

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Aspal**

Secara umum, aspal diartikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua. Pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai temperatur tentu dapat menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau saat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan atau penyiraman pada perkerasan macadam atau pelaburan. Jika temperatur mulai turun. Aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat Termoplastis). Secara garis besar aspal dapat dibedakan atas aspal alam dan aspal buatan (Bokko 2018).

##### **II.1.1 Aspal Buatan**

Aspal buatan adalah aspal yang berasal dari minyak bumi dengan proses penyedotan kemudian ditempatkan didalam tangki penampung lalu dialirkan ke gardu pompa untuk selanjutnya di pompa ke dalam tangki pengilangan setelah bejana pipa dan bejana lain dengan pemanasan pada suhu tertentu dalam proses yang kemudian dihasilkan destilat ringan, destilat sedang, destilat berat, dan destilat residu. Dari destilat ini diproses hingga diperoleh hasil antara lain bensin, pelarut ringan minyak tanah, minyak bakar ringan, minyak diesel, dan minyak pelumas. Dari bahan residu dihasilkan minyak bakar residu. Hasil dari bahan residu yang sudah di proses antara lain aspal padat, semen aspal dengan penetrasi tertentu. Dari aspal residu akan dihasilkan bahan aspal cair, dialirkan ke instalasi emulsi dihasilkan aspal emulsi.

##### **1. Aspal Keras/Panas**

Aspal keras/panas adalah aspal yang digunakan dalam keadaan panas dan cair pada suhu ruang berbentuk padat. Aspal keras pada suhu ruang 250 –300 °C, aspal dibedakan berdasarkan penetrasi (tingkat kekerasannya) aspal keras yang biasa digunakan:

- a. AC Pen 40/50 yaitu aspal keras dengan penetrasi antara 40-50
- b. AC Pen 60/70 yaitu aspal keras dengan penetrasi antara 60/70
- c. AC Pen 80/100 yaitu aspal keras dengan penetrasi antara 80-100
- d. AC Pen 200/300 yaitu aspal keras dengan penetrasi antara 200-300

Aspal dengan penetrasi rendah digunakan untuk cuaca panas, volume lalu lintas yang tinggi. Aspal dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah dengan cuaca dingin dan lalu lintas rendah. Di Indonesia umumnya digunakan aspal keras dengan penetrasi 60-70 dan 80-100. Pada penelitian ini akan digunakan aspal *cement* penetrasi 60/70.

## 2. Aspal Dingin (*Cutback Asphalt*)

Aspal dingin (*Cutback Asphalt*) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair pada suhu ruang. Aspal ini dibuat dengan mencampur aspal keras / panas (AC) dengan bahan pencair hasil penyulingan minyak bumi yang berbentuk cair dalam temperatur ruang seperti minyak tanah, bensin atau solar. Terdiri dari:

- a. RC (*Rapid Curing Cut Back*) : AC + gasoline/premium
- b. MC (*Medium Cut Back*) : AC + kerosene/minyak tanah
- c. SC (*Slow Curing Cut Back*) : AC + diesel oil/solar

## 3. Aspal Emulsi (*Emulsion Asphalt*)

Aspal Emulsi (*Emulsion Asphalt*) adalah aspal yang lebih cair dari aspal cair yaitu campuran aspal, air dan bahan pengemulsi. Memiliki sifat dapat menembus pori-pori halus dalam batuan yang tidak dapat dilalui aspal cair biasa karena sifat pelarut yang membawa aspal dalam emulsi mempunyai daya tarik yang lebih terhadap batuan yang lebih baik dibanding aspal cair.

### II.1.2 Aspal Alam

Jika dibandingkan dengan deposit aspal alam di negara lain, Indonesia memiliki deposit aspal alam terbesar di dunia. Di Indonesia, aspal alam baru di eksplorasi dan sebagian kecil sudah dieksploitasi, terdeposit di Pulau Buton Sulawesi Tenggara yang dikenal dengan asbuton.

Pulau Buton di Sulawesi dikenal banyak mengandung Aspal Alam (Asbuton) sejak zaman Belanda, yang dikenal dengan Butas (Buton Asphalt). Cadangan Asbuton yang sekitar 600 juta ton, merupakan cadangan aspal terbesar nomor satu di dunia, bila dibandingkan dengan negara-negara lain seperti Venezuela (Trinidad Lake Asphalt/TLA), Canada (Oil Sand), Perancis dan Mesir.

