

## **BAB II**

### **KERANGKA TEORITIS, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS PENELITIAN**

#### **2.1 Kerangka Teori**

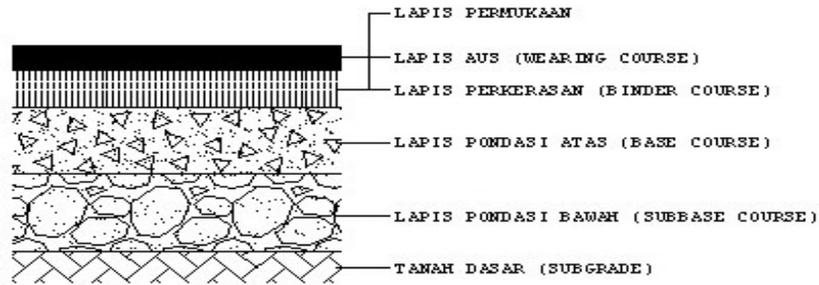
##### **2.1.1 Perkerasan Jalan**

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. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusunan perkerasan jalan sangat diperlukan, Silvia Sukriman (2003:1).

##### **2.1.1.1 Jenis Perkerasan dan Komponennya**

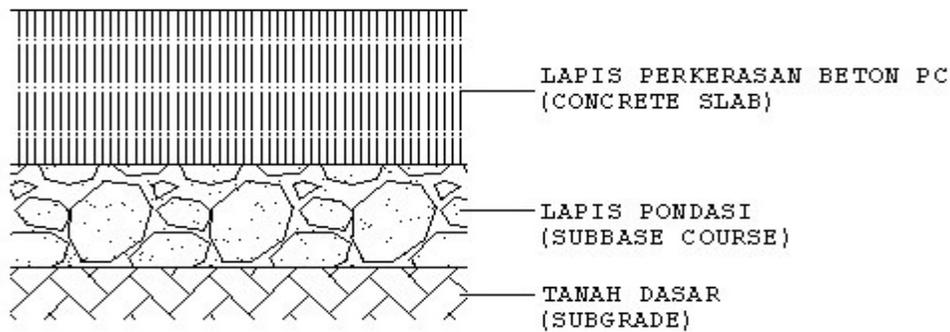
Menurut Sukirman (1999:4), berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan raya dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

1. Perkerasan lentur, yaitu lapis keras yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu-lintas ke tanah dasar.



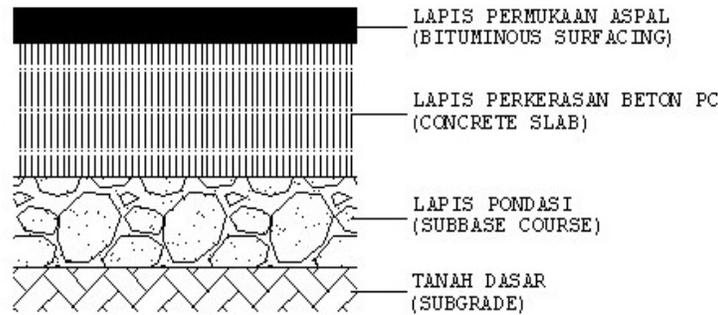
**Gambar 2.1 Komponen Perkerasan Lentur**

- Perkerasan kaku, yaitu lapis keras yang menggunakan semen PC sebagai bahan ikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu-lintas diterima oleh pelat beton.



**Gambar 2.2 Komponen Perkerasan Kaku**

- Perkerasan komposit, yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.



**Gambar 2.3 Komponen Perkerasan Komposit**

### 2.1.1.2 Lapis Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur sebagai lapisan yang bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu-lintas haruslah memenuhi syarat berikut (Sukirman, 1999, hal. 6) :

1. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban ke tanah dasar.
2. Kedap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
3. Permukaan yang mudah mengalirkan air sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
4. Kekakuan untuk memikul beban tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Menurut Sukirman (1999) perkerasan lentur terdiri dari lapisan–lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan–lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu–lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Konstruksi perkerasan terdiri dari :

1. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapisan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapis penahan beban roda, lapisan kedap air, lapis aus (*wearing course*) dan lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.

2. Lapisan pondasi atas (*base course*)

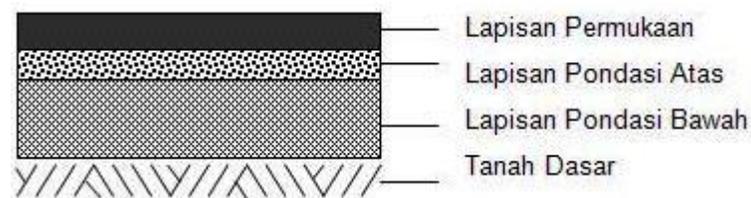
Lapisan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan, berfungsi sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya, sebagai lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah, dan untuk bantalan terhadap lapis permukaan.

3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Merupakan lapisan diantara lapis pondasi atas dan tanah dasar, berfungsi sebagai penyebar beban roda ke tanah dasar, untuk efisiensi penggunaan material, sebagai lapis persapan, lapisan pencegah partikel-partikel halus dari tanah dan sebagai lapisan pertama di atas tanah dasar.

4. Lapisan tanah dasar (*sub grade*)

Merupakan lapisan tanah setebal 50-100 cm dimana bagian atasnya diletakkan lapisan pondasi bawah.



**Gambar 2.4 Lapisan Perkerasan Jalan**

### **2.1.2 Lapis Aspal Beton (LASTON)**

Menurut Pedoman Teknik No. 025/T/BM/1999, Lapis Beton Aspal (Laston) adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural, dalam arti lapis perkerasan tersebut mempunyai tingkat stabilitas dan ketahanan dalam menerima beban kendaraan serta memiliki sifat kedap air. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian untuk pekerjaan dilapangan campuran material tersebut diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Produk campuran beton aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah AC-WC, AC-BC dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak. AC-WC digunakan untuk lapis permukaan dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang.

Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan harus berada di luar daerah larangan (*restriction zone*) yang diberikan dalam Tabel 2.1 dengan membandingkan jenis AC-BC yang mempunyai ukuran butir agregat maksimum 25 mm atau 1 inci dan AC-Base 37,5 mm atau 1½ inci, sedangkan AC-WC mempunyai ukuran butir agregat maksimum 19 mm atau ¾ inci.

**Tabel 2.1 Standar Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal**

<b>% Berat Yang Lolos</b>				
Ukuran Saringan				
<b>LASTON (AC)</b>				
<b>(inci)</b>	<b>(mm)</b>	<b>AC-WC</b>	<b>AC-BC</b>	<b>AC-BASE</b>
1½ “	37,5	-	-	100
1 “	25	-	100	90-100
¾ “	19	100	90-100	Maks. 90
½ “	12,5	90-100	Maks. 90	-
⅜ “	9,5	Maks. 90	-	-
No.4	4,75	-	-	-
No.8	2,36	28-58	23-49	19-45
No.16	1,18	-	-	-
No.30	0,60	-	-	-
No.200	No.200	4-10	4-8	3-7
<b>DAERAH LARANGAN</b>				
No.4	4,75	-	-	39,5
No.8	2,36	39,1	34,6	26,8-30,8
No.16	1,18	25,6-31,6	22,3-28,3	18,1-24,1
No.30	0,60	19,1-23,1	16,7-20,7	13,6-17,6
No.50	0,30	15,5	13,7	11,4

Sumber: Bina Marga 2010

Sedangkan ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas di Indonesia seperti campuran beraspal jenis AC-WC adalah ketentuan yang telah dikeluarkan oleh Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, yaitu seperti yang tertera dalam Tabel 2.2 di bawah ini.

**Tabel 2.2 Ketentuan Sifat Campuran Laston**

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base
Jumlah tumbukan per bidang		75	75	112
Penyerapan Aspal %	Max	1,2	1,2	1,2
Rongga dalam campuran (VIM), %	Min	3,5	3,5	3,5
	Max	5,5	5,5	5,5
Rongga dalam agregat (VMA), %	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFB), %	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall, kg	Min	800	800	1500
	Max	-	-	-
Pelelehan, mm	Min	3	3	5
Marshall quotient, kg/mm	Min	250	250	300
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C pada VIM	Min	80	80	80

---

±7%

---

Rongga dalam campuran

pada kepadatan membal Min 2,5 2,5 2,5  
(refusal)

---

*Sumber:* Bina Marga 2010

### **2.1.3 Aspal**

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) aspal adalah campuran hidrokarbon alam yang amorf, berwarna cokelat hitam dan berupa zat padat atau setengah padat yang dihasilkan dari minyak bumi dengan suhu pembakaran tinggi.

Aspal sering juga disebut dengan istilah bitumen, karena aspal yang didefinisikan material berwarna hitam atau coklat tua itu mengandung hidrokarbon. Menurut Silvia Sukirman (1999:59), aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat, dan bersifat termoplastis, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperaur turun, bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan.

Aspal diperoleh dari proses destilasi minyak tanah mentah dan terdiri dari tiga macam, yaitu aspal keras/panas yang digunakan dalam keadaan cair dan panas serta penyimpanannya dalam bentuk pampat di temperatur ruang, aspal dingin/cair yang digunakan dalam keadaan cair dan dingin, dan aspal emulsi yang digunakan dalam keadaan dingin dan panas juga digunakan untuk campuran dingin atau penyemprotan dingin. Fungsi kandungan aspal dalam campuran juga berperan sebagai selimut penyelubung agregat dalam bentuk tebal film aspal yang berperan menahan gaya geser permukaan dan mengurangi kandungan pori udara yang lebih lanjut juga

berarti mengurangi penetrasi air dalam campuran. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan laston berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran atau 10-15% berdasarkan volume campuran.

Aspal yang biasa digunakan di Indonesia untuk campuran laston dapat berupa aspal keras pen 60 atau pen 80 yang harus memenuhi persyaratan sebagaimana tertera dalam Tabel 2.3 :

**Tabel 2.3 Persyaratan Aspal Keras**

Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Persyaratan				Satuan
		Pen 60		Pen 80		
		Min	max	min	max	
1. Penetrasi	SNI 06-2456-1991	60	79	80	99	0,1 mm
2. Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	48	58	46	54	°C
3. Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	200	-	225	-	°C
4. Kehilangan berat	SNI 06-2441-1991	-	0,4	-	0,6	% berat
5. Kelarutan	SNI 06-2438-1991	99	-	99	-	% berat
6. Daktilitas (25°C, 5 cm /	SNI 06-2432-1991	100	-	100	-	Cm
7. Penetrasi	SNI 06-2456-1991	75	-	75	-	% awal
8. Berat jenis (25°C)	SNI 06-2488-1991	1	-	1	-	gr/cc

Sumber: (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1983)

### 2.1.3.1 Jenis-jenis Aspal

#### 1. Aspal alam

Aspal alam adalah aspal yang didapat di tempat alam seperti aspal di Pulau Buton, dan adapula yang diperoleh di Pulau Trinidad berupa aspal danau. Indonesia memiliki aspal alam yaitu di Pulau Buton yang terkenal dengan nama Asbuton (Aspal Pulau Buton). Aspal ini

merupakan campuran antara bitumen dan mineral dari ukuran debu sampai ukuran pasir yang sebagian besar merupakan mineral kapur. Suprpto (2004:11).

## 2. Aspal minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *paraffin base crude oil* yang banyak mengandung parafin, atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*. Suprpto (2004:14).

### 2.1.3.2 Sifat Kimia Aspal

Menurut Bambang Irianto (1988:1), aspal keras dihasilkan melalui proses destilasi minyak bumi. Minyak bumi yang digunakan terbentuk secara alami dari senyawa – senyawa organik yang telah berumur ribuan tahun di bawah tekanan dan variasi temperatur yang tinggi. Susunan struktur internal aspal dapat ditentukan oleh susunan kimia molekul – molekul yang terdapat dalam aspal tersebut. Susunan molekul aspal sangat kompleks dan didominasi ( 90 – 95% dari berat aspal) oleh unsur karbon dan hidrogen. Oleh sebab itu, senyawa aspal seringkali disebut sebagai senyawa hidrokarbon. Sebagian kecil sisanya ( 5 – 10%), dari dua jenis atom, yaitu: heteroatom dan logam. Unsur – unsur heteroatom seperti nitrogen, oksigen, dan sulfur.

### 2.1.3.3 Sifat Fisik Aspal

Sifat fisik aspal keras mencakup berat jenis, daktilitas, titik lembek, penetrasi, dan titik nyala.

#### a. Berat Jenis

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui dan menentukan berat jenis bitumen atau aspal. Hasil dari pengujian ini didapat dari perbandingan berat antara bitumen dengan air suling pada volume yang sama pada suhu tertentu.

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

Keterangan:

A = Berat picnometer dengan tutupnya (gr)

B = Berat picnometer berisi air suling (gr)

C = Berat picnometer berisi aspal (gr)

D = Berat picnometer berisi aspal dan air (gr)

#### b. Daktilitas

Daktilitas ditunjukkan oleh panjangnya benang aspal yang ditarik hingga putus. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI 06-2432-1991, dengan alat yang terdiri atas cetakan, bak air dan alat penarik.

#### c. Titik Lembek

Prosedur pengujian berdasarkan SNI 06-2434-1991. Konsistensi bitumen ditunjukkan oleh temperatur dimana aspal berubah bentuk karena perubahan tegangan. Hasilnya digunakan untuk menentukan temperatur kelelahan dari aspal.

#### d. Penetrasi Bahan Bitumen

Pengujian ini dilakukan berdasarkan AASHTO T 48 atau SNI 06-2456-1991 yang dimaksudkan untuk menetapkan nilai kekerasan aspal. Berdasarkan pengujian ini aspal keras dikategorikan dalam beberapa tingkat kekerasan. Pengujian ini merupakan pengukuran secara empiris terhadap konsistensi aspal. Kekerasan aspal diukur dengan jarum penetrasi standar yang masuk ke dalam permukaan bitumen pada temperatur 25°C, beban 100 gr dan waktu 5 detik.

e. Titik Nyala dengan *Cleveland Open Cup*

Penentuan titik nyala dilakukan berdasarkan SNI 06-2433-1991, bertujuan untuk memastikan bahwa aspal cukup aman untuk pelaksanaan. Titik nyala yang rendah menunjukkan indikasi adanya minyak ringan dalam aspal.

#### **2.1.4 Agregat**

Agregat atau batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan. Silvia Sukirman (1999:41).

Berdasarkan proses pengolahannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Agregat alam, yaitu agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Dua bentuk agregat alam yang sering dipergunakan adalah kerikil dan pasir.

2. Agregat buatan, yaitu agregat yang harus melalui proses pemecahan terlebih dahulu dengan mesin pecah agar partikel yang dihasilkan dapat terkontrol.

Berdasarkan besar partikel-partikel agregat, agregat dapat dibedakan menjadi::

1. Agregat kasar, agregat  $> 4,75$  mm menurut ASTM.
2. Agregat halus, agregat  $< 4,75$  mm menurut ASTM.
3. Abu batu/mineral *filler*, agregat yang umumnya lolos saringan No. 200.

#### 2.1.4.1 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi dari variasi ukuran butir agregat. Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga dalam campuran dan menentukan *workability* (kemudahan dalam pekerjaan) serta stabilitas campuran.

Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan, dimana sampel agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawat dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inci persegi dari saringan tersebut.

Ukuran butir agregat menurut AASHTO T27-88 atau SNI 03-1968-2002 disajikan pada Tabel 2.4 di bawah ini:

**Tabel 2.4 Ukuran Butir Agregat**

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4 inci	100,00	3/8 inci	9,5
$3 \frac{1}{2}$ inci	90,00	No. 4	4,75
3 inci	75,00	No. 8	2,36

$2\frac{1}{2}$ inci	63,00	No. 16	1,18
2 inci	50,00	No. 30	0,6
$1\frac{1}{2}$ inci	37,50	No. 50	0,3
1 inci	25,00	No. 100	0,15
$\frac{3}{4}$ inci	19,00	No. 200	0,075
$\frac{1}{2}$ inci	12,50		

Sumber : SNI 03-1737-1989, *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton*

(Laston) Untuk Jalan Raya

Analisis saringan dapat dilakukan dengan cara basah atau kering. Analisis basah dilakukan untuk menentukan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200, mengikuti manual SNI-M-02-1994-03 atau AASHTO T27-88. Pemeriksaan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200, dengan menggunakan saringan basah dapat dilanjutkan dengan mengeringkan benda uji dan selanjutnya melakukan pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar (Silvia Sukirman, 1999:44).

#### 2.1.4.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah batuan atau material yang tertinggal pada ayakan saringan No. 8 atau 2,36 mm (ASTM *Standart*) yang terdiri dari batu pecah atau koral atau kerikil pecah (Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya, 1987).

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 28/PRT/M/2007, agregat kasar harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a) Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm) dan haruslah bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan.
- b) Fraksi agregat kasar harus batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal. Ukuran maksimum (*maximum size*) agregat adalah satu saringan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum (*nominal maximum size*). Ukuran nominal maksimum adalah satu saringan yang lebih kecil dari saringan pertama (teratas) dengan bahan tertahan kurang dari 10%.
- c) Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari saringan No. 8 (2,36 mm) dengan muka bidang pecah satu atau lebih.
- d) Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke *AMP* dengan melalui pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.
- e) Batas-batas yang ditentukan dalam partikel kepipihan dan kelonjongan dapat dinaikkan oleh Direksi Pekerjaan bilamana agregat tersebut memenuhi semua ketentuan lainnya dan semua upaya yang dapat dipertanggung jawabkan telah dilakukan untuk memperoleh bentuk partikel agregat yang baik.
- f) Pembatasan lolos saringan No. 200 (0,075 mm) < 1%, pada saringan kering karena agregat kasar yang didekati lumpur tidak dapat dipisahkan pada waktu pengeringan sehingga tidak dapat dilekati aspal.

**Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Kasar**

Pengujian	Standar	Nilai
-----------	---------	-------

Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 03-3407-1994	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Angularitas	SNI 03-6877-2002	95/90(*)
Partikel pipih dan lonjong (**)	SNI T-01-2005	Maks. 10%
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

*Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 28PRT/M/2007*

Catatan:

(\*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

(\*\*) Pengujian dengan perbandingan lengan alat uji terhadap poros 1 : 5

### **2.1.4.3 Agregat Halus**

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 28/PRT/M/2007, agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a) Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) sesuai SNI 03-6819-2002.
- b) Fraksi agregat kasar, agregat halus mesin, dan pasir harus ditumpuk terpisah.
- c) Pasir boleh digunakan dalam campuran aspal dengan persentase maksimum yang disarankan untuk laston (AC) adalah 10%.

- d) Agregat halus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu. Agar dapat memenuhi ketentuan mutu, batu pecah halus harus diproduksi dari batu yang bersih.
- e) Agregat halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke *AMP* dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah sedemikian rupa sehingga rasio agregat pecah halus dan pasir dapat dikontrol dengan baik
- f) Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.6 berikut:

**Tabel 2.6 Persyaratan Agregat Halus**

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 45%
Material lolos saringan No. 200 (0,075 mm)	SNI 03-4142-1996	Mak. 8%
Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min. 45%

*Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 28PRT/M/2007*

#### **2.1.4.4 Berat Jenis Agregat**

Berat jenis agregat merupakan perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Penyerapan adalah perbandingan antara berat air yang terserap agregat dan berat agregat. Penyerapan dan dua jenis berat jenis yang dapat ditentukan berdasarkan SNI-03-1969-1990 yaitu :



Alat dan prosedur pengujian diuraikan pada SNI 03-4141-1996, secara garis besar adalah sebagai berikut :

Agregat yang berukuran tertahan saringan 1,18 mm dipisahkan menjadi beberapa fraksi dan direndam sekitar 24 jam. Butiran-butiran tersebut diremas dengan jari guna melihat apakah agregat tersebut mudah pecah atau tidak. Butiran halus yang terjadi disaring dan ditimbang. Persentase dari setiap fraksi ukuran agregat yang mudah pecah kemudian ditentukan dengan formula sebagai berikut :

$$P = \frac{W-R}{W} \times 100\%$$

Dengan pengertian:

P = gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat (%).

W = berat benda uji (gram).

R = berat benda uji kering oven yang tertahan pada masing-masing ukuran saringan setelah dilakukan penyaringan basah (gram).

### **2.1.5 Bahan Pengisi (*Filler*)**

Bahan pengisi merupakan jenis mikro agregat yang harus lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Spesifikasi standar bahan pengisi untuk campuran perkerasan lentur jalan raya (SNI 03-1737-1989) adalah sebagai berikut :

1. Bahan pengisi harus terdiri dari serbuk batu, serbuk batu kapur, kapur padam, semen (PC) atau bahan non-plastis lainnya.

2. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan, mempunyai sifat non plastis dan apabila dilakukan pemeriksaan analisa saringan harus memenuhi gradasi yang ditunjukkan pada tabel 2.8.

**Tabel 2.8 Persyaratan gradasi *filler***

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos
No. 200 (0,074 mm)	75-100

*Sumber:* SNI 03-4142-1996

### **2.1.6 Limbah Serbuk Batu Marmer**

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia marmer adalah batuan metamorf terdiri dari mineral karbonat yang mengkristal kebanyakan kalsit dan dolomit. Marmer merupakan batuan hasil proses metamorfosa atau peralihan dari batu gamping. Pengaruh suhu dan tekanan yang dihasilkan oleh gaya endogen yang menyebabkan terjadi rekristalisasi pada batuan tersebut membentuk berbagai foliasi maupun non foliasi. Marmer Indonesia diperkirakan berumur sekitar 30-60 juta tahun. Warna asli marmer adalah putih, tetapi terdapat warna pengotor yang justru membuat marmer menjadi menarik. Mineral pengotor antara lain grafit memberi warna hitam-coklat, pyrit, ilmenit memberi warna coklat-kemerahan. Sukandar rumidi (1999:1).

Di Indonesia penyebaran marmer cukup banyak, penggunaan marmer tersebut bias dikategorikan kepada dua penampilan atau motif yaitu tipe *ordinario* dan tipe *staturio*. Tipe *ordinario* biasanya digunakan untuk pembuatan tempat mandi, meja, dinding dan sebagainya, sedangkan tipe *staturio* sering dipakai untuk seni pahat dan patung. Marmer diperoleh dari alam melalui kegiatan penambangan.

Bahan galian batu marmer di Indonesia dapat ditemukan pada beberapa provinsi diantaranya yaitu :

**Tabel 2.9 Daerah penghasil batu marmer**

No	Nama Provinsi	Nama Daerah
1	Sulawesi	Tonasa.
2	Sumatra Utara	Pulau Nias.
3	Sumatra Barat	Sijunjung dan Solok. Tanjung Kemala, Padang Cermin dan daerah Lampung. Palimanan, G. Kromong dekat Cirebon,
4	Jawa Barat	Citatah dan Sukabumi.
5	Jawa Tengah	Purwokerto dan Bayat Klyaen.
6	Jawa Timur	Panggul (Madura), Besole (Tulung Agung) dan Campurdarat.

---

*Sumber : Sukandarrumidi, 1999*

Pengolahan batuan (blok) marmer menjadi ubin hingga menghasilkan limbah marmer yang berbentuk bubuk melalui beberapa tahapan-tahapan. Mulai dari penambangan batuan marmer, selanjutnya hasil penambangan diangkut dengan truk menuju lokasi pengolahan. Setelah tiba di lokasi pengolahan, dilakukan beberapa tahap proses produksi secara berurutan, meliputi blok pemotong (*cutting block*) untuk memotong blok marmer menjadi slab. Lembaran slab yang besar ini kemudian dipotong pada bagian ujungnya agar rata (*cross cutting*). Selanjutnya slab ini dipotong pada salah satu permukaannya sesuai ukuran yang diinginkan

(*calibrating*). Hasil dari perataan permukaan ini yang masih mempunyai lubang-lubang kecil yang ditutup dengan menggunakan dempul. Untuk melicinkan permukaan setelah slab ini didempul, dilakukan pengerjaan poles (*polishing*). Slab yang telah mengkilap ini dipotong – potong sesuai ukuran yang dikehendaki. Akhirnya menghasilkan produk marmer, di samping itu juga menghasilkan limbah serbuk serta limbah potongan marmer, dalam proses pengolahan marmer ini menggunakan air sebanyak  $\pm 1000$  liter. Sehingga mengeluarkan limbah cair yang melalui saluran ke kolam penampungan, setelah mengalami pengendapan maka air dan serbuk marmer terpisah. (Ferriyal, 2005:12).



**Gambar 2.5 Serbuk Limbah Marmer**

Limbah serbuk batu marmer ini didapat dari UD. Anak Agung di Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur.

Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan berbutir halus yang lolos saringan No.200 minimum 75%. Bahan pengisi harus terdiri dari debu batu kapur (*limestone dust, calcium carbonate*), atau debu kapur padam yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2006), semen atau mineral yang berasal dari asbuton yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-

4142-1996 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 tidak kurang dari 75% terhadap beratnya (DPU, 2010).

Hasil pengujian analisa saringan limbah serbuk batu marmer yang dilakukan di balai irigasi mencapai 96% yang lolos dengan ukuran saringan No.200 dan didapatkan berat jenis sebesar 2,7912 dengan persyaratan minimum sebesar 2,5. Sehingga dapat dikatakan bahwa limbah serbuk batu marmer dapat digunakan sebagai *filler*.

### **2.1.7 Metode *Marshall***

Metode *Marshall* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengukur ketahanan (stabilitas) terhadap keelehan (*flow*) dari campuran aspal. Metode ini pertama kali dilakukan oleh Bruce Marshall yang selanjutnya dikembangkan oleh *U.S Corps of Engineer* dengan menggunakan alat *marshall*. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji). Selanjutnya *proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Disamping itu terdapat pula arloji keelehan (*flow meter*) untuk mengukur keelehan plastis *flow*.

Di Indonesia, campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur dirancang menggunakan metode *Marshall*. Untuk kondisi lalu lintas berat, perencanaan *Marshall* menetapkan pemadatan benda uji sebanyak 2 x 75 turnbukan.

Dalam pengujian *Marshall* terdapat parameter *Marshall* yang menjadi persyaratan pengujian lapisan perkerasan. Parameter *Marshall* tersebut meliputi nilai stabilitas, keelehan (*flow*), *marshall quotient*, *Void in Mineral Aggregates*, *Void Filled with Bitumen*, dan *Void In the Mix* sebagai berikut :

### **2.1.7.1 Stabilitas**

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*wash boarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*) dan kadar aspal dalam campuran. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan. Nilai stabilitas yang disyaratkan adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami *rutting*, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah retak karena sifat perkerasan menjadi kaku.

### **2.1.7.2 Kelelehan (*Flow*)**

Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas, VIM dan VFB. Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya *interlocking resistance* campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai VFB yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran

berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat jumlah dan temperatur pemadatan Campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

### **2.1.7.3 Rongga Terisi Aspal (VFB)**

*Void Filled With Bitumen* (VFB) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFB berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain VFB menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai VFB berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, tetapi nilai VFB yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*. Nilai VFB yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan *film* aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

VFB dapat dihitung dengan rumus:

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

Keterangan:

VFB = Rongga terisi aspal, persen terhadap VMA.

VMA = Rongga di antara mineral agregat.

VIM = Rongga dalam campuran.

#### 2.1.7.4 Marshall Quotient (MQ)

Menurut Bustaman (2000:1), *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* yang disyaratkan minimal 250 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* di bawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *washboarding*, *rutting* dan *bleeding*.

$$MQ = \frac{o}{p}$$

Keterangan :

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

o = Nilai Stabilitas (kg)

p = Nilai kelelahan plastis / *flow* (mm)

#### 2.1.7.5 Rongga Dalam Campuran (VIM)

Menurut Silvia Sukirman (1999:180), *Void in The Mix* (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis

perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi sehingga menyebabkan lekatan antar butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*revelling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding* karena suhu yang tinggi, maka viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai VIM yang lebih dari ketentuan akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi. Nilai VIM yang disyaratkan minimal 3,5% dan maksimal 5,5%.

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

Keterangan :

VIM = Kadar rongga dalam campuran (%)

$G_{mb}$  = Berat jenis curah campuran padat

$G_{mm}$  = Berat jenis maksimum campuran

#### **2.1.7.6 Rongga Antar Mineral Agregat (VMA)**

Menurut Roberts, F.L et al (1991:1), *Void in Mineral Aggregate (VMA)* adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran, karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah

durabilitas dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi. Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA minimum yang disyaratkan adalah 15 %.

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

Keterangan :

VMA = Kadar rongga antara mineral agregat (%)

$G_{mb}$  = Berat Jenis curah campuran padat (gr/cc)

$G_{sb}$  = Berat jenis curah agregat (gr/cc)

$P_s$  = Persen agregat terhadap berat total campuran (%)

### 2.1.8 Penelitian Relevan

Banyak penelitian yang pernah dilakukan yang dapat dijadikan acuan atau literatur untuk penyusunan skripsi / penelitian ini, diantaranya adalah :

#### 1. Wihardi Tjaronge (2012)

Penelitian dengan judul “Kajian Laboratorium Limbah Marmer Sebagai *Filler* dalam Campuran Aspal Beton Lapis Antara (AC-BC)” ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik *Marshall*, nilai kepadatan mutlak (*refusal density*), dan nilai stabilitas *Marshall* dari campuran aspal beton lapis antara (AC-BC) yang menggunakan limbah marmer sebagai bahan pengisi

(*filler*). Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus dan *filler* (limbah marmer) yang lolos saringan No. 200. Persentase *filler* limbah marmer yang digunakan sebesar 0%, 50%, 100% dan kadar aspal pada campuran sebesar 5,2%, 5,3%, 5,15%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil kadar aspal optimum terdapat pada persentase 5,15% dan semakin tinggi limbah marmer yang digunakan maka nilai VIM, *Flow*, VMA, VFB makin meningkat. Kecuali pada nilai stabilitas dan nilai *marshall quotient* yang mengalami penurunan pada setiap penambahan *filler* limbah serbuk batu marmer tetapi masih dalam batas yang diisyaratkan.

## **2. Ermitha Ambun Rombe (2007)**

Penelitian yang dilakukan oleh Ermitha Ambun Rombe (2007) ini berjudul “Kajian Laboratorium Pemanfaatan Limbah Pecahan Marmer Sebagai Agregat Kasar untuk Bahan Perkerasan Jalan pada Campuran *Hot Rolled Sheet-Binder Course*”. Dalam penelitian ini digunakan campuran 5 (lima) variasi kondisi agregat kasar yaitu variasi I adalah menggunakan 100% limbah pecahan marmer dengan KAO 5,8%; variasi II menggunakan 75% dengan KAO sebesar 5,94%; variasi III menggunakan 50% limbah pecahan marmer dengan KAO sebesar 6,04%; variasi IV menggunakan 25% limbah pecahan marmer dengan KAO sebesar 6,1% dan variasi V menggunakan 0% batu pecah dengan KAO sebesar 6,27%.

Dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* menunjukkan bahwa campuran variasi I memiliki VMA dan VIM paling rendah yaitu sebesar 16,2% dan 3,7 %. Nilai VMA dan VIM tertinggi dimiliki oleh variasi IV yaitu 17,3% dan 5,0%. Nilai VFA tertinggi dimiliki oleh campuran variasi I sebesar 77,5%. IKS pada perendaman 24 jam masing-masing sebesar 95,63% pada variasi I; 96,49% pada variasi II; 97,35% pada variasi III; 97,85% pada variasi IV dan

97,10% pada variasi V. Nilai rongga dalam campuran (VIM) pada pengujian *refusal density*, tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dengan hasil berturut-turut adalah variasi I adalah 0,5%; variasi II sebesar 0,7%; variasi III sebesar 1,1%; variasi IV sebesar 0,9% dan variasi V sebesar 0,6 %. Berdasarkan penelitian ini, 50% limbah pecahan marmer atau lebih rendah dapat diterima sebagai alternative agregat kasar untuk campuran jalan HRS-BC.

### **3. Arien Mathofani (2013)**

Penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Limbah Marmer Sebagai Bahan Pengisi (*Filler*) pada Campuran Aspal Beton Ditinjau dari Parameter *Marshall*” ini menggunakan 5 (lima) variasi kadar *filler* diantaranya 4,75%, 5,25%, 5,75%, 6,25%, 6,75%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah marmer sebagai bahan pengisi (*filler*) pada variasi 5,75% menunjukkan nilai stabilitas, flow, VFB dan MQ meningkat sedangkan nilai VIM dan VMA menurun.

## **2.2 Kerangka Berpikir**

Bahan umum perkerasan jalan adalah agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal. Seluruh bahan penyusun AC-WC mempunyai sifat dan fungsinya masing-masing. Limbah marmer yang terdapat di Kabupaten Tulungagung cukup banyak jumlahnya dan selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Dengan pemeriksaan pendahuluan terhadap limbah serbuk batu marmer, seperti pengujian berat jenis yang mendapatkan nilai 2,79 dari persyaratan 2,5 dan juga gradasi analisa saringan yang mencapai 96,70% limbah yang lolos pada saringan No. 200 dari persyaratan minimum 75%, maka dalam penelitian kali ini mencoba meneliti campuran Laston AC-WC dengan menggunakan 100% limbah serbuk batu marmer sebagai *filler*. Bahan

pengisi (*filler*) dalam campuran Laston AC-WC berfungsi sebagai pengisi rongga yang terjadi akibat adanya tumpukan agregat kasar dan agregat halus sehingga aspal beton tersebut menjadi padat dan solid.

Dari penelitian sebelumnya, Wihardi Tjaronge (2012), menggunakan limbah marmer sebagai *filler* dalam campuran aspal beton lapis antara AC-BC. Persentase *filler* limbah marmer yang digunakan sebesar 0%, 50%, 100% dan kadar aspal pada campuran sebesar 5,2%, 5,3%, 5,15%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil kadar aspal optimum terdapat pada persentase 5,15%, dan semakin tinggi limbah marmer yang digunakan maka nilai *Flow*, VMA, VIM, VFB makin meningkat kecuali pada nilai stabilitas dan nilai *marshall quotient* yang mengalami penurunan.

Berdasarkan penelitian terdahulu di atas maka perlu diteliti lebih lanjut mengenai pengaruh penggunaan limbah serbuk batu marmer sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam campuran lapis aus permukaan aspal beton (AC-WC).

### **2.3 Hipotesis Penelitian**

Berdasarkan kerangka berpikir tersebut diduga bahwa terdapat perbedaan antara aspal beton yang menggunakan limbah serbuk batu marmer sebagai bahan pengisi dengan aspal beton konvensional yang menggunakan semen sebagai bahan pengisi pada nilai parameter *Marshall*.