

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Cangkang kerang mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dalam kadar yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan batu gamping, cangkang telur, keramik atau bahan lainnya. Hal ini terlihat dari tingkat kekerasan cangkang kerang. Semakin keras cangkang, maka semakin tinggi kandungan kalsium karbonatnya.

Limbah cangkang kerang dapat dijadikan alternatif untuk mengurangi limbah cangkang kerang yang ada di Indonesia yang notabene luas wilayahnya sebagian besar adalah laut. Kerang juga mempunyai banyak kegunaan, salah satunya diolah menjadi bahan makanan, sehingga cangkang kerangnya dapat menimbulkan limbah yang cukup banyak. Cangkang kerang merupakan bagian dari kerang yang tidak bisa dikonsumsi, sehingga hanya dibiarkan menumpuk menjadi limbah rumah tangga. Salah satu jenis kerang yang sering dijumpai di Indonesia adalah kerang darah (*Anadara Granosa*). Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kerang yaitu musim, suhu, salinitas, substrat, makanan, dan faktor kimia air lainnya yang berbeda-beda pada masing-masing daerah. Kerang darah banyak ditemukan pada substrat yang berlumpur. Kerang darah bersifat infauna yang hidup dengan cara membenamkan diri dibawah permukaan berlumpur. Pemanfaatan limbah cangkang kerang sebagai agregat kasar pada campuran aspal merupakan suatu langkah yang tepat dan strategis. Penggunaan limbah cangkang kerang ini dimaksudkan untuk memperoleh suatu campuran yang memiliki kestabilan dan kekuatan yang baik

sehingga bahan tersebut dapat dijadikan bahan pengganti alternatif agregat kasar. Penelitian ini menggunakan variasi persentase limbah cangkang kerang darah 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%. Berdasarkan penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (BM 2010).

Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat memberikan alternatif pemanfaatan limbah cangkang kerang darah sebagai agregat kasar pengganti kerikil pada campuran aspal.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Apakah ada pengaruh pemanfaatan limbah cangkang kerang sebagai agregat kasar pada campuran aspal terhadap karakteristik *Marshall*?
2. Manakah campuran dengan limbah cangkang kerang sebagai agregat kasar pada campuran aspal yang memiliki kualitas terbaik terhadap karakteristik *Marshall*?
3. Apakah kadar aspal yang digunakan mampu mendapatkan nilai kuat tekan yang lebih kuat dengan campuran cangkang kerang?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini bersifat uji laboratorium.
2. Persentase limbah cangkang kerang yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.

3. Kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5,5%.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan kajian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui berapa pengaruh dari pemanfaatan limbah cangkang kerang sebagai agregat kasar pada campuran aspal terhadap karakteristik Marshall.
2. Mengetahui apakah limbah cangkang kerang darah dengan variasi persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% pada campuran aspal terhadap karakteristik Marshall memenuhi persyaratan.
3. Mendapatkan hasil uji variasi cangkang kerang terhadap karakteristik Marshall dengan pengujian Marshall test untuk perkerasan jalan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Untuk memanfaatkan limbah cangkang kerang darah yang ada dilingkungan sekitar, kemudian dijadikan sebagai material buatan agregat kasar pada campuran aspal.
2. Melalui penelitian ini diharapkan masyarakat umum dapat mengetahui fungsi lebih dari limbah cangkang kerang darah dan menjadikan inovasi perkerasan jalan dengan menggunakan limbah cangkang kerang yang ada dilingkungan.
3. Mengurangi limbah cangkang kerang darah.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan ini diuraikan sebagai berikut:

1. **BAB I : PENDAHULUAN**, Bab ini berisi tentang penjelasan umum latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. **BAB II : LANDASAN TEORI**, Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai dasar teori dan metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah-masalah yang ada.
3. **BAB III: METODOLOGI PENELITIAN**, Bab ini berisi tentang penjelasan lokasi pengujian, metode penelitian, prosedur pengujian marshall, pengujian material, data dan alat-alat yang digunakan.
4. **BAB IV: ANALISA DATA**, Bab ini berisi tentang data perhitungan dan analisa yang dilakukan.
5. **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**, Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang dilakukan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

Berdasarkan bahan pengikatnya struktur perkerasan dibagi menjadi dua jenis yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*).

