

**Laporan Penelitian**

**Analisa Perbandingan Kualitas Aspal Beton Dengan  
Filler Bentonite**

**Oleh**

**Ir. Salomo Simanjuntak, MT**  
Dosen Tetap Fakultas Teknik

**dan**

**Yetty Riris Rotua Saragi, ST, MT**  
Dosen Tetap Fakultas Teknik



**LEMBAGA PENELITIAN  
UNIVERSITAS HKBP NOMMENSEN  
MEDAN  
2013**

## **KATA PENGANTAR**

Pertama sekali dipanjatkan puji dan syukur kehadirat Tuhan Yesus Kristus atas segala kasih dan anugerahNya sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini.

Penelitian ini dibuat untuk memenuhi salah satu Tri Dharma Perguruan Tinggi. Peneliti menyadari bahwa dengan segala keterbatasannya laporan penelitian ini masih kurang dari sempurna. Dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan penelitian ini.

Penulis juga menyadari bahwa penelitian ini tanpa bantuan dari berbagai pihak, penelitian dan laporan penelitian ini tidak akan selesai sesuai dengan batas waktu yang telah ditentukan. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Dr.Ir. Hasan Sitorus sebagai Ketua Lembaga Penelitian UHN.
2. Bapak Ir. Humisar Sibarani, MS.Met sebagai Dekan FT UHN.
3. PT Adi Karya sebagai tempat pelaksanaan test bahan.
4. Kepala Laboratorium Bahan, Mekanika Tanah dan Jalan Raya sebagai tempat pelaksanaan test bahan.
5. Serta pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga laporan penelitian ini bermanfaat bagi yang membacanya.

Medan, Februari 2013

Peneliti

## ABSTRAK

Semakin besarnya volume lalu lintas menyebabkan lapisan permukaan perkerasan jalan cepat mengalami proses peretakan dan mengganggu kelancaran dan kenyamanan pemakai jalan. Hal ini menyebabkan pembangunan, perawatan dan peningkatan jalan terus dilaksanakan. Aspal beton sebagai perkerasan jalan memerlukan campuran agregat yang memenuhi standar Spec. Bina Marga dimana terdapat agregat kasar, agregat sedang, agregat halus dan filler. Filler yang banyak digunakan berasal dari sisa abu batu, sedangkan untuk batu keras tentu hanya sedikit filler yang dihasilkan. Hal ini menjadi permasalahan mengingat pembangunan jalan terus berlanjut dan terus memerlukan filler dalam campuran aspal beton yang digunakan.

Untuk memenuhi kebutuhan filler ini salah satunya dengan menggunakan Na-bentonite sebagai filler yang telah memenuhi syarat filler sesuai Spec. Bina Marga. Proporsi bentonite sebagai filler digunakan bervariasi (8%, 9%, 10%, 100%) dari kadar filler dengan kadar aspal bervariasi (5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7%). Selanjutnya dilakukan uji Marshall pada sampel aspal beton normal dan aspal beton dengan bentonite dan dianalisa dengan batasan Spec. Bina Marga.

Kadar aspal 6% dan kadar bentonite 10% menghasilkan nilai optimum dari uji Marshall. Penggunaan bentonite sebagai filler secara umum menaikkan nilai uji Marshall karena bentonite membuat ikatan butiran lebih kuat dan mengisi rongga yang ada. Penggunaan kadar bentonite 100% tidak disarankan karena mempunyai kekurangan dalam kemudahan pengerjaan (work ability).

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR		i
ABSTRAK		ii
DAFTAR ISI		iii
PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN		v
BAB I	PENDAHULUAN	1
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Perumusan Masalah	1
1.3	Tujuan Penelitian	2
1.4	Kontribusi Penelitian	2
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1	Pendahuluan	3
2.1.1	Lapisan Permukaan	3
2.1.2	Lapisan Pondasi Atas	4
2.1.3	Lapisan Pondasi Bawah	4
2.1.4	Lapisan Tanah Dasar	4
2.2	Aspal beton Campuran Aspal Panas	5
2.2.1	Klasifikasi Aspal Beton	5
2.2.2	Karakteristik Campuran	6
2.3	Bahan Campuran Aspal Beton	9
2.3.1	Aspal	9
2.3.2	Agregat	11
2.3.3	Bahan Pengisi/Filler	18
2.3.4	Perencanaan Campuran Aspal Beton	20
BAB III	METODE PENELITIAN	28
3.1	Metode Pengumpulan Data	28
3.2	Penyediaan Bahan Material	29
3.3	Persiapan Benda Uji	31
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN DATA	32
4.1	Penyajian dan Karakteristik Agregat	32
4.2	Karakteristik Aspal	35
4.3	Analisa Uji Marshall	35
4.3.1	Stabilitas	38
4.3.2	Kelelahan	39
4.3.3	Void In Mixture (VIM)	39
4.3.4	Void In Mineral Agregat (VMA)	39
4.3.5	Berat Isi	39
4.3.6	Marshall Quotient	40
4.3.7	Workability	40

BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	41
DAFTAR PUSTAKA		42
LAMPIRAN		

# BAB I PENDAHULUAN

## 1. Latar Belakang

Pada perkerasan lentur jalan raya dibutuhkan bahan berbutir sebagai lapisan pondasi (baik pondasi bawah maupun pondasi atas). Jenis struktur perkerasan ini terdiri dari beberapa lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar (subgrade) yang telah dipadatkan atau distabilisasi dengan campuran material lainnya, yang berfungsi menerima dan menyebarkan beban-beban yang bekerja di atasnya ke lapisan tanah dasar. Dengan adanya penyebaran beban, maka tekanan yang bekerja pada lapisan perkerasan makin ke bawah makin kecil, sehingga tekanan yang diterima tanah dasar akan lebih kecil atau mendekati daya dukung tanah dasar yang disyaratkan.

Campuran agregat dan aspal sebagai lapisan permukaan (*surface course*) umumnya berfungsi sebagai penerima langsung beban roda kendaraan, sedangkan lapisan kedap air (*weathering Course*) berfungsi untuk melindungi konstruksi di bawahnya dari kerusakan akibat air dan cuaca. Adapun agregat yang sering digunakan dalam campuran aspal beton umumnya batu pecah dan bergradasi kasar hingga bergradasi halus.

Bahan Pengisi (Filler) adalah Bahan atau fraksi dari agregat halus yang lolos saringan no. 200 (2,36 mm) minimum 75 % terhadap berat total agregat., biasanya digunakan abu batu, abu kapur, semen dan bahan lain.

Pada umumnya filler ini *tidak harus* digunakan untuk bahan campuran aspal beton, karena dengan secara umum setiap agregat sudah mengandung filler saat pencampuran di lapangan (AMP). Bila kadar filler yang terkandung di dalam agregat sudah sesuai dengan rencana spesifikasi, maka tidak perlu dilakukan penambahan filler, tetapi bila diinginkan menggunakan filler maka harus memenuhi syarat . Adapun ***Tujuan Filler*** ini adalah untuk mengisi rongga dalam campuran sehingga tidak hanya diisi oleh bitumen tetapi juga material yang lebih halus.

## 2. Perumusan Masalah

Pada proses pencampuran atau pembakaran aspal beton (Asphalt Concrete), bahan yang biasa digunakan sebagai filler adalah abu batu. Dalam penelitian ini filler yang

digunakan adalah bentonite. Filler bentonite dicampur ke aspal beton dengan kadar yang bervariasi, demikian juga halnya dengan kadar aspalnya. Pengaruh penggunaan filler diamati kualitasnya, demikian juga dengan masa perendaman yang mencapai 7 hari untuk mendapatkan pengaruh filler bentonite yang berdaya serap air tinggi.

Untuk itu di dalam penelitian ini, peneliti akan meneliti perbandingan kualitas aspal beton yang diproduksi dengan menggunakan filler bentonite.

### **3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penulisan ini adalah "dimaksudkan untuk menganalisa perbandingan kualitas antara aspal beton yang menggunakan filler bentonite bervariasi". Dimana nantinya dari penelitian ini kita akan memperoleh parameter-parameter dalam pembuatan aspal beton yang sesuai dengan syarat yang ditentukan oleh Bina Marga. Adapun parameter tersebut adalah, perbedaan Stabilitas campuran, flow, VIM, VMA dan Bulk density campuran aspal beton. Penelitian ilmiah ini juga menunjukkan pengaruh penggunaan filler bentonite bila kondisi lapangan terendam.

### **4. Kontribusi Penelitian**

Hasil penelitian penggunaan filler bentonite akan memberikan kontribusi antara lain :

- a. desain campuran aspal beton dengan filler bentonite yang memenuhi persyaratan.
- b. kaji ulang penggunaan bentonite sebagai filler
- c. memberikan motivasi pada mahasiswa untuk mencoba melakukan penelitian.
- d. sebagai kewajiban staf pengajar dan Perguruan Tinggi dalam melakukan Tri Darma Perguruan Tinggi.
- e. sebagai salah satu usaha untuk mendapatkan Jabatan Fungsional.
- f. sebagai salah satu usaha untuk menaikkan akreditasi Program Studi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

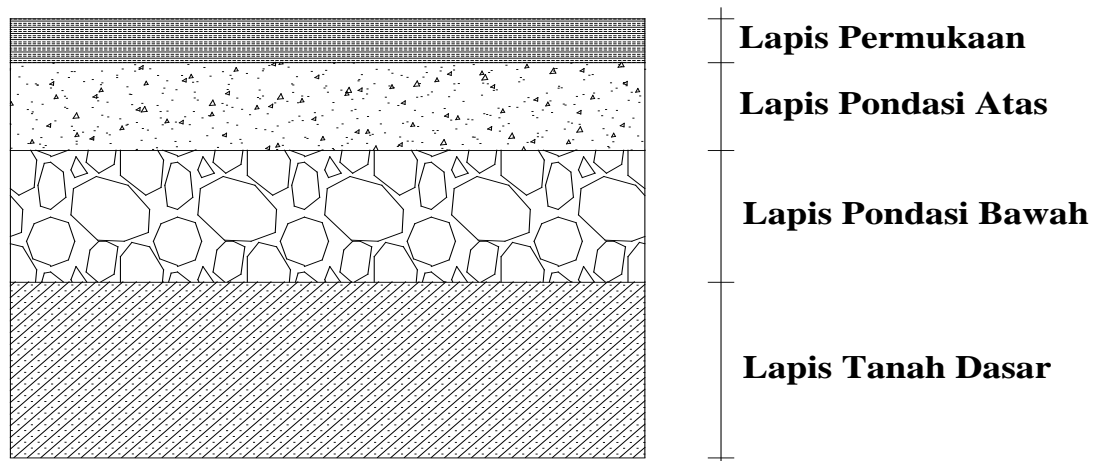
#### 2.1 Pendahuluan

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan perkerasan jalan dan lapisan tanah dasar yang telah dipadatkan (*subgrade*). Lapisan – lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.

