10.53	84.91	4.56	15.09	89.78	4.56	86.00	858.71	822.44	4.80	171.34
Rata-Rata	5.00	4.78	1129.2	1156.50	962.33	494.17	2.28	2.41	10.46	84.34	5.20	15.86	86.84	5.20	66.67	781.52	815.47	3.94	211.90
1.	5.50	5.21	1131.00	1163.50	966.00	497.50	2.27	2.40	11.39	83.52	5.09	16.48	89.14	5.09	52.00	874.96	701.98	2.90	242.06
2.	5.50	5.21	1107.00	1123.50	834.00	489.50	2.28	2.40	11.33	83.09	5.58	16.91	87.00	5.58	53.00	887.96	749.88	3.20	234.34
3.	5.50	5.21	1203.50	1228.00	705.00	523.00	2.30	2.40	11.53	84.54	3.93	15.46	74.61	3.93	85.00	843.73	1004.03	3.60	278.90
Rata-Rata	5.50	5.21	1147.17	1171.67	868.33	503.33	2.28	2.40	11.42	83.72	4.86	16.28	79.25	4.86	66.67	735.56	818.63	3.23	251.77
1.	6.00	5.66	1127.00	1165.00	672.00	493.00	2.29	2.38	12.44	83.69	3.97	16.41	79.80	3.97	73.00	947.57	1032.85	3.00	344.26
2.	6.00	5.66	1158.00	1190.00	675.00	515.00	2.25	2.38	12.24	82.22	5.54	17.78	68.81	5.54	60.00	778.82	778.82	2.90	268.56
3.	6.00	5.66	1172.00	1190.00	679.00	515.00	2.28	2.38	12.38	83.21	4.40	18.79	73.77	4.40	68.00	882.67	862.67	3.40	259.61
Rata-Rata	6.00	5.66	1152.33	1181.67	674.00	507.67	2.27	2.38	12.35	83.01	4.64	16.99	72.80	4.64	67.00	869.69	898.11	3.10	290.82
1.	6.50	6.10	1125.50	1150.50	656.00	494.50	2.28	2.37	13.35	82.83	3.81	17.17	77.80	3.81	54.00	700.94	764.03	4.30	177.66
2.	6.50	6.10	1120.50	1144.50	654.00	490.50	2.28	2.37	13.40	83.14	3.46	18.86	79.49	3.46	67.00	859.59	847.96	5.20	182.30
3.	6.50	6.10	1146.00	1160.50	664.00	496.50	2.31	2.37	13.54	84.00	2.45	16.00	84.66	2.45	55.50	720.41	749.23	5.10	146.91
Rata-Rata	6.50	6.10	1130.67	1151.83	658.00	493.83	2.29	2.37	13.43	83.33	3.24	16.67	80.65	3.24	68.83	763.68	820.40	4.87	168.96
1.	7.00	6.54	1138.50	1170.00	672.00	498.00	2.28	2.35	14.35	82.67	2.98	17.33	82.81	2.98	56.90	733.39	762.73	5.70	133.81
2.	7.00	6.54	1142.35	1177.50	680.00	497.50	2.30	2.35	14.44	83.18	2.35	16.82	85.84	2.38	60.00	778.82	809.98	5.10	158.82
3.	7.00	6.54	1138.80	1180.00	682.00	498.00	2.29	2.35	14.38	82.84	2.78	17.16	83.78	2.78	51.00	662.00	688.48	6.50	125.18
Rata-Rata	7.00	6.54	1139.22	1175.83	678.00	497.83	2.28	2.35	14.39	82.89	2.72	17.11	84.14	2.72	55.83	724.74	753.73	5.43	139.27

Mengingat  
 Kepala Laboratorium,  
 Samsul Har, S.T., M.T.  
 NIP. 197208092000031002

Bengkulu, September 2014  
 Dikerjakan  
 Laboran,

*Advanty Esmitia*  
 Advanty Esmitia  
 NPM. G18010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