### II.1.3 Pengujian Pada Aspal

Aspal adalah material yang sangat rentan akan temperature, dimana Ketika aspal berada pada suhu yang tinggi maka aspal akan melunak atau meleleh begitupun Ketika suhu berada di titik rendah maka aspal akan mengeras. Menurut Sukirman (2003), kepekaan aspal terhadap temperature akan menjadi dasar perbedaan umur aspal menjadi keras. Parameter pengukur kepekaan aspal terhadap temperature adalah indeks penetrasi ( $PI = \text{penetration index}$ ). Berikut ini penjelasan mengenai pengujian terhadap aspal antara lain:

#### 1. Pengujian Penetrasi

Pengujian penetrasi atau pengujian kekerasan aspal perlu dilakukan untuk mengetahui kekuatan aspal dalam mengikat agregat. Penetrasi merupakan kedalaman yang dapat dicapai oleh suatu jarum standar (berdiameter 1 mm) pada suhu 25°C dan diberikan beban sebesar 100gram selama 5 detik yang dinyatakan dalam 0,1 mm.



**Gambar II. 1** Alat Penetrasi

Sumber: Gunawan (2018)

2. Pengujian titik lembek aspal

Penentuan titik lembek pada aspal bertujuan untuk mengetahui ketahanan aspal terhadap temperatur maksimumnya. Pengujian titik lembek dilakukan menggunakan bola baja dengan berat tertentu yang disimpan di atas lubang cincin yang telah diisi aspal, lalu dilakukan penambahan temperature pada aspal sehingga kita dapat mengetahui titik lembeknya dengan jatuhnya bola baja yang berada di atas aspal.



**Gambar II. 2** Alat Pengujian Titik Lembek Aspal

Sumber: Ahmat (2018)

3. Pengujian daktilitas

Pengujian daktilitas bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi aspal dengan cara mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang terisi aspal keras sebelum putus dengan suhu dan kecepatan tertentu.



**Gambar II. 3** Alat Pengujian Daktilitas

Sumber: Penelitian di Laboratorium Institut Teknologi Bandung

4. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar aspal

Pengujian titik nyala dan titik bakar pada aspal berguna untuk mengetahui temperature dimana aspal mulai menyala dan temperature dimana aspal mulai terbakar.

- a. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat kurang dari 5 detik dipermukaan aspal.
- b. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada permukaan aspal.



**Gambar II. 4** Alat Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

Sumber: Modul optimalisasi lab. Universitas Sebelas Maret (2018)

5. Pengujian berat jenis

Berat jenis aspal atau  $\gamma_a$  adalah perbandingan antara berat aspal atau  $W_a$  terhadap berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu, yaitu dilakukan dengan cara menggantungkan berat air dengan berat aspal atau  $W_a$  dalam wadah yang sama. Berat jenis aspal sangat tergantung pada nilai penetrasi dan suhu dari bitumen itu sendiri. Pengujian berat jenis aspal ini bertujuan untuk mengukur berat jenis aspal dengan menggunakan piknometer serta berdasarkan berat diudara dengan berat di dalam air.



**Gambar II. 5** Alat Benda Uji Berat Jenis

Sumber: Modul optimalisasi lab. Universitas Sebelas Maret (2018)

#### 6. Pengujian viskositas

Tingkat material aspal dan suhu yang digunakan sangat tergantung pada kekentalannya. Kekentalan aspal sangat bervariasi tergantung pada suhu aspal itu sendiri. Adapun tujuan dari pengujian viskositas aspal ini untuk menentukan suhu optimum pada campuran dan pemadatan aspal.

### II.2 Aspal Porus

Aspal porus (porous asphalt) merupakan campuran beraspal panas bergradasi terbuka dengan persentase agregat kasar yang besar, persentase agregat halus yang kecil, sehingga menyediakan rongga udara yang besar. Rongga udara ini diharapkan dapat meloloskan air jika hujan, sehingga air tidak tergenang di permukaan jalan. Campuran beraspal porus ini umumnya mempunyai stabilitas yang rendah dan sangat tergantung dari mutu aspal sebagai bahan pengikat agregat, sehingga diperlukan aspal mutu tinggi yang merupakan aspal hasil modifikasi (Arlia dkk, 2018).

Penggunaan Aspal Porus juga dapat mengurangi bahaya dari polutan untuk dapat masuk ke dalam tanah. Polutan tersebut dapat berasal dari hidrokarbon dari bahan-bahan aspal sendiri ataupun dari oli mobil. Aspal porus di Indonesia pertama kali diterapkan pada tahun 1997 oleh PT. Jasa Marga di lintasan Jagorawi sepanjang 250 meter. Uji coba tersebut dimaksudkan untuk menekan frekuensi kecelakaan akibat selip yang terjadi di Tol Jagorawi dan memberikan layanan yang lebih baik pada pengguna jalan. Di beberapa negara Eropa penerapan aspal porus untuk meningkatkan

keselamatan telah lama diaplikasikan, lapisan aspal porus pertama kali dikembangkan di Amerika pada tahun 1950 dan dikenal dengan nama Open Graded Friction course (OGFC) (Falderika, 2017).