Bagian perkerasan jalan umumnya meliputi :

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)
2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)
3. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)
4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lihat gambar 2.1 berikut :



**GAMBAR 2.1 : Susunan Perkerasan Konstruksi Lentur.**  
Sumber : Silvia Sukirman, 1999.

##### 2.1.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan Permukaan yang pada umumnya terletak di bagian paling atas dari lapisan permukaan jalan, dan berfungsi sebagai :

- Lapis perkerasan penahan beban roda kendaraan, lapisan yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya.
- Lapis aus (*Wearing Course*), lapisan yang langsung menerima gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.



- Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung lebih jelek.

Bahan untuk lapisan permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas. Maka untuk lapisan permukaan digunakan campuran aspal yang dapat berupa Laston, Penetrasi Mac Adam, dan lain – lain.

### **2.1.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)**

Lapisan pondasi atas adalah Lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Fungsi lapisan pondasi atas ini antara lain sebagai :

- Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban lapisan di bawahnya.
- Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- Bantalan terhadap lapisan permukaan.

### **2.1.3 Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)**

Lapisan Pondasi Bawah adalah Lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi lapisan pondasi bawah ini antara lain adalah :

- Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- Efisiensi penggunaan bahan material. Bahan material pondasi bawah relative murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.
- Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- Lapisan untuk mencegah partikel – partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

Jenis lapisan pondasi bawah yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain :

1. Agregat bergradasi baik, dibedakan atas :
  - a. Sirtu / pitrun kelas A
  - b. Sirtu / pitrun kelas B
  - c. Sirtu / pitrun kelas C

Sirtu kelas A bergradasi lebih kasar dari Sirtu kelas B, yang masing – masing dapat dilihat pada spesifikasi yang diberikan.

2. Stabilisasi

- a. Stabilisasi agregat dengan semen (*Cement Treated Subbase*)
- b. Stabilisasi agregat dengan kapur (*Lime Treated Subbase*)
- c. Stabilisasi tanah dengan semen (*Soil Cement Stabilization*)
- d. Stabilisasi tanah dengan kapur (*Soil Lime Stabilization*)

#### **2.1.4 Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)**

Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*) dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana.

### **2.2 Aspal Beton Campuran Aspal Panas (*HOT MIXED*)**

Aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapisan perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Karena dicampur dalam keadaan panas maka sering disebut sebagai aspal "*Hot Mixed*".

Fungsi aspal yang utama pada campuran adalah sebagai bahan pengikat, dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu dalam campuran akan memberikan keuntungan antara lain :

- a. Mempunyai umur perkerasan yang lebih lama karena aspal beton yang dibuat tidak akan rapuh dan tahan terhadap retak-retak.
- b. Lebih lentur dan fleksibel.
- c. Semakin kecil kadar aspal dalam campuran semakin kecil kemungkinan ditembus air.
- d. Lebih mudah dalam pengerjaannya.
- e. Tidak sensitif terhadap penyimpangan gradasi agregat.

Tetapi harus diperhatikan juga terlalu banyak kadar aspal akan memudahkan terjadinya bleeding, sehingga harus disesuaikan banyaknya kadar aspal yang dipakai dengan kandungan pori campuran untuk menampung kadar aspal tersebut.

#### **2.2.1 Klasifikasi Aspal Beton**

Berdasarkan fungsinya, aspal beton campuran panas diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Sebagai lapis permukaan yang tahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis di bawahnya dari rembesan air.
2. Sebagai lapis pondasi atas.
3. Sebagai lapis pembentuk pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan dan pemeliharaan.

Sesuai dengan fungsinya maka lapis aspal beton mempunyai kandungan agregat dan aspal yang berbeda. Sebagai lapis aus, maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air dan agregat yang digunakan harus lebih halus bila dibandingkan dengan aspal beton yang berfungsi sebagai lapis pondasi.

Berdasarkan metode pencampurannya, aspal beton dapat dibedakan atas :

1. Aspal beton Amerika, yang bersumber kepada Asphalt Institut.
2. Aspal beton durabilitas tinggi, yang bersumber pada BS 594, Inggris dan dikembangkan oleh CQCMU, Bina Marga, Indonesia.

### **2.2.2 Karakteristik Campuran**

Lapis permukaan merupakan komponen yang memiliki fungsi yang paling penting pada suatu konstruksi jalan raya. Dimana fungsi dari lapis permukaan adalah :

1. Memikul / membagi beban lalu lintas.
2. Mencegah masuknya air dan udara ke dalam konstruksi perkerasan.
3. Membentuk lapisan Skid Resistance (tahan gelincir).

Dengan adanya ke tiga fungsi tersebut maka suatu konstruksi jalan akan dapat melewati lalu lintas dengan aman dan nyaman serta kekuatan dari konstruksi dapat dipertahankan. Untuk mendapat fungsi tersebut, maka campuran yang digunakan sebagai lapis permukaan harus memiliki karakteristik / sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Stabilitas
- b. Durabilitas
- c. Fleksibilitas
- d. Tahan geser (*Skid resistance*)
- e. Kedap air
  
- f. Kemudahan pekerjaan (*Workability*)
- g. Ketahanan kelelahan (*Fatigue resistance*)

#### **A. Stabilitas**

Kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa menyebabkan terjadinya perubahan bentuk seperti alur maupun bleeding disebut stabilitas lapisan perkerasan. Stabilitas terjadi akibat dari pergeseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan :

- Agregat dengan gradasi rapat (*Dense Graded*).
- Agregat dengan permukaan kasar
- Agregat berbentuk kubus
- Aspal dengan penetrasi rendah
- Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir

## **B. Durabilitas (Keawetan)**

Kinerja aspal sangat dipengaruhi oleh sifat aspal tersebut setelah digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran beraspal dan dihampar di lapangan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat aspal akan berubah secara signifikan akibat oksidasi dan pengelupasan yang terjadi baik pada saat pencampuran, pengangkutan dan penghamparan campuran beraspal di lapangan. Perubahan sifat ini akan menyebabkan aspal menjadi berdaktilitas rendah atau aspal mengalami penuaan. Kemampuan aspal untuk menghambat laju penuaan ini disebut *durabilitas aspal*.

Pengujian durabilitas aspal bertujuan untuk mengetahui seberapa baik aspal untuk mempertahankan sifat- sifat awalnya akibat proses penuaan. Pengujian kuantitatif yang biasanya dilakukan untuk mengetahui durabilitas aspal adalah Pengujian penetrasi, Titik lembek, kehilangan berat dan daktilitas.

Faktor yang mempengaruhi durabilitas campuran adalah :

- Film aspal atau selimut aspal : film aspal atau selimut aspal yang tebal dapat menghasilkan lapisan aspal beton berdurabilitas tinggi tetapi kemungkinannya terjadinya bleeding menjadi tinggi.
- VIM (rongga udara) kecil, sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan menyebabkan aspal menjadi rapuh.
- VMA (rongga di antara mineral agregat) besar, sehingga film atau selimut aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya bleeding besar. Untuk mencapai VMA yang besar maka digunakan agregat yang bergradasi senjang.

### **C. Tahanan Geser (*Skid Resistance*)**

Tahanan Geser (*Skid Resistance*) adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip di waktu hujan (basah) maupun di waktu kering. Kekerasan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dan roda kendaraan.

Tahan geser tinggi jika :

- Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi bleeding.
- Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
- Penggunaan agregat kasar yang cukup.

### **D. *Fleksibilitas***

*Fleksibilitas* pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang akibat beban lalu lintas atau beban lainnya berulang kali tanpa timbulnya retak atau perubahan volume.

*Fleksibilitas* yang tinggi dapat diperoleh dengan :

- Penggunaan aspal yang cukup baik.
- Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh nilai VMA yang besar.
- Penggunaan aspal dengan penetrasi yang tinggi.

### **E. Kedap Air**

Kemampuan lapisan perkerasan untuk lapisan kedap air merupakan sifat impermeabilitas. Sifat ini dibutuhkan untuk mencegah masuknya air atau udara ke dalam konstruksi perkerasan. Untuk memperoleh nilai yang baik dibutuhkan :

- Agregat bergradasi rapat.
- Kadar aspal campuran relative besar dan nilai VIM dari campuran kecil.

### **F. Kemudahan Pelaksanaan (*Work Ability*)**

Kemudahan Pelaksanaan (*Work Ability*) adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Faktor yang mempengaruhi kemudahan pelaksanaan adalah :

- Gradasi agregat yang baik akan lebih mudah dilaksanakan dari gradasi agregat yang tidak sesuai atau tidak memenuhi syarat, sehingga akan menimbulkan masalah saat melakukan percobaan.

- Temperatur campuran yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
- Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi, akan menyebabkan pelaksanaan lebih sulit.

### **G. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)**

Ketahanan Kelelahan suatu campuran perkerasan berarti dapat menerima beban lalu lintas tanpa mengakibatkan terjadinya kelelahan seperti jejak roda dan retak. Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

- VIM (rongga udara) yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
- VMA (rongga di antara mineral agregat) yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

## **2.3 Bahan Campuran Aspal Beton**

Campuran beraspal adalah suatu kombinasi campuran antara agregat dan aspal. Dalam campuran beraspal, aspal berperan sebagai bahan pengikat atau lem antar partikel agregat dan agregat berperan sebagai tulangan. Di bawah ini dijabarkan mengenai bahan campuran beraspal yaitu agregat dan aspal.

### **2.3.1 Asphalt**

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tepat pada tempatnya selama proses produksi dan selama masa pelayanannya.

Umumnya aspal dihasilkan dari proses penyulingan minyak bumi, sehingga disebut aspal keras. Aspal keras / Aspal panas (*Asphalt Cement / AC*) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal semen / aspal keras terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya.

Aspal merupakan suatu produk berbasis minyak yang merupakan turunan dari proses penyulingan minyak bumi yang dikenal dengan nama aspal keras. Selain itu, aspal juga terdapat di alam secara alamiah yang disebut dengan aspal alam. Aspal modifikasi saat ini juga telah dikenal luas. Aspal ini dibuat dengan menambahkan bahan tambahan ke dalam

aspal yang bertujuan untuk memperbaiki atau memodifikasi sifat rheologinya sehingga menghasilkan jenis aspal yang baru yang disebut dengan aspal modifikasi.

Berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan atas :

1. Aspal Alam, dapat dibedakan atas :

- Aspal gunung (rock asphalt), contoh aspal dari Pulau Buton.

Aspal gunung atau aspal batu dan Buton adalah aspal yang secara alamiah terdeposit di daerah pulau Buton. Aspal dari deposit ini terbentuk dalam celah-celah batuan kapur dan batuan pasir.

Aspal alam yang terdapat di Indonesia dan telah dimanfaatkan adalah aspal dari pulau Buton, yang merupakan campuran antara bitumen dengan bahan material lainnya dalam bentuk batuan karena aspal Buton merupakan bahan alam maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi. Berdasarkan kadar bitumen yang dikandung aspal buton dapat dibedakan atas B10, B13, B20, B25 dan B30 (mis : Aspal Buton B10 adalah aspal buton dengan kadar bitumen rata-rata 10 %).

- Aspal danau (lake asphalt), contoh aspal dari Bermudez, Trinidad.

Aspal ini secara alamiah terdapat di danau Trinidad, Venezuela dan Lawele. Aspal ini terdiri dari bitumen, mineral dan bahan organik lainnya. Angka penetrasi dari aspal ini sangat rendah dan titik lelehnya sangat tinggi.

2. Aspal Buatan, dapat dibedakan atas :

- Aspal minyak (Petroleum Asphalt), merupakan hasil penyulingan minyak bumi.

Aspal minyak dengan bahan dasar aspal dapat dibedakan atas :

1. Aspal keras / Aspal semen (*asphalt cement, AC*) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Pengelompokan aspal semen dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperature 25° C ataupun berdasarkan nilai viskositasnya.

Di Indonesia, aspal semen biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya yaitu :

- a. AC penetrasi 40 / 50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40 – 50.
- b. AC penetrasi 60 / 70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60 – 70.
- c. AC penetrasi 85 / 100, yaitu AC dengan penetrasi antara 85 – 100.
- d. AC penetrasi 120 / 150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120 – 150.
- e. AC penetrasi 200 / 300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200 – 300.

2. Aspal cair (*cut back asphalt*)

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi.

### 3. Aspal emulsi (*emulsion asphalt*)

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, dapat digunakan dalam keadaan dingin atau dalam keadaan panas.

- Ter, merupakan hasil penyulingan batubara.

(tidak umum digunakan untuk perkerasan jalan karena lebih cepat mengeras, peka terhadap perubahan temperature dan sedikit mengandung racun).

Untuk mendapatkan campuran yang baik aspal keras harus memenuhi persyaratan seperti tercantum pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Persyaratan aspal keras

Jenis pemeriksaan	Cara pemeriksaan	Persyaratan				Satuan
		Pen 60		Pen 80		
		Min	Maks	Min	Maks	
Penetrasi (25°C, 5 dtk)	PA.0301-76	60	79	80	99	0.1 mm
Titik lembek (ring, ball)	PA.0302-76	48	58	46	54	°C
Titik nyala( cleveland open cup)	PA.0303-76	200	-	225	-	°C
Kehilangan berat (163°C, 5 jam)	PA.0304-76	-	0.8	-	0.1	% berat
Kelarutan (CCL <sub>4</sub> atau SC <sub>2</sub> )	PA.0305-76	99	-	99	-	% berat
Daktalitas (25°C, 5 cm/menit)	PA.0306-76	100	-	100	-	cm
Penetrasi setelah kehilangan berat	PA.0307-76	54	-	50	-	% semula
Berat jenis (25°C)	PA.0308-76	1	-	1	-	gram/cc

Sumber : Petunjuk pelaksanaan LASTON untuk Jalan Raya, Dep.PU, 2010

#### 2.3.2 Agregat

Agregat atau batu atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak dan juga dapat diartikan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90 – 95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75 – 85 % agregat berdasarkan persentase volume.

Batuan atau agregat untuk campuran beraspal umumnya diklasifikasikan berdasarkan sumbernya, seperti contoh agregat alam dan agregat hasil pemrosesan.

##### a) Agregat Alam.

Agregat alam adalah agregat yang digunakan dalam bentuk alamiah dengan sedikit atau tanpa pemrosesan sama sekali. Agregat ini terbentuk dari proses erosi alamiah atau proses pemisahan akibat angin, air dan reaksi kimia. Aliran Gletser dapat menghasilkan agregat



dalam bentuk bongkahan bulat atau batu kerikil, sedangkan aliran air akan menghasilkan batuan yang bulat atau licin.

Dua jenis utama dari agregat alam yang digunakan untuk konstruksi jalan adalah pasir dan kerikil. Kerikil biasanya didefinisikan sebagai agregat yang berukuran lebih besar 6,35 mm sedangkan pasir didefinisikan sebagai partikel yang lebih kecil dari 6,35 mm tetapi lebih besar dari 0,075 mm.

b) Agregat Yang diproses.

Agregat yang diproses adalah batuan yang telah dipecah dan disaring sebelum digunakan, atau dengan kata lain dapat juga diproses secara mekanis yaitu pengolahan agregat atau batuan dengan menggunakan alat Stone Crusher.

Pemecahan agregat dilakukan dengan tiga (3) alasan, yaitu :

- Untuk merubah tekstur permukaan partikel dari licin ke yang kasar.
- Untuk merubah bentuk partikel dari bentuk bulat ke bentuk angular.
- dan Untuk mengurangi serta meningkatkan distribusi dan rentang ukuran partikel.

Pada campuran beraspal, agregat memberikan kontribusi sampai 90-95 % terhadap berat campuran, sehingga sifat-sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu dari kinerja campuran tersebut. Untuk tujuan ini berikut ini adalah sifat agregat yang harus diperiksa.

## A. UKURAN BUTIR

Ukuran agregat dalam suatu campuran beraspal terdistribusi dari yang berukuran besar sampai ke yang kecil. Semakin besar ukuran maksimum agregat yang dipakai semakin banyak variasi ukurannya dalam campuran tersebut.

Istilah lain yang biasa digunakan sehubungan dengan ukuran agregat yaitu :

- Agregat kasar : *Agregat yang tertahan saringan no. 8 (2,36 mm).*
- Agregat halus : *Agregat yang lolos saringan no. 8 (2,36 mm).*
- Mineral abu : *Fraksi dari agregat halus yang 100% lolos saringan no. 200 (0,075 mm).*

## B. GRADASI

Salah satu faktor yang dapat menentukan pada suatu campuran aspal panas perkerasan jalan adalah gradasi, karena dapat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workabilitas (sifat mudah dikerjakan) dan juga stabilitas dari campuran tersebut. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu

set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inchi persegi dari saringan tersebut.

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Gradasi agregat harus memenuhi ketentuan sebagaimana tertera pada tabel 2.1 menurut Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON) Bina Marga. Dalam tabel tersebut dijelaskan bahwa nomor campuran I, III, IV, VII, VIII, IX, X dan XI digunakan untuk lapis permukaan, nomor campuran II digunakan untuk lapis permukaan, leveling dan lapis antara, sedangkan campuran IV digunakan untuk lapis permukaan dan lapis antara. Kadar aspal normal berkisar antara 4% -7% terhadap 100 % agregat kering. Dalam penelitian ini penulis menggunakan spec limit (gradasi) no II dan gradasi IV. Adapun spesifikasi gradasi agregat itu dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Ada tiga (3) macam tipe gradasi agregat (Gambar 2.2) yaitu :

1. Gradasi seragam (uniform graded) / gradasi terbuka (open graded).
2. Gradasi rapat (dense graded).
3. Gradasi senjang (gap graded)

- **Gradasi seragam (uniform graded) / gradasi terbuka (open graded).**

Adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (open graded) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

- **Gradasi rapat (well graded).**

Adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai agregat halus, sehingga sering juga disebut gradasi menerus atau gradasi baik (well graded). Gradasi ini umumnya digunakan untuk campuran-campuran aspal AC dan ATB. Gradasi agregat yang

rapat dapat meningkatkan stabilitas konstruksi jalan dengan memperkecil rongga udara. Tetapi dengan semakin kecilnya rongga udara, maka rongga tersebut semakin tidak mampu menampung aspal sebagai akibat dari pembebanan lalu lintas.

Suatu campuran dikatakan bergradasi sangat rapat bila persentase lolos dari masing-masing saringan memenuhi persamaan berikut :

$$P = 100 \left( \frac{d}{D} \right)^n \quad (2.1)$$

Dengan pengertian : d = Ukuran saringan yang ditinjau.

D = Ukuran agregat maksimum dari gradasi tersebut

n = 0,35 – 0,45

Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

- **Gradasi senjang (gap graded)**

Adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau tidak ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali, oleh sebab itu gradasi ini disebut juga sebagai gradasi senjang (gap graded). Campuran agregat dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebutkan di atas (gradasi seragam dan gradasi rapat).

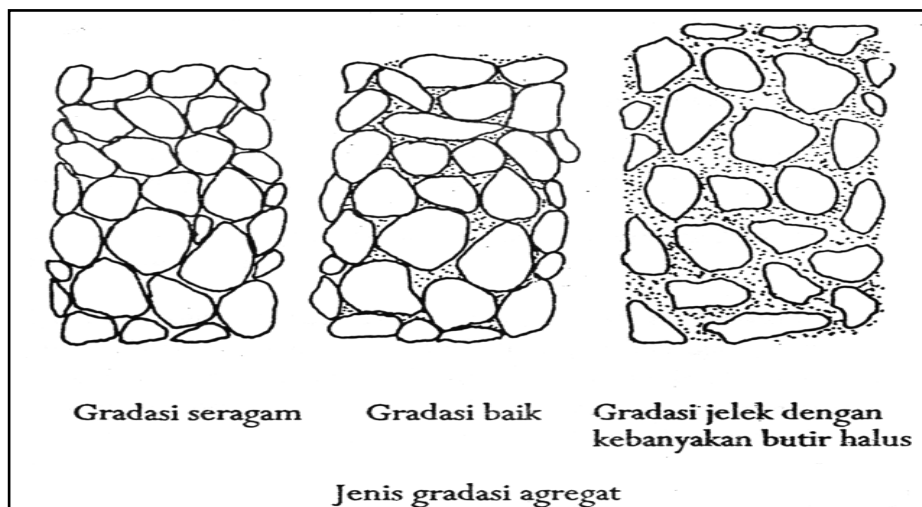
Tabel 2.2 Batas-batas Gradasi Agregat Campuran

No Campuran		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Gradasi		kasar	kasar	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat
Tebal padat (mm)		20-40	25-50	20-40	25-50	40-65	50-75	20-50	20-40	40-65	40-65	40-50
No saringan	Ukuran saringan (mm)	% BERAT YANG LEWAT SARINGAN										
1½"	38,1 mm	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
1"	25,4 mm	-	-	-	-	100	90-100	-	-	100	100	-
¾"	19,1 mm	-	100	-	100	80-100	82-100	100	-	85-100	85-100	100

1/2"	12,7 mm	100	75-100	100	80-100	-	72-90	80-100	100	-	-	-
3/8"	9,52 mm	75-100	60-85	80-100	70-90	60-80	-	-	-	65-85	56-85	74-92
4	4,75 mm	35-55	35-55	55-75	50-70	48-65	52-70	54-72	62-80	45-65	38-60	48-70
8	2,38 mm	20-35	20-35	35-50	35-50	35-50	40-56	42-58	44-60	34-56	27-47	33-53
30	0,59 mm	10-22	10-22	18-29	18-29	19-30	24-35	26-38	28-40	20-35	13-28	15-30
50	0,279 mm	6-16	6-16	13-23	13-23	13-23	16-26	18-28	20-30	16-26	9-20	10-20
100	0,149 mm	4-12	4-12	8-16	8-16	7-15	10-18	12-20	12-20	10-18	-	-
200	0,074 mm	2-8	2-8	4-10	4-10	1-8	6-12	6-12	6-12	5-10	4-8	4-9

Sumber : PU Dirjen Bina Marga "Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON) untuk Jalan Raya", SKBI-2.4.26.1987.