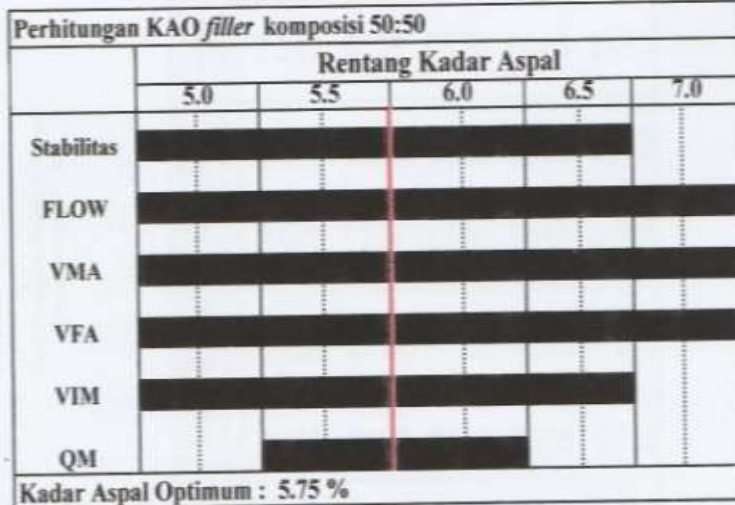
**Lampiran 20**

**GRAFIK PENGUJIAN MARSHALL TAHAP I KOMPOSISI FILLER 50 : 50**

Rekapitulasi Rata-rata Pengujian Marshall

Kadar Aspal	VMA %	VFA %	VIM %	FLOW mm	Stabilitas Kg	MQ Kg/mm
5.00	15.663	66.836	5.204	3.943	815.472	211.897
5.50	16.284	70.250	4.864	3.233	818.631	251.766
6.00	16.992	72.795	4.640	3.100	898.114	290.817
6.50	16.675	80.648	3.241	4.867	820.405	168.963
7.00	17.107	84.144	2.715	5.433	753.729	139.270
Spesifikasi	Min 14%	Min 63%	3 - 5 %	Min. 3 mm	Min 800 Kg	Min 250 Kg/mm

**GRAFIK MENCARI KAO**



Mengetahui  
Kepala Laboratorium,

Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP. 197208092000031002

Bengkulu, September 2014  
Dikerjakan  
Laboran,

Advanty Esentia  
NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

Lampiran 21

**Hasil Pengujian Marshall Tahap 1**  
**Komposisi Filler 0 : 100**

Diketahui :  
 Berat Jenis Bulk Agregat : 2.58  
 Berat Jenis Aspal : 1.040224  
 Angka Kalibrasi : 12.9804

