

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Pertumbuhan ekonomi yang tak terelakkan telah membawa peningkatan permintaan terhadap agregat untuk digunakan pada konstruksi teknik sipil. Dalam periode 30 tahun hingga tahun 1990 total produksi agregat di Inggris (pasir, kerikil, dan batu pecah) meningkat dari 110 juta ton hingga mendekati 300 juta ton. Bangunan jalan memainkan peranan yang khusus dalam permintaan bahan ini hingga mencapai sekitar 1/3 dari total produksi. Rata-rata 20.000 ton agregat digunakan untuk setiap mil panjang konstruksi jalan raya, dan total 96 juta ton agregat digunakan untuk konstruksi jalan dan pemeliharaan pada tahun 1989. Diperkirakan agregat yang digunakan pada saat sekarang sebanyak 510 juta ton oleh Departemen Transportasi (Bakrie Oemar, 2001).

Dampak lingkungan yang ditimbulkan dari pengambilan agregat yang berasal dari daerah lain menjadi sumber perhatian pada saat ini. Dampak-dampak yang ditimbulkan antara lain hilangnya kesuburan tanah pada daerah pedalaman, gangguan pemandangan, lalu lalang kendaraan berat pada jalan yang tidak sesuai dengan ketentuan, kebisingan, debu, dan getaran yang terjadi akibat ledakan. Peningkatan penggunaan agregat juga menyebabkan hilangnya dua sumber daya alam tambahan yaitu agregat itu sendiri dan daerah pedalaman yang asli yang telah terganggu kemurniannya.

Bersamaan dengan produksi agregat, pada saat ini penggunaan bahan baku limbah dan sisa - sisa hasil industri dan limbah domestik telah banyak digunakan. Bahan-bahan alternatif yang akan digunakan pada konstruksi jalan ini harus diklasifikasikan dan dicocokkan dengan kebutuhan-kebutuhan yang sesuai dengan klasifikasi dan spesifikasi material yang digunakan.

Memperhatikan masalah penipisan sumber-sumber alam dan meningkatnya permintaan akan agregat dan aspal untuk konstruksi yang terjadi dalam tahun-tahun ini, penelitian ini difokuskan untuk mencari kemungkinan adanya bahan alternatif yang

dapat digunakan pada konstruksi teknik sipil khususnya konstruksi jalan yaitu material-material limbah mineral dan sisa-sisa limbah industri. Bahan alternatif yang akan digunakan pada penelitian ini difokuskan pada bahan *filler* (agregat pengisi) sehingga dapat memproduksi bahan *filler* (agregat pengisi) yang khusus, dimana fungsinya sama atau bahkan lebih baik dari material yang ada.

Ketahanan campuran beraspal terhadap beban berulang adalah suatu indikator yang menunjukkan kemampuan campuran tersebut untuk menahan beban lalu lintas yang melaluinya. Banyak faktor yang mempengaruhi beban berulang, diantaranya adalah tipe agregat dan jenis campuran, bahan pengisi (*filler*), tipe dan kadar aspal, tingkat pemadatan dan rongga udara. Gradasi agregat diduga juga memberikan pengaruh penting pada ketahanan terhadap beban berulang pada campuran yang dibentuknya.

Struktur perkerasan jalan raya (*pavement*) yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah campuran beraspal panas (*hot mix*) jenis Lataston (HRS). Lataston terdiri dari dua macam campuran, Lataston Lapis Pondasi (HRS-Base) dan Lataston Lapis Permukaan (HRS-*Wearing Course*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. Lataston Lapis Pondasi (HRS-Base) mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada Lataston Lapis Permukaan (HRS - *Wearing Course*). Adapun bahan alternatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja filler sebagai salah satu komponen pavement antara lain semen, serbuk kulit kerang, serbuk batubara, dan serbuk tebu. Beberapa dari bahan-bahan tersebut yang akan digunakan dalam penelitian ini tersedia cukup banyak di daerah Sumatera Selatan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan dan pertimbangan bagi pihak terkait untuk mengambil keputusan dalam menentukan alternatif-alternatif bahan perkerasan jalan raya terutama yang tersedia di Sumatera Selatan.

## **BAB 2**

### **PERUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan pada uraian pada latar belakang diatas, dapat diidentifikasi perumusan masalah dalam penelitian ini adalah banyak kendala yang ditemui dalam pelaksanaan di lapangan dalam pekerjaan struktur perkerasan jalan raya (*pavement*) antara lain sulitnya memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan karena keterbatasan material. Seiring dengan kebutuhan akan transportasi jalan yang semakin meningkat, menimbulkan banyak jenis perkerasan baru dengan teknologi terkini yang akan meningkatkan kinerja perkerasan jalan tersebut, maka dari itu semakin berkembanglah alternatif sumber bahan agregat lain sebagai pengganti bahan campuran beraspal baik sebagai filler, pengganti agregat halus atau *fine aggregate*, maupun pengganti agregat kasar atau *coarse agregate*. Salah satu usaha pemenuhan akan filler tersebut adalah dengan menggunakan variasi bahan-bahan alternatif terutama dari material-material sisa atau limbah. Untuk itu, perlu dilakukan kajian untuk menentukan variasi bahan *filler* yang paling efektif.

## **BAB 3**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **3.1. Pengertian Jalan**

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum. Jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri.

Sistem jaringan jalan terdiri atas sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder. Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan. Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan.

Jalan merupakan jalur dimana masyarakat mempunyai hak untuk melewati tanpa adanya izin khusus, maka dari itu jalan diklasifikasikan berdasarkan lembaga pengelolanya seperti dewan daerah yang bertugas memeliharanya. Cara pembentukan jalan umumnya yaitu:

- Berdasarkan kerelaan, pemilik tanah mengizinkan masyarakat melewatinya sehingga menjadi jalan.
- Pengaturan berdasarkan hukum yaitu peraturan jalan tahun 2004.
- Persetujuan sebagai bagian dari rencana pengembangan kota berdasarkan peraturan kota dan daerah (*town and country planning Act*) (Sukirman,2010).

### **3.1.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Muatan Sumbu**

Untuk keperluan pengaturan penggunaan dan pemenuhan kebutuhan angkutan, jalan dibagi dalam beberapa kelas yang didasarkan pada kebutuhan transportasi, pemeliharaan moda, perkembangan teknologi kendaraan bermotor, muatan sumbu terberat kendaraan bermotor serta konstruksi jalan. Pengelompokan jalan menurut muatan sumbu yang disebut juga kelas jalan, terdiri dari:

1. Jalan Kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton, yang saat ini masih belum digunakan di Indonesia, namun sudah mulai dikembangkan diberbagai negara maju seperti di Prancis telah mencapai muatan sumbu terberat sebesar 13 ton
2. Jalan Kelas II, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton, jalan kelas ini merupakan jalan yang sesuai untuk angkutan peti kemas
3. Jalan Kelas III A, yaitu jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton
4. Jalan Kelas III B, yaitu jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton
5. Jalan Kelas III C, yaitu jalan lokal dan jalan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100

mm, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton (wikipedia,2013).

### **3.1.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsinya**

- Jalan Arteri

Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.

- Jalan Kolektor

Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

- Jalan Lokal

Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

- Jalan Lingkungan

Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah.

## **3.2 Struktur Perkerasan Jalan Raya (*Pavement*)**

### **3.2.1 Perencanaan Tebal Perkerasan**

Perkerasan merupakan suatu lapisan terbuat dari bahan tertentu yang dibangun di atas tanah dasar yang direncanakan. Tujuan perkerasan suatu jalan adalah untuk menyediakan suatu permukaan yang baik sehingga kendaraan bisa beroperasi di atasnya.

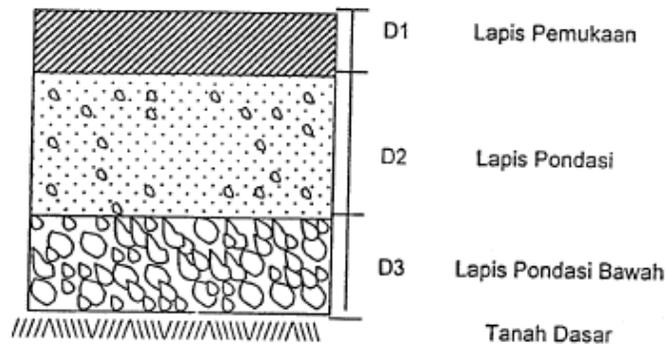
Secara umum fungsi perkerasan adalah untuk melindungi tanah dasar terhadap erosi sekaligus meneruskan beban roda kendaraan ke tanah dasar. Dua masalah yang harus diperhatikan pada perencanaan perkerasan yaitu:

- Perencanaan bahan campuran untuk perkerasan
- Perencanaan tebal perkerasan sendiri

Perencanaan struktur perkerasan berbeda dengan perencanaan struktur pada konstruksi dalam beberapa hal. Perencanaan perkerasan bersifat empiris yaitu metodenya berdasarkan atas dasar korelasi dengan keadaan lapangan. Hasil dari analisa lapangan dan uji laboratorium kemudian dituangkan ke dalam bentuk gambar dan perhitungan serta kemudian diterapkan di lapangan (Sukirman,2010).

### 3.2.2 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*), adalah sistem perkerasan dimana konstruksinya terdiri dari beberapa lapisan. Tiap-tiap lapisan perkerasan pada umumnya menggunakan bahan maupun persyaratan yang berbeda sesuai dengan fungsinya yaitu, untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar dalam batas daya dukungnya.



Gambar III.1. Perkerasan Lentur  
(Sumber: Pd T-01-2002-B Dept. PU Bina Marga)

Lapisan perkerasan lentur biasanya terdiri dari lapisan penutup (*surface course*) yang relatif tipis tetapi kuat yang terdiri dari bahan bitumen untuk perkerasan sedang dan aspal beton untuk perkerasan kuat.

Konstruksi perkerasan terdiri dari 4 lapisan, yaitu:

1. Lapisan permukaan (*surface course*)
2. Lapisan pondasi atas (*base course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*sub-base course*)
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

### **3.2.3. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)**

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan dan berfungsi sebagai :

1. Lapis perkerasan menahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
3. Lapis aus ( *wearing course* ), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah terjadi aus.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek (Sukirman:1995).

Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas. Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar - besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

( Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan MAK)

Guna dapat memenuhi fungsi tersebut diatas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

Jenis lapis permukaan yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain :

1. Lapisan bersifat nonstruktural, bersifat sebagai lapisan aus dan kedap air antara lain:
  - a. Burtu, laburan aspal satu lapis, merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam dengan tebal maksimum 2 cm.
  - b. Burda, laburan aspal dua lapis, merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berturut dengan tebal padat maksimum 3.5 cm.
  - c. Latasir, lapis tipis aspal pasir, merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal padat 1-2 cm.
  - d. Buras, laburan Aspal, merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inch.
  - e. Latasbum, Lapisan tipis asbuton murni merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
  - f. Lataston, lapis tipis aspal beton dikenal dengan nama hot roll sheet disingkat HRS merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi ( *filler* ) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Tebal padat antara 2.5 – 3 cm. Jenis perkerasan ini terutama digunakan untuk pemeliharaan jalan.
2. Lapisan bersifat struktural, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda
  - a. Penetrasi Macadam, Lapen, merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas lapen

ini biasanya diberi laburan aspal dengan agregat penutup. Tebal lapisan satu lapis dapat bervariasi dari 4 – 10 cm.

- b. Lasbutag merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak yang diaduk dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal padat tiap lapisannya antara 3- 5 cm.
- c. Laston, lapis aspal beton, merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu (Sukirman,1995:11).

#### **3.2.4. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)**

Lapisan pondasi atas (*base course*) adalah lapisan perkerasan jalan yang terletak diantara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah (*sub-base*).

Fungsi lapisan pondasi atas adalah:

- 1) Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda.
- 2) Perletakan terhadap lapisan permukaan.
- 3) Meneruskan limpahan gaya lalu lintas ke pondasi bawah.

(Sukirman,1995:11).

Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik - baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik. Berbagai macam - macam bahan alam atau bahan setempat ( $CBR \geq 50\%$ ,  $PI \leq 4\%$ ) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi, antara lain batu pecah, kerikil pecah dan stabilisasi tanah dengan semen atau kapur.

#### **3.2.5. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub-base Course*)**

Perkerasan bawah adalah bagian dari konstruksi jalan, lapisan ini terletak diantara perkerasan tanah atas (*base course*) dan tanah dasar (*subgrade*). Perkerasan

bawah ini terdiri dari satu lapisan atau juga beberapa lapisan. Oleh karena itu biasanya perkerasan bawah terdiri dari batuan-batuan alam yang masih asli.

Fungsi perkerasan bawah adalah:

- 1) Sebagai bagian dari perkerasan jalan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- 2) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan yang lainnya dapat dikurangi tebalnya sehingga dapat menghemat biaya konstruksi.
- 3) Untuk mencegah tanah dasarnya supaya jangan masuk ke dalam lapisan perkerasan atas.

(Sukirman,1995:13)

Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat-alat besar atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca. Berbagai macam tipe tanah setempat (CBR  $\geq 20\%$ , PI  $\leq 10\%$ ) yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah. Campuran - campuran tanah setempat dengan kapur atau semen *portland* dalam beberapa hal sangat dianjurkan, agar dapat bantuan yang efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

### **3.2.6. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)**

Tanah dasar adalah suatu bagian dari konstruksi jalan yang berfungsi untuk mendukung seluruh bagian konstruksi jalan dan beserta gaya-gaya kendaraan yang melaluinya. Besar kecilnya daya dukung tanah dasar akan mempengaruhi tebal dari lapisan perkerasan, maka kekuatan jalan terutama ditentukan oleh tanah dasar (*subgrade*) dari jalan tersebut (Sukirman,1995:14).

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

- Perubahan bentuk tetap dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.

- Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat.

### 3.2.7 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku atau *rigid pavement* adalah perkerasan yang menggunakan semen (*portland*) sebagai bahan pengikat, dimana struktur perkerasan tersebut terdiri dari plat beton semen bersambung atau sambungan dengan tulangan yang terletak diatas pondasi bawah dengan atau tanpa pengaspalan sebagai lapisan aus.

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) atau lebih dikenal sebagai perkerasan beton semen, merupakan suatu susunan konstruksi perkerasan dengan bahan baku agregat dan semen sebagai pengikatnya. Satu lapis beton semen mutu tinggi pada konstruksi ini merupakan konstruksi utama yang diletakkan diatas pondasi atau langsung diatas *subgrade*. Jenis perkerasan ini mulai dipergunakan secara luas di Indonesia tahun 1985 khususnya pada jalan - jalan arteri kota - kota besar antara lain DKI-Jakarta, Bandung, Semarang, Surabaya, Medan, Padang, Ujung Pandang dan lain - lain. Selanjutnya jenis perkerasan kaku juga dipergunakan untuk beberapa jalan tol.