Pengaruh gradasi terhadap konstruksi perkerasan adalah terhadap kepadatannya. Agregat yang bergradasi rapat (well graded) akan lebih mudah dipadatkan jika dibandingkan dengan agregat yang bergradasi seragam (uniform graded), disamping mempunyai nilai stabilitas yang tinggi dibandingkan dengan gradasi lainnya.



Gambar 2.2 : Jenis Gradasi Agregat  
Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya.

### C. KEBERSIHAN AGREGAT

Agregat yang digunakan kadang-kadang mengandung zat asing yang dapat menurunkan mutu perkerasan jalan. Jenis agregat ini tidak di ijinan kecuali zat-zat tersebut dapat dikurangi ataupun di hilangkan. Zat-zat tersebut dapat berupa lempung dan sebagainya. Kebersihan agregat sering ditentukan dengan pemeriksaan visual, tetapi dengan test laboratorium akan

memberikan hasil yang lebih baik. *California Division of Highway* mengembangkan suatu cara untuk menentukan perbandingan relatif dari kebersihan agregat tersebut. Percobaan ini dikenal dengan *Sand Equivalent Test (SE)*. Semakin kecil nilai SE suatu agregat maka semakin kotor agregat tersebut begitu juga sebaliknya.

#### **D. KEKERASAN (Toughness)**

Semua agregat yang digunakan harus kuat, mampu menahan abrasi dan degradasi selama proses produksi dan operasionalnya dilapangan. Agregat yang digunakan sebagai lapis permukaan perkerasan harus lebih keras (lebih tahan) daripada agregat yang digunakan untuk lapis bawahnya. Hal ini disebabkan karena lapisan permukaan perkerasan akan menerima dan menahan tekanan dan benturan akibat beban lalu lintas paling besar. Uji kekuatan agregat di laboratorium biasanya dilakukan dengan uji abrasi dengan mesin Los Angeles Test (Los Angeles Abrasion Test), uji beban kejut (Impact Test) dan uji ketahanan terhadap pecah (Crushing Test).

#### **E. BENTUK BUTIR AGREGAT**

Agregat memiliki bentuk butir dari bentuk bulat (rounded) sampai bentuk bersudut (angular). Bentuk butir agregat ini dapat mempengaruhi workabilitas campuran perkerasan selama penghampanan, yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran dan kekuatan struktur perkerasan selama umur pelayanannya.

Bentuk partikel agregat yang bersudut memberikan ikatan antara agregat yang baik yang dapat menahan perpindahan agregat yang mungkin terjadi. Agregat yang bersudut tajam, berbentuk kubikal dan agregat yang memiliki lebih dari satu bidang pecah akan menghasilkan ikatan antar agregat yang paling baik.

#### **F. TEKSTUR PERMUKAAN AGREGAT**

Selain memberikan sifat ketahanan terhadap gelincir (skid resistance) pada permukaan perkerasan, tekstur permukaan agregat juga merupakan factor yang menentukan kekuatan, work abilitas dan durabilitas capuran beraspal.

Permukaan agregat yang kasar akan memberikan kekuatan pada campuran beraspal karena kekasaran permukaan agregat dapat menahan agregat tersebut dari pergeseran atau perpindahan. Kekasaran permukaan agregat juga akan memberikan tahanan gesek yang kuat pada roda kendaraan sehingga akan meningkatkan keamanan terhadap slip.

## G. DAYA SERAP AGREGAT

Keporusan agregat menentukan banyaknya zat cair yang dapat diserap agregat. Kemampuan agregat untuk dapat menyerap air dan aspal adalah suatu informasi yang penting yang harus diketahui dalam pembuatan campuran beraspal. Jika daya serap agregat sangat tinggi, agregat ini akan terus menyerap aspal baik pada saat maupun setelah proses pencampuran agregat dengan aspal di unit pencampur aspal (AMP).

Agregat dengan keporusan atau daya serap yang tinggi biasanya tidak digunakan, tetapi untuk tujuan tertentu pemakaian agregat ini masih dapat dibenarkan asalkan sifat lainnya dapat terpenuhi. Contoh material seperti batu apung yang memiliki keporusan tinggi digunakan karena ringan dan tahan terhadap abrasi. Meskipun demikian perbedaan berat jenis harus dikoreksi mengingat semua perhitungan didasarkan pada persentase bukan terhadap berat volume.

## H. KELEKATAN TERHADAP ASPAL

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, menyerap dan menahan film aspal. Agregat hidropobik (tidak menyukai air) adalah agregat yang memiliki sifat kelekatan terhadap aspal yang sangat tinggi, contoh batu gamping dan dolomit. Sebaliknya, agregat hidropilik (suka air) adalah agregat yang memiliki kelekatan terhadap aspal yang rendah, sehingga agregat jenis ini cenderung terpisah dari film aspal bila terkena air. Contoh dari agregat ini adalah Kuarsit dan beberapa jenis Granit lainnya.

### 2.3.3 Bahan Pengisi/ Filler

Bahan Pengisi (Filler) adalah Bahan atau fraksi dari agregat halus yang lolos saringan no. 200 (2,36 mm) minimum 75 % terhadap berat total agregat., biasanya digunakan abu batu, abu kapur, semen dan bahan lain.

Pada umumnya filler ini *tidak harus* digunakan untuk bahan campuran aspal beton, karena dengan secara umum setiap agregat sudah mengandung filler saat pencampuran di lapangan (AMP). Bila kadar filler yang terkandung di dalam agregat sudah sesuai dengan rencana spesifikasi, maka tidak perlu dilakukan penambahan filler, tetapi bila diinginkan menggunakan filler maka harus memenuhi syarat sebagai berikut :

Adapun *Tujuan Filler* ini adalah untuk mengisi rongga dalam campuran sehingga tidak hanya diisi oleh bitumen tetapi juga material yang lebih halus.

**Fungsi Filler** dalam campuran aspal beton antara lain :

- a. Memodifikasi gradasi agregat halus, sehingga campuran menjadi lebih rapat gradasinya.
- b. Bersama-sama dengan aspal membentuk bahan pengikat atau sistem filler aspal.
- c. Penambahan kadar filler pada sistem aspal, filler akan menurunkan angka penetrasi.
- d. Penambahan kadar filler akan memperbaiki ketahanan campuran aspal terhadap temperatur tinggi.
- e. Filler meningkatkan ketahanan campuran aspal terhadap cuaca. Penguatan oleh filler berarti dapat menambah ketahanan terhadap retak. Ketahanan terhadap retak akan mencegah kerusakan yang disebabkan oleh pemuaian dan kontraksi akibat panas dan penyusutan aspal akibat adanya perubahan reaksi kimia-fisika selama berada dalam pengaruh cuaca.

Filler yang digunakan harus memenuhi persyaratan gradasi seperti terangkum dalam Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Gradasi mineral filler

Ukuran saringan	Persentase berat yang lolos
No. 3 (0.59 mm)	100
No. 50 ( 0.279 mm)	95 – 100
No. 100 (0.149 mm)	90 – 100
No. 200 (0.074 mm)	60 – 100

Sumber : Petunjuk pelaksanaan LASTON untuk jalan raya, Dept. PU, 2010

Bentonit merupakan sumber daya mineral yang melimpah terdapat di Indonesia. Mineral bentonit memiliki diameter kurang dari 2  $\mu\text{m}$  yang terdiri dari berbagai macam mineral phyllosilicate yang mengandung silica, aluminium oksida dan hidrosida yang dapat mengikat air. Bentonit memiliki struktur 3 layer yang terdiri dari 2 layer silika tetrahedron dan satu layer sentral octahedral.

Bentonit sendiri diklasifikasikan dalam dua kelompok, yaitu natrium bentonit dan kalsium bentonit. Natrium bentonit mengandung relatif lebih banyak ion  $\text{Na}^+$  dibandingkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Bentonit ini dapat mengembang hingga 8-15 kali apabila dicelupkan ke dalam air dan tetap terdispersi beberapa waktu di dalam air. Posisi pertukaran ion terutama diduduki oleh ion natrium. Penggunaan utama bentonit adalah sebagai lumpur pembilas pada kegiatan pemboran, pembuatan pelet biji besi, penyumbat kebocoran bendungan dan kolam. Selain itu digunakan juga dalam industri minyak sawit dan farmasi. Sementara kalsium bentonit mengandung lebih banyak ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dibandingkan dengan ion  $\text{Na}^+$ .

Bentonit kalsium kurang menyerap air, akan tetapi secara alamiah ataupun setelah diaktifkan dengan asam, mempunyai sifat menghisap yang baik dan tetap terdispersi dalam air. Perbandingan kandungan Na dan Ca rendah. Posisi pertukaran ion lebih banyak diduduki oleh ion kalsium dan magnesium.

Na-bentonit dimanfaatkan sebagai bahan perekat, pengisi (filler), lumpur bor, sesuai sifatnya mampu membentuk suspensi kental setelah bercampur dengan air. Sedangkan Ca-bentonit banyak dipakai sebagai bahan penyerap. Untuk lumpur pemboran, bentonit bersaing dengan jenis lempung lain, yaitu atapulgit, sepiolit dan lempung lain yang telah diaktifkan.