No.	Aspal thdp agregat	Aspal thdp campuran	Berat kering	Berat jatuh	Berat dalam air	isi	Berat isi benda uji	Berat jenis maks teoritis	(b x g) / Bj. aspal	(100 - b)g / Bj. Agregat	Jmih Kand rongga	VMA	VFA	VIM	Pembacaan dial	Stabilitas	Koreksi stabilitas	Flow	QM
	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(ml)	-	-	-	-	(%)	(%)	(%)		(Kg)	(Kg)	mm	(Kg/mm)	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
1.	5.00	4.78	1049.65	1126.50	655.00	471.50	2.23	2.41	10.19	82.18	7.63	17.82	57.18	7.63	64.00	830.75	847.05	2.92	324.33
2.	5.00	4.78	1036.50	1109.50	640.00	469.50	2.21	2.41	10.11	81.49	8.40	18.51	54.61	8.40	55.00	713.92	849.57	3.03	280.39
3.	5.00	4.78	1012.00	1124.00	655.00	469.00	2.16	2.41	9.98	79.65	10.47	20.35	48.55	10.47	59.00	705.84	911.35	2.98	305.82
<b>Rata-Rata</b>	<b>5.00</b>	<b>4.78</b>	<b>1032.7</b>	<b>1120.00</b>	<b>650.00</b>	<b>470.00</b>	<b>2.20</b>	<b>2.41</b>	<b>10.06</b>	<b>81.11</b>	<b>8.83</b>	<b>18.89</b>	<b>53.45</b>	<b>8.83</b>	<b>59.33</b>	<b>770.17</b>	<b>902.66</b>	<b>2.98</b>	<b>303.51</b>
1.	5.50	5.21	1029.65	1111.00	650.00	461.00	2.23	2.40	11.19	82.06	6.75	17.94	62.39	6.75	72.00	934.59	1112.16	5.15	215.95
2.	5.50	5.21	1093.40	1149.00	672.00	477.00	2.29	2.40	11.49	84.21	4.30	15.79	72.78	4.30	64.00	830.75	947.05	3.74	253.22
3.	5.50	5.21	1012.50	1085.50	620.00	465.50	2.18	2.40	10.90	79.91	9.19	20.09	54.26	9.19	65.00	843.73	1004.03	4.05	247.91
<b>Rata-Rata</b>	<b>5.50</b>	<b>5.21</b>	<b>1045.18</b>	<b>1115.17</b>	<b>647.33</b>	<b>467.83</b>	<b>2.23</b>	<b>2.40</b>	<b>11.19</b>	<b>82.06</b>	<b>6.75</b>	<b>17.94</b>	<b>63.14</b>	<b>6.75</b>	<b>67.00</b>	<b>869.69</b>	<b>1021.08</b>	<b>4.31</b>	<b>239.03</b>
1.	6.00	5.66	1128.50	1199.50	700.00	499.50	2.26	2.38	12.29	82.61	5.09	17.39	70.70	5.09	76.00	985.61	1025.97	4.68	219.22
2.	6.00	5.66	1069.50	1122.50	648.00	474.50	2.25	2.38	12.26	82.42	5.32	17.58	69.76	5.32	81.00	1051.41	1198.61	3.82	313.77
3.	6.00	5.66	1100.00	1170.00	680.00	490.00	2.24	2.38	12.22	82.09	5.70	17.91	68.19	5.70	72.00	934.59	1018.70	3.19	319.34
<b>Rata-Rata</b>	<b>6.00</b>	<b>5.66</b>	<b>1099.33</b>	<b>1164.00</b>	<b>676.00</b>	<b>488.00</b>	<b>2.25</b>	<b>2.38</b>	<b>12.26</b>	<b>82.37</b>	<b>5.37</b>	<b>17.63</b>	<b>69.55</b>	<b>5.37</b>	<b>76.33</b>	<b>990.84</b>	<b>1081.09</b>	<b>3.90</b>	<b>284.11</b>
1.	6.50	6.10	1110.00	1155.00	688.00	487.00	2.26	2.37	13.37	82.95	3.68	17.05	78.44	3.68	66.00	856.71	933.81	4.81	194.14
2.	6.50	6.10	1255.00	1215.50	668.00	547.50	2.29	2.37	13.45	83.42	3.13	16.58	81.14	3.13	83.00	1077.37	958.86	4.32	221.96
3.	6.50	6.10	1103.50	1149.00	668.00	481.00	2.29	2.37	13.46	83.40	3.04	16.51	81.55	3.04	69.00	895.65	1021.04	3.04	335.87
<b>Rata-Rata</b>	<b>6.50</b>	<b>6.10</b>	<b>1156.17</b>	<b>1173.17</b>	<b>668.00</b>	<b>505.17</b>	<b>2.29</b>	<b>2.37</b>	<b>13.43</b>	<b>83.29</b>	<b>3.28</b>	<b>16.71</b>	<b>80.38</b>	<b>3.28</b>	<b>72.67</b>	<b>943.24</b>	<b>971.24</b>	<b>4.06</b>	<b>250.66</b>
1.	7.00	6.54	1067.50	1073.50	903.00	470.50	2.27	2.35	14.27	82.19	3.54	17.81	80.11	3.54	59.00	785.84	765.84	4.58	167.21
2.	7.00	6.54	1138.00	1147.00	656.00	491.00	2.32	2.35	14.58	83.96	1.47	18.04	90.86	1.47	71.00	921.51	1050.63	4.82	217.97
3.	7.00	6.54	1076.50	1081.00	615.00	466.00	2.31	2.35	14.53	83.68	1.79	16.32	89.02	1.79	53.00	687.96	715.48	4.17	171.58
<b>Rata-Rata</b>	<b>7.00</b>	<b>6.54</b>	<b>1094.00</b>	<b>1100.50</b>	<b>624.67</b>	<b>475.83</b>	<b>2.30</b>	<b>2.35</b>	<b>14.46</b>	<b>83.27</b>	<b>2.27</b>	<b>16.73</b>	<b>86.66</b>	<b>2.27</b>	<b>61.00</b>	<b>791.80</b>	<b>843.99</b>	<b>4.52</b>	<b>185.59</b>