Beberapa pertimbangan mengenai waktu dan kapan perlu perkerasan kaku bisa dipakai adalah sebagai berikut :

- Bila presentasi lalu lintas berat relatif besar.
- Variasi dan daya dukung tanah besar.
- Pilih konstruksi tidak bertahap.
- Pertimbangan ketersediaan biaya.

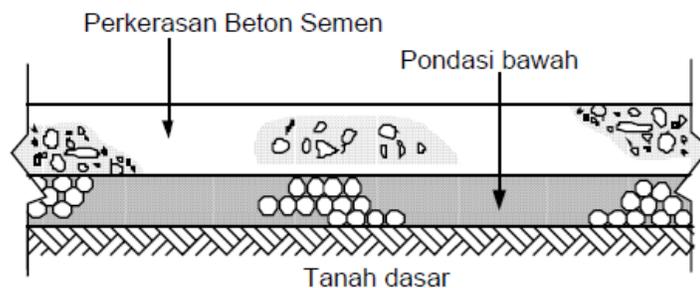
Pada perkembangan selanjutnya dikenal paling tidak 5 jenis perkerasan kaku yaitu:

1. Perkerasan tanpa tulangan dengan sambungan atau *jointed unreinforced concrete pavement*.
2. Perkerasan tulangan dengan sambungan atau *jointed reinforced concrete pavement*.

3. Perkerasan bertulang tanpa sambungan atau *continuously reinforced concrete pavement*.
4. Perkerasan pratekan atau *prestressed concrete pavement*.
5. Perkerasan diperkuat serat atau *fiber reinforced concrete pavement*.

Konstruksi utama perkerasan kaku adalah satu lapis beton semen mutu tinggi. Sedangkan lapis pondasi bawah atau *subbase* berupa *cement treated subbase* maupun granular *subbase* berfungsi sebagai konstruksi pendukung. Beberapa fungsi *subbase* yang diketahui adalah :

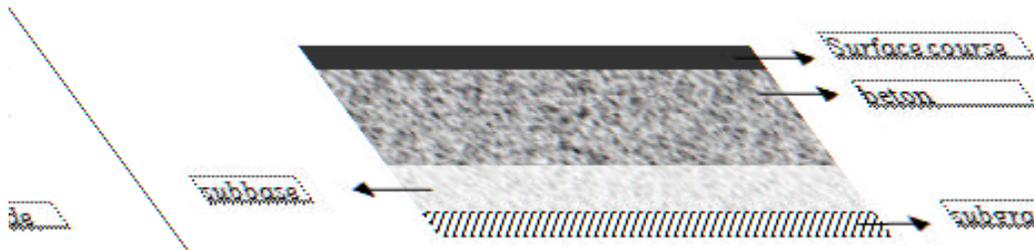
- Menyediakan lapisan stabil, uniform dan kekuatan permanen
- Meningkatkan harga modulus reaksi tanah dasar (*Modulus of subgrade reaction=K*)
- Mengurangi kerusakan akibat pembekuan (*frost action*)
- Melindungi gejala butir - butir halus tanah pada sambungan, retakan dan pinggir konstruksi perkerasan
- Mengurangi terjadinya retak
- Menyediakan lantai kerja bagi alat - alat konstruksi.



Gambar III.2 Perkerasan Kaku  
(Sumber : Pd T-14-2003 Dept. PU Bina Marga)

### 3.2.8 Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*) merupakan kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur yang dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.



Gambar III.3 Perkerasan Komposit  
(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

Lapisan perkerasan lentur biasanya terdiri dari lapisan penutup (*surface course*) yang relatif tipis tetapi kuat yang terdiri dari bahan bitumen untuk perkerasan sedang dan aspal beton untuk perkerasan kuat.

### 3.3 Campuran Beraspal Panas (Hot Mix)

#### a) Latasir (*Sand Sheet*) Kelas A dan B

Campuran-campuran ini ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya pada daerah dimana agregat kasar sulit diperoleh. Pemilihan Kelas A atau B terutama tergantung pada tebal nominal minimum. Campuran Latasir biasanya memerlukan penambahan filler agar memenuhi kebutuhan sifat-sifat yang disyaratkan.

#### b) Lataston (HRS)

Lataston terdiri dari dua macam campuran, Lataston Lapis Pondasi (*HRS-Base*) dan Lataston Lapis Permukaan (*HRS-Wearing Course*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. Lataston Lapis Pondasi (*HRS-Base*) mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada Lataston Lapis Permukaan (*HRS - Wearing Course*).

#### c) Laston (AC)

Laston (AC) terdiri dari tiga macam campuran, Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal Polimer atau Aspal dimodifikasi dengan Aspal Alam atau Aspal Multigrade disebut masing-masing sebagai AC-WC Modified, AC-BC Modified, dan AC-Base Modified.

Tabel. III.1. Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal

Ukuran ayakan		% Berat Yang Lolos						
		Latasir (SS)		Lataston (HRS)		LASTON (AC)		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5							100
1"	25						100	90 - 100
¾"	19	100	100	100	100	100	90 - 100	Maks.90
½"	12,5			90 - 100	90 - 100	90 - 100	Maks.90	
3/8"	9,5	90 - 100		75 - 85	65 - 100	Maks.90		
No.8	2,36		75 - 100	50 - 72 <sup>1</sup>	35 - 55 <sup>1</sup>	28 - 58	23 - 39	19 - 45
No.16	1,18							
No.30	0,600			35 - 60	15 - 35			
No.200	0,075	10 - 15	8 - 13	6 - 12	2 - 9	4 - 10	4 - 8	3 - 7
<b>DAERAH LARANGAN</b>								
No.4	4,75					-	-	39,5
No.8	2,36					39,1	34,6	26,8 - 30,8
No.16	1,18					25,6 - 31,6	22,3 - 28,3	18,1 - 24,1
No.30	0,600					19,1 - 23,1	16,7 - 20,7	13,6 - 17,6
No.50	0,300					15,5	13,7	11,4

(Sumber : Spesifikasi teknis nasional, 2006)

Table III.2. Spesifikasi untuk Campuran HRS

Sifat – sifat campuran		Lataston	
		WC	BASE
Penyerapan Aspal (%)	Max	1,7	1,7
Jumlah tumbukan per bidang		75	75
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,0	3,0
	Max	6,0	6,0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	18	17
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	68	68

Stabilitas Marshall (%)	Min	800	800
Pelelehan (mm)	Min	3	3
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250	250
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60o C	Min	75	75
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2	2

(Sumber : Spesifikasi teknis nasional, 2006)

### 3.4 Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat yang terdiri dari bahan-bahan berbutir yang mempunyai komposisi mineral seperti pasir, kerikil, batu kapur, terak, (*slag*) atau batu pecah yang digunakan sebagai *base* jalan, bantalan kereta api, campuran beton dan lain-lain.

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dan material.

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan untuk memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat yang digunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya pelekak dengan aspal. Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan.

Berdasarkan besar partikel-partikel agregat, agregat dibedakan atas :

- a. Agregat kasar, yaitu agregat yang memiliki ukuran  $> 4,75$  mm menurut ASTM atau  $> 2$  mm AASHTO.
- b. Agregat halus, yaitu agregat yang memiliki ukuran  $< 4,75$  mm menurut ASTM atau  $< 2$  mm dan  $> 0,075$  mm menurut AASHTO.
- c. Abu batu atau mineral filler, yaitu agregat halus yang umumnya lolos saringan no.200.

Tabel ukuran bukaan saringan, persyaratan agregat halus, agregat kasar, gradasi lapis pondasi agregat, angularitas agregat halus, sifat-sifat agregat dapat dilihat berturut – turut pada tabel III.2. sampai dengan tabel III.5. di bawah ini :

Tabel III.3. Ukuran bukaan saringan

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4"	100	3/8"	9,5
3½"	90	No.4	4,75
3"	75	No.8	2,36
2½"	63	No.16	1,18
2"	50	No.30	0,6
1½"	37,5	No.50	0,3
1	25	No.100	0,15
¾"	19	No.200	0,075
½"	12,5		

(Sumber : Sukirman Silvia, "Beton Aspal Campuran Panas", 2003., Jakarta)

Tabel III.4. Persyaratan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Material lolos saringan No.200	SNI 03-44281997	Maks 8%

(Sumber : Spesifikasi Umum, Bina Marga)

Tabel III.5. Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 03-3407-1994	Maks. 12%
Abrasi dengan Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks. 40%
Kekekalan Agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	Dot's Pennsylvania Test Method, PTM No. 621	85/80
		95/90
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10 cm)		60/50
		80/75
Partikel pipih dan lonjong	ASTM D-4791	Maks 10%

(Sumber : Spesifikasi Umum, Bina Marga)

Tabel III.6. Angularitas Agregat Halus

Pengujian	Lalu Lintas	Standar	Nilai
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	< 1 juta ESA	AASHTO TP-33	Min. 40%
	$\geq$ 1 juta ESA		Min. 45%
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10 cm)	< 1 juta ESA		Min. 40%
	$\geq$ 1 juta ESA		Min. 40%

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga)

### 3.5 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan Pengisi (*Filler*) Untuk Campuran Aspal

- a) Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), semen portland, abu terbang, abu tanur semen atau bahan non plastis lainnya dari

sumber yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Bahan tersebut harus bebas dari bahan yang tidak dikehendaki.

b) Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SK SNI M-02-1994-03 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya.

c) Bilamana kapur tidak terhidrasi atau terhidrasi sebagian, digunakan sebagai bahan pengisi yang ditambahkan maka proporsi maksimum yang diijinkan adalah 1,0 % dari berat total campuran aspal.

### **3.5.1. Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)**

Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk bubuk (powder). Bahan pengisi harus lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Pengujian yang dilakukan adalah analisa saringan. Jenis- jenis bahan alternatif filler yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah semen, kulit kerang, ampas tebu, dan batubara.

### **3.5.2. Kulit Kerang**

Kerang merupakan nama sekumpulan *moluska dwicangkerang* dari pada *family cardiidae* yang merupakan salah satu komoditi perikanan yang telah lama dibudidayakan sebagai salah satu usaha sampingan masyarakat pesisir. Teknik budidayanya mudah dikerjakan, tidak memerlukan modal besar dan dapat dipanen setelah berumur 6-7 bulan. Hasil panen kerang per hektar per tahun dapat mencapai 200-300 ton kerang utuh atau sekitar 60-100 ton daging kerang (Prosepwandi,1998).

Kulit kerang berbentuk seperti hati bersimetri dan mempunyai tetulang di luar. Kulit kerang memiliki tiga bukaan inhalen, ekshalen, pedal untuk mengalirkan air serta untuk mengeluarkan kakinya. Kerang biasanya mengorek lubang dengan menggunakan kakinya dan makan plankton yang didapat dari aliran air yang masuk dan keluar. Kerang-kerang juga berupaya untuk melompat dan membengkokkan lalu meluruskan kakinya.

Serbuk kerang merupakan serbuk yang dihasilkan dari pembakaran kulit kerang yang telah di haluskan, serbuk ini dapat di gunakan sebagai bahan campuran atau

tambahan pada pembuatan aspal beton. Penambahan serbuk kulit kerang yang homogen akan menjadikan campuran aspal beton yang lebih reaktif.

Tabel. III.7. Komponen Kulit Kerang

Komponen	Kadar (% berat)
CaO	66,70
SiO <sub>2</sub>	7,88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03
MgO	22,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,25

(Sumber : Imam Darmawan, 2003)



Gambar. III.4. Serbuk Kulit Kerang

(Sumber: Dokumentasi pribadi)

### 3.5.3. Ampas Tebu

Ampas tebu adalah hasil samping dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Serat bagase tidak dapat larut dalam air dan sebagian besar terdiri dari selulosa, pentosan, dan lignin (Husin,2007). Ampas tebu juga dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, sedangkan sisanya menjadi limbah pabrik.

Dalam menentukan kadar aspal rencana, H. Muchtar Syarkawi menentukan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan abu ampas tebu yang digunakan dimulai dari 3% sampai 30%. Nilai VIM yang masuk spesifikasi dalam penggunaan abu

ampas tersebut ini yaitu 3%, 6%, 9%. Sedangkan nilai yang masuk spesifikasi VMA didapat dari penambahan abu ampas tebu sebesar 9%, 12%, 15%, 18%, 21%, 24%, 27% dan 30%. VFA didapat nilai yang memenuhi sebesar 9%. Nilai MI didapat 3% sampai 27% sehingga dapat disimpulkan nilai persentase terbaik yang digunakan untuk penambahan abu ampas tebu sebanyak 9%. Berikut merupakan tabel yang menerangkan komponen yang terdapat pada ampas tebu:

Tabel. III.8. Komponen Ampas Tebu

Komponen	Kadar (%)
Cellulose	45
Pentosan	32
Lignin	18
Lain-lain	5

(Sumber : Husin, 2007)



Gambar. III.5. Abu Ampas Tebu

(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Dalam proses untuk mendapatkan ampas tebu dari pabrik gula tahapan pencacahan terlebih dahulu menggunakan *cane cutter* dan *hammer shredder*, selanjutnya dimasukkan ke *intermediated carrier (IC)* untuk mentransfer aspal kedalam gilingan, gilingan mapas tebu ini terdiri dari 5 tahap. Pada penggilingan pertama dan kedua dihasilkan nira mentah yang berwarna kuning kecoklatan, pada proses penggilingan ketiga, keempat dan kelima dihasilkan nira dengan volume yang tidak

sama. Pada penggilingan seterusnya hingga penggilingan kelima ampas tebu sudah benar-benar kering, lalu setelah melalui proses penggilingan selesai, ampas tebu disalurkan melalui *Bagasse Elevator* (BE) untuk dikirim ke tempat pembakaran dan sebagian ditumpuk kedalam penampungan ampas tebu.

#### 3.5.4. Semen

Semen adalah bahan yang bertindak sebagai pengikat untuk agregat. Jika dicampur dengan air semen menjadi pasta dan mengeras menjadi beton. Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan. Adapun komposisi dari semen adalah sebagai berikut:

Tabel. III.8. Komponen Semen

Komponen	Kadar (%)
$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$	50
$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	25
$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$	12
$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$	8
$\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$	3,5

(Sumber : Maulana, 2010)



Gambar. III.6. Semen

(Sumber: Dokumentasi pribadi)

### 3.5.5. Batubara

Batubara terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengendap selama jutaan tahun dimana proses perubahan fisik maupun kimia. Proses perubahan batu bara bermula dari endapan tumbuhan (kulit pohon, daun akar, dan lain sebagainya) berubah menjadi organik dan mengalami tingkat pembusukan (dekomposisi).

Proses pembentukan ini terdiri dari dua tahap antara lain

1. Peatifikasi adalah proses biokimia berupa dari endapan menjadi organik
2. Coalifikasi adalah proses geokimia berupa dari gambut menjadi batu bara.