Kandungan utama bentonit adalah mineral monmorilonit (80%) dengan rumus kimia  $Mx(Al_{4-x}Mg_x)Si_8O_{20}(OH)_4.nH_2O$ . Kandungan lain dalam bentonit merupakan pengotor dari beberapa jenis mineral seperti kwarsa, ilit, kalsit, mika dan klorit.

Endapan bentonit Indonesia tersebar di P. Jawa, P. Sumatera, sebagian P. Kalimantan dan P. Sulawesi, dengan cadangan diperkirakan lebih dari 380 juta ton, serta pada umumnya terdiri dari jenis kalsium (Ca-bentonit). Beberapa lokasi yang sudah dan sedang dieksploitasi, yaitu di Tasikmalaya, Leuwiliang, Nanggung, dan lain-lain. Indikasi endapan Na-bentonit terdapat di Pangkalan Brandan; Sorolangun-Bangko; Boyolali. Pada penelitian ini digunakan endapan Na-bentonite dari Pangkalan Brandan.

## **2.4 Perencanaan Campuran Aspal Beton**

Jika agregat dicampur dengan aspal maka :

1. Partikel-partikel antar agregat akan terikat satu sama lain oleh aspal.
2. Rongga-rongga agregat ada yang terisi aspal dan ada pula yang terisi udara.
3. Terdapat rongga antar butir yang terisi udara.
4. Terdapat lapisan aspal yang ketebalannya tergantung dari kadar aspal yang dipergunakan untuk menyelimuti partikel-partikel agregat.

Lapisan aspal yang baik haruslah memenuhi 4 syarat yaitu stabilitas, durabilitas, fleksibilitas dan tahanan geser. Tetapi jika memakai gradasi rapat (dense graded) akan menghasilkan kepadatan yang baik atau stabilitas yang baik sebaliknya jika menggunakan gradasi terbuka, akan diperoleh kelenturan yang baik tetapi stabilitasnya kecil. Kadar aspal yang terlalu sedikit akan mengakibatkan lapisan pengikat antar butir agregat berkurang, hal ini akan mengakibatkan lapisan pengikat aspal cepat lepas dan durabilitas berkurang, sedangkan kadar aspal yang tinggi akan mengakibatkan kelenturan yang baik tetapi dapat terjadi bleeding sehingga stabilitas dan tahanan geser berkurang.



Maka dapat disimpulkan bahwa haruslah ditentukan campuran antara agregat dengan aspal seoptimal mungkin sehingga dihasilkan lapisan perkerasan dengan kualitas yang optimal. Campuran perkerasan selanjutnya diuji dengan alat Marshall dan harus memenuhi persyaratan yang tercantum dalam Tabel 2.4 dan Tabel 2.5 berikut ini. Dengan kata lain haruslah direncanakan campuran yang meliputi gradasi agregat dan kadar aspal sehingga dihasilkan lapisan perkerasan yang dapat memenuhi ke- 4 syarat di atas yaitu :

1. Kadar aspal cukup memberikan kelenturan.
2. Stabilitas cukup memberikan kemampuan memikul beban sehingga tidak terjadi deformasi yang merusak.
3. Kadar rongga cukup memberikan kesempatan untuk pemadatan tambahan akibat beban berulang dan flow dari aspal.
4. Dapat memberikan kemudahan kerja sehingga tidak terjadi segregasi.

Tabel 2.4 Persyaratan campuran Aspal Beton

SIFAT CAMPURAN	Lalu-lintas berat (2x75 tumb)		Lalu-lintas sedang (2x50 tumb)		Lalu-lintas ringan (2x35 tumb)	
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>Max</i>
	Stabilitas (Kg)	800	-	450	-	350
Kelelehan (mm)	3,0	4,0	2,0	4,5	2,0	5,0
Marshall Quotient (Kg/mm)	200	350	200	350	200	350
Rongga dalam campuran (%)	3	5	3	5	3	5
Index perendaman (%)	75	-	75	-	75	-

Sumber : Petunjuk pelaksanaan LASTON untuk jalan raya, Dept. PU, 2010

Tabel 2.5 Persentase minimum rongga dalam agregat

Ukuran maksimum nominal agregat	Persentase minimum rongga dalam agregat	
No. 16	1.18 mm	23.5
No. 8	2.36 mm	21.0
No. 4	4.75 mm	18.0
3/8 inch	9.50 mm	16.0
½ inch	12.50 mm	15.0
¾ inch	19.00 mm	14.0
1 inch	25.00 mm	13.0
1 1/2 inch	37.50 mm	12.0
2 inch	50.00 mm	11.5
2 1/2 inch	63.00 mm	11.0

Sumber : Petunjuk pelaksanaan LASTON untuk jalan raya, Dept. PU, 2010

## Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan

Berat Jenis suatu agregat adalah perbandingan berat dari suatu satuan volume bahan terhadap berat air dengan volume yang sama. Ada tiga (3) jenis specific gravity agregat (berat jenis agregat) untuk menganalisa campuran perkerasan, yaitu :

a) Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity).

Dikatakan berat jenis apparent (semu) adalah volume dipandang sebagai volume menyeluruh dari agregat, tidak termasuk volume pori yang dapat terisi air setelah perendaman selama 24 jam. Atau dengan kata lain volume yang diperhitungkan adalah volume partikel dan bagian yang dapat diresapi oleh air.

b) Berat Jenis Bulk (Bulk Specific Gravity).

Dikatakan berat jenis apparent (semu) adalah volume dipandang sebagai volume menyeluruh dari agregat, termasuk volume pori yang dapat terisi air setelah direndam selama 24 jam.

c) Berat Jenis Efektif (Effective Specific Gravity).

Dikatakan berat jenis apparent (semu) adalah volume dipandang sebagai volume menyeluruh dari agregat, tidak termasuk volume pori yang dapat menghisap aspal, atau dengan kata lain berat jenis efektif merupakan ratio berat dari suatu agregat dengan berat volume air sama terhadap agregat padat dan pori yang dapat diresapi oleh air itu.

Pemilihan macam berat jenis untuk suatu agregat yang digunakan dalam rancangan campuran beraspal, dapat berpengaruh besar terhadap banyaknya rongga udara yang diperhitungkan. Bila digunakan Berat Jenis Semu maka aspal dianggap dapat terhisap oleh semua pori yang dapat menyerap air. Bila digunakan Berat Jenis Bulk, maka aspal dianggap tidak dapat dihisap oleh pori-pori yang dapat menyerap air. Konsep mengenai Berat Jenis Efektif dianggap paling mendekati nilai sebenarnya untuk menentukan besarnya rongga udara dalam campuran beraspal.

### ➤ Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.

Berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

- Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity).

$$= \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (2.2)$$

- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Saturated Surface Dry)

$$= \frac{B_j}{B_j - B_a} \quad (2.3)$$

- Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)

$$= \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (2.4)$$

- Penyerapan (Absorpsi)

$$= \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \% \quad (2.5)$$

Dengan pengertian :

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)

➤ **Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.**

Berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

- Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity).

$$= \frac{Bk}{B + A - Bt} \quad (2.6)$$

- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Saturated Surface Dry)

$$= \frac{A}{B + A - Bt} \quad (2.7)$$

- Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)

$$= \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \quad (2.8)$$

- Penyerapan (Absorpsi)

$$= \frac{(A - Bk)}{Bk} \times 100 \% \quad (2.9)$$

Dengan pengertian :

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

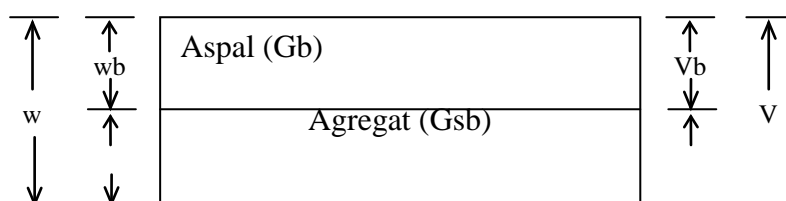
B = Berat picknometer berisi air (gr)

Bt = Berat picknometer berisi benda uji dan air (gr)

A = 500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

➤ **Berat Jenis Maksimum Teoritis (Gmm).**

Berat Jenis Maksimum Teoritis merupakan kerapatan maksimum (tanpa adanya pori) campuran yang belum dipadatkan.



$$\text{Rumus : } V_{sb} = \frac{W_{sb}}{G_{sb}} \quad \text{dan} \quad V_b = \frac{W_b}{G_b}$$

$$\text{Maka : } G_{mm} = \frac{W}{V_b + V_{sb}}$$

Dimana :

W = Berat campuran (gr)

V<sub>b</sub> = Volume aspal (%)

V<sub>sb</sub> = Volume agregat bulk (%)

W<sub>b</sub> = Berat aspal (gr)

W<sub>sb</sub> = Berat kering agregat (gr)

G<sub>b</sub> = Berat jenis aspal (gr/cm<sup>3</sup>)

G<sub>sb</sub> = Berat jenis agregat bulk (gr/cm<sup>3</sup>)

Jika W<sub>b</sub> dan W<sub>sb</sub> dinyatakan dalam persen (%) maka W = W<sub>b</sub> + W<sub>sb</sub> = 100 %, sehingga diperoleh :

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_b}{G_b} + \frac{P_s}{G_{se}}} \quad (2.10)$$

Dimana :

G<sub>mm</sub> = Berat jenis maksimum campuran (tidak ada rongga udara)

P<sub>mm</sub> = Campuran lepas total, persentase terhadap berat total campuran = 100%

P<sub>s</sub> = Agregat, persen berat total campuran.

P<sub>b</sub> = Aspal, persen berat total campuran.

G<sub>se</sub> = Berat jenis efektif agregat.

G<sub>b</sub> = Berat jenis aspal.

### Perencanaan Campuran Dengan Alat Marshall

Kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan Marshall Test. Pemeriksaan dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01".

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin pengujian) yang berkapasitas 2500 kg atau 5000 pon. Proving ring dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Di samping itu terdapat arloji kelelahan (flow meter) untuk mengukur kelelahan plastis (flow).

Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm yang dipersiapkan di laboratorium, dalam cetakan benda uji dengan menggunakan Hammer (batang penumbuk) dengan berat  $\pm 10$  pon (4,536 kg), tinggi jatuh 18 inch (45,7 cm) dan dibebani dengan kecepatan tetap 50 mm/menit.