Bengkulu, September 2014  
 Dikerjakan  
 Laboran,  
  
 Arvany Esantia  
 NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

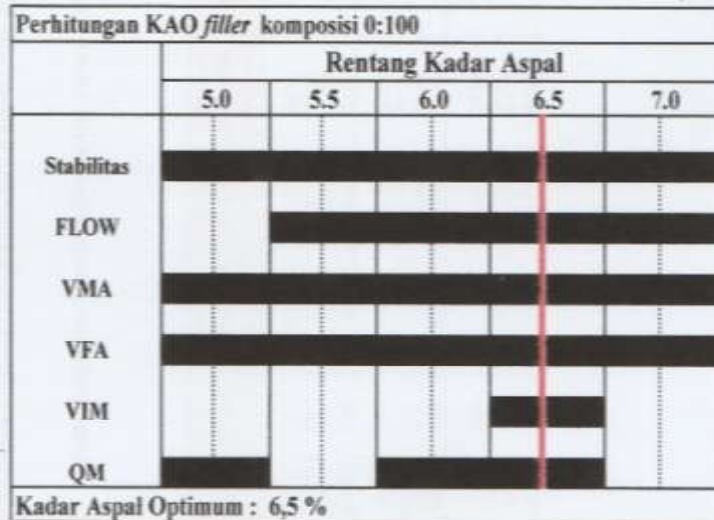
Lampiran 22

**GRAFIK PENGUJIAN MARSHALL TAHAP I KOMPOSISI FILLER 0 : 100**

Rekapitulasi Rata-rata Pengujian Marshall

Kadar Aspal	VMA %	VFA %	VIM %	FLOW mm	Stabilitas Kg	MQ Kg/mm
5.00	18.892	53.445	8.834	2.977	902.657	303.514
5.50	17.939	63.141	6.745	4.313	1021.082	239.028
6.00	17.628	69.549	5.370	3.897	1081.094	284.113
6.50	16.710	80.377	3.282	4.057	971.237	250.655
7.00	16.725	86.663	2.267	4.523	843.986	185.589
Spesifikasi	Min 14%	Min 63%	3 - 5 %	Min. 3 mm	Min 800 Kg	Min 250 kg/mm

Grafik Mencari Kao



Mengetahui  
Kepala Laboratorium,

Samsul Bahri, S.T., M.T  
NIP. 197208092000031002

Bengkulu, September 2014  
Dikerjakan  
Laboran,

Advanty Esentia  
NPM. G1B010007





**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

Lampiran 23

**Hasil Pengujian Marshall Benda Uji Tahap 2 (KAO)**

Diketahui :  
 Berat Jenis Bulk Agregat : 2.58  
 Berat Jenis Aspal : 1.04022  
 Angka Kalibrasi : 12.9804