### **II.2.1 Kelebihan dan Kekurangan**

Dalam perkembangan teknologi dunia perkerasan khususnya aspal porus, tentu memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penggunaan aspal porus, yaitu:

1. Kelebihan penggunaan Aspal Porus menurut Herman (2017)
  - a. Mengurangi efek akibat genangan air apabila permukaan aspal terkena hujan.
  - b. Mengurangi efek percikan dan semprot (splash and spray) ketika kendaraan melewati permukaan aspal.
  - c. Mengurangi efek silau.
  - d. Pengurangan kebisingan
  - e. Memperkecil masalah dengan es pada saat musim hujan.
2. Kekurangan penggunaan Aspal Porus menurut Mayuni (2020)
  - a. Memiliki stabilitas rendah yang membuka peluang deformasi yang lebih besar.
  - b. Campuran cenderung mengalami tekanan yang tinggi akibat dari kadar rongga yang tinggi, sehingga membuka peluang terjadinya rutting.

### **II.2.2 Gradasi Aspal Porus**

Campuran aspal porus menggunakan gradasi terbuka (open graded), sehingga campuran aspal porus disebut juga open graded asphalt. Gradasi terbuka terdiri dari agregat kasar yang banyak dan hanya mengandung sedikit agregat halus, sehingga terdapat banyak rongga/ruang. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil. berikut ini gradasi agregat dan syarat campuran aspal porus yang dipakai pada penelitian ini yaitu spesifikasi Jepang:

**Tabel II. 1** Gradasi Agregat Aspal Porus Spesifikasi Jepang

Ukuran Agregat		Spesifikasi % Lolos Agregat
NO. Ayakan	MM	
1"	25,4	100
3/4"	19,1	100 - 95
1/2"	12,7	78 - 53
3/8"	9,5	62 - 35
No. 4	4,76	31 - 10
No. 8	2,38	21 - 10
No. 30	0,59	17 - 4
No. 50	0,27	12 - 3
No. 100	0,12	8 - 3
No. 200	0,074	7 - 2

Sumber: Syarwan dkk (2018)

**Tabel II. 2** Syarat Campuran Aspal Porus Spesifikasi Jepang

No.	Keterangan	Persyaratan
1.	Stabilitas	> 500 Kg
2.	Flow	Min. 3
3.	Marshall Question	Min. 250
4.	VIM	15% - 25%
5.	VMA	15%
6.	VFB	65%

Sumber: Syarwan dkk (2018)

### II.3 Agregat

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun batuan yang berbebtuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil (Laswar 2021). Agregat dapat dibedakan jenisnya berdasarkan ukuran dari butiran agregat itu sendiri. Berikut agregat yang dibedakan menurut ukuran butirannya.

1. Agregat Kasar, yaitu batuan yang tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm), agregat kasar dalam campuran akan berfungsi memberikan stabilitas campuran dengan cara saling mengunci dari masing-masing artikel agregat kasar. Ketentuan–ketentuan untuk agregat kasar dapat dilihat pada tabel berikut.



**Tabel II. 3** Ketentuan Agregat Kasar

<b>Pengujian</b>	<b>Standar</b>	<b>Nilai</b>
Abrasi	SNI 03-2417-2008	Maks. 40%
Berat jenis	SNI 03-1969-2008	Min. 2,5%
Penyerapan	SNI 03-1969-2008	Maks. 10%
Lolos ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2010 Rev 3

2. Agregat Halus, adalah batuan yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) dan tertahan saringan No. 200 (0,075 mm). Fungsi utama agregat halus dalam campuran adalah untuk menambah stabilitas campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar. Ketentuan-ketentuan untuk agregat halus dapat dilihat pada tabel berikut.

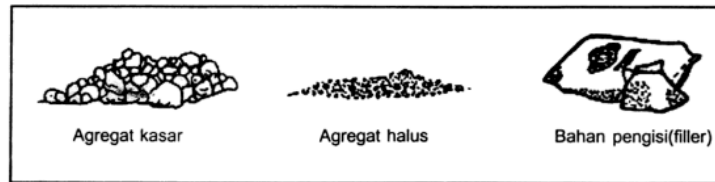
**Tabel II. 4** Ketentuan Agregat Halus

<b>Pengujian</b>	<b>Standar</b>	<b>Nilai</b>
Berat jenis	SNI 03-1970- 2008	Min. 2,5
Penyerapan	SNI 03-1970- 2008	Maks. 3%
Lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2010 Rev 3

3. Agregat 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. Jenis - jenis bahan pengisi yang dapat digunakan ialah abu batu, kapur padam, portland cement (PC), debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. 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 (Hamzah dkk, 2016).