### **Parameter Pengujian Aspal Beton**

Pengujian juga dilaksanakan terhadap campuran untuk memperoleh perbandingan dan karakteristik yang dikehendaki. Dalam penelitian ini digunakan metode Marshall. Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow) dari campuran aspal dan agregat.

Parameter marshall yang dipakai untuk menganalisa sifat-sifat campuran ini adalah :

- Bulk Density
- Rongga udara dalam campuran (VIM)
- Rongga udara antara agregat yang padat (VMA)
- Rongga udara yang terisi aspal (VFA)
- Marshall stability
- Flow
- Marshall quotient

### **Bulk Density**

Kepadatan yang tinggi dari suatu lapisan perkerasan akan sukar ditebus oleh air dan udara. Ini menyebabkan lapisan perkerasan akan semakin awet dan tahan lama. Campuran perkerasan yang cukup padat akan memberikan volume pori yang kecil dan perkerasan yang cukup kaku sehingga perkerasan akan mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan beban lalu lintas. Bina Marga mensyaratkan nilai bulk density minimum adalah  $2,2 \text{ gr/cm}^3$ .

$$\text{Bulk Density} = \frac{\text{BeratKering}(gr)}{\text{BeratSSD}(gr) - \text{BeratSemu}(gr)} \quad (2.11)$$

### **Rongga Udara Dalam Campuran (VIM)**

Rongga udara dalam campuran dapat dihitung dari berat jenis maksimum campuran dan berat jenis padat dengan menggunakan rumus :

$$VIM = \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \times 100\% \quad (2.12)$$

Dimana :

$Gmm$  = Berat jenis maksimum dalam campuran ( $\text{gr/cm}^3$ ).

$Gmb$  = Berat jenis campuran yang telah dipadatkan ( $\text{gr/cm}^3$ ).

Rongga udara dalam campuran merupakan bagian dari campuran aspal yang tidak terisi oleh agregat ataupun oleh aspal. Bina marga (Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton, 1983) mensyaratkan kadar pori dalam campuran untuk perkerasan lapisan aspal beton sebesar 3 % - 6 % .

### **Rongga Udara Antara Agregat Padat (VMA)**

VMA menggambarkan ruangan yang tersedia untuk menampung volume efektif aspal (seluruh aspal kecuali yang diserap agregat) dan volume rongga udara yang dibutuhkan untuk mengisi aspal yang keluar akibat tekanan air atau beban lalu lintas.

Semakin bertambah nilai VMA dari campuran semakin bertambah pula ruangan yang tersedia untuk lapisan aspal. Lebih tebal lapisan aspal pada agregat maka daya tahan perkerasan juga akan cenderung meningkat. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$VMA = 100 - Vsb \quad (2.13)$$

Bina Marga mensyaratkan batas untuk nilai VMA adalah 15 % - 25 %.

### **Rongga Udara Yang Terisi Aspal (VFA)**

Rongga udara yang terisi aspal adalah merupakan persen (%) volume rongga di dalam agregat yang terisi oleh aspal. Untuk mendapatkan suatu campuran yang awet dan mempunyai tingkat oksidasi yang rendah maka pori di antara agregat harus terisi oleh aspal yang cukup untuk membentuk lapisan yang tebal.

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \quad (2.14)$$

Bina Marga mensyaratkan batas untuk nilai VFA adalah 75 %- 85 %.

### **Stabilitas (Stability)**

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pound. Nilai Stabilitas diperoleh dari pembacaan langsung pada alat marshall sewaktu mengadakan Marshall Test nilai yang terbaca tersebut kemudian dikoreksi dengan faktor koreksi dengan alat Marshall yang dipakai, dapat dituliskan rumus sebagai berikut :

$$P_{ba} = 100 \left\{ \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \right\} G_b \quad (2.15)$$

Dimana :

Pba = Persen berat agregat

Gse = Berat jenis efektif agregat

Gb = Berat jenis aspal

### **Kelelahan (Flow)**

Flow menunjukkan total deformasi dalam millimeter (mm) yang terjadi pada sampel padat dari campuran perkerasan. Menurut Bina Marga batas flow yang diijinkan untuk lalu lintas yang rendah adalah 2-5 mm dan untuk lalu lintas berat adalah 2-4 mm.

### **Marshall Quetient**

Marshall Quetient diperoleh dari hasil perbandingan antara stabilitas dan flow, yang merupakan indikator kelenturan terhadap keretakan perkerasan, dapat dihitung dengan rumus

$$\text{Marshall Quetient} = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} \quad (2.16)$$

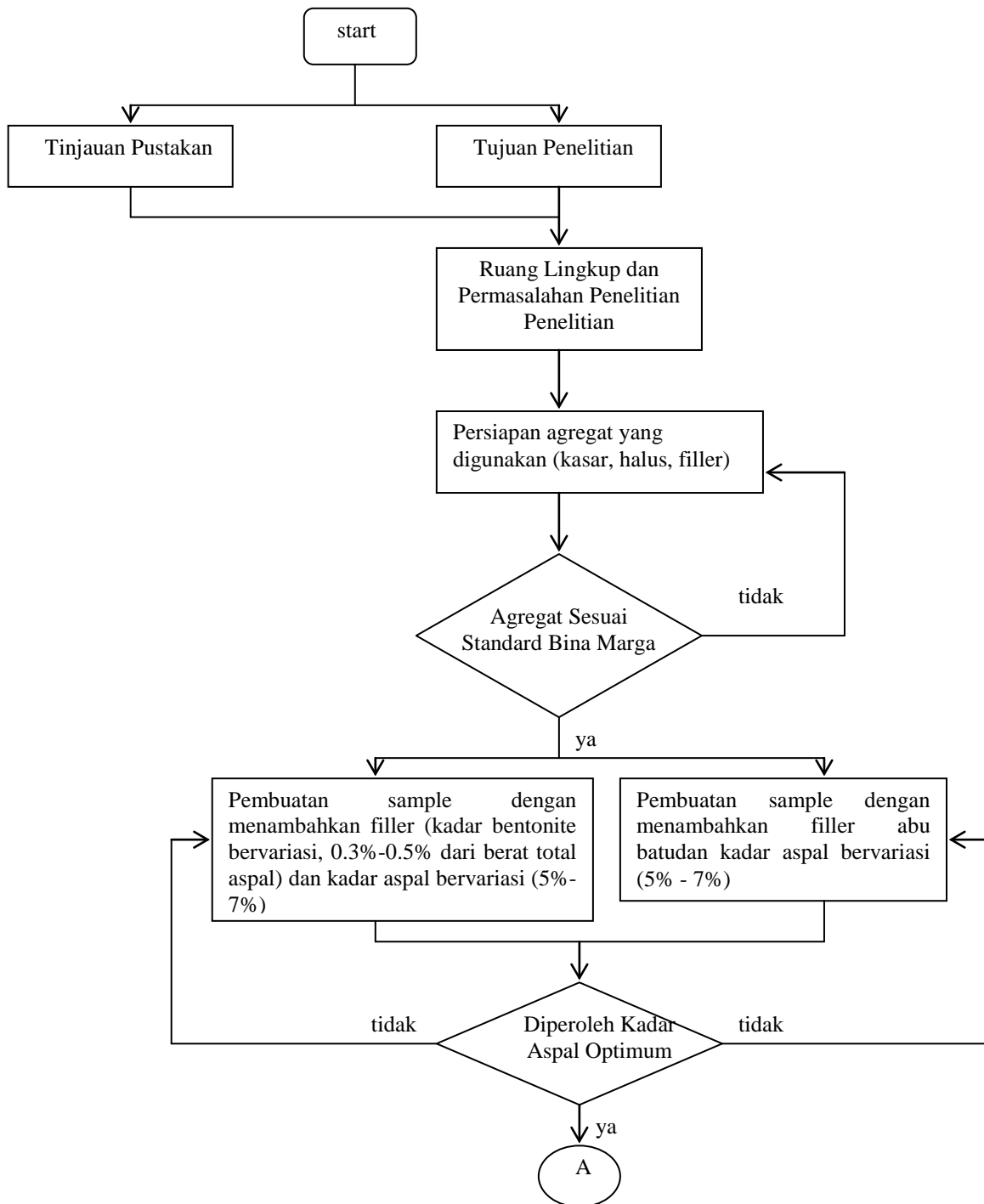
Bina Marga mensyaratkan batas untuk marshall quetient antara 200-350 kg.

# BAB III

## METODE PENELITIAN

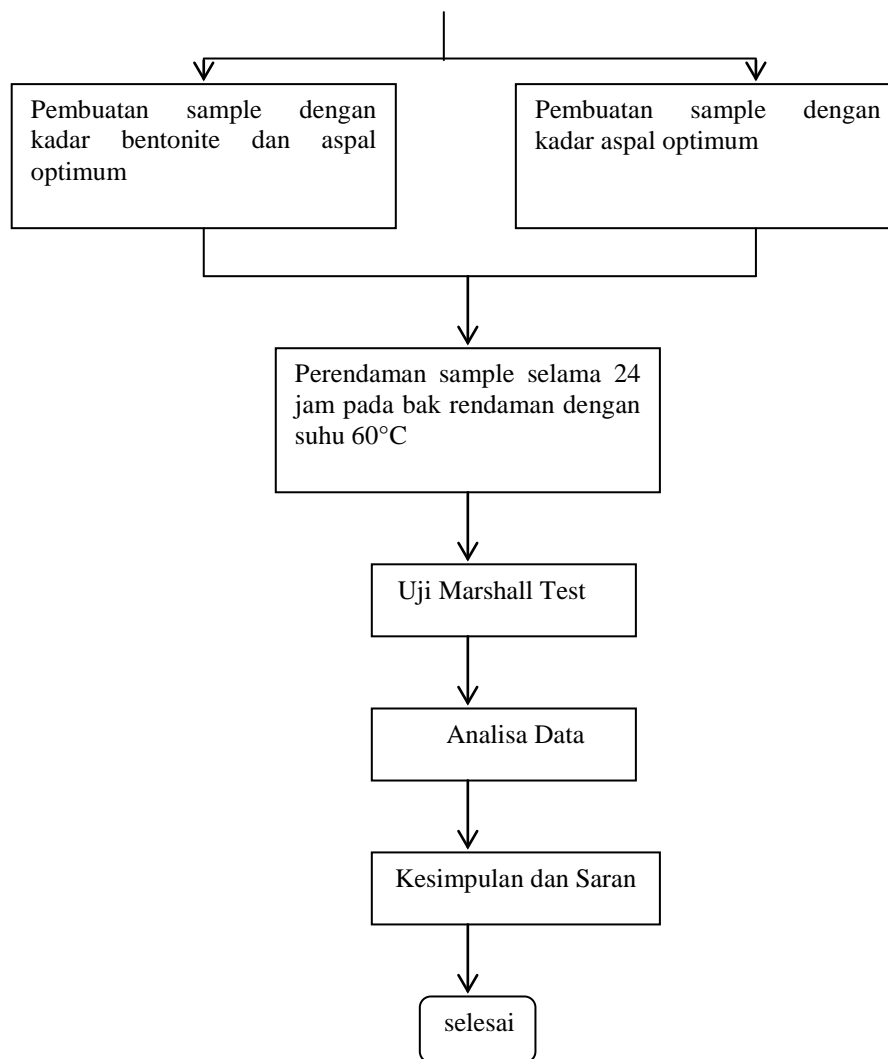
### 3.1. METODE PENGUMPULAN DATA

Rencana penelitian seperti yang tercantum dalam bagan alir percobaan Gambar 3.1 berikut ini.