No.	Aspal tdkp agregat	Aspal tdkp campuran	Berat kering	Berat jenuh	Berat dalam air	isi	Berat Isi benda uji	Berat jenis maks teoritis	(b x g) / Bj. aspal	(100 - b)g / Bj. Agregat	Jmlh Kand rongga	VMA	VFA	VIM	Pembacaan dial	Stabilitas	Koreksi stabilitas	Flow	QM
	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(ml)	-	-	-	-	(%)	(%)	(%)	(%)		(Kg)	(Kg)	mm	(Kg/mm)
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
<b>Filler 100:0</b>																			
1.	6.00	5.66	1124.500	1148.000	643.000	505.00	2.23	2.38	12.12	81.42	6.46	18.58	65.22	6.46	53.00	687.96	715.48	3.18	224.99
2.	6.00	5.66	1124.500	1140.000	652.000	488.00	2.30	2.38	12.54	84.26	3.20	15.74	79.66	3.20	65.00	843.73	919.66	2.78	330.81
3.	6.00	5.66	1072.000	1082.500	620.000	462.50	2.32	2.38	12.61	84.75	2.63	15.25	82.72	2.63	58.00	752.86	895.91	3.70	242.14
<b>Rata-Rata</b>	<b>6.00</b>	<b>5.66</b>	<b>1107.00</b>	<b>1123.50</b>	<b>638.33</b>	<b>485.17</b>	<b>2.28</b>	<b>2.38</b>	<b>12.42</b>	<b>83.48</b>	<b>4.10</b>	<b>16.52</b>	<b>75.87</b>	<b>4.10</b>	<b>58.67</b>	<b>761.52</b>	<b>843.68</b>	<b>3.22</b>	<b>265.98</b>
<b>Filler 50:50</b>																			
1.	5.75	5.44	1130.0	1162.5	624	500.80	2.26	2.39	11.79	82.70	5.50	17.30	68.18	5.50	56.00	726.90	755.98	2.68	282.08
2.	5.75	5.44	1104.0	1134.5	638	480.40	2.30	2.39	12.01	84.23	3.76	15.77	76.17	3.76	60.50	785.31	855.99	4.10	208.78
3.	5.75	5.44	1145.0	1165.0	642	502.00	2.28	2.39	11.92	83.60	4.48	16.40	72.69	4.48	76.00	986.51	947.05	3.60	263.07
<b>Rata-Rata</b>	<b>5.75</b>	<b>5.44</b>	<b>1126.33</b>	<b>1154.00</b>	<b>634.67</b>	<b>494.40</b>	<b>2.28</b>	<b>2.39</b>	<b>11.91</b>	<b>83.51</b>	<b>4.58</b>	<b>16.49</b>	<b>72.35</b>	<b>4.58</b>	<b>64.17</b>	<b>832.91</b>	<b>853.01</b>	<b>3.46</b>	<b>251.31</b>
<b>Filler 0:100</b>																			
1.	6.50	6.10	1075.5	1084.5	603	471.80	2.28	2.37	13.37	82.96	3.66	17.0	78.50	3.66	68.00	882.67	962.11	3.24	296.95
2.	6.50	6.10	1148.0	1159.5	645	504.50	2.28	2.37	13.35	82.82	3.83	17.18	77.69	3.83	74.00	960.55	960.55	3.68	261.02
3.	6.50	6.10	1089.0	1107.0	601	470.50	2.31	2.37	13.58	84.24	2.18	15.76	86.15	2.18	66.00	856.71	856.71	4.15	206.44
<b>Rata-Rata</b>	<b>6.50</b>	<b>6.10</b>	<b>1104.17</b>	<b>1117.00</b>	<b>616.33</b>	<b>482.27</b>	<b>2.29</b>	<b>2.37</b>	<b>13.44</b>	<b>83.34</b>	<b>3.23</b>	<b>16.66</b>	<b>80.78</b>	<b>3.23</b>	<b>69.33</b>	<b>899.97</b>	<b>926.45</b>	<b>3.69</b>	<b>254.80</b>

Mengetahui  
 Kepala Laboratorium,  
 Samsul Huda S.T., M.T.  
 NIP. 197208092000031002