**Gambar II. 6** Perbandingan Jenis Agregat

Sumber: Sukirman (2003)

Dalam tujuan pembahasan ini digunakan *Buton Granular Asphalt* (BGA) sebagai filler.

### **II.3.1 Jenis-Jenis Agregat**

Dalam sebuah agregat terdapat beberapa jenis agregat yang dibedakan sesuai dengan proses terbuatnya agregat tersebut, pengolahan agregat tersebut, pengolahan agregat itu sendiri dan ukuran butirnya. Berikut ini beberapa jenis agregat yang dikelompokkan berdasarkan proses terbuatnya agregat tersebut:

#### **1. Agregat Beku (*igneous rock*)**

Agregat beku adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Agregat beku ini memiliki dua jenis agregat yaitu agregat halus dan agregat kasar. Untuk agregat halus berupa batu apung, andesit, obsidian, basalt, dan *pumice*. Adapun untuk agregat kasarnya berupa diorite, syenit, dan gabboro.

#### **2. Agregat Sedimen (*sedimentary rock*)**

Agregat sedimen adalah agregat yang berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan, dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Menurut (Sukirman 2016), agregat sedimen dibagi menjadi tiga berdasarkan pembentukannya, yaitu:

- a. Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses mekanik seperti breksi, konglomerat, batu pasir, dan batu lempung. Agregat ini memiliki banyak kandungan silica.
- b. Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses organis seperti batu gamping, batu bara, dan opal.

- c. Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses kimiawi seperti batu gamping, garam, gips, dan flint.
3. Agregat Metamorfik (*metamorphic rock*)

Agregat metamorfik adalah agregat sedimen yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperature kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan menjadi dua yaitu agregat metamorf yang masif dan agregat metamorf yang berfoliasi. Contoh untuk agregat metamorf yang masif adalah marmer dan kwarsit, sedangkan agregat metamorf yang berfoliasi adalah batu sabak, sekis, dan filit.
4. Agregat Siap Pakai

Agregat siap pakai adalah agregat yang dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan dengan bentuk dan ukuran sebagaimana diperoleh di lokasi asalnya, atau dengan pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi.
5. Agregat yang Perlu Diolah

Agregat ini adalah agregat yang diperoleh dari bukit-bukit, gunung, ataupun sungai. Agregat di gunung dan bukit umumnya ditemui dalam bentuk masif, sehingga perlu dilakukan proses pemecahan dahulu agar mampu diangkat ke tempat mesin pemecah batu (*stone crusher*). Sungai-sungai yang membawa agregat di musim hujan, umumnya membawa agregat berukuran besar sehingga tidak memenuhi persyaratan ukuran yang sudah ditentukan.

### **II.3.2 Sifat Agregat**

Menurut Sukirman (2003), sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu, perlu pemeriksaan yang teliti sebelum memutuskan suatu agregat dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan atau tidak. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya pelekatan dengan aspal.

## II.4 Gradasi Agregat

Gradasi adalah distribusi dari variasi ukuran butir agregat. Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workabilitas (kemudahan dalam pekerjaan) serta stabilitasi campuran. Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan, dimana sampel agregat harus melalui satu set saringan. Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat (Bitu dkk, 2021). Menurut (Latjemma dkk, 2020), gradasi agregat dibedakan menjadi tiga yaitu:

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran butir yang hampir sama. Gradasi seragam ini umumnya disebut juga sebagai gradasi terbuka (*open graded*). Gradasi ini hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyaknya rongga antar agregat.

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga sering juga disebut gradasi menerus, atau gradasi baik (*well graded*).

3. Gradasi senjang (*gap graded*).

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali.