A





Gambar 3.1 Diagram Alir Percobaan

### 3.2. PENYEDIAAN BAHAN MATERIAL

Dalam mendisain campuran aspal beton, spesifikasi campuran agregat yang digunakan adalah spesifikasi No.II dan spesifikasi harus memenuhi gradasi agregat AC sesuai Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal (AC)

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	75-100	74-90	61-79	90-100	71-90	55-76
9.5	60-85	64-82	47-67	72-90	58-80	45-66
4.75	55-75	47-64	39.5-60	43-63	37-56	28-39.5
2.36	20-35	34.6-49	30.8-37	28-39.1	23-34.6	19-26.8
0.600	10-22	20.7-28	17.6-22	13-19.1	10-16.7	7-13.6
0.300	6-16	13.7-20	11.4-16	9-15.5	7-13.7	5-11.4
0.150	4-12	4-13	4-10	6-13	5-11	4.5-9
0.075	2-8	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010

- **Agregat Kasar.**

Agregat Kasar yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah dengan menggunakan agregat yang tertahan pada saringan no. 8 (2,36 mm). Agregat yang digunakan adalah batu kerikil pecah yang berasal dan yang diolah dari mesin pemecah batu (stone crusher)

- **Agregat Halus.**

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan agregat yang lolos saringan no. 8 (2,36 mm) hingga saringan no. 200 (0,075 mm). Berdasarkan keadaan agregat di AMP PT. ADHI KARYA, agregat dibedakan menjadi 3 (tiga) bagian yaitu agregat kasar (MA), agregat sedang (MA) dan agregat halus (FA) yang ketiganya akan digunakan sebagai bahan penelitian.

- **Aspal**

Dalam penelitian ini, jenis aspal (bahan bitumen) yang digunakan adalah aspal minyak dengan penetrasi 60/70 (AC pen 60/70) dengan temperatur ruang 25° C, titik lembek pada suhu 48° C - 58° C dan titik nyala 200° C.

### 3.3. PERSIAPAN BENDA UJI

Agregat dikeringkan sampai suhu (105±5)°C. Pisahkan agregat dengan cara penyaringan ke dalam fraksi yang dikehendaki. Dibuat campuran dengan kadar aspal 5%-7% sehingga dibuat 30 benda uji. Suhu pencampuran adalah 160°C dan suhu pemadatan adalah 135°C. Untuk mendapatkan suhu tersebut, agregat dipanaskan sampai 175°C dan aspal dipanaskan sampai 160°C. Tuangkan aspal sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah

dipanaskan sampai merata. Untuk sampel dengan penambahan bentonite dicampurkan merata pada agregat kemudian ditambahkan aspal, kemudian padatkan.

Benda uji selanjutnya direndam pada bak perendaman selama 24 jam pada suhu  $(60\pm 1)^{\circ}\text{C}$ . Setelah itu lakukan pengujian Marshal. Waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari rendaman air sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 menit.

**BAB IV**  
**ANALISA DAN PEMBAHASAN DATA**

**4.1 PENYAJIAN DAN KARAKTERISTIK AGREGAT**

Hasil pemeriksaan agregat disajikan dalam bentuk tabel berikut yang menggunakan parameter standar perencanaan Bina Marga. Seluruh hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran. Berikut ini diberikan hasil analisa saringan agregat yang digunakan sesuai spesifikasi II Standar Bina Marga dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Kombinasi Agregat

No Saringan	Ukuran	Berat (gram)	% Tertahan	% Lolos	Spek. No II	Distribusi yang digunakan (gram)
3/4	19,1	3210	0	100	100	-
1/2	12,5	2709	21,4	78,6	75 - 100	256,80
1/4	9,5	1190	18,06	60,54	60 - 85	216,72
4	5	3102	7,933	52,607	55 - 75	95,20
8	2,3	2900	20,68	31,927	20 - 35	248,16
30	0,6	511,5	19,333	12,593	10 - 22	232,00
50	0,291	289,8	3,41	9,183	6 - 16	40,92
100	0,15	198,1	1,932	7,251	4 - 12	23,18
200	0,075	889,6	1,321	5,931	2 - 8	15,85
PAN			5,931	0		71,17
Total		15000	100			1200,00

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

Berat campuran tiap sampel adalah 1200 gram, sedangkan berat aspal adalah persentase aspal terhadap berat agregat. Contoh perhitungan berat aspal dapat dilihat berikut ini dan dirangkum dalam Tabel 4.2.

Berat agregat : 1200 gram    % Aspal : 5%

% Agregat : 100% - 5% = 95%

$$\begin{aligned} \text{Berat total campuran} &= \frac{\% \text{ Total Mix}}{\% \text{ Total Mix} - \% \text{ Aspal}} \text{Berat agregat} \\ &= \frac{100\%}{100\% - 5\%} 1200 \\ &= 1263.16 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Berat aspal} = 1263.16 - 1200 = 63.16 \text{ gram}$$

Tabel 4.2 Berat aspal yang digunakan

No	Kadar aspal (%)	Berat aspal (gram)	Berat total campuran (gram)
1	5	63,16	1263,16
2	5,5	69,84	1269,84
3	6	76,60	1276,60
4	6,5	83,42	1283,42
5	7	90,32	1290,32

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

Untuk sampel pada kadar aspal 5% yang menggunakan bentonite, kadar bentonite berpengaruh terhadap filler yang digunakan.

$$\text{Berat agregat} : 1200 \text{ gram} \quad \% \text{ Aspal} : 5\% \quad \% \text{ Agregat} : 100\% - 5\% = 95\%$$

$$\text{Berat total campuran} = 1260 \text{ gram}$$

$$\text{Berat aspal} = 60 \text{ gram}$$

Dari Tabel 4.1 diketahui bahwa filler yang digunakan adalah 71.17 gram. Misalkan digunakan bentonite dengan kadar 10% (artinya 10% dari berat filler), maka :

$$\text{Berat bentonite} = 71.17 \times 10\% = 7.117 \text{ gram}$$

$$\text{Berat filler abu batu} = 71.17 - 7.117 = 64,053 \text{ gram}$$

Selanjutnya berat aspal dan bentonite dalam berbagai variasi dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini. Karakteristik agregat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini. Sifat dan berat jenis agregat berpengaruh pada volume dan kekuatan campuran. Secara teoritis, jika suatu agregat penyusun campuran memiliki berat jenis yang lebih besar, maka stabilitas campuran dalam uji Marshall akan lebih tinggi.

Tabel 4.3 Berat bentonite yang digunakan

No	Kadar aspal (%)	Kadar Bentonite (%)	Berat aspal (gram)	Berat Filler (gram)			Berat Total Campuran (gram)
				Bentonite	Abu batu	Total	
1	5,0	8	63,16	5,69	65,48	71,17	1263,16
2		9		6,41	64,76	71,17	
3		10		7,12	64,05	71,17	
4		100		71,17	0,00	71,17	
5	5,5	8	69,84	5,69	65,48	71,17	1269,84
6		9		6,41	64,76	71,17	
7		10		7,12	64,05	71,17	
8		100		71,17	0,00	71,17	
9	6,0	8	76,60	5,69	65,48	71,17	1276,60
10		9		6,41	64,76	71,17	
11		10		7,12	64,05	71,17	
12		100		71,17	0,00	71,17	
13	6,5	8	83,42	5,69	65,48	71,17	1283,42
14		9		6,41	64,76	71,17	
15		10		7,12	64,05	71,17	
16		100		71,17	0,00	71,17	
17	7,0	8	90,32	5,69	65,48	71,17	1290,32
18		9		6,41	64,76	71,17	
19		10		7,12	64,05	71,17	
20		100		71,17	0,00	71,17	

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

Tabel 4.4 Karakteristik agregat

Pemeriksaan	Agregat Kasar (CA)	Agregat Halus (FA)
BJ Bulk	2,688	2,247
BJ Kering Permukaan	2,698	2,307
BJ Semu	2,716	2,391
Absorpsi (%)	0,363	2,670

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

Nilai absorpsi menunjukkan persentase dari berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Penyerapan agregat terhadap air tidak identik dengan penyerapan

agregat terhadap aspal, tetapi tingkat kemampuan penyerapan agregat terhadap air dapat dijadikan indikator dalam mengidentifikasi kemampuan penyerapan agregat terhadap aspal. Semakin besar persentase penyerapan agregat terhadap air, maka menunjukkan penyerapan agregat terhadap aspal semaik besar juga.

#### 4.2 KARAKTERISTIK ASPAL

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal keras Pen 60/70. Berikut ini disajikan karakteristik aspal (Tabel 4.5) berdasarkan berat jenisnya, dimana hasil menunjukkan aspal yang digunakan sudah memenuhi kriteria Bina Marga sesuai Tabel 2.1.

Tabel 4.5 Karakteristik aspal yang digunakan

Keterangan	Berat Material	
	I	II
Picnometer , (A), gram	30,6	30,6
Picnometer + Air , (B), gram	50,8	51,7
Picnometer + Aspal, (C), gram	49,5	48,9
Picnometer + Aspal + Air, (D), gram	51,4	52,2
BJ Aspal	1,033	1,028
BJ Aspal <sub>rata-rata</sub>	1,031	

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

#### 4.3 ANALISA UJI MARSHALL

Dari sampel aspal beton normal dan aspal beton dengan bentonite dilakukan uji Marshall dan diperoleh karakteristik campuran, yaitu stabilitas, kelelahan (flow), VIM, VMA, Bulk Density dan Marshall Quotient. Perendaman sampel dilakukan selama 24 jam, khusus untuk aspal beton normal dengan bentonite 100% dilakukan juga perendaman selama 7 hari. Hasil uji Marshall untuk aspal beton normal dan aspal beton dengan bentonite dapat dilihat pada Tabel 4.6 - 4.11 berikut ini.