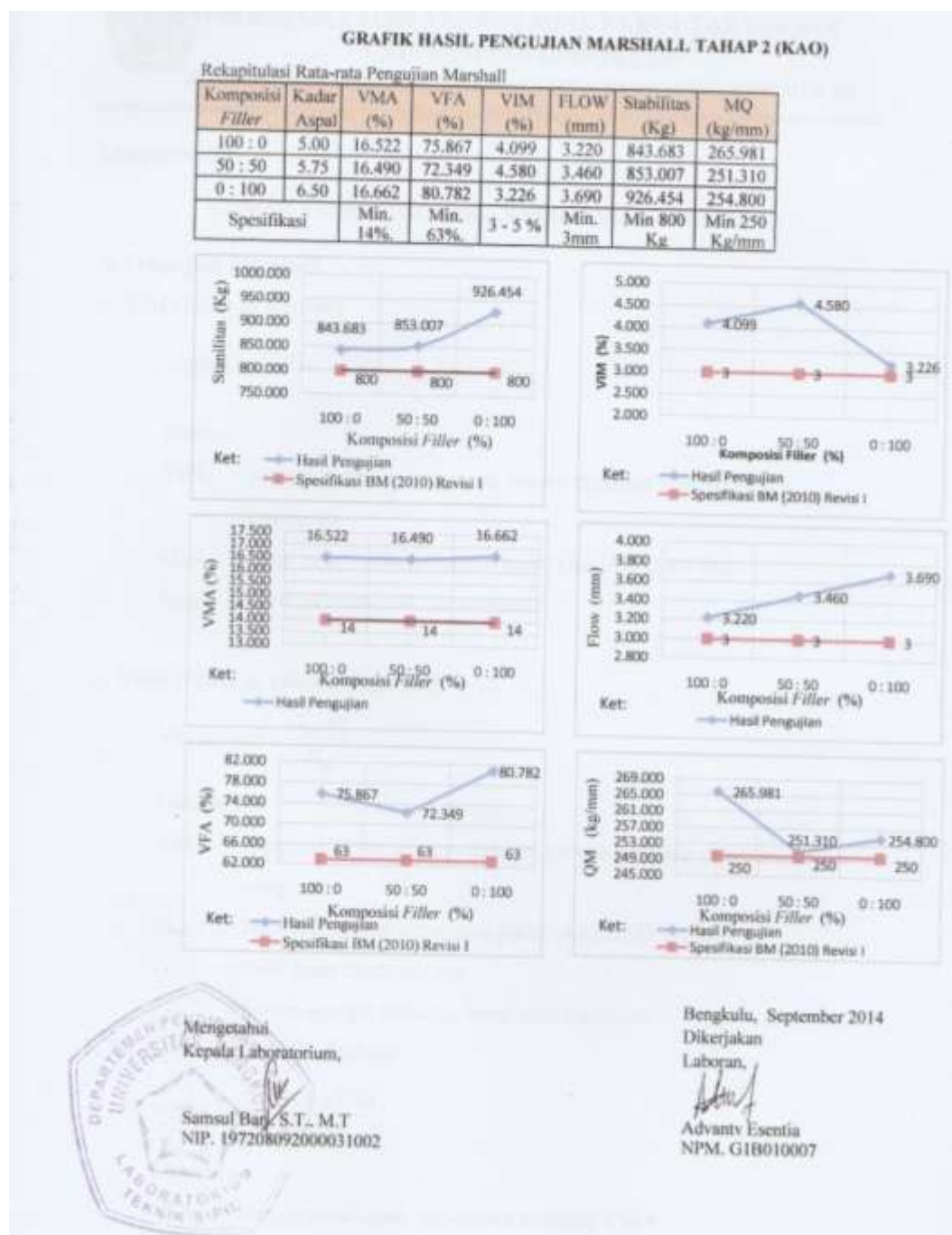
Bengkulu, September 2014  
 Dikerjakan  
 Laboran  
 Advanty Escentia  
 NPM. G1B010007



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**Lampiran 24**





**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

---

## Lampiran 25

### RUMUS YANG DIGUNAKAN SELAMA PENELITIAN

#### A. Pengujian Marshall

##### 1. VIM (Voids In Mixture)

$$VIM = 100 - \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

Dimana :

VIM = rongga di dalam campuran, persen terhadap volume total campuran

$G_{mb}$  = berat jenis curah campuran padat (AASHTO T-166)

$G_{mm}$  = berat jenis maksimum campuran

##### 2. VMA (Voids In Mineral Agregat)

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}$$

Dimana :

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen terhadap volume total campuran

$G_{mb}$  = berat jenis curah campuran padat (AASHTO T-166)

$G_{sb}$  = berat jenis curah agregat

$P_s$  = persen agregat terhadap berat total campuran

##### 3. VFA (Voids Filled By Asphalt)

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA}$$

Dimana :