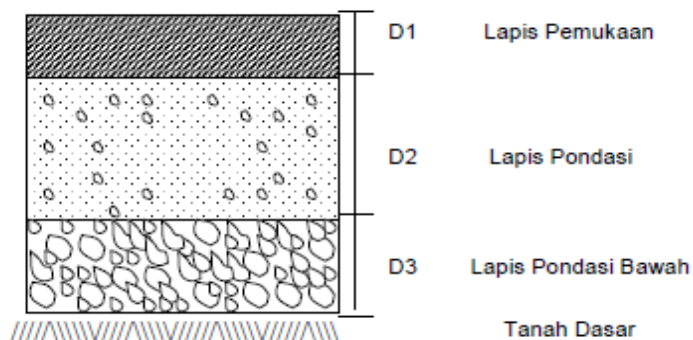
1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Pada umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk jalan yang lalu lintasnya ringan sampai sedang, seperti jalan perkotaan, perkerasan dengan konstruksi bertahap. (Sukirman, 2010).
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen portland (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan tulangan maupun tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau

tanpa lapisan pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton. (Sukirman, 2010).

Selain dari jenis perkerasan tersebut, di Indonesia sekarang sedang dicoba untuk mengembangkan jenis gabungan *rigid-flexible pavement* yaitu *composite pavement* merupakan perpaduan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

### 2.1.1 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya. Struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis yang makin kebawah memiliki daya dukung yang semakin jelek.



Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Lentur  
Sumber: Sukirman, S, 2010

Perkerasan lentur jalan dibangun dengan susunan sebagai berikut:

1. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang paling atas. Lapis permukaan bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan.

Lapis permukaan terdiri atas campuran agregat dan bahan pengikat yang

ditempatkan sebagai lapisan paling atas dan biasanya terletak diatas lapis pondasi. Lapis permukaan berfungsi untuk:

- a. Memberikan permukaan yang rata bagi kendaraan yang melintas diatasnya.
- b. Menahan gaya vertikal, horizontal, dan getaran dari beban roda, sehingga harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan roda beban selama masa pelayanan.
- c. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi lapisan dibawahnya.
- d. Sebagai lapisan aus.

2. Lapis pondasi atas (*base course*)

Lapis pondasi atas adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak dibawah lapis permukaan. Lapis pondasi atas dibangun diatas lapis pondasi bawah atau jika tidak menggunakan lapis pondasi bawah, langsung diatas tanah dasar. Lapis pondasi atas berfungsi untuk:

- a. Mendukung kerja lapis permukaan sebagai penahan gaya geser dari beban roda, dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya.
- b. Memperkuat konstruksi perkerasan, sebagai bantalan terhadap lapis permukaan.
- c. Sebagai lapis peresapan untuk lapis pondasi bawah.

3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang meneruskan beban di atasnya, dan selanjutnya menyebarkan

tegangan yang terjadi ke lapis tanah dasar. Biasanya terdiri dari material berbutir yang dipadatkan. Lapis pondasi bawah harus lebih bagus dari lapis dasar. Lapis pondasi bawah berfungsi untuk:

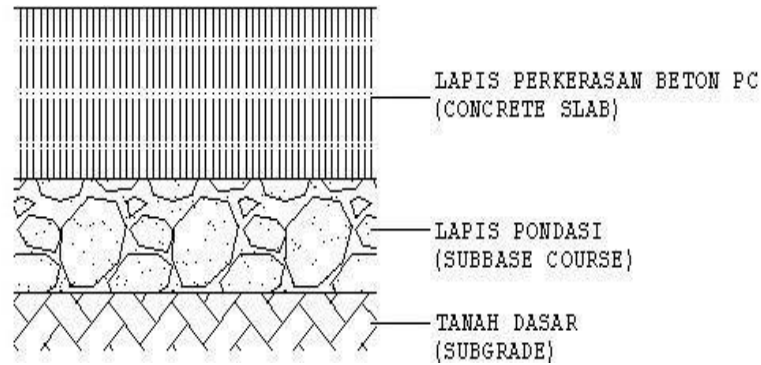
- a. Menyebarkan tekanan yang diperoleh ke tanah.
  - b. Mengurangi tebal lapis pondasi atas yang menggunakan material berkualitas lebih tinggi sehingga dapat menekan biaya yang digunakan dan lebih efisien.
  - c. Sebagai lapisan awal untuk melaksanakan pekerjaan jalan.
4. Tanah Dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk peletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Lapisan tanah dasar berfungsi sebagai tempat peletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya.