Dalam penyusunan batu bara diperkaya dalam berbagai polimer dengan berbagai macam polimer organik yang berasal dari antara lain karbohidrat, lignin, dan lain sebagainya. Namun komposisi dari polimer-polimer ini bervariasi tergantung pada spesies dari tumbuhan. Adapun komposisi kimia batu bara adalah sebagai berikut:

Tabel. III.9. Komponen Batubara

Komponen	Sub Bituminous(%)
SiO <sub>2</sub>	40-60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20-30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4-10
CaO	5-30
MgO	1-6
SO <sub>3</sub>	1-6
Na <sub>2</sub> O	0-2
K <sub>2</sub> O	0-4
LOI	0-3

(Sumber : Imam Darmawan, 2003)



Gambar. III.7. Abu Ampas Tebu  
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

### 3.6 Metode Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode marshall ditemukan oleh *Bruce Marshall*, dan telah di standarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi. Prinsip dasar metode marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan keelehan (*flow*).

Alat marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN (5000 lbs) dan *flow meter*. Proving ring digunakan untuk mengukur stabilitas, dan *flow meter* untuk mengukur *flow*. Dari proses persiapan benda uji sampai pada pemeriksaan dengan alat marshall, dapat diperoleh data-data sebagai berikut:

1. Kadar Aspal Optimum, dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka dibelakang koma.
2. Stabilitas, dinyatakan dalam bilangan bulat. Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap alur.
3. Kelelehan plastis (*flow*), dinyatakan dalam milimeter atau 0,01". *Flow* dapat merupakan indikator terhadap lentur.
4. VIM persen rongga dalam campuran, FIM merupakan indikator dari durabilitas, kemungkinan bleeding.
5. VMA, persen rongga pengisi agregat dinyatakan dalam bilangan bulat.
6. VFB, persen rongga pengisi aspal dinyatakan dalam bilangan bulat
7. Hasil dari marshall (*question marshall*) merupakan hasil bagi dari stabilitas dan *flow*. Dinyatakan dalam kN/mm. Merupakan indikator dari pelenturan yang potensial terhadap keretakan.

### **3.7 Penelitian Yang Sudah Dilakukan**

#### **3.7.1. Cangkang Telur**

Pada percobaan campuran HRS – *Base* dengan menggunakan cangkang telur sebagai bahan *filler* didapat nilai kadar aspal yang memenuhi semua parameter *Marshall* adalah kadar aspal dengan rentang 6% - 8,0%. Sehingga diperoleh kadar aspal optimum 7,4%. (Yerriezah, 2013).

#### **3.7.2. Batu Kapur**

Pada percobaan campuran Laston Wearing Course dengan menggunakan batu kapur sebagai bahan *filler* didapat nilai kadar aspal yang memenuhi semua parameter *Marshall* adalah kadar aspal dengan rentang 4,5% - 6,5%. Sehingga diperoleh kadar aspal optimum 5,85%. (Aplis Monica, 2013).

## **BAB 4**

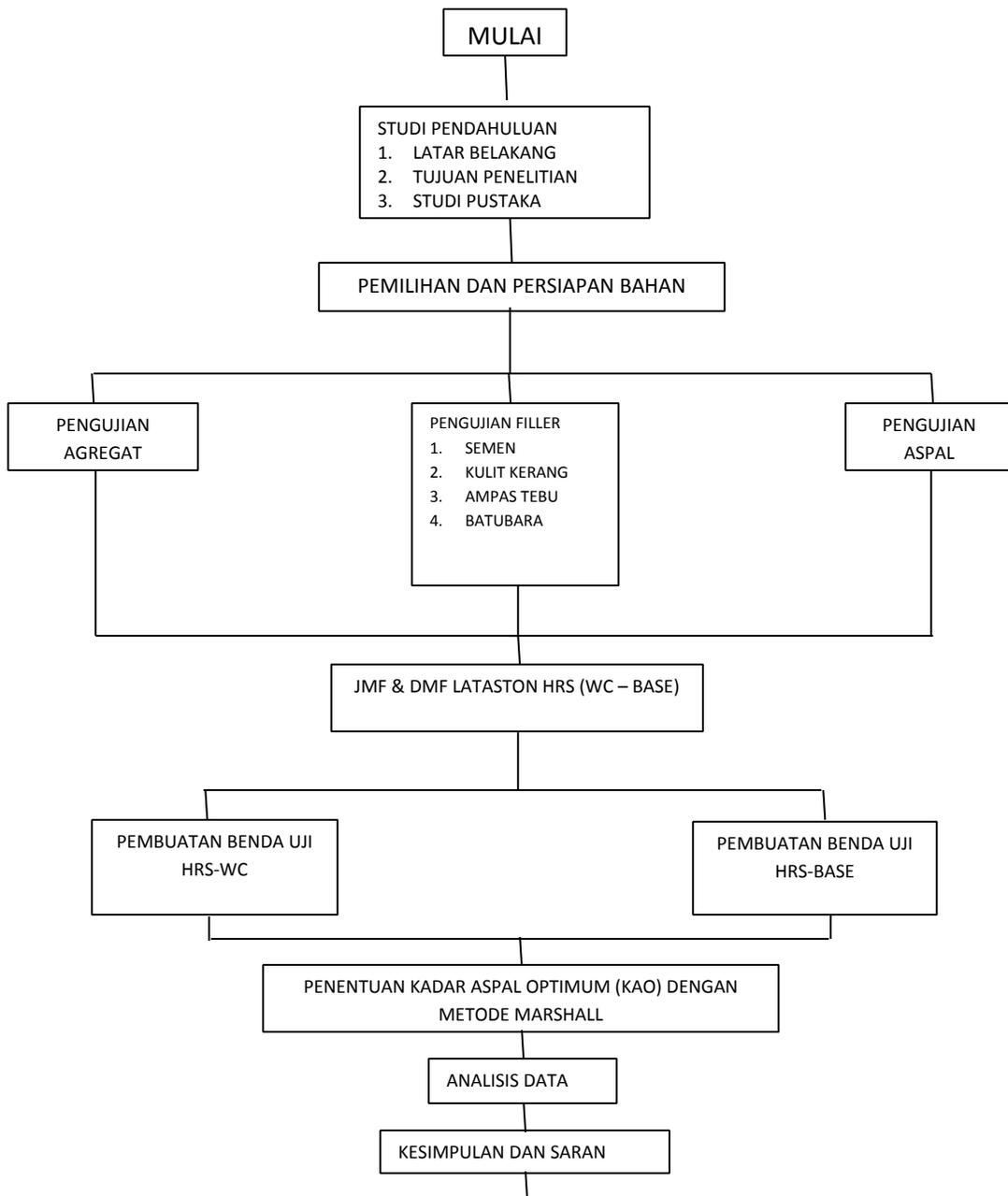
### **TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui karakteristik campuran HRS (*WC – Base*) dengan variasi bahan filler apakah memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh spesifikasi Bina Marga.
2. Untuk mengetahui nilai kadar aspal optimum (KAO) campuran HRS (*WC – Base*) dengan variasi bahan filler.
3. Untuk membandingkan antara kinerja benda uji campuran normal dan hasil benda uji campuran dengan variasi bahan *filler* serta untuk mendapatkan bahan *filler* yang paling efektif berdasarkan kinerja.

## BAB 5 METODOLOGI PENELITIAN

### 5.1 Diagram Alir Penelitian



SELESAI

Gambar V.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

## 5.2. Studi Literatur

Sumber literatur referensi didapat dari buku-buku yang berkaitan dengan pengujian *Marshall Test* itu sendiri sedangkan untuk literatur data didapat dari hasil pengujian di laboratorium.

## 5.3. Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan lapangan meliputi :

- a. Pembelian agregat kasar yang digunakan didalam penelitian, berupa batu pecah yang dibeli dari stone crusher di Palembang terdiri dari split dan screen dengan ukuran maksimum 19 mm.
- b. Begitupun agregat halus yang terdiri dari abu batu (*dust*), *sand* (pasir) juga dibeli dari stone crusher.
- c. Bahan pengisi (*filler*) berupa semen didapat dari toko bangunan, serbuk kulit kerang didapat dari limbah rumah tangga, ampas tebu didapat dari pabrik gula di Mariana, batubara didapat dari tambang batubara yang ada di wilayah Sumsel.
- d. Aspal yang digunakan adalah aspal PERTAMINA dengan Penetrasi 60/70.

## 5.4. Pengujian Laboratorium

Agregat kasar yang digunakan adalah batu alam yang didapat dari mesin pemecah batu. Spesifikasi yang digunakan adalah menggunakan spesifikasi Bina Marga.

1. Pengujian agregat kasar dan agregat halus terdiri dari analisa saringan, berat jenis, kadar air, kadar lumpur, berat isi, impact value dan *Abrasi Los Angeles*.
2. Aspal yang digunakan untuk material pengikat pada konstruksi perkerasan lentur harus dilakukan pengujian penetrasi, daktilitas, viskositas, titik lembek, titik nyala & titik bakar, dan kehilangan berat.
3. Pengujian bahan pengisi (*filler*), bahan yang digunakan dalam penelitian ini dari semen, kulit kerang, ampas tebu, dan batubara. Bahan pengisi ini berbentuk bubuk

(*powder*), dan harus lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Pengujian yang dilakukan adalah analisa saringan dan berat jenis.

#### **5.5. Design Mix Formula (DMF)**

Penentuan kadar aspal rencana untuk lapis permukaan HRS didapat dengan perhitungan analitis menggunakan titik kontrol yang telah ditetapkan dalam spesifikasi teknis dan rumus yang telah ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Dept. PU. Bina Marga tahun 2006, sehingga didapat kadar aspal rencana.

#### **5.6. Job Mix Formula (JMF)**

Merupakan cara perhitungan komposisi campuran agregat yang memenuhi Spesifikasi Umum Dept. PU. Bina Marga tahun 2006 dengan menggunakan metode Gauss-Jordan. Dalam perhitungan menggunakan sistem persamaan linier 5 variabel, menggunakan 5 variabel karena komposisi agregat yang digunakan dalam pencampuran adalah 5 macam agregat (*split*, *screen*, *sand*, *dust*, dan *filler*).

#### **5.7. Pembuatan Benda Uji**

Setelah didapat komposisi agregat yang sesuai dengan spesifikasi campuran yang akan dibuat dan kadar aspal rencana (*Pb*), maka dapat melakukan penelitian dengan menggunakan benda uji. Dimana pada 1 jenis bahan pengisi (*filler*) terdiri dari 15 benda uji.

#### **5.8. Marshall Test**

Prinsip dasar dari metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran yang telah didapat dari hasil uji gradasi, sesuai spesifikasi campuran.

Setelah proses pembuatan benda uji, benda uji didiamkan  $\pm 24$  jam, kemudian ditimbang untuk memperoleh berat di udara. Kemudian benda uji tersebut direndam untuk mencari berat dalam air dan berat SSD. Setelah semua data diperoleh, maka benda

uji kembali didalam waterbath selama  $\pm 30$  menit. Ketika telah mencapai waktu yang ditentukan, maka benda uji diangkat dan langsung di uji dengan *Marshall Test* untuk mendapatkan nilai stabilitas dan *flow*. Setelah diperoleh semua data, maka dilakukan analisa sehingga mendapatkan nilai kadar aspal optimum.

### **5.9. Analisa dan Pembahasan**

Setelah didapat hasil *Marshall Test* berupa nilai stabilitas dan *flow* dari benda uji yang dibuat, kemudian dianalisa dan diambil kesimpulan. Hasil analisa digambarkan dalam bentuk diagram batang.

## BAB 6

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah kerja atau prosedur pengujian pada penelitian ini mengikuti petunjuk dalam SNI 06-2489-1991. Penelitian dilakukan mulai dari persiapan, pengujian mutu bahan yang berupa agregat dan aspal, perencanaan campuran kemudian dilakukan pelaksanaan pengujian dengan *Marshall Test*.

#### 6.1. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat dalam penelitian ini meliputi pengujian agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Adapun hasil dari pengujian yang dilakukan di laboratorium ditunjukkan pada tabel VI.1, tabel VI.2, dan tabel VI.3.

Tabel VI.1. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Metode	Syarat	Hasil	
				BP 1/2	BP 1/1
1	Kadar Air	SNI 03-1971-2008	Maks.3%	1,303	1,385
2	Berat Jenis Bulk	SNI 1969-2008		2,977	2,699
3	Berat Jenis SSD	SNI 1969-2008		2,898	2,625
4	Berat Jenis Apparent	SNI 1969-2008		2,858	2,581
5	Keausan, <i>LA abrasion Test</i> , 500 putaran	SNI 2417-2008	Maks. 40%	25,91 %	
6	Kekuatan terhadap tumbukan, <i>Aggregate Impact Value</i>	SNI 4426-2002	Maks. 30%	11,571 %	

(Sumber: Penulis)

Tabel VI.2. Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Metode	Syarat	Hasil	
				<i>Dust</i>	<i>Sand</i>
1.	Kadar Air	SNI 03-1971-2008	Maks.3%	1,480	2,325
2.	Berat Jenis Bulk	SNI 1969-2008		2,566	2,599
3.	Berat Jenis SSD	SNI 1969-2008		2,693	2,774
4.	Berat Jenis Apparent	SNI 1969-2008		2,613	2,662
5.	<i>Sand Equivalent</i>	SNI 03-4428-2008	Min.50%	66%	93%

(Sumber: Penulis)

Dari hasil pengujian agregat yang telah dilakukan didapat bahwa agregat yang digunakan termasuk dalam spesifikasi yang telah ditentukan oleh SNI.

## 6.2. Hasil Pengujian Aspal

Pengujian sifat aspal produksi BSA dengan penetrasi 60/70 yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil Universitas Sriwijaya Indralaya dapat ditunjukkan pada tabel IV.3 dibawah ini.

Tabel VI.3. Hasil Pengujian Sifat-sifat Aspal

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Persyaratan	Hasil
1.	Penetrasi (25°C, 100gr, 5 detik)	SNI 2456-2011	60-79	73,76
2.	Berat Jenis (25°C)	SNI 2441-2011	Min 1	1,119
3.	Daktilitas (25°C, 5cm/menit)	SNI 2432-2011	Min 100cm	123,5cm
4.	Titik Lembek	SNI 2434-2011	(48-55) <sup>0</sup> C	51,5 <sup>0</sup> C
5.	Titik Nyala	SNI 2433-2011	Min 200 <sup>0</sup> C	353 <sup>0</sup> C
6.	Kehilangan Berat(163°C,5 jam)	SNI 2440-2011	Maks 0,8	0,7
7.	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	SNI 2432-2011	Min 54	70,86
8.	Daktilitas Setelah Kehilangan Berat	SNI 2432-2011	Min 50 cm	119

(Sumber: Penulis)

Dari data hasil pengujian mutu bahan aspal diatas disimpulkan bahwa aspal produksi BSA dengan penetrasi 60/70 tersebut telah memenuhi spesifikasi untuk campuran HRS-Base.

### 6.3. Perhitungan Kadar Aspal Rencana (*Design Mix Formula*)

Perhitungan kadar aspal rencana yang diperlukan untuk kadar pada campuran aspal dilakukan dengan menggunakan metode Bina Marga. Setelah melakukan perhitungan dengan metode tersebut didapat kadar aspal rencana sebesar 7,5%. Dari nilai kadar aspal rencana tersebut kemudian dilakukan perkiraan rentang kadar aspal sebagai acuan mendapatkan nilai kadar aspal optimum.