### II.4.1 Jenis Gradasi Agregat

Butiran-butiran agregat dikelompokkan sesuai dengan ukuran tertentu yang dimiliki oleh suatu campuran untuk menentukan jenis gradasi agregat. Gradasi agregat dapat dikelompokkan ke dalam agregat bergradasi baik dan agregat bergradasi buruk. Berikut ini penjelasan dari kedua gradasi:

1. Agregat bergradasi Baik

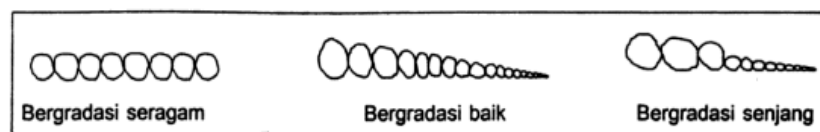
Agregat bergradasi baik adalah agregat yang ukurannya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butirnya, biasanya agregat ini disebut juga dengan agregat bergradasi rapat. Agregat bergradasi baik ini memiliki pori yang sedikit, mempunyai stabilitas yang tinggi, dan mudah dipadatkan. Menurut Sukirman (2003), agregat bergradasi baik dibedakan atas:

- a. **Agregat bergradasi kasar** adalah agregat yang memiliki susunan ukuran yang menerus dari kasar hingga halus, tetapi dominan berukuran kasar.
- b. **Agregat bergradasi halus** adalah agregat yang memiliki susunan ukuran yang menerus dari kasar hingga halus, tetapi dominan berukuran halus.

2. Agregat bergradasi buruk

Agregat bergradasi buruk adalah agregat yang tidak memenuhi syarat ketentuan gradasi baik. Terdapat beberapa macam nama gradasi agregat yang dapat dikelompokkan ke dalam agregat bergradasi buruk, yaitu:

- a. **Agregat bergradasi seragam**, adalah agregat yang memiliki ukuran yang sama. Campuran agregat ini mempunyai pori antar butir yang cukup besar, sehingga sering dinamakan juga agregat bergradasi terbuka.
- b. **Agregat bergradasi terbuka**, adalah agregat yang hampir sama dengan agregat bergradasi seragam. Dimana memiliki pori yang cukup besar sehingga campuran tidak terisi dengan baik.
- c. **Agregat bergradasi senjang**, adalah agregat yang memiliki ukuran sama, namun distribusi ukuran butirnya tidak menerus, sehingga ada bagian ukuran-ukuran yang tidak ada.



**Gambar II. 7** Rentang Ukuran Butir Untuk Berbagai Gradasi

Sumber: Sukirman (2003)

Agregat bergradasi baik maupun buruk dapat diperiksa dengan mempergunakan rumus Fuller:

$$P = 100\left(\frac{d}{D}\right)^{0,45} \quad (\text{II. 1})$$

Dimana:

P = Persen lolos saringan dengan bukaan saringan d (mm)

d = Ukuran agregat yang diperiksa (mm)

D = Ukuran maksimum agregat yang terdapat dalam campuran (mm)

#### II.4.2 Kebersihan Agregat (*cleanliness*)

Kebersihan agregat ini dapat dilihat dari hasil penyaringan agregat tersebut, banyaknya agregat yang lolos saringan No. 200 menandakan agregat tersebut mengandung lempung, lanau ataupun hal lainnya yang dapat menghasilkan beton aspal berkualitas rendah. Hal ini ditakutkan lempung, lanau ataupun hal lainnya menempel dan membungkus agregat kasar sehingga menyebabkan agregat kasar terselimuti oleh lempung atau lanau. Pemeriksaan kebersihan agregat dilakukan melalui pengujian seperti pada tabel berikut:

**Tabel II. 5** Pemeriksaan Kebersihan Agregat

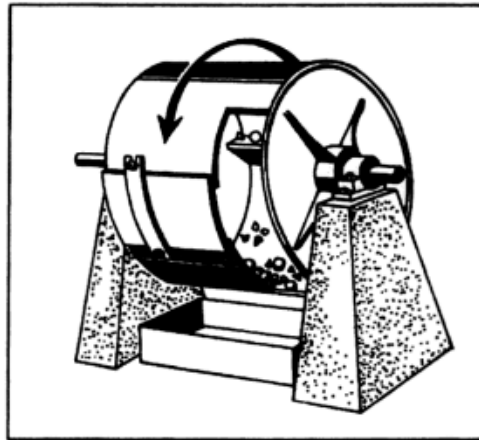
Jenis Pengujian	SNI	AASHTO
Pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200	SNI-M-02-1994-03	T 11-90
Pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastis dengan cara setara pasir	Pd M-03-1996-03	T 176-86
Pengujian adanya gumpalan lempung dalam agregat	-	T 112-87

Sumber: Sukirman (2003)

#### II.4.3 Daya Tahan Agregat

Daya tahan suatu agregat adalah ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis. Suatu agregat dapat mengalami degradasi selama proses perkerasan, hal ini dikarenakan adanya penimbunan, penghamparan, dan pemadatan

selama proses perkerasan jalan. Karena adanya faktor ini dibutuhkan suatu pengujian daya tahan suatu agregat dengan menggunakan alat abrasi *Los Angeles* sesuai dengan SNI 1969:2016, ASTM C 127-15 dan AASHTO T 85-14. Gaya mekanis pada pemeriksaan dengan alat abrasi *Los Angeles* diperoleh dari bola baja yang dimasukkan bersamaan dengan agregat yang hendak diuji.