#### 2.1.2 Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) atau perkerasan beton semen adalah suatu konstruksi perkerasan dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan ikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Pada perkerasan kaku daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Dalam konstruksi perkerasan kaku, pelat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya.

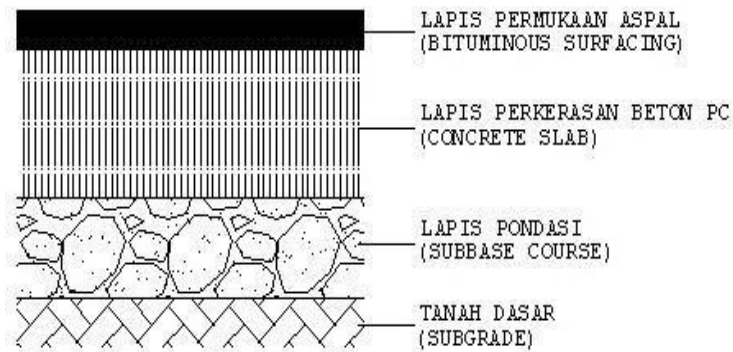




Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Kaku  
 Sumber: Sukirman, S, 2010

### 2.1.3 Perkerasan Komposit

Perkerasan komposite (*composite pavement*) adalah kombinasi antara perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas.



Gambar 2.3 Struktur Perkerasan Komposit  
 Sumber: Sukirman, S, 2010

## 2.2 Lapisan Aspal Beton (Laston)

Lapisan aspal beton (laston) adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2010), lapis aspal beton terdiri dari agregat, *filler* dan aspal, dicampur,

dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu, suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Menurut (Sukirman, 2003), lapisan aspal beton adalah beton aspal bergradasi rapat atau menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*asphalt concrete*) dimana karakteristik yang terpenting pada campuran aspal beton ini adalah stabilitas.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2010), spesifikasi campuran laston terdiri dari 3 macam campuran, yaitu:

1. Laston AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*).
2. Laston Antara AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*).
3. Laston Pondasi AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*).

#### 2.2.1 Laston AC-BC (*Asphalt Concrete - Binder Course*)

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi kemudian dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan. Jika semen aspal, maka pencampuran umumnya antara 145-155°C. Campuran ini dikenal dengan hotmix (Silvia Sukirman, 2003). Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal campuran panas ditinjau adalah AC-BC. Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*wearing course*) dan di atas lapisan pondasi (*base course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi

ketegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan dibawahnya yaitu *base* dan *subgrade* (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Lapisan dimana lapisan permukaan ini harus mampu menerima seluruh jenis beban yang bekerja. Fungsi dari lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai lapis permukaan yang tahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis dibawahnya dari rembesan air.
- b. Sebagai lapis pondasi atas.
- c. Sebagai lapis pembentuk pondasi jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan dan pemeliharaan jalan.

Sesuai dengan fungsinya, maka lapis beton atau perkerasan lentur mempunyai kandungan agregat dan aspal yang berbeda. Sebagai lapis pondasi maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air dan agregat yang digunakan agak kasar jika dibandingkan dengan aspal beton yang berfungsi sebagai lapis aus atau lapisan permukaan. Suatu perkerasan harus memiliki karakteristik tertentu agar kuat menahan beban, aman dan nyaman pada saat dilalui oleh kendaraan yang melintasinya (Sukirman, 2010).

#### 1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur atau *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan

terdiri dari kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan, tentu tidak memerlukan nilai stabilitas yang tinggi. Nilai stabilitas didapat dari hasil pembacaan *Marshall Test*.