Tabel VI.4. Spesifikasi Gradasi Agregat Lataston *Base*

Ukuran Saringan	Spesifikasi Lataston <i>Base</i>
3/4"	100
1/2"	90-100
3/8 "	65-90
8	35-55
30	15-35
200	2-6

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 2)

Tabel VI.5. Spesifikasi Gradasi Agregat Lataston *WC*

Ukuran Saringan	Spesifikasi Lataston <i>WC</i>
3/4"	100
1/2"	90-100
3/8 "	75-85
8	50-72
30	35-60
200	6-12

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 2)

Tabel VI.6. Tabulasi Perhitungan dengan Metode Bina Marga

(Sumber: Penulis)

UkuranSaringan	Spesifikasi Lataston Base
<p>3/4"</p> <p>1/2"</p> <p>3/8"</p> <p>No.8</p> <p>No.30</p> <p>NO.200</p>	<div style="text-align: center;"> <p>100</p> </div>
	<div style="text-align: center;"> <p><math>C_{\min} = 2</math>                      <math>C_{\max} = 6</math></p> </div>

Perkiraan awal kadar aspal rancangan diperoleh dengan rumus dibawah ini:

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

Batas atas:

$$\begin{aligned} Pb_{\min} &= 0,035(65) + 0,045(33) + 0,18(6) + 2,5 \\ &= 2,275 + 1,485 + 1,08 + 2,5 \\ &= 7,34 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pb_{\max} &= 0,035(45) + 0,045(49) + 0,18(6) + 2,5 \\ &= 1,575 + 2,205 + 1,08 + 2,5 \\ &= 7,36 \% \end{aligned}$$

Maka  $P_b$  optimum =  $\frac{7,34\% + 7,36\%}{2} = 7,35\% \approx 7,5\%$

2

Tabel VI.7. Perkiraan Nilai Kadar Aspal

Pengurangan (%)		Kadar Aspal Rencana (%)	Penambahan (%)	
-1,0	-0,5	$P_b$	+0,5	+1,0
6,5	7,0	7,5	8,0	8,5

(Sumber: Penulis)

Tabel VI.8. Tabulasi Perhitungan dengan Metode Bina Marga

Ukuran Saringan	Spesifikasi Lataston WC			
3/4"	100			
1/2"	10	100	15	15
	1	90 - 100	15	15
	$A_{\min} = 50$			$A_{\max} = 28$
		37		
		10		

3/8"	75 - 85
No.8	25                      13
No.30	50 - 72
NO.200	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;"><math>B_{\min} = 34</math></div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>15</span> <span>12</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>35-60</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>19</span> <span>48</span> </div> </div> <div style="margin-left: 10px;"><math>B_{\max} = 60</math></div> </div>
	<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <math>C_{\min} = 6</math> </div> <div style="text-align: center;"> <math>C_{\max} = 12</math> </div> </div>

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%F) + K$$

$$\begin{aligned} P_{\min} &= 0,035 (50) + 0,045 (34) + 0,18 (6) + 2,5 \\ &= 1,75 + 1,53 + 1,08 + 2,5 \\ &= 6,86 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 0,035 (28) + 0,045 (60) + 0,18 (12) + 2,5 \\ &= 0,98 + 2,7 + 2,16 + 2,5 \\ &= 8,34 \% \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{\text{optimum}} &= \frac{P_{\min} + P_{\max}}{2} \\ &= \frac{6,86 \% + 8,34 \%}{2} \\ &= 7,6 \% \approx 7,5 \% \end{aligned}$$

Tabel VI.9. Perkiraan Nilai Kadar Aspal

Pengurangan (%)		Kadar Aspal Rencana (%)	Penambahan (%)	
-1,0	-0,5	Pb	+0,5	+1,0
6,5	7,0	7,5	8,0	8,5

(Sumber: Penulis)

#### 6.4. Komposisi Campuran

Komposisi campuran yang digunakan dalam penelitian ini didapat dengan cara perhitungan dengan Metode *Eliminasi Gauss Jordan*. Komposisi campuran harus sesuai dengan gradasi campuran yang telah ditetapkan oleh spesifikasi Bina Marga. Adapun hasil dari perhitungan komposisi campuran sebagai berikut:

Tabel VI.10. Komposisi Campuran Agregat HRS-Base

No.	Agregat	% Gardasi Campuran
1.	Batu Pecah $1/2$ ( <i>Split</i> )	11,4%
2.	Batu Pecah $1/1$ ( <i>Screen</i> )	37,7%
3.	Abu Batu ( <i>Dust</i> )	39,6 %
4.	Pasir ( <i>Sand</i> )	7,1%
5.	<i>Filler</i>	4,2%

(Sumber: Penulis)

Tabel VI.11. Komposisi Campuran Agregat HRS-WC

No.	Agregat	% Gardasi Campuran
1.	Batu Pecah $1/2$ ( <i>Split</i> )	11,4 %
2.	Batu Pecah $1/1$ ( <i>Screen</i> )	37,6 %
3.	Abu Batu ( <i>Dust</i> )	3,9 %
4.	Pasir ( <i>Sand</i> )	39 %
5.	<i>Filler</i>	8,1 %

(Sumber: Penulis)

Hasil perhitungan yang telah didapat diperiksa kembali terhadap spesifikasi bina marga terhadap campuran HRS-Base dan HRS-WC. Komposisi di atas telah sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.

### 6.5. Hasil Pengujian Marshall Untuk Menentukan KAO

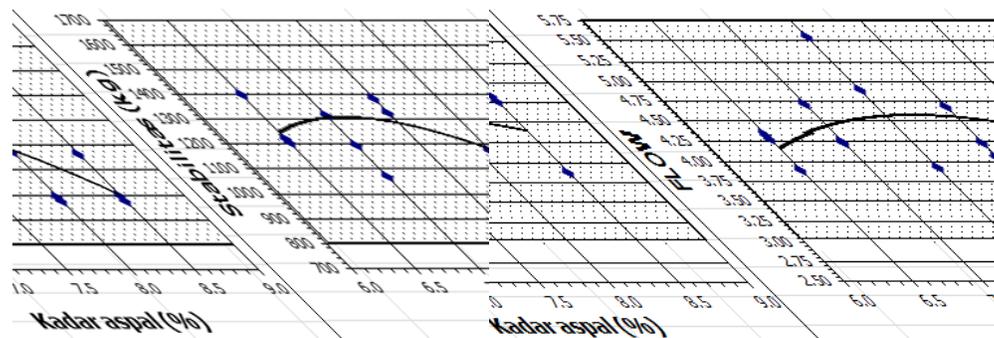
Pada campuran agregat aspal campuran normal dan aspal dengan campuran tambahan *filler* masing-masing memiliki 5 rentang kadar aspal. Setelah pembuatan benda uji selesai, maka dilakukanlah pengujian marshall dengan gradasi campuran agregat aspal campuran normal dan aspal dengan bahan tambahan *filler*.

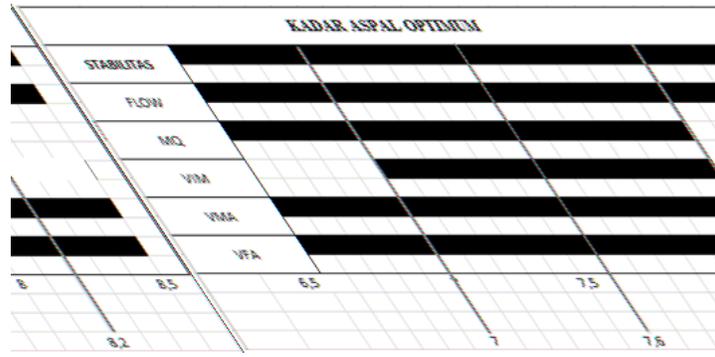
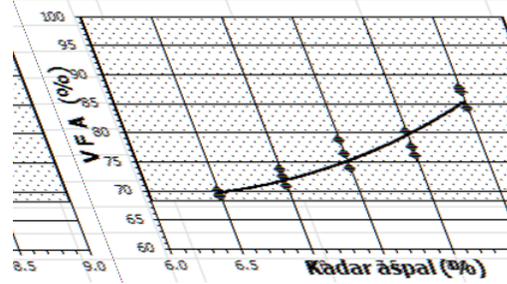
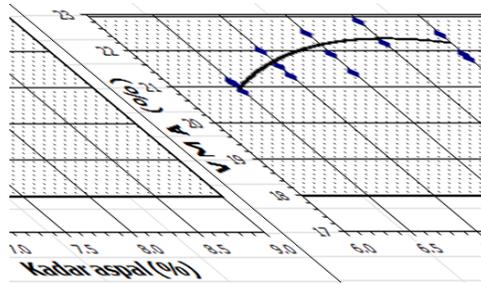
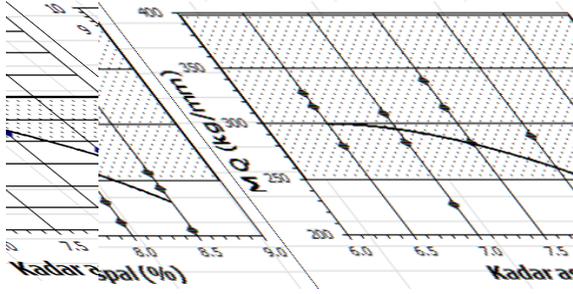
### 6.5.1. Hasil Pengujian Marshall

Masing-masing komposisi campuran agregat memiliki 5 rentang kadar aspal. Sehingga disini terdapat 2 buah nilai kadar aspal optimum. Setelah benda uji dibuat, maka dilakukan pengujian marshall terhadap benda uji dengan gradasi campuran agregat aspal normal, campuran aspal dengan serbuk kulit kerang, serbuk batubara, dan abu ampas tebu. Perhitungan hasil pengujian marshall dapat dilihat pada lampiran D.

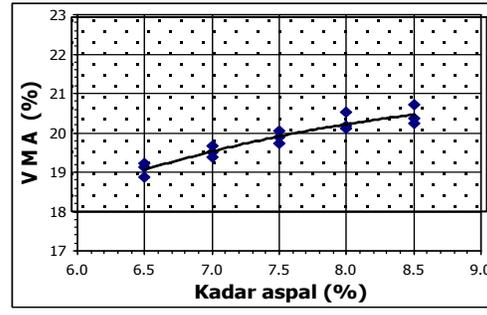
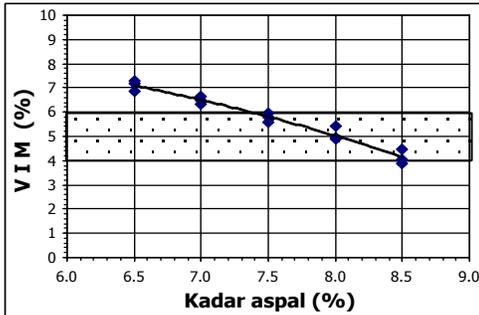
#### A. Gradasi Campuran Agregat Untuk Aspal Campuran Normal

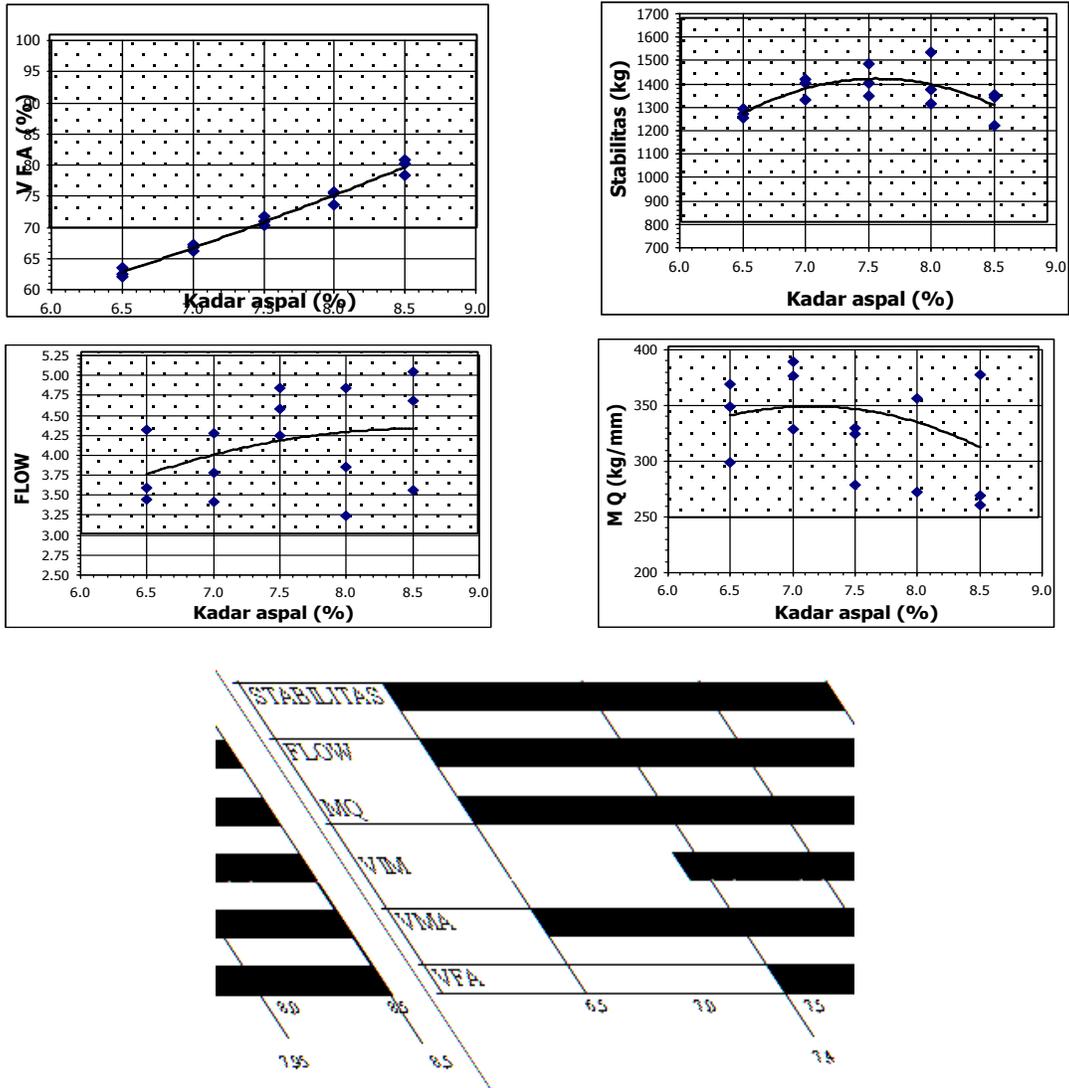
Berdasarkan data hasil pengujian marshall yang telah didapat maka, data tiap parameter marshall digambarkan dalam bentuk grafik. Adapun grafik hasil pengujian marshall pada campuran normal dapat dilihat pada gambar 6.1, sebagai berikut:





Gambar VI.1. Grafik Hasil Pengujian Marshall HRS-Base pada aspal campuran Normal  
(Sumber: Penulis)