**Gambar II. 8** Mesin Los Angeless

Sumber: Sukirman (2003)

#### **II.4.4 Berat Jenis Agregat**

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat jenis volume agregat dengan berat volume air. Berat jenis agregat sangat dibutuhkan dalam perhitungan perancangan campuran perkerasan jalan. Agregat yang memiliki berat jenis kecil sama dengan agregat bervolume besar dan berat yang ringan. Ada tiga jenis berat jenis (*specific gravity*) yaitu:

1. **Berat jenis *bulk* (*bulk specific gravity*)**, adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat ( $V_s + V_i + V_p + V_c$ ).
2. **Berat jenis permukaan (*saturated surface dry*)**, adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan, maksudnya perpaduan antara berat agreagat kering ditambah berat air yang dapat merersap kedalam pori agreagat dan seluruh volume agregat ( $V_s + V_i + V_p + V_c$ ).

3. **Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)**, adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, dengan volume agregat yang tidak dapat diresapi air ( $V_s + V_i$ ).
4. **Berat jenis efektif (*effective specific gravity*)**, adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat jenis agregat dalam keadaan kering dan volume agregat yang tak dapat diresapi aspal ( $V_s + V_i + V_p$ ).

Penentuan ukuran volume agregat dilakukan dengan menggunakan hukum archimides, yaitu berat benda di dalam air akan berkurang sebanyak berat zat cair yang dipindahkan. Pengujian berat jenis agregat kasar dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-1969-1990; SK SNI M-09-1989-F atau AASHTO T 85-88. Adapun untuk agregat halus berpacu pada SNI 03-1969-1990; SK SNI M-09-1989-F atau AASHTO T 84-88. Adapun volume agregat halus ditentukan dengan piknometer.

## **II.5 Aspal Buton (ASBUTON)**

Aspal Buton (Asbuton) adalah aspal alam yang terkandung dalam deposit batuan yang terdapat di Pulau Buton dan sekitarnya. Jumlah deposit diperkirakan sebesar 350 juta ton dengan kadar aspal bervariasi antara 10% sampai dengan 40%. Aspal ini berada di dalam tanah dengan variasi kedalaman mulai 1,5 m dibawah permukaan tanah. Lokasi tersebar sekitar 70.000 ha dari Teluk Sampolawa disebelah Selatan sampai sebelah Utara Teluk Lawele. Asbuton yang pertama kali dipergunakan sejak jaman Belanda adalah asbuton dari Kabungka, dikarenakan fasilitas jalan dan pelabuhan yang telah tersedia serta asbuton dari daerah tersebut lebih mudah dipecah dalam proses produksinya. Pada tahun 1987 produk asbuton yang diproduksi dan dipergunakan adalah asbuton konvensional yang berupa asbuton butir dengan ukuran maksimal 12,7 mm yang diproduksi dari daerah Kabungka dan dikirim dalam bentuk curah (Gusty dkk, 2017).

Aspal akan bersifat padat pada suhu ruang dan bersifat cair bila dipanaskan. Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh dan tak jenuh, alifatik dan *aromatic* yang mempunyai atom karbon sampai 50 per molekul. Atom-



atom selain hidrogen dan karbon yang juga menyusun aspal adalah nitrogen, oksigen, belerang, dan beberapa atom lain. Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hydrogen, 6% belerang, dan sisanya oksigen dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium. Senyawa-senyawa ini sering dikelaskan atas aspalten (yang massa molekulnya kecil) dan malten (yang massa molekulnya besar). Biasanya aspal mengandung 5 sampai 25% aspalten. Sebagian besar senyawa di aspal adalah senyawa polar. Berikut jenis-jenis produk Asbuton antara lain:

1. Buton Granular Asphalt (BGA)

Buton Granular Asphalt (BGA) adalah produk aspal alam yang siap pakai dengan mutu yang terjaga serta telah diproses sedemikian rupa sehingga bitumennya keluar ke permukaan butiran. BGA tersedia dalam kemasan karung plastik 50kg. BGA dengan kantong jumbo ukuran 1 - 2 ton juga tersedia atas permintaan khusus. BGA mengandung ( $\pm$ ) 25% bitumen dan berbentuk butiran halus dengan ukuran maksimal 2,36 mm (lolos saringan No.8).