## 2. Kelelehan (*Flow*)

*Flow* atau kelelehan merupakan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis aspal beton akibat menahan beban yang bekerja di atasnya. Nilai *flow* dapat langsung dibaca pada bagian arloji *flow* saat pengujian menggunakan *marshall test* dengan satuan mm. Nilai *flow* merupakan salah satu faktor penting untuk penentuan nilai Marshall Quotient, dimana *flow* merupakan nilai pembagi stabilitas, semakin kecil nilai *flow* yang didapat maka nilai Marshall Quotient akan semakin besar, dengan tetap berdasar pada spesifikasi bahwa nilai *flow* minimal 3 mm.

## 3. Durabilitas (*Durability*)

Keawetan atau durabilitas merupakan kemampuan aspal beton menerima repetisi beban lalu lintas seperti beban kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air atau perubahan temperatur.

## 4. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan jalan untuk dapat menyesuaikan diri akibat penurunan konsolidasi dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar tanpa terjadi retak.

5. Ketahanan Geser (*Skid resistance*)

Kekesatan permukaan atau ketahanan geser dapat diartikan sebagai kemampuan aspal beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir atau selip.

6. Kemudahan dalam proses pelaksanaan (*workability*)

Kemudahan suatu campuran aspal dihamparkan dan dipadatkan agar mencapai kepadatan yang diinginkan tanpa mengalami kesulitan.

7. Kedap Air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan campuran aspal beton untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan aspal beton.

## **2.3 Bahan Penyusun Campuran Aspal**

Bahan yang digunakan untuk penyusunan lapisan aspal terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal. Perencanaan campuran aspal bertujuan untuk mendapatkan proporsi campuran dari material yang digunakan untuk menghasilkan campuran yang sudah ditetapkan. Berdasarkan penjelasan diatas, berikut ini adalah penjelasan masing-masing bahan penyusun campuran aspal yaitu:

### **2.3.1 Agregat**

Agregat merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik yang berasal dari alam maupun buatan. Menurut (Silvia Sukirman, 2003) agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen. Agregat berfungsi sebagai bahan campuran beraspal yang dapat menahan beban yang ditanggung oleh

perkerasan jalan, sehingga kemampuan campuran beraspal menahan beban lalu lintas sangat dipengaruhi oleh mutu agregat itu sendiri.

Selain itu agregat juga dibagi berdasarkan ukuran butirnya menurut Bina Marga 2010, yaitu:

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

### 2.3.2 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil hasil perpecahan alami dari batuan alami atau berupa batu pecah yang didapatkan dari industri pemecahan batu dan memiliki ukuran butir antara 5-40 mm. Fungsi agregat kasar dalam campuran aspal panas yaitu memberikan kestabilan dalam campuran. Agregat kasar harus memiliki ketahanan yang relatif terhadap abrasi. Departemen Pekerjaan Umum (2010), menyatakan bahwa agregat kasar terdiri dari batu pecah dan kerikil pecah yang tertahan pada saringan no. 8 atau ukuran saringan 2,36 mm. Agregat harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung. Ketentuan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 03-3407-2008	Maks. 12%

*Lanjutan Tabel 2.1*

Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-2008	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-2011	Min. 95%
Kepipihan	ASTM D-4791	Maks. 10%
Partikel lonjong	ASTM D-4791	Maks. 10%
Berat jenis	SNI 03-1969-1991	Min. 2,5%
Penyerapan terhadap air	SNI 03-1969-1991	Maks. 3%
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

*Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2010)*

### 2.3.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat hasil pemecahan batu yang mempunyai sifat lolos saringan No. 8. Fungsinya untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci dan gesekan antar butiran. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2010), Agregat halus adalah material yang lulus saringan No. 8 atau ukuran saringan (2,36 mm) dan tertahan pada saringan No. 200, terdiri dari pasir atau hasil penyaringan batu pecah. Agregat harus dari bahan yang bersih, keras dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. Ketentuan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min, 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi halus min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material lolos saringan No. 200	SNI	Maks. 8%
Kadar lempung	SNI	Maks. 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASTHO atau ASTM C1252-93	Min. 40%
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10 cm)		Min.45%