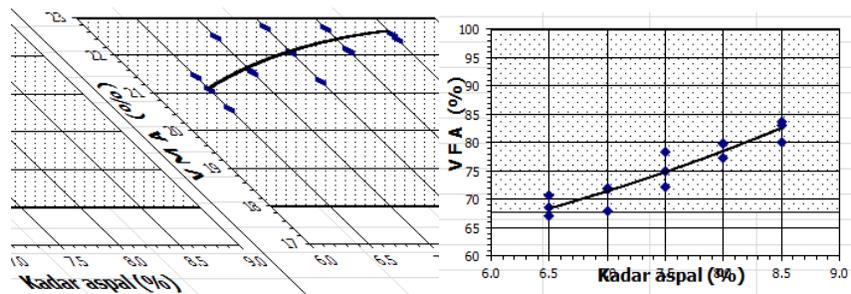
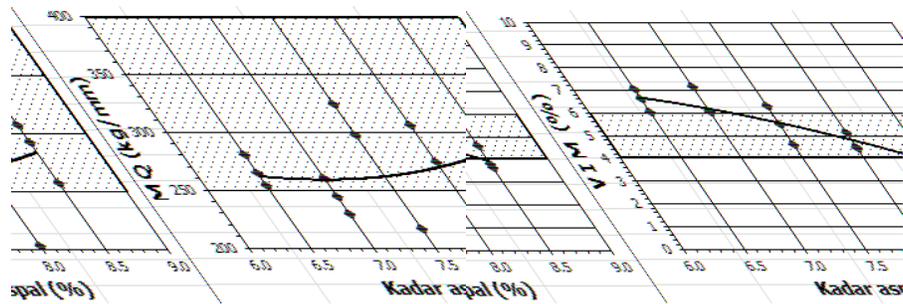
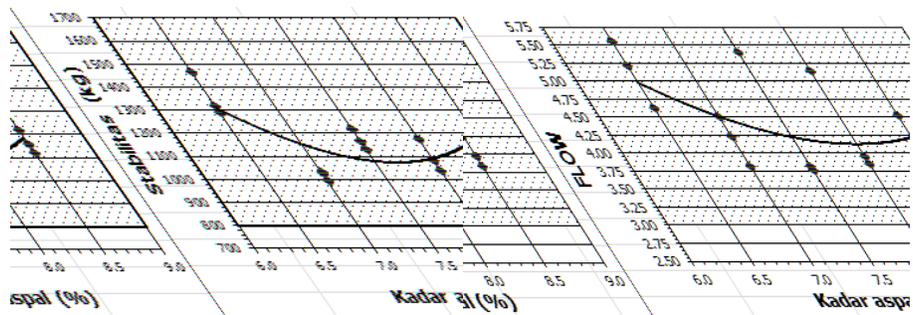


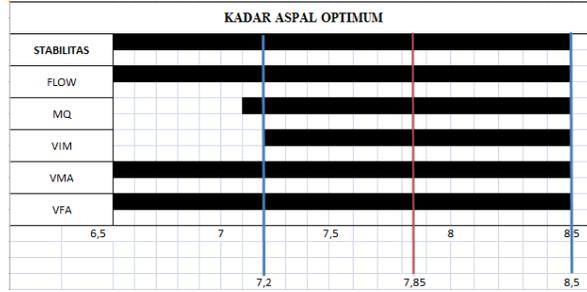


Gambar VI.2. Grafik Hasil Pengujian *Marshall HRS-WC* pada aspal campuran Normal  
(Sumber: Penulis)

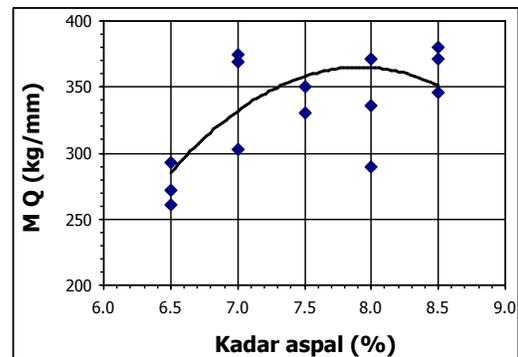
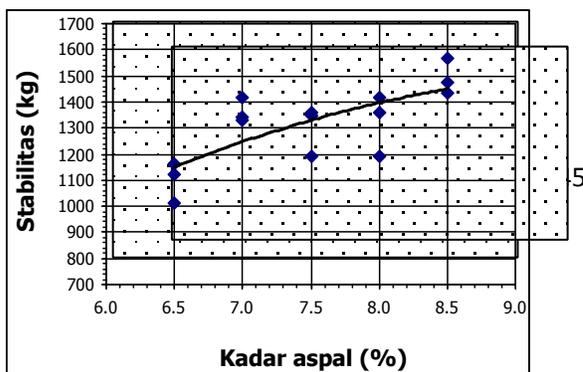
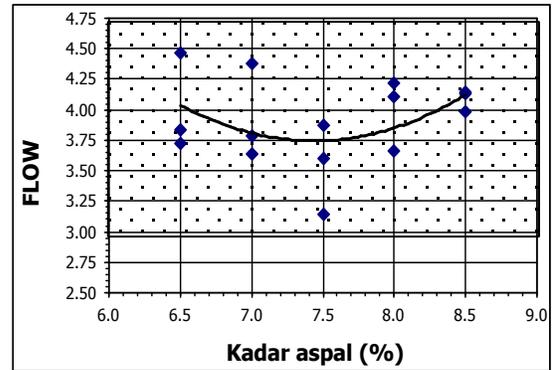
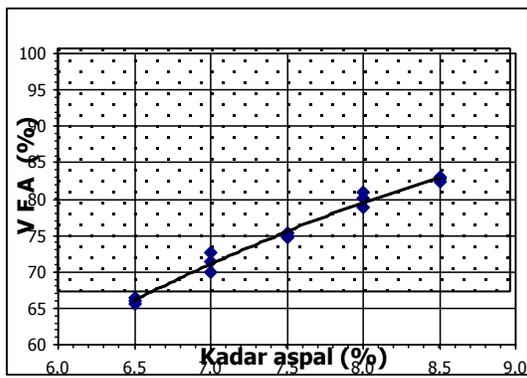
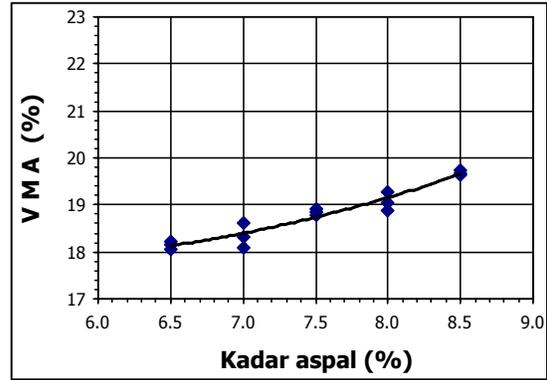
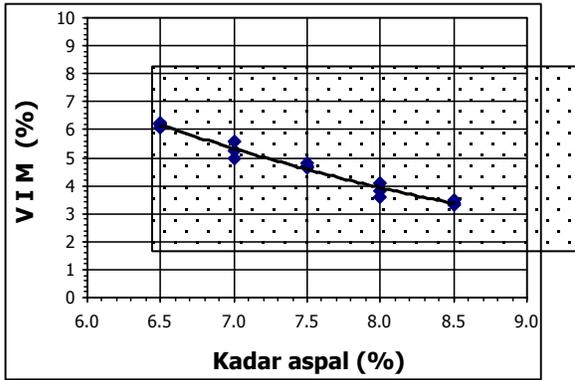
## B. Gradasi Campuran Agregat Untuk Aspal Dengan Campuran Serbuk Kulit kerang

Berdasarkan data hasil pengujian marshall yang telah didapat maka, data tiap parameter marshall digambarkan dalam bentuk grafik. Adapun grafik hasil pengujian marshall pada campuran serbuk kulit kerang dapat dilihat pada gambar 6.3, sebagai berikut:





Gambar VI.3. Grafik Hasil Pengujian Marshall HRS-Base pada aspal campuran filler kulit kerang  
(Sumber: Penulis)



STABILITAS	[Bar chart with 14 segments]													
	[Bar chart with 14 segments]													
FLOW	[Bar chart with 14 segments]													
	[Bar chart with 14 segments]													
MQ	[Bar chart with 14 segments]													
	[Bar chart with 14 segments]													
VIM	[Bar chart with 10 segments]										[Bar chart with 4 segments]			
	[Bar chart with 14 segments]													
VMA	[Bar chart with 14 segments]													
	[Bar chart with 14 segments]													
VFA	[Bar chart with 14 segments]													

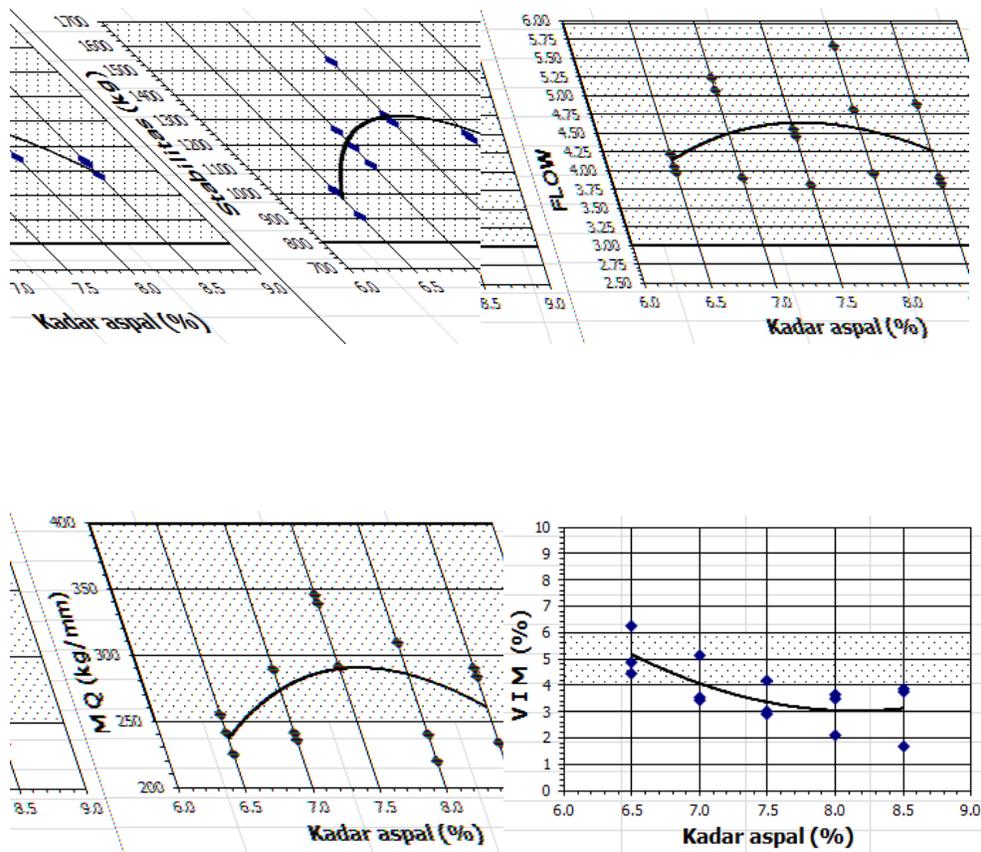
6,5      7,0      7,5      8,0      8,5  
6,8      7,35      7,9

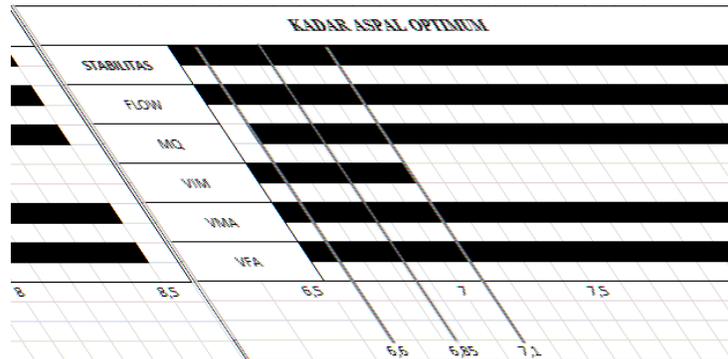
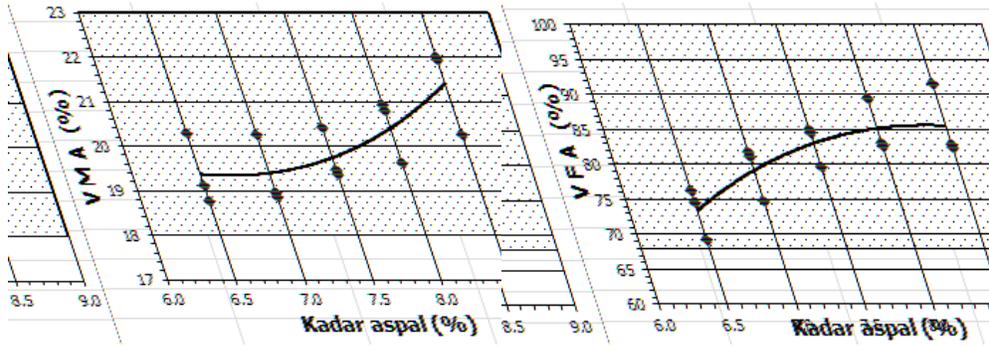
Gambar VI.4. Grafik Hasil Pengujian *Marshall* perkerasan *HRS-WC* pada aspal campuran *filler* kulit kerang

(Sumber: Penulis)

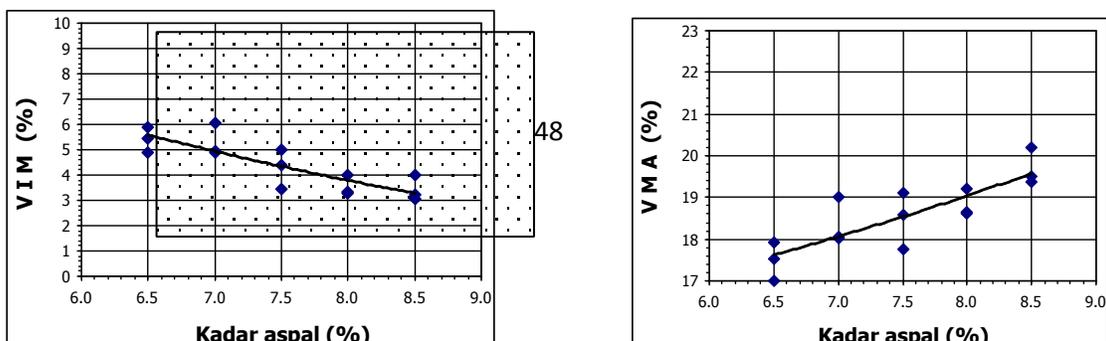
### C. Gradasi Campuran Agregat Untuk Aspal Dengan Campuran Serbuk Batubara