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

---

VFA = rongga terisi aspal, persentase terhadap VMA

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen terhadap volume total  
Campuran

VIM = rongga didalam campuran, persen terhadap volume total  
Campuran

4.  $MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}}$

### **B. Pengujian Bahan Campuran**

#### 1. Berat Jenis Aspal

$$\delta = \frac{(C - A)_s}{(B - A) - (D - C)}$$

Dimana :

$\delta$  = berat jenis aspal

A = berat piknometer (dengan penutup) (gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat piknometer berisi airaspal dan air (gram)

#### 2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

##### a. Berat jenis curah kering

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B - C)}$$

Dimana :

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = berat benda uji dalam air (gram)



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

---

- b. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)

$$\text{Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)} = \frac{B}{(B - C)}$$

Dimana :

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = berat benda uji dalam air (gram)

- c. Berat jenis semu

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{(A - C)}$$

Dimana :

A = berat benda uji kering oven (gram)

C = berat benda uji dalam air (gram)

- d. Penyerapan air

$$\text{Penyerapan air} = \left[ \frac{B - A}{A} \right] \times 100\%$$

Dimana :

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

3. *Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*

- a. Berat jenis curah kering

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

Dimana :

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer yang berisi air (gram)

C = berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

---

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

b. Berat jenis curah (kondisi jenuh kering permukaan)

$$\text{Berat jenis curah (kondisi jenuh kering permukaan)} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

Dimana :

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer yang berisi air (gram)

C = berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

c. Berat jenis semu

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

Dimana :

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer yang berisi air (gram)

C = berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

d. Penyerapan air

$$\text{Penyerapan air} = \left[ \frac{S - A}{A} \right] \times 100\%$$

Dimana :

A = berat benda uji kering oven (gram)

S = berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

---

4. *Penentuan Berat Isi Agregat*

- a. Agregat dalam keadaan kering oven

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dimana :

M = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven (kg/m<sup>3</sup>)

G = berat agregat dan penakar (kg)

T = berat penakar (kg)

V = Volume penakar (m<sup>3</sup>)

- b. Agregat dalam keadaan kering permukaan

$$M_{SSD} = M[1 + (A / 100)]$$

Dimana :

M<sub>SSD</sub> = Berat isi agregat dalam kondisi kering permukaan (kg/m<sup>3</sup>)

M = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven (kg/m<sup>3</sup>)

A = Absorpsi (%)

5. *Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin Los Angeles*

Perhitungan untuk pemeriksaan keausan agregat kasar dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\text{Keausan} = \left[ \frac{a - b}{a} \right] \times 100\%$$

Dimana :

a = berat benda uji semula (gram)

b = berat benda uji tertahan saringan No. 12 (1,70 mm) (gram)



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

---

**Lampiran 26**

**RINCIAN PERHITUNGAN HASIL PENGUJIAN MARSHALL TAHAP 2 (KAO)**

**Diketahui:**

Berat jenis bulk agregat	=	2,58
Berat jenis aspal	=	1,0402
Angka Kalibrasi alat (ditetapkan)	=	12,9804
Kadar aspal	=	5,75 %
Berat Total Agregat+ <i>filler</i>	=	1200 gr

**Komposisi Filler 50:50 sampel 1**

Aspal Terhadap Campuran (b)	=	$\frac{1200 \times 5,75 \%}{1200 + (1200 \times 5,75\%)} \times 100 = 5,44 \%$
Berat kering (c)	=	1130 gr
Berat jenuh (d)	=	1162 gr
Berat dalam air (e)	=	624 gr
Isi (f)	=	d-e = 500,8 gr
Berat isi benda uji (g)	=	c/f = 2,26
Berat jenis maks teoritis (h)	=	$\frac{100}{\left(\frac{100-b}{\text{berat jenis bulk agregat}}\right) + \left(\frac{b}{\text{berat jenis aspal}}\right)}$ $= \frac{100}{\left(\frac{100-5,44}{2,58}\right) + \left(\frac{5,44}{1,0402}\right)} = 2,39$
Berat jenis aspal (i)	=	$\frac{b \times g}{\text{berat jenis aspal}}$ $= \frac{5,44 \times 2,26}{1,0402} = 11,79$
Berat jenis agregat (j)	=	$\frac{(100-b) \times g}{\text{berat jenis bulk agregat}}$