Tabel 4.6 Hasil Uji Marshall Pada Aspal Beton Normal

Parameter	Kadar Aspal (%)					Spec. Bina Marga
	5	5,5	6	6,5	7	

Stabilitas (kg)	1045,00	1109,10	1127,50	1100,00	1022,08	Min 800
Flow	4,08	3,72	3,35	2,82	2,45	3 - 5
Marshall Quotient	256,82	298,84	337,01	393,49	417,97	Min 250
VMA	18,02	18,14	18,34	18,85	19,51	min 15
VIM	6,79	5,53	4,79	4,24	3,82	3,5 - 5,5
VFB	62,31	68,37	73,89	77,49	80,42	Min 65
Bulk Density (gr/cm <sup>3</sup> )	2,26	2,27	2,27	2,27	2,26	Min 2,2

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

Tabel 4.7 Hasil Uji Marshall Pada Aspal Beton Dengan Bentonite 8%

Parameter	Kadar Aspal (%)					Spec. Bina Marga
	5	5,5	6	6,5	7	
Stabilitas (kg)	1114,60	1166,90	1202,60	1145,83	1081,67	Min 800
Flow	3,60	3,50	3,87	3,50	3,67	3 - 5
Marshall Quotient	335,60	335,60	311,17	336,15	300,36	Min 250
VMA	17,42	17,56	17,86	18,12	19,00	min 15
VIM	6,38	5,37	4,55	3,66	3,52	3,5 - 5,5
VFB	63,39	69,41	74,54	79,81	81,91	Min 65
Bulk Density (gr/cm <sup>3</sup> )	2,27	2,28	2,29	2,29	2,28	Min 2,2

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

Tabel 4.8 Hasil Uji Marshall Pada Aspal Beton Dengan Bentonite 9%

Parameter	Kadar Aspal (%)					Spec. Bina Marga
	5	5,5	6	6,5	7	
Stabilitas (kg)	1147,60	1151,30	1229,20	1141,25	1101,83	Min 800
Flow	3,67	3,47	3,94	3,60	4,07	3 - 5
Marshall Quotient	314,84	332,72	312,88	321,79	272,45	Min 250
VMA	16,17	15,96	16,24	17,16	17,27	min 15
VIM	6,84	5,42	4,54	4,39	3,31	3,5 - 5,5
VFB	57,68	66,05	72,06	74,45	81,22	Min 65
Bulk Density (gr/cm <sup>3</sup> )	2,31	2,33	2,33	2,32	2,33	Min 2,2

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

Tabel 4.9 Hasil Uji Marshall Pada Aspal Beton Dengan Bentonite 10%

Parameter	Kadar Aspal (%)					Spec. Bina Marga
	5	5,5	6	6,5	7	



Stabilitas (kg)	1184,30	1203,50	1248,50	1181,58	1162,33	Min 800
Flow	3,63	3,53	4,13	3,43	4,07	3 – 5
Marshall Quotient	325,18	335,37	293,76	346,46	288,13	Min 250
VMA	15,82	15,96	15,83	16,84	17,84	min 15
VIM	6,46	5,42	4,07	4,03	3,98	3,5 - 5,5
VFB	59,20	66,05	74,36	76,16	77,96	Min 65
Bulk Density (gr/cm <sup>3</sup> )	2,32	2,33	2,34	2,33	2,31	Min 2,2

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

Tabel 4.10 Hasil Uji Marshall Pada Aspal Beton Dengan Bentonite 100%

Parameter	Kadar Aspal (%)					Spec. Bina Marga
	5	5,5	6	6,5	7	
Stabilitas (kg)	1184,30	1203,50	1248,50	1181,58	1162,33	Min 800
Flow	4,07	3,77	3,43	3,05	2,77	3 – 5
Marshall Quotient	292,16	319,75	364,16	387,73	420,48	Min 250
VMA	17,65	17,79	18,24	18,70	19,34	min 15
VIM	6,37	5,33	4,67	4,07	3,61	3,5 - 5,5
VFB	63,96	70,06	74,51	78,27	81,36	Min 65
Bulk Density (gr/cm <sup>3</sup> )	2,27	2,28	2,28	2,27	2,27	Min 2,2

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

Tabel 4.11 Hasil Uji Marshall Pada Aspal Beton Dengan Bentonite 100% Rendam 7 Hari

Parameter	Kadar Aspal (%)					Spec. Bina Marga
	5	5,5	6	6,5	7	
Stabilitas (kg)	1031,20	1100,00	1109,10	1100,00	1081,60	Min 800
Flow	3,83	3,50	3,30	3,73	2,73	3 – 5
Marshall Quotient	269,53	314,38	336,49	299,44	397,07	Min 250
VMA	16,21	17,34	17,29	17,59	17,95	min 15
VIM	4,73	4,82	3,57	2,75	1,95	3,5 - 5,5
VFB	70,80	72,49	79,35	84,38	89,14	Min 65
Bulk Density (gr/cm <sup>3</sup> )	2,31	2,29	2,30	2,31	2,31	Min 2,2

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

#### 4.3.1 Stabilitas

Dari hasil pengujian diperoleh penggunaan bentonite pengganti filler meningkatkan stabilitas suatu campuran sampai kadar aspal tertentu dan kemudian stabilitas akan menurun seiring bertambahnya kadar aspal pada kondisi kadar bentonite yang sama. Hasil penelitian menunjukkan harga stabilitas dari semua jenis tipe campuran memenuhi syarat stabilitas spec. Bina Marga, yaitu minimal 800 kg. Kenaikan stabilitas pada campuran dengan penggunaan bentonite terjadi karena daya ikatan yang diberikan bentonite lebih tinggi daripada campuran aspal beton normal. Ikatan ini sangat berpengaruh pada saat perendaman, retak dan sriping lebih tinggi dialami oleh campuran aspal beton normal. Akibat penyerapan yang tinggi ini stabilitas aspal beton normal lebih rendah dibandingkan dengan stabilitas aspal beton dengan bentonite. Sampel aspal beton dengan bentonite 100% pada rendaman 24 jam dan rendaman 7x24 jam menunjukkan penurunan stabilitas. Perubahan stabilitas untuk tiap sampel terhadap stabilitas aspal beton normal dapat dilihat pada Tabel 4.12 – 4.13 berikut ini.

Tabel 4.12 Perubahan Stabilitas Terhadap Aspal Beton Normal

Kadar Aspal	Kadar bentonite (%)	Perubahan Stabilitas (%)
5,0	8	6,67
	9	9,82
	10	12,02
	100	13,33
5,5	8	5,21
	9	3,80
	10	6,61
	100	8,51
6,0	8	6,67
	9	9,02
	10	7,48
	100	10,73
6,5	8	4,17
	9	3,75
	10	6,50
	100	7,42
7,0	8	5,83
	9	7,80
	10	14,44
	100	13,72

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

Tabel 4.13 Perubahan Stabilitas Terhadap Aspal Beton Normal

Kadar Bentonite	Kadar aspal (%)	Stabilitas , 7 x 24 jam, (kg)	Perubahan Stabilitas (%)
-----------------	-----------------	-------------------------------	--------------------------

100,0			
100,0			
	5	1031,00	- 12,93
	5,5	1100,00	-8,61
	6	1109,00	-11,16
	6,5	1100,00	-6,9
	7	1082,00	-6,94

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UHN

#### 4.3.2 Kelelehan (Flow)

Nilai flow hasil uji Marshall menunjukkan bahwa seluruh sampel yang diuji masih memenuhi Spec. Bina Marga, yaitu 3-5. Kecenderungan nilai flow yang diperoleh adalah meningkat seiring bertambahnya kadar aspal, tetapi nilai flow yang lebih tinggi diperoleh untuk campuran aspal beton normal.

#### 4.3.3 Void In Mixture (VIM)

VIM adalah volume total udara yang berada diantara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan. Penambahan kadar aspal pada tiap jenis campuran menunjukkan kecenderungan nilai VIM yang berkurang, tetapi nilai VIM yang lebih tinggi diperoleh untuk campuran aspal beton normal. Hal ini terjadi karena pada campuran aspal beton dengan bentonite rongga pada campuran lebih diisi oleh bentonite sehingga semakin kecil rongga udara.

#### 4.3.4 Void In Mineral Agregat (VMA)

VMA adalah rongga antar partikel pada campuran padat termasuk rongga udara pada kadar aspal efektif. Nilai VMA tertinggi pada aspal beton normal dan minimum pada aspal beton dengan bentonite 100%. Hal ini terjadi karena pada aspal beton dengan bentonite 100% rongga telah terisi oleh bentonite.

#### 4.3.5 Berat Isi (Density)

Meningkatnya berat isi campuran seiring dengan meningkatnya kadar aspal, tetapi pada akan mencapai maksimum dan kemudian turun untuk kadar aspal yang lebih besar. Hasil penelitian ini menunjukkan aspal beton dengan bentonite menghasilkan nilai berat isi yang lebih besar dari pada aspal beton normal, karena campuran lebih padat.

#### **4.3.6 Marshall Quotient (MQ)**

Nilai Marshall Quotient dari penelitian ini memenuhi Spec. Bina Marga (min. 250 kg), untuk aspal beton normal dan aspal beton dengan bentonite. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal menghasilkan nilai MQ yang semakin rendah.

#### **4.3.7 Workability (Kelecekan)**

Hasil penelitian ini menghasilkan data bahwa dengan menggunakan bentonite 100% terkendala dalam pencampuran yang lebih merepotkan. Kadar bentonite yang kelecakannya baik dan memenuhi Spec. Bina Marga adalah bentonite 10%.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum, Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan, Buku 1 Umum, Manual Konstruksi dan Bangunan, Direktorat Jendral Bina Marga, 2006
2. Departemen Pekerjaan Umum, Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan, Buku 3 Lapis Pondasi Agregat, Manual Konstruksi dan Bangunan, Direktorat Jendral Bina Marga, 2006
3. Departemen Pekerjaan Umum, Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan, Buku 8 Permasalahan Lapangan, Manual Konstruksi dan Bangunan, Direktorat Jendral Bina Marga, 2006
4. Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Atas Aspal Beton (Laston), Direktorat Jendral Bina Marga, 2010
5. <http://id.wikipedia.org/wiki/Bentonite>(10/02/2013)
6. <http://achmadinblog.wordpress.com/2010/11/30/bentonit/>(10/02/2013)
7. Sukirman Silvia “**Perkerasan lentur jalan raya**”, Bandung, Bandung 1992.