**Gambar II. 9** Buton Granular Asphalt (BGA)

Sumber: Fahrul (2016)

2. Lawele Granular Asphalt (LGA)

LGA adalah salah satu jenis produk dari Asbuton Lawele Granular, LGA digunakan sebagai Asphalt Additive untuk memperbaiki karakteristik / sifat-sifat campuran beraspal dan dapat digunakan sebagai substitusi untuk mengurangi pemakaian aspal

minyak dalam Campuran Panas (Hotmix), Campuran Dingin (Coldmix) dan Lapen Macadam (LPMAL).



**Gambar II. 10** Lawele Granular Asphalt (LGA)

Sumber: Fahrul (2016)

### 3. Asbuton Modified

Asbuton yang memodifikasi aspal minyak (Asbuton Pre Blending/Semi Ekstraksi) merupakan gabungan antara Asbuton butir hasilrefine/pemurnian Asbuton dengan kadar bitumen 60% sampai 90% dengan aspal minyak pen 60 dalam komposisi tertentu. Asbuton jenis ini dapat dikatakan sebagai aspal minyak yang dimodifikasi, sehingga dalam campuran dapat langsung digunakan untuk dicampur dengan agregat.

### 4. Retona (Refined Buton Asphalt)

Retona (Refined Buton Asphalt) merupakan hasil produksi ekstraksi aspal alam dari Pulau Buton. Beberapa studi terdahulu menunjukkan bahwa Retona dapat memperbaiki kinerja campuran beraspal. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh Retona terhadap kepekaan temperatur aspal dan karakteristik campuran beton aspal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Retona dapat menurunkan nilai VTS dan meningkatkan nilai PI dari aspal, yang berarti bahwa Retona dapat membuat aspal menjadi kurang peka terhadap temperature. Analisis juga berhasil menunjukkan bahwa penambahan Retona sebesar 15% memberikan nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran tanpa Retona. Penelitian ini juga dapat menunjukkan bahwa Retona dapat meningkatkan kuat tarik campuran beton aspal.

## 5. Asbuton Hasil Ekstraksi

Asbuton jenis ini merupakan bitumen murni hasil ekstraksi asbuton menggunakan beberapa cara, antara lain dengan bahan pelarut atau cara lain seperti menggunakan teknologi air panas. Asbuton murni hasil ekstraksi dapat digunakan langsung sebagai pengganti aspal keras atau sebagai bahan aditif yang akan memperbaiki karakteristik aspal keras. Mineral asbuton merupakan limbah dari proses ekstraksi. Selain dapat dimanfaatkan sebagai filter dapat juga digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah.

### II.6 Buton Granular Asphalt (BGA)

Buton Granular Asphalt atau BGA adalah salah satu produk aspal alam yang ditemukan di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Aspal ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan tambah maupun bahan inti pada perkerasan jalan di Indonesia. Pemanfaatan dan penggunaannya juga diharapkan dapat meningkatkan produksi pada perusahaan penambang yang ada di Pulau Buton. BGA mengandung kurang lebih 25-30% bitumen dan memiliki butiran halus yang ukuran maksimumnya 1.2 mm (lolos saringan #16). Di dalam Asbuton terdapat dua jenis unsur utama, yaitu aspal (bitumen) dan mineral. Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan kalor. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat viskoelastis. Asbuton memiliki stabilitas yang lebih tinggi dan juga lebih tahan retak akibat cuaca maupun lingkungan. Asbuton juga memiliki produk samping dengan manfaat besar seperti high oil, bentonit, mineral (fosfat dan kapur) ((Bitu dkk, 2021).



**Gambar II. 11** Buton Granular Asphalt (BGA)

Sumber: Fahrul (2016)

## II.7 Karakteristik Campuran Agregat

Menurut Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap gesekan, ketahanan terhadap kelelahan, kedap air dan kemudahan pelaksanaan. Berikut ini penjelasan mengenai ketujuh karakteristik tersebut:

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan mayoritas kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi.

2. Keawetan (*Durability*)

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

3. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*) adalah kemampuan beton aspal untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan/ tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.

6. Kedap air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Workability adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

Dari ketujuh sifat campuran beton aspal sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Untuk jenis jalan yang melayani lalu lintas ringan seperti mobil penumpang sebaiknya memilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi dibandingkan memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi.

## **II.8 Pengujian Marshall**

Rancangan campuran berdasarkan metode marshall di temukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO. Prinsip dasar dari metode pengujian marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*Flow*). serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang berbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran yang telah didapatkan dari hasil uji gradasi yang sesuai dengan spesifikasi campuran perkerasan. Pengujian

marshall di lakukan untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelahan yang mengacu pada prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90. Dari hasil gambar hubungan antara kadar aspal dan parameter marshall, maka akan didapati nilai Kadar Aspal Optimumnya (KAO).