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

---

$$= \frac{(100-5,44) \times 2,26}{2,58} = 82,70$$

Jumlah kadar rongga (**k**) =  $100 - i - j$   
=  $100 - 11,79 - 82,70$   
= 5,50 %

VMA (**l**) =  $100 - j$   
=  $100 - 82,70$   
= 17,30 %

VFA (**m**) =  $\frac{100 - i}{l} = \frac{100 - 11,79}{17,30} = 68,18 \%$

VIM (**n**) =  $100 - (100 \times \frac{g}{h})$   
=  $100 - (100 \times (\frac{2,26}{2,39})) = 5,5 \%$

Pembacaan dial Marshall (**o**) = 56 div

Angka koreksi benda uji = 1,09

Stabilitas (**p**) = o x angka kalibrasi alat Marshall  
=  $56 \times 12,9804$   
= 726,90 kg

Stabilitas Koreksi (**q**) = p x angka koreksi benda uji  
=  $726,90 \times 1,09$   
= 726,90 kg

Flow (**r**) = 2,68 mm (hasil bacaan alat Marshall test)

MQ (**s**) = q/r  
=  $726,90 / 2,68$   
= 282,68 kg/mm



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**Lampiran 27 Perhitungan Nilai Ekonomis Penelitian**

Rincian biaya produksi yang dikeluarkan untuk pembuatan bahan alternatif berupa serbuk batu bata dan abu cangkang lokan adalah sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} 100:0 & & 0:100 \\ 6\% & & 6,5\% \\ \hline & & 0,5\% \times 1000 \text{ kg} = 5 \text{ kg} \end{array}$$

1 ton *hotmix* = 1000 kg

maka *filler* yang dibutuhkan = 1000 kg x 3% = 30 kg

1. Biaya produksi campuran dengan *filler* normal
  - Aspal ( 5 kg x Rp 15.000,-) Rp 75.000,-
  - 1 sak semen *portland* Rp 75.000,- +
  - Rp 150.000,-**
  
2. Biaya produksi campuran dengan *filler* pengganti alternatif
  - a. Biaya produksi 8 kg serbuk batu bata (SBB)
    - Akomodasi Rp 16.000,-
    - Tenaga kerja (3 orang x Rp 50.000,- x 2 hari) Rp 300.000,- +
    - Rp 316.000,-**

Biaya produksi 1 kg serbuk batu bata (SBB)

= Rp 316.000,- : 8 kg

= Rp 39.500,- /kg
  - b. Biaya produksi 12 kg abu cangkang lokan (ACL)
    - Akomodasi Rp 16.000,-
    - Tenaga kerja (4 orang x Rp 50.000,- x 3 hari) Rp 600.000,-
    - Minyak Tanah ( 2 liter x Rp 12.000,- x 3 hari) Rp 72.000,- +
    - Rp 688.000,**

Biaya produksi 1 kg abu cangkang lokan (ACL)



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

---

= Rp 688.000,- : 12 kg

= Rp 57.500,- /kg

*filler* 60% ACL = 60% x 30 kg = 18 kg x Rp 57.500,- = Rp 1.035.000,-

*filler* 40% SBB = 40% x 30 kg = 12 kg x Rp 39.500,- = Rp 474.000,- +

Rp 1.509.000,-



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

**Lampiran 28 Dokumentasi**

**PERRSIAPAN BAHAN**



Penyaringan Agregat Sesuai Gradasi



Penimbangan Agregat Sesuai Gradasi



Pemisahan Material Sesuai Gradasi



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

---

**UJI FISIS BAHAN CAMPURAN**



Uji Fisis Agregat



Uji Fisis *Filler*



Uji Fisis Aspal

**PENGUJIAN MARSHALL**



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BENGKULU**

Jl. WR Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38371 A Telepon : (0736) 344087,21170-227

---



Persiapan Pencampuran



Perendaman Benda Uji



Pengujian Marshall