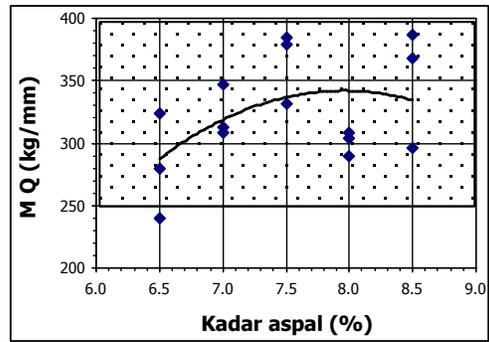
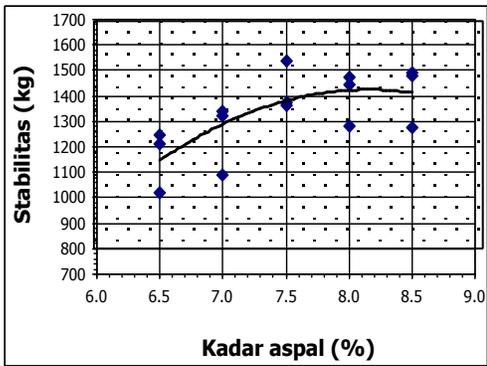
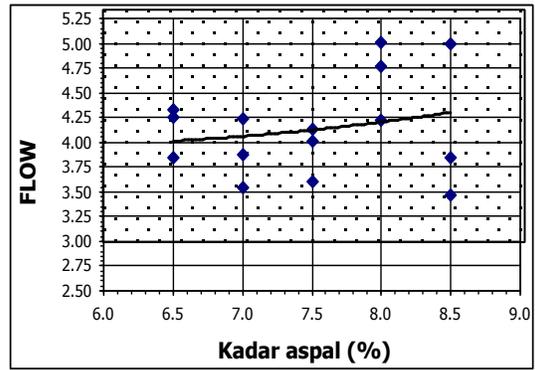
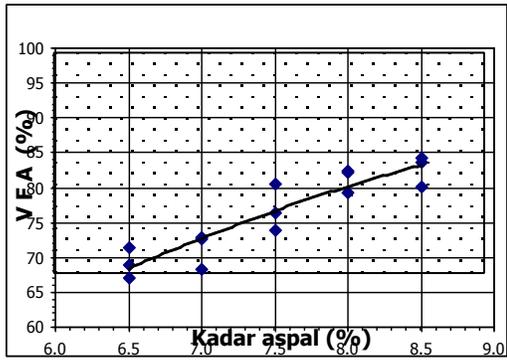
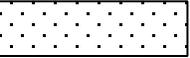
berdasarkan data hasil pengujian marshall yang telah didapat maka, data tiap parameter marshall digambarkan dalam bentuk grafik. Adapun grafik hasil pengujian marshall pada campuran serbuk batubara dapat dilihat pada gambar 6.5, sebagai berikut:





Gambar VI.5. Grafik Hasil Pengujian *Marshall* perkerasan *HRS-Base* pada aspal campuran *filler* batubara(Sumber: Penulis)





STABILITAS																																					

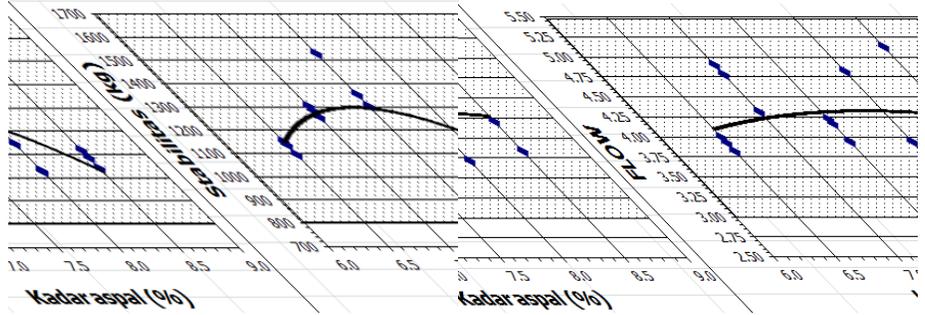
FLOW	[Bar chart data]									
MQ	[Bar chart data]									
VIM	[Bar chart data]									
VMA	[Bar chart data]									
VFA	[Bar chart data]									



Gambar VI.6. Grafik Hasil Pengujian *Marshall* perkerasan *HRS-WC* pada aspal campuran *filler* batubara (Sumber: Penulis)

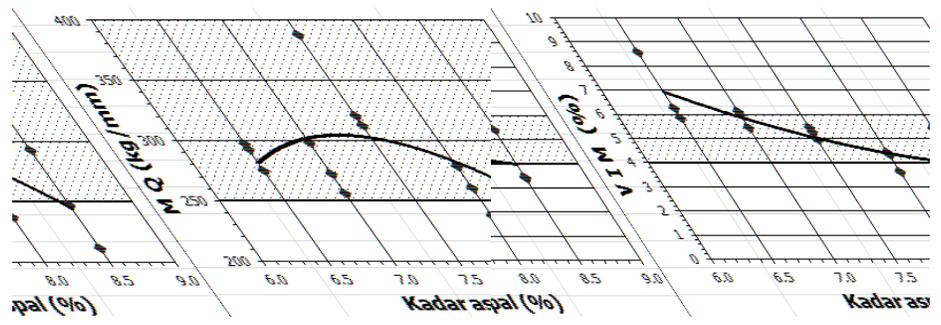
#### D. Gradasi Campuran Agregat Untuk Aspal Dengan Campuran Abu Ampas Tebu

berdasarkan data hasil pengujian marshall yang telah didapat maka, data tiap parameter marshall digambarkan dalam bentuk grafik. Adapun grafik hasil pengujian marshall pada campuran abu ampas tebu dapat dilihat pada gambar 4.7, sebagai berikut:



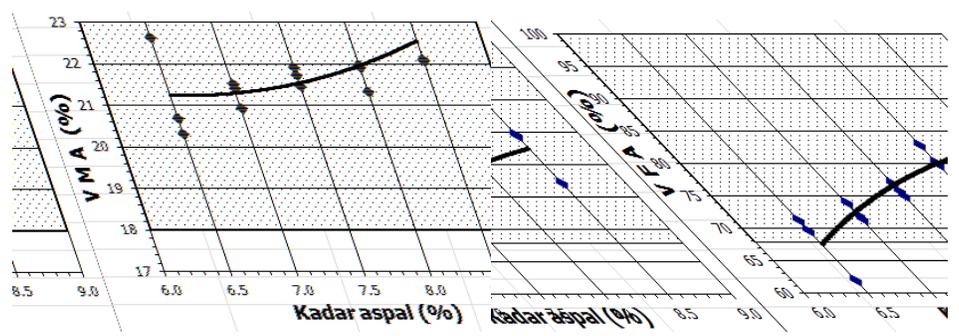
(a)

(b)



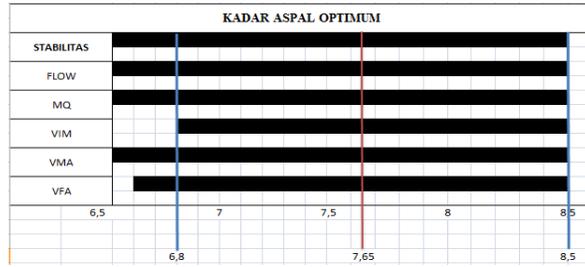
(c)

(d)



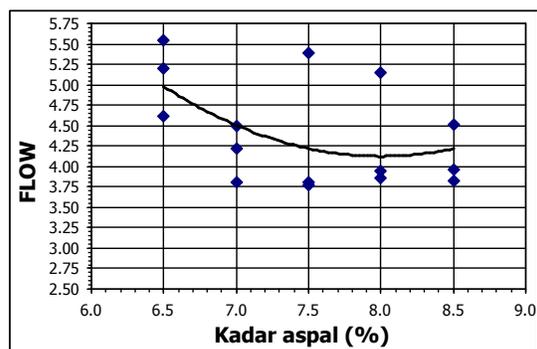
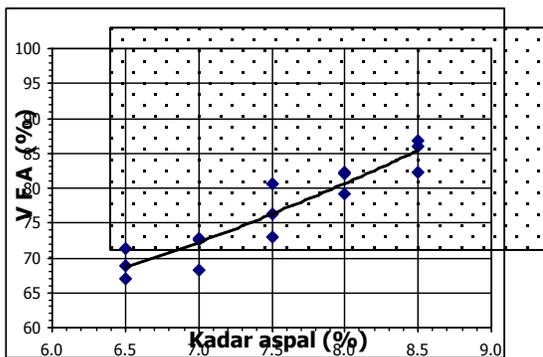
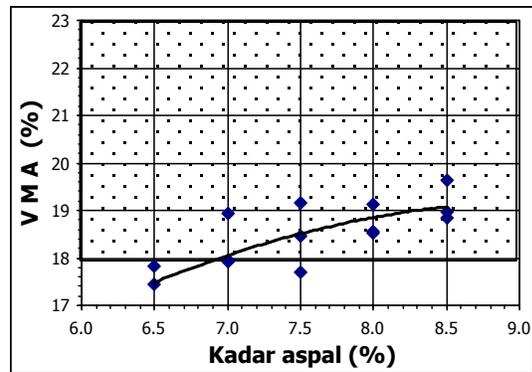
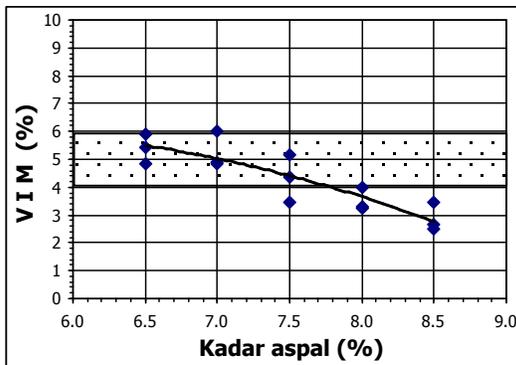
(e)

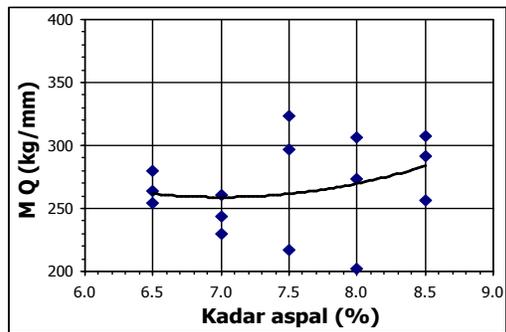
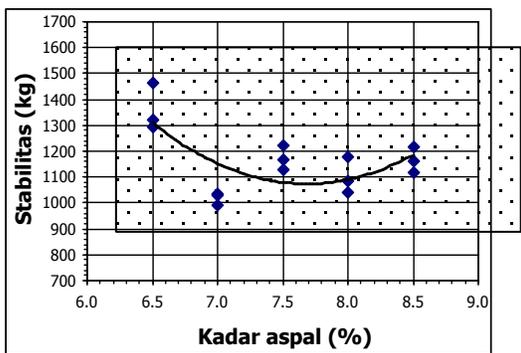
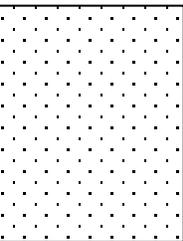
(f)



(g)

Gambar VI.7. Grafik Hasil Pengujian *Marshall* Perkerasan HRS-Base pada aspal campuran *filler* abu ampas tebu  
(Sumber: Penulis)





STABILITAS																						
FLOW																						
MQ																						
VIM																						
VMA																						
VFA																						

6,5            7,0            7,5            8,0            8,5  
                   6,9            7,35            7,8

Gambar VI.8. Grafik Hasil Pengujian *Marshall* Perkerasan HRS-WC pada aspal campuran *filler* abu ampas tebu  
 (Sumber: Penulis)

## 6.6. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall

### 6.6.1. Perkerasan HRS-WC

Setelah didapat kadar aspal optimum, berdasarkan spesifikasi campuran HRS-WC maka dapat dilihat perubahan dari karakteristik komposisi campuran normal, serbuk kulit kerang, serbuk batubara, dan abu ampas tebu sebagai *filler* pada tabel VI.12 dibawah ini.

Tabel VI.12. Perbandingan Hasil Parameter Pengujian Marshall

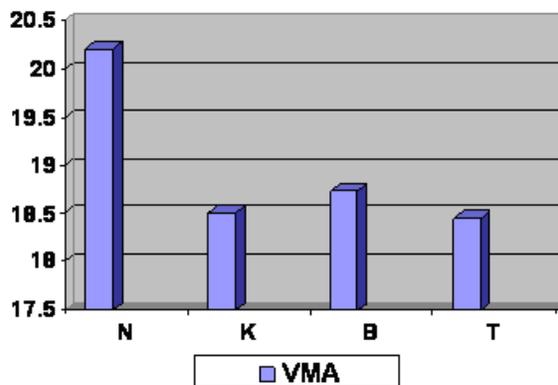
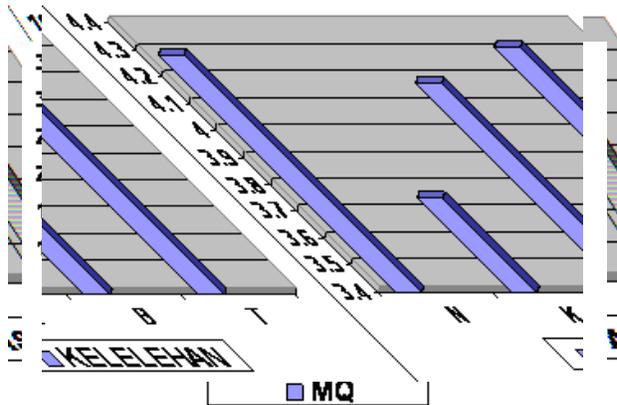
Parameter	Spek.	Hasil				Keterangan
		N	K	B	T	
Stabilitas	≥800 kg	1412 kg	1308 kg	1416 kg	1100 kg	Memenuhi
Kelelehan	≥3,00 mm	4.28 mm	3.75 mm	4.18 mm	4.31 mm	Memenuhi
MQ	≥250 kg/mm	331 kg/mm	350 kg/mm	332.4 kg/mm	261 kg/mm	Memenuhi
VIM	4%-6%	5.14%	4.86%	4.23%	4.58%	Memenuhi
VMA	≥18%	20.21%	18.5%	18.73%	18.45%	Memenuhi
VFA	≥68%	74.7%	73.8%	78.1%	73.6%	Memenuhi
KAO	6,5%-8,5%	7,95%	7,35%	7,75%	7,35%	Memenuhi

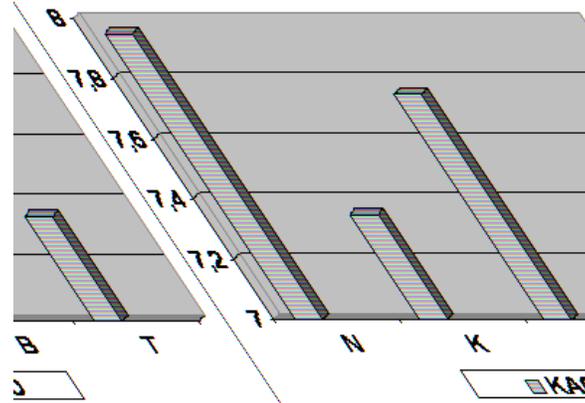
Keterangan :

- N     :     Campuran Normal  
 K     :     Campuran Serbuk Kulit Kerang

- B : Campuran Serbuk Batubara
- T : Campuran Abu Ampas Tebu

Nilai stabilitas pada campuran semen, campuran serbuk kulit kerang, campuran serbuk batubara, dan campuran abu ampas tebu pada gambar VI.9, dibawah ini:





Gambar VI.9. Grafik perbandingan Hasil Pengujian Marshall

A. Nilai Stabilitas

Dilihat dari tabel. 4.10. dan gambar 4.13, untuk nilai stabilitas marshall komposisi campuran normal, sebesar 1412 kg, untuk campuran serbuk kulit kerang 1308 kg, untuk campuran serbuk batubara 1416 kg, dan untuk campuran abu ampas tebu 1100 kg. Nilai stabilitas diatas untuk seluruh variasi filler min. 800 kg.