Sumber: Spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum (2010)

#### 2.3.4 Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. Filler dalam campuran beton aspal adalah bahan yang 100% lolos saringan No. 100 dan paling kurang 75% lolos saringan No. 200. Fungsi filler yaitu untuk mengisi rongga antar agregat halus dan kasar yang dapat diperoleh dari hasil pemecahan batuan secara alami maupun buatan. Bahan pengisi terdiri dari debu batu kapur, abu terbang, debu tanur semen dan abu batu harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bahan lain yang mengganggu (Departemen Pekerjaan Umum, 2010). Bahan pengisi bertujuan untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi



adalah karena banyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volumenya. Selain itu bahan pengisi (*filler*) dapat mengurangi volume pori-pori atau rongga sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan dapat menurunkan permeabilitas campuran aspal. Penggunaan filler pada campuran aspal adalah untuk mengisi rongga dalam campuran, untuk mengikat daya ikat aspal, dapat meningkatkan stabilitas dari campuran aspal. 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. Penambahan kadar filler akan memperbaiki ketahanan campuran aspal terhadap temperatur tinggi.

### 2.3.5 Aspal

Aspal merupakan suatu cairan yang lekat atau berbentuk padat terdiri dari *didrocarbon* atau turunannya dan bersifat mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Aspal berwarna coklat tua sampai hitam yang bersifat melekatkan, padat atau semi padat, dimana sifat aspal menonjol tersebut didapat di alam atau penyulingan minyak (*Kerb, RD and Walker RD, 1971*). Aspal terbuat dari minyak mentah melalui proses penyulingan atau dapat di temukan dalam kandungan alam sebagai bagian komponen alam yang ditemukan bersama material lainnya seperti pada cengkungan bumi yang mengandung aspal. Aspal adalah material yang mempunyai sifat *visco-elastis* dan tergantung dari waktu pembebanan. Pada proses pencampuran dan proses pemadatan sifat aspal dapat

ditunjukkan dari nilai viskositasnya. Jenis aspal keras ditandai dengan angka penetrasi aspal. Angka menyatakan tingkat kekerasan aspal atau tingkat konsistensi aspal. Semakin besar angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin rendah, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin tinggi. Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah penetrasi 80/100 dan 60/70. Aspal pada lapis keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberi kekuatan yang lebih besar dari kekuatan agregat. Aspal adalah bahan yang *thermoplastis*, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer, demikian pula sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis keras, aspal dengan viskositas yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan lebih merata. Namun, pemanasan yang berlebihan terhadap aspal akan merusak molekul-molekul dari aspal, misalnya aspal menjadi getas dan rapuh. Aspal mempunyai sifat *thixotropy*, yaitu dibiarkan tanpa mengalami tegangan-tegangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu. Fungsi kandungan aspal dalam campuran juga berperan sebagai selimut penyelubung agregat dalam bentuk tebal film aspal yang berperan menahan gaya geser permukaan dan mengurangi penetrasi air dalam campuran. Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang didapat di suatu

tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Sedangkan aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi.

#### 1. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang secara alamiah terdapat di alam. Aspal ini secara umum didapat dengan atau tanpa proses permurnian atau penyulingan. Aspal ini terbentuk secara alami akibat proses geologi sejak ribuan tahun atau bahkan jutaan tahun yang lalu. Biasanya aspal alam terbentuk di daerah gunung yang dapat digunakan dengan sedikit pengolahan. Kadar dari aspal alam ini berkisar 10-45 % yang berkaitan dengan jenis dan porositas dari batuan. Aspal alam dapat dibedakan atas aspal danau (*lake asphalt*) dan aspal batu (*rock asphalt*).

#### 2. Aspal Buatan

Aspal buatan adalah aspal yang terbuat dari minyak bumi yang di proses dengan metode tertentu yang relatif rumit. Proses pembuatan aspal biasa dilaksanakan di industri khusus pembuatan aspal. Jenis aspal buatan yang biasa digunakan di Indonesia antara lain:

##### a. Aspal Keras

Aspal keras adalah aspal yang mempunyai tingkat kekerasan tinggi berkisar antara 60–80. Aspal keras ini biasanya digunakan untuk campuran hotmix perkerasan jalan aspal.

##### b. Aspal cair

Aspal cair adalah aspal yang berbentuk cair yang berfungsi sebagai bahan perkerasan jalan meliputi lapis resap pengikat (*primecoat*) dengan aspal

tipe MC-30, MC-70 atau MC-250. Selain itu juga digunakan sebagai lapis pengikat (tack-coat) dengan tipe RC-70 atau RC-250.

c. Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah aspal cair yang dikeraskan memakai bahan pengemulsi. Hasil dari proses tersebut adalah mengandung muatan listrik positif (kationik), listrik negatif (anionik), serta tidak bermuatan listrik (nonionik). Kelebihan aspal emulsi dari aspal yang lain adalah mudah digunakan, memiliki daya ikat yang baik dan tahan terhadap cuaca.

## **2.4 Gradasi Agregat**

Gradasi agregat merupakan kondisi agregat yang dibentuk untuk mencapai persyaratan yang diinginkan. Perbaikan yang dilaksanakan dengan metode pencampuran, jika agregat terlalu kasar maka dicampur dengan agregat yang lebih halus, demikian sebaliknya. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga dan pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat yang berukuran sama akan memiliki rongga dan berpori lebih banyak, karena tidak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang mengisi rongga yang ada. Sebaliknya campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil merata, maka rongga atau pori yang terjadi sedikit. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan agregat berukuran besar akan diisi oleh agregat yang berukuran kecil (Sukirman, 2010).

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya dan ukuran butiran agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 1 inci,  $\frac{3}{4}$  inci,  $\frac{1}{2}$  inci,  $\frac{3}{8}$  inci, No. 4, No.

8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100 dan No. 200. Gradasi yang digunakan untuk lapis AC-BC dapat dilihat pada Tabel 2.3 dibawah ini:

Tabel 2.3 Spesifikasi Gradasi Agregat Laston AC-BC

Ukuran Ayakan		% Berat Lolos Terhadap Total Agregat	
		AC-BC	
ASTM	(mm)	Gradasi Halus	Gradasi Kasar
1"	25		
¾"	19	100	100
½"	12,5	90-100	90-100
3/8"	9,5	64-82	71-90
No. 4	4,75	47-64	58-80
No. 8	2,36	34,6-49	37-56
No. 16	1,18	28,3-38	23-34,6
No. 30	0,600	20,7-28	15-22,3
No. 50	0,300	13,7-20	10-16,7
No. 100	0,150	4-13	5-11
No. 200	0,075	4-8	4-8

Sumber: Ketentuan Pekerjaan Umum

## 2.5 Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Kerang merupakan hewan air yang termasuk hewan bertubuh lunak (*molluska*). Berasal dari bahasa latin, *molluscus* yang berarti lunak, tubuhnya lunak dan tidak bersegmen, terbungkus oleh mantel yang terbuat dari jaringan khusus, umumnya dilengkapi dengan kelenjar-kelenjar yang dapat menghasilkan cangkang. Kerang darah dengan nama ilmiah *Anadara Granosa* merupakan salah satu jenis kerang yang banyak ditemukan dikawasan Asia Timur dan Asia Tenggara (Masindi dan

Herdyastuti, 2017). Kerang darah (*Anadara Granosa*) adalah sejenis kerang yang biasa dimakan oleh warga Asia Timur dan Asia Tenggara. Anggota suku Arcidae menyebut kerang darah karena kerang ini menghasilkan hemoglobin berupa cairan merah. Kerang ini menghuni kawasan Indo-Pasifik dan tersebar dari pantai Afrika Timur sampai ke Polinesia. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kerang yaitu musim, suhu, salinitas, substrat, makanan, dan faktor kimia air lainnya yang berbeda-beda pada masing-masing daerah. Kerang darah banyak ditemukan pada substrat yang berlumpur.

Kerang darah bersifat infauna yang hidup dengan cara membenamkan diri dibawah permukaan lumpur. Ciri-ciri dari kerang darah adalah mempunyai dua keping cangkang yang tebal, ellips, dan kedua sisi sama. Cangkang berwarna putih ditutupi periostrakum yang berwarna kuning kecoklatan sampai coklat kehitaman. Ukuran kerang dewasa 6-9 cm. Kerang darah biasanya banyak dijumpai di daerah yang lebih jauh dari muara sungai karena muara sungai merupakan daerah yang paling banyak terkena dampak bahan pencemar dan kegiatan perikanan. Kerang darah merupakan salah satu jenis kerang yang mempunyai nilai ekonomis yang baik dan disukai oleh masyarakat.

Budidaya kerang darah sudah dilakukan karena memiliki nilai ekonomi yang baik. Kerang ini menghuni kawasan Indo-Pasifik seperti negara India, Srilangka, negara Asia Tenggara seperti Indonesia, Malaysia, Philipina dan Thailand. Kerang darah mempunyai rasa yang gurih karena mengandung lemak dan kadar protein yang tinggi. Meskipun biasanya direbus atau dikukus, kerang ini dapat pula digoreng atau dijadikan sate dan makanan kerang lainnya.

### 2.5.1 Cangkang Kerang Darah

Kerang darah (*Anadara Granosa*) merupakan jenis kerang yang populer di Indonesia. Kerang darah memiliki salah satu kegunaan yaitu diolah sebagai makanan, sehingga cangkang kerang darah yang merupakan bahan sisa produksi makanan dapat menimbulkan limbah yang cukup banyak. Cangkang kerang darah kebanyakan dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan kapur sirih, aksesoris dan souvenir. Selain itu, pemanfaatan cangkang kerang darah juga dapat dijadikan sebagai objek dalam penelitian. Dimana cangkang kerang darah ini memiliki potensi yang baik sebagai adsorben pada penghilang ion logam berat. Kalsium karbonat, magnesium, fosfor merupakan kandungan mineral dalam cangkang kerang darah. Kalsium karbonat inilah yang nantinya akan menjadi sumber kalsium pada adsorben yang akan menyerap ion logam berat.

Cangkang kerang pada kenyataannya mengandung senyawa kapur CaO dengan persentase 97,9%. Senyawa CaO ini merupakan salah satu senyawa kimia utama penyusun semen (Shinta Mario Siregar, 2009). Kandungan kalsium oksida cukup tinggi dalam cangkang kerang darah. Kalsium oksida merupakan bahan yang dapat meningkatkan proses pengerasan saat semen berhidrasi dengan aspal dan menyerap karbon dioksida dalam udara.

Dari penjelasan umum diatas cangkang kerang darah mengandung kapur, silikat dan alumina. Adapun komposisi senyawa yang terkandung dalam cangkang kerang darah dapat dilihat pada Tabel 2.4 dibawah ini:

Tabel 2.4 Unsur Senyawa Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Komponen	Cangkang kerang (kadar % berat)
CaO	67,072
SiO <sub>2</sub>	8,252
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,402
MgO	22,652
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,622

Sumber: Annur, 2013

Berikut adalah Gambar 2.4 yang menunjukkan cangkang kerang darah yang digunakan dalam penelitian:



Gambar 2.4 Cangkang Kerang Darah  
Sumber: Dokumentasi Penelitian



## 2.6 Pengujian Metode *Marshall*

Karakteristik campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat *Marshall*. Metode pengujian campuran aspal dengan alat *Marshall* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap keelehan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Perbandingan antara stabilitas dan keelehan dikenal sebagai *Marshall Quetiont*, yaitu sebuah gambaran kekakuan ang merupakan ukuran ketahanan benda uji terhadap deformasi. Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan ssuatu campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan di dalam kriteria perencanaan. *Marshall Test* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) yang berkapasitas berat 2500 kg atau 5000 pon. *Proving ring* yang dilengkapi dengan arloji pengukur guna untuk mengukur stabilitas campuran, sedangkan arloji keelehan (*flow meter*) yang berfungsi untuk mengukur keelehan plastis (*flow*). Setelah melakukan *marshall test* menurut Sukirman (2010), metode *marshall* akan memperoleh data-data sebagai berikut:

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi keelehan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pon.

2. Keelehan Plastis (*Flow*)

*Flow* adalah perubahan bentuk benda uji saat akan runtuh dari pembacaan dial *flow* pada saat pengujian *marshall* dengan satuan mm.

Menurut Sukirman (2010), apabila uji *marshall* telah dilakukan maka akan dilanjutkan perhitungan sebagai berikut:

### 2.6.1 Spesifikasi Volume Rata-rata

Spesifikasi volume rata-rata dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Volume sampel} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

d = Diameter sampel

t = Tinggi sampel

### 2.6.2 Kepadatan Benda Uji Rata-rata

Kepadatan benda uji rata-rata dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kepadatan} = \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \dots\dots\dots (2.2)$$

### 2.6.3 Berat Isi Benda Uji (*Bulk Density*)

Berat isi benda uji (*Bulk Density*) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat Isi Benda Uji} = \frac{\text{Berat SSD}}{\text{Berat Dalam Air}} \dots\dots\dots (2.3)$$

### 2.6.4 Berat Jenis Maksimum Campuran (*Max Theory Density*)

Berat jenis maksimum campuran (*Max Theory Density*) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Maksimum Campuran} = \frac{100}{\frac{A}{T} + \frac{(100-A)}{V}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

A = Persen aspal terhadap agregat

T = Berat jenis efektif aspal

V = Berat jenis efektif agregat

### 2.6.5 Persen Volume Efektif Asphalt Concrete

Persen volume efektif asphalt concrete dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persen Volume Efektif Asphalt Concrete} = \frac{(A \times H)}{T} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

A = Persen aspal terhadap agregat

H = Berat isi benda uji rata-rata

T = Berat jenis efektif aspal

### 2.6.6 Persen Volume Agregat

Persen volume agregat dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persen Volume Agregat} = \frac{(100-A) \times H}{V} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

A = Persen aspal terhadap agregat

H = Berat isi benda uji rata-rata

V = Berat jenis efektif rata-rata

### 2.6.7 Persen Rongga dalam Agregat Mineral (VMA / Void in Mineral Agregate)

VMA dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{VMA} = 100 - \frac{(H \times B)}{V} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

VMA = *Void in Mineral Agregat* (Rongga dalam agregat mineral)

B = Persen aspal terhadap campuran

H = Berat isi benda uji rata-rata

V = Berat jenis efektif rata-rata

#### 2.6.8 Persen Rongga dalam Campuran (VIM / *Void In Mix Agregate*)

VIM dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$VIM = \frac{(D \times C)}{D} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

VIM = *Void In Mix Agregate* (Rongga dalam campuran)

D = Kadar aspal

C = Berat isi benda uji

#### 2.6.9 Persen Rongga yang Berisi Aspal (VFB / *Void Filled by Bitumen*)

VFB dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$VFB = 100 \times \frac{(G \times H)}{G} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

VFB = *Void Filled by Bitumen* (Rongga terisi aspal)

G = Persen rongga dalam mineral

H = Persen rongga dalam campuran

#### 2.6.10 Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*flow*) dapat dihitung atau dibaca pada arloji pengukuran pada saat pengujian *marshall* dengan satuan mm.

### 2.6.11 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S = p \times q \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

S = Stabilitas (kg)

p = Kalibrasi alat *marshall*

q = Pembacaan dial *marshall*

### 2.6.12 *Marshall Quotient* (MQ)

*Marshall Quotient* adalah hasil pembagian dari nilai stabilitas dengan *flow*.

Pada nilai MQ yang kecil menunjukkan kekuatan lapis perkerasan tinggi dan berakibat mudah retak-retak, sebaliknya pada nilai MQ yang besar menunjukkan terlalu plastis yang berakibat perkerasan mengalami deformasi yang besar bila menerima beban lalu lintas. Sehingga rendahnya nilai MQ dapat mengakibatkan alur dan bleeding. MQ dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$MQ = \frac{S}{F} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg)

S = *Stability*

F = *Flow*