Pengujian marshall dilakukan selain untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*) pengujian Marshall juga dilakukan agar dapat mengetahui hasil kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk agar kemudian bisa di analisa lebih lanjut. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran tertentu sesuai dengan spesifikasi campuran yang ada. Sebelum membuat briket campuran perkerasan maka perkiraan kadar aspal optimumnya (KAO) dicari dengan menggunakan rumus pendekatan.

Dalam pengujian Marshall di butuhkan alat Marshall itu sendiri yang merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22.2 KN (5000 lbs) dan flowmeter. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder dengan diameter 4 inchi (10.2 cm) dan tinggi 2.5 inchi (6.35 cm).



**Gambar II. 12** Alat Uji Marshall

Sumber: Penelitian di Laboratorium Institut Teknologi Bandung

Dalam pengujian Marshall meliputi beberapa tahapan pengujian seperti persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow* dan perhitungan sifat volumetrik benda uji. Berikut beberapa hal-hal yang perlu diperhatikan dalam persiapan benda uji:

1. Jumlah benda uji yang disiapkan
2. Persiapan agregat yang akan digunakan
3. Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan
4. Persiapan campuran aspal
5. Pemadatan benda uji
6. Persiapan untuk pengujian marshall Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya pengujian tersebut

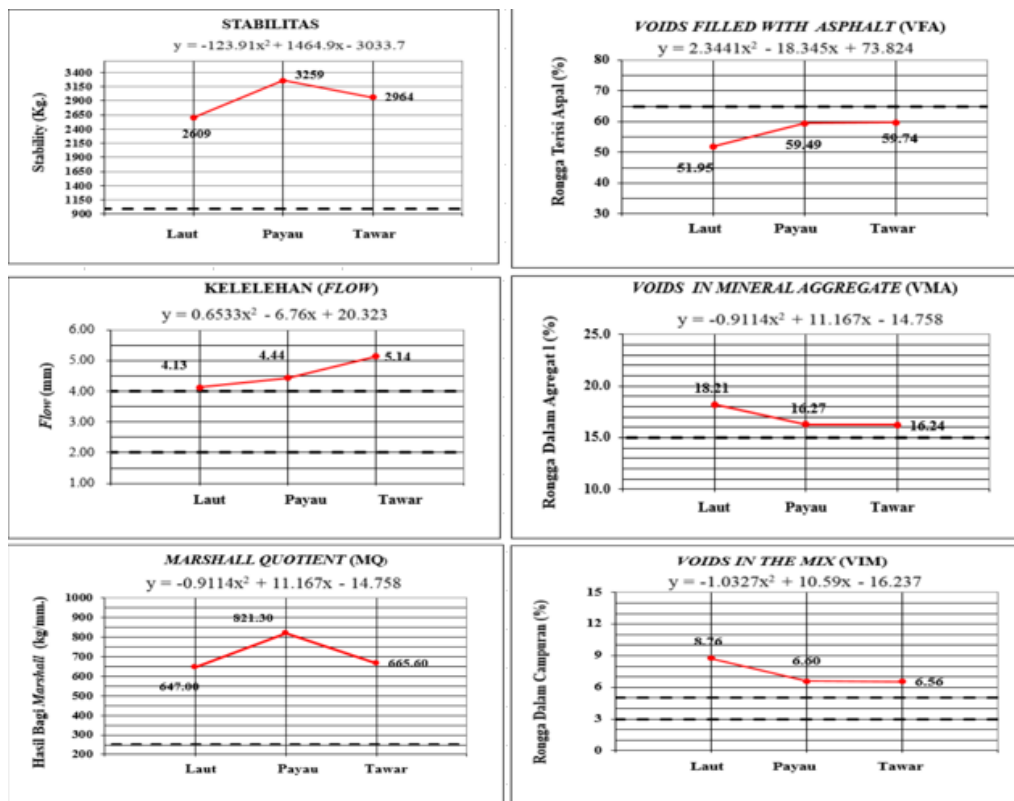
Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya pengujian tersebut. Untuk AASHTO sendiri menetapkan minimal 3 buah benda uji untuk setiap kadar aspal yang digunakan. Adapun untuk agregatnya sendiri harus dikeringkan didalam oven dengan temperatur  $105^{\circ}$   $110^{\circ}\text{C}$ . Setelah pengeringan agregat dilakukan selanjutnya pemisahan agregat sesuai dengan fraksinya masing- masing dengan menggunakan saringan. Temperatur pencampuran bahan aspal dengan agregat adalah temperatur pada saat aspal mempunyai viskositas kinematis sebesar  $170 