B. Nilai Kelelehan

Dilihat dari tabel. 4.10. dan gambar 4.13, untuk nilai kelelehan marshall komposisi campuran normal, sebesar 4,28 mm, untuk campuran serbuk kulit kerang 3,75 mm, untuk campuran serbuk batubara 4,18 mm, dan untuk campuran abu ampas tebu 4,31 mm. Nilai kelelehan (*flow*) diatas untuk seluruh variasi filler min. 300 mm.

C. Nilai Marshall Quotient (MQ)

Dilihat dari tabel. 4.10. dan gambar 4.13, untuk nilai MQ marshall komposisi campuran normal, sebesar 331 kg/mm, untuk campuran serbuk kulit kerang 350 kg/mm, untuk campuran serbuk batubara 332,4 kg/mm, dan untuk campuran abu ampas tebu 261 kg/mm. Nilai MQ diatas untuk seluruh variasi filler min. 250 kg/mm.

#### D. Nilai VIM

Dilihat dari tabel. 4.10. dan gambar 4.13, untuk nilai VIM marshall komposisi campuran normal, sebesar 5,14 %, untuk campuran serbuk kulit kerang 4,86 %, untuk campuran serbuk batubara 4,23 %, dan untuk campuran abu ampas tebu 4,15 %. Nilai VIM diatas untuk seluruh variasi filler 4%-6%.

#### E. Nilai VMA

Dilihat dari tabel. 4.10. dan gambar 4.13, untuk nilai VIM marshall komposisi campuran normal, sebesar 5,14 %, untuk campuran serbuk kulit kerang 4,86 %, untuk campuran serbuk batubara 4,23 %, dan untuk campuran abu ampas tebu 4,15 %. Nilai VIM diatas untuk seluruh variasi filler 4%-6%

#### F. Nilai VFA

Dilihat dari tabel. 4.10. dan gambar 4.13, untuk nilai VFA marshall komposisi campuran normal, sebesar 74,7 %, untuk campuran serbuk kulit kerang 73,8 %, untuk campuran serbuk batubara 78,1 %, dan untuk campuran abu ampas tebu 73,6 %. Nilai VFA diatas untuk seluruh variasi filler min. 68%.

#### G. Nilai KAO

Dilihat dari tabel. 4.10. dan gambar 4.13, untuk nilai KAO untuk komposisi campuran semen 7,95 %, pada campuran serbuk kulit kerang 7,35 %, campuran serbuk batubara 7,75 %, dan campuran abu ampas tebu 7,35%.

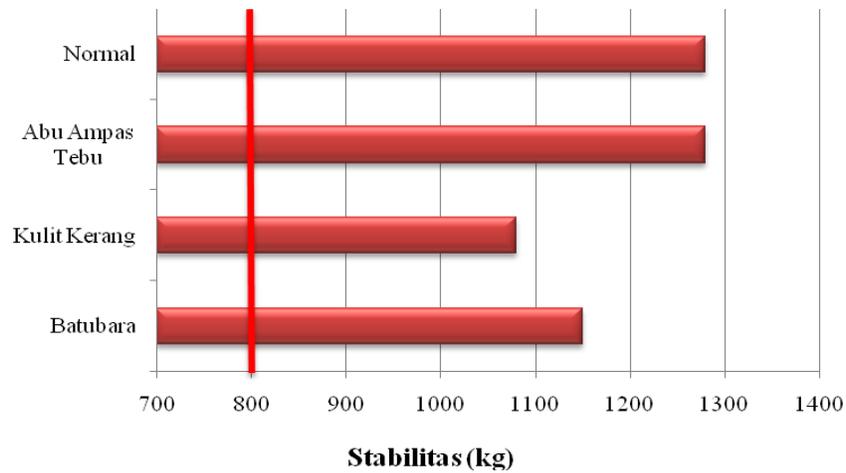
### 6.6.2. Perkerasan HRS-Base

Setelah didapat kadar aspal optimum, berdasarkan spesifikasi campuran HRS-Base maka dapat dilihat perubahan dari karakteristik komposisi campuran normal, serbuk kulit kerang, serbuk batubara, dan abu ampas tebu sebagai filler pada tabel dibawah ini.

Tabel IV.13. Perbandingan Hasil Parameter Pengujian Marshall HRS-Base

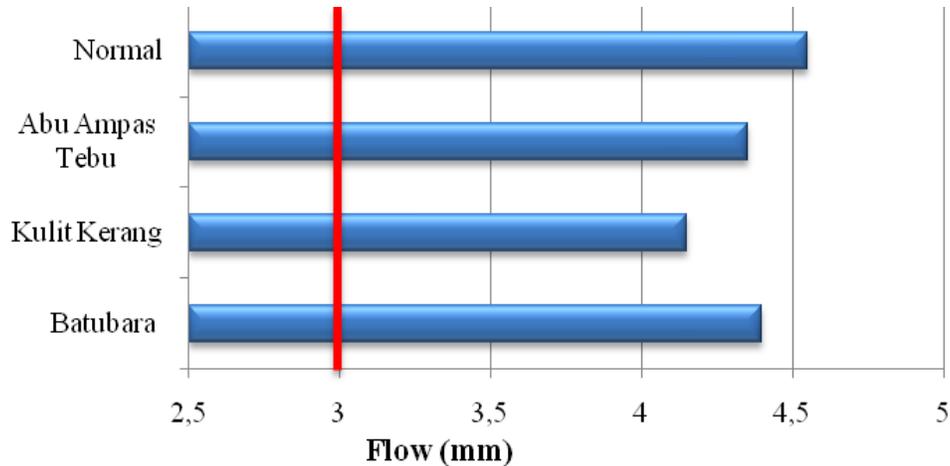
No.	Parameter	Normal	Abu Ampas Tebu	Kulit Kerang	Batubara
1.	Stabilitas (kg)	1280	1280	1080	1150
2.	Flow	4,55	4,35	4,15	4,4
3.	MQ (kg/mm)	278	300	268	264
4.	VIM (%)	5,4	4,8	5	4,3
5.	VMA (%)	22,2	21,7	22,5	19,3
6.	VFA (%)	76	77,5	77	77,5
7.	KAO (%)	7,6	7,65	7,85	6,85

(Sumber: Penulis)



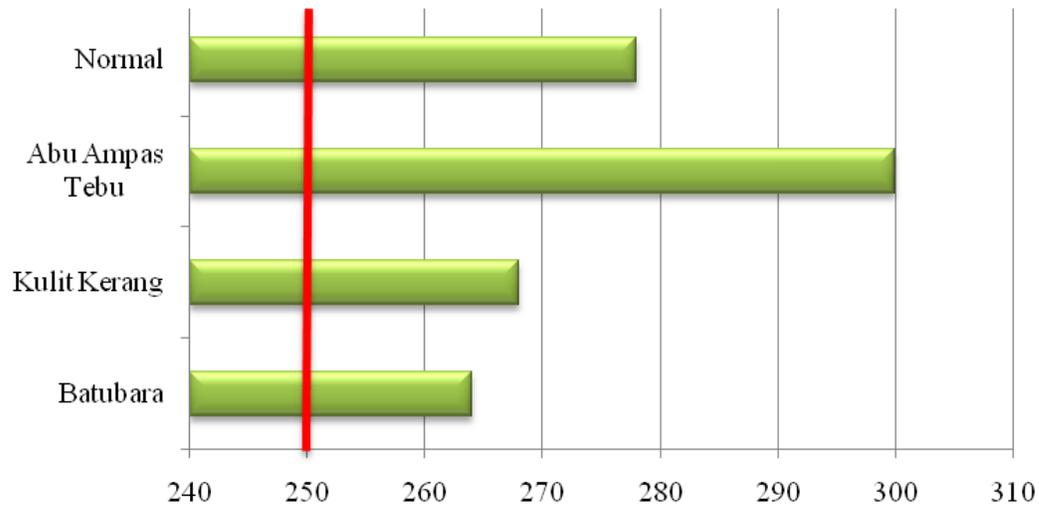
Gambar IV.6. Nilai Parameter Stabilitas dengan KAO

Dari hasil analisa menggunakan nilai KAO untuk nilai parameter stabilitas didapat bahwa nilai Stabilitas setiap benda uji masuk dalam batas spesifikasi dengan nilai tertinggi terdapat pada campuran normal dan abu ampas tebu dengan nilai 1280kg, sedangkan nilai Stabilitas terendah terdapat pada campuran kulit kerang dengan nilai 1080kg.



Gambar IV.7. Nilai Parameter *Flow* dengan KAO

Dari hasil analisa menggunakan nilai KAO untuk nilai parameter *flow* didapat bahwa nilai *flow* setiap benda uji masuk dalam batas spesifikasi dengan nilai tertinggi terdapat pada campuran normal dengan nilai 4,55mm, sedangkan nilai *flow* terendah terdapat pada campuran kulit kerang dengan nilai 4,15mm.

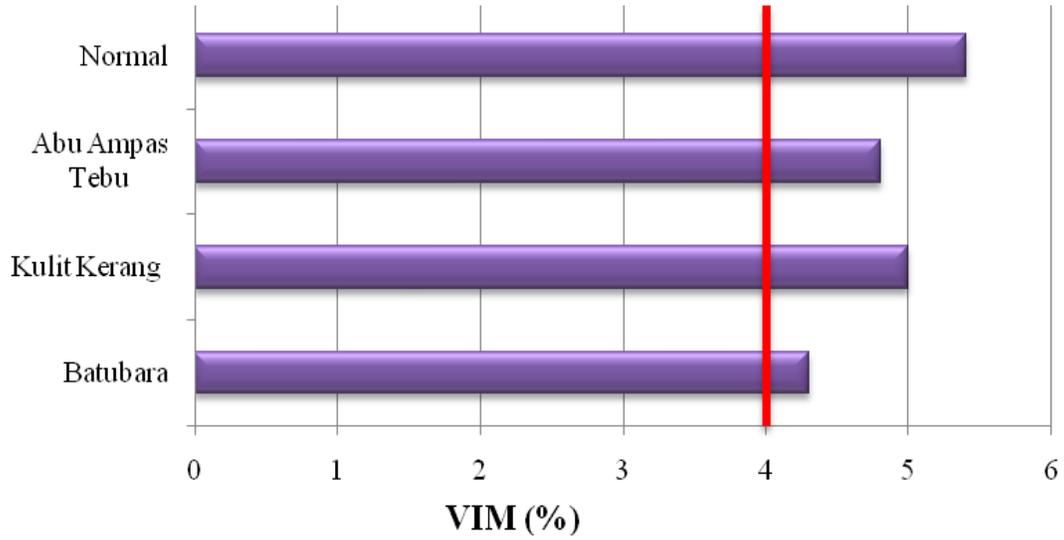


MQ

Gambar

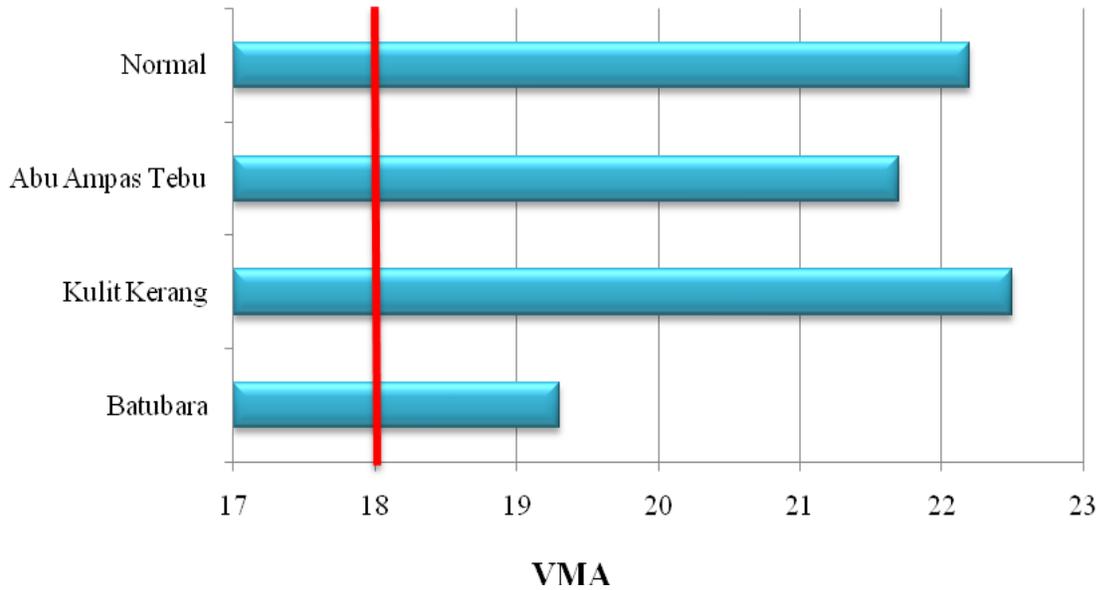
#### IV.8. Nilai Parameter MQ dengan KAO

Dari hasil analisa menggunakan nilai KAO untuk nilai parameter MQ didapat bahwa nilai MQ setiap benda uji masuk dalam batas spesifikasi dengan nilai tertinggi terdapat pada campuran abu ampas tebu dengan nilai 300kg/mm, sedangkan nilai MQ terendah terdapat pada campuran batubara dengan nilai 264kg/mm.



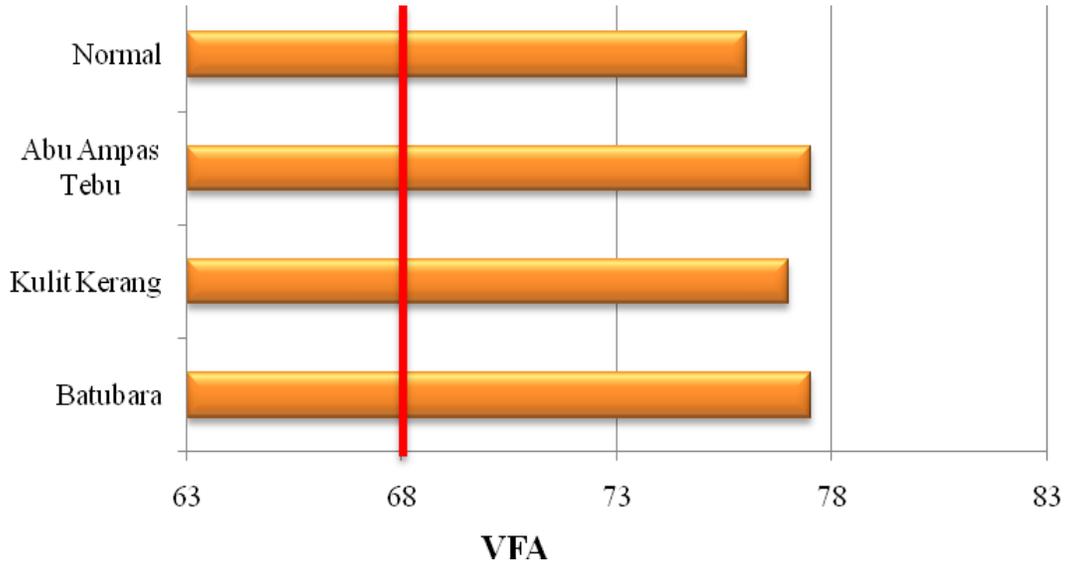
Gambar IV.9. Nilai Parameter VIM dengan KAO

Dari hasil analisa menggunakan nilai KAO untuk nilai parameter VIM didapat bahwa nilai VIM setiap benda uji masuk dalam batas spesifikasi dengan nilai tertinggi terdapat pada campuran normal dengan nilai 5,4%, sedangkan nilai VIM terendah terdapat pada campuran batubara dengan nilai 4,3%.



Gambar IV.10. Nilai Parameter VMA dengan KAO

Dari hasil analisa menggunakan nilai KAO untuk nilai parameter VMA didapat bahwa nilai VMA setiap benda uji masuk dalam batas spesifikasi dengan nilai tertinggi terdapat pada campuran kulit kerang dengan nilai 22,5%, sedangkan nilai VMA terendah terdapat pada campuran batubara dengan nilai 19,3%.



Gambar IV.11. Nilai Parameter VFA dengan KAO

Dari hasil analisa menggunakan nilai KAO untuk nilai parameter VFA didapat bahwa nilai VFA setiap benda uji masuk dalam batas spesifikasi dengan nilai tertinggi terdapat pada campuran abu ampas tebu dan batubara dengan nilai 77,5%, sedangkan nilai VFA terendah terdapat pada campuran normal dengan nilai 76%.

## 6.7. Pembahasan

### 6.7.1. Pembahasan pada perkerasan HRS-WC

Berdasarkan hasil yang didapat dari tabel 4.10. diatas, perbandingan campuran HRS-WC berdasarkan komposisi dengan 4 variasi sebagai filler memiliki pengaruh nilai-nilai parameter pengujian yang berbeda. Dapat dilihat dari perbandingan nilai kadar aspal optimum (KAO) yang didapat dimana nilai kadar aspal optimum pada komposisi campuran

normal 7,95% lebih besar dibanding dengan pada komposisi campuran serbuk kulit kerang 7,35%, serbuk batubara 7,75% dan abu ampas tebu 7,35%, sedangkan nilai kadar aspal optimum paling kecil yaitu pada campuran serbuk kulit kerang dan abu ampas tebu. Hal tersebut menyebabkan penggunaan aspal pada komposisi campuran normal lebih besar, dan penggunaan aspal pada komposisi campuran serbuk kulit kerang dan abu ampas tebu paling kecil. Selain itu dapat dilihat juga dari nilai stabilitas, dimana nilai stabilitas pada komposisi campuran serbuk batubara 1416 kg memiliki nilai yg paling tinggi, dan pada campuran abu ampas tebu 1100 kg mempunyai nilai stabilitas yang paling rendah. Untuk nilai flow abu ampas tebu memiliki nilai yang tinggi sebesar 4,31 mm dan serbuk kulit kerang mempunyai nilai yang kecil 3,75 mm.

Pada pengujian campuran aspal ini terlihat bahwa campuran serbuk kulit kerang adalah bahan filler yang paling efektif karena mempunyai nilai KAO 7,35 % yang rendah serta mempunyai nilai stabilitas 1308 kg yang tinggi dan nilai flow 3,75 mm yang rendah sehingga filler ini mempunyai komposisi pemakaian aspal yang rendah dan mempunyai kekuatan kekakuan yang tinggi. Pada campuran abu ampas tebu juga memiliki nilai KAO yang rendah 7,35 % tetapi tidak bisa dibilang lebih efektif karena mempunyai nilai stabilitas yang rendah 1100 kg, dan nilai flow yang tinggi 4,31 mm sehingga nilai kekakuannya rendah. Sedangkan pada campuran normal dan campuran serbuk batubara sama-sama mempunyai nilai KAO yang tinggi 7,95 % dan 7,75 % menyebabkan komposisi pemakaian aspal yang tinggi sehingga campuran ini tidak efektif.

Terlepas dari itu semua, data hasil pengujian Marshall untuk lapisan HRS-WC gradasi agregat campuran normal, campuran serbuk kulit kerang, campuran serbuk batubara, dan campuran abu ampas tebu sebagai filler telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga.

### **6.7.2. Pembahasan Pada Perkerasan HRS-Base**

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dan analisis kadar aspal optimum yang didapat pada campuran HRS-BASE dengan variasi campuran normal, abu ampas tebu, kulit kerang dan batubara terlihat bahwa nilai kadar aspal optimum terbesar terdapat pada

campuran aspal dengan *filler* kulit kerang. Sedangkan nilai kadar aspal optimum terendah terdapat pada campuran aspal dengan *filler* batubara.

Kadar aspal optimum mencerminkan banyaknya jumlah aspal yang digunakan pada suatu campuran, semakin besar nilai kadar aspal optimumnya maka semakin banyak aspal yang digunakan, hal ini berarti pada campuran aspal *filler* kulit kerang membutuhkan lebih banyak aspal dibandingkan dengan campuran aspal *filler* batubara sehingga campuran *filler* batubara memiliki nilai ekonomis yang lebih baik dari yang lain. Pada nilai stabilitas yang didapat terlihat bahwa nilai stabilitas terbesar berada pada campuran normal dan abu ampas tebu. Hal ini berarti kekuatan kekakuan terbesar berada pada campuran normal dan abu ampas tebu.

Pada campuran batubara memiliki nilai kadar aspal optimum yang rendah namun nilai stabilitasnya tidak terlalu tinggi. Pada campuran abu ampas tebu memiliki nilai kadar aspal optimum 7,65% dengan hasil stabilitas paling tinggi dan nilai *flow* yang tidak tinggi, hal ini berarti bahwa campuran abu ampas tebu adalah campuran yang paling kuat dibandingkan dengan tiga variasi campuran yang lainnya.

Pada pengujian seluruh benda uji pada lapisan HRS-BASE telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga.

## **BAB 7**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan penelitian di laboratorium dari karakteristik gradasi agregat untuk campuran aspal lataston WC-Base dengan variasi gradasi agregat dan variasi *filler* (semen, abu ampas tebu, kulit kerang, batubara) dengan rentang kadar aspal 6,5%-8,5%, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Setelah melakukan penelitian untuk campuran Lataston Base dengan variasi *filler* (semen, abu ampas tebu, kulit kerang, batubara) dengan metode *Marshall Test* maka didapatkan campuran Lataston Base yang memenuhi spesifikasi Bina Marga.
2. Dari hasil pengujian didapat bahwa pada aspal campuran Lataston WC-Base pada campuran normal nilai kadar aspal optimum (KAO) yang didapat adalah sebesar 7,95%, dan 7,6%, kemudian pada aspal campuran *filler* abu ampas tebu nilai KAO yang didapat adalah sebesar 7,35%, dan 7,65%. Pada aspal campuran *filler* kulit kerang nilai KAO yang didapat adalah sebesar 7,35%, dan 7,85% dan pada aspal campuran *filler* batubara nilai KAO yang didapat sebesar 7,75%, dan 6,85%. Dari seluruh nilai KAO yang didapat terlihat bahwa kadar aspal terkecil pada campuran lataston WC dihasilkan dari aspal campuran *filler* kerang dan abu ampas tebu dengan nilai KAO 7,35% dan 7,35%, untuk campuran lataston Base dihasilkan dari filler batubara dengan nilai 6,85% hal ini menunjukkan bahwa aspal campuran *filler* ini memerlukan sedikit aspal pada saat proses pencampuran. Sebaliknya dengan KAO dengan nilai tertinggi pada campuran lataston WC aspal campuran *filler* normal dengan nilai 7,95%, dan pada campuran lataston Base aspal campuran serbuk kulit kerang 7,85%.

## 7.2. Saran

Setelah melaksanakan penelitian di laboratorium, saran-saran yang dapat diberikan demi penyempurnaan bagi penelitian lanjutan adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan campuran Laston, perlu diteliti lagi apakah pada campuran aspal lainnya seperti campuran Laston, Latasir, dan lain-lain bisa menggunakan variasi bahan *filler* berupa semen, serbuk kulit kerang, serbuk batubara, abu ampas tebu. Bagaimana juga karakteristik masing-masing campurannya.
2. Pada penelitian ini harus lebih diperhatikan kembali ketelitiannya pada saat proses penumbukan lebih baik menggunakan alat penumbuk mesin, dari pada menggunakan alat penumbuk manual.
3. Perlu ditinjau juga dari segi ekonomisnya, bila ada perkerasan jalan dalam skala besar menggunakan variasi bahan filler ini, manakah dari keempat *filler* yang paling ekonomis pada pekerjaan perkerasan jalan.

**BAB 8**  
**JADWAL PELAKSANAAN**

Penelitian ini dilaksanakan dengan jadwal sebagai berikut :

No.	Urutan Kegiatan	Tahun 2014											
		M a r e t	A p r i l	M e i	J u n i	J u l i	A g s	S e p	O k t	N o v	D i s e m b e r	J a n u a r	
1	Persiapan												
2	Penyusunan Rencana Penelitian												
3	Pengumpulan Data dan Bahan Uji												
4	Percobaan Laboratorium												
5	Analisis Data dan Pembahasan												
6	Penulisan Laporan												

**BAB 9**  
**PERSONILIA PENELITIAN**

1. Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : Mirka Pataras, ST., MT.
- b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
- c. NIP : 198112012008121001
- d. Disiplin Ilmu : Teknik Sipil
- e. Pangkat / Golongan : Penata Muda / III b
- f. Jabatan Fungsional : Tenaga Pengajar
- g. Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
- h. Waktu Penelitian : 15 Jam / Minggu

2. Anggota Peneliti

- a) Mahasiswa yang terlibat : Dayana Priska Pratiwi  
Harry Ade Putra

3. Tenaga Laboran/Teknisi : Staf Lab. Jalan Unsri & Balai PU. Bina Marga

4. Tenaga Administrasi : Agustini

**BAB 10**  
**URAIAN BIAYA PENELITIAN**

Uraian biaya untuk pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel VIII.1 Perincian Biaya Penelitian

<b>No</b>	<b>Jenis</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Satuan</b>	<b>Besar (Rp)</b>	<b>Jumlah (Rp)</b>
1	Penelusuran Referensi	1	Ls	1.000.000	1.000.000
2	Bahan & Peralatan	1	Ls	5.000.000	5.000.000
3	Laboratorium	1	Ls	2.500.000	2.500.000
5	Perjalanan	1	Ls	1.000.000	1.000.000
4	Komunikasi	1	Ls	500.000	500.000
4	Dokumentasi	1	Ls	500.000	500.000
5	Penyusunan Laporan	1	Ls	500.000	500.000
6	Penggandaan Laporan	1	Ls	500.000	500.000
7	Seminar & Publikasi	1	Ls	500.000	500.000
<b>T o t a l</b>					<b>12.000.000</b>
<b>Terbilang : Dua Belas Juta Rupiah</b>					

## DAFTAR PUSTAKA

- Saodang, Hamirhan, 2004. *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Nova: Bandung .
- Iswanto, Apri, 2009. *Papan Artikel dari Ampas Tebu*, Departemen Kehutanan, USU, Medan.
- Kadir, Yulianti, 2003. *Tesis Pengaruh Jenis Filler Terhadap Campuran Hot Rolled Sheet (HRS)*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Oemar Bakrie, H. Ir., Msc., MIHT. *Bahan Perkerasan Jalan. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya Palembang*.
- Sukirman, S, 2003. *Aspal Beton Campuran Panas*. Nova: Bandung.
- Sukirman, Silvia. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Tebal Perkerasan Lentur*. Nova: Bandung.
- Syarkawi, H. Muchtar, 2011. *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Substitusi Filler Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton*, Majalah Ilmiah Al-Jibra vol.12.

Departemen Perkerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas*. 1999.

Departemen Perkerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, *Spesifikasi Umum*. 2006.

### DAFTAR RIWAYAT HIDUP

#### A. Ketua Peneliti

1. N a m a : Mirka Pataras, ST. MT.
2. Tempat Tanggal Lahir : Palembang, 01 Desember 1981
3. Alamat Kantor : Jur. Teknik Sipil Fakultas Teknik UNSRI  
Jl. Raya Prabumulih – Palembang KM. 32  
Inderalaya – Ogan Ilir
4. Telp. / Fax : (0711) 580139 / (0711) 580139
5. Alamat Rumah : Jl. Kapt. A. Anwar Arsyad Lr. Famili 4 No. 1513  
Rt. 05 Rw. 06 Kel. Siring Agung Palembang 30138
6. Telp : +6285267000572
7. Email : mirka\_pataras@yahoo.com
8. Riwayat Pendidikan :

No	Universitas	Kota / Negara	Tahun	Bidang Keahlian
1	S1 – UNSRI	Palembang, Indonesia	1999-2004	Teknik Sipil
2	S2 – ITB	Bandung, Indonesia	2004-2007	Sistem&Teknik Jalan Raya

## 9. Penelitian dan Publikasi

<b>No</b>	<b>Judul</b>	<b>Publikasi</b>
1	Tinjauan Laboratorium Campuran Beton Aspal Hasil Recycling Lapis Pengikat (AC-BC) Terhadap Flexure Fatigue Test (Studi Kasus: Proyek Peningkatan Jalan Palembang-Tanjung Api-Api)	Tesis S2 Sistem dan Teknik Jalan Raya ITB 2007
2	Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan dengan Cara Manual Menggunakan Metode Binkot dan URMS	Penelitian Dosen Muda DIPA Fak Teknik 2010
3.	Kajian Kapasitas Ruas Jalan Nasional Lahat-Palembang Terhadap Pengaruh Angkutan Batubara	Penelitian Dosen Muda SATEKS Unsri 2012

Inderalaya, 1 Desember 2014

Mirka Pataras, S.T., M.T.  
NIP. 198112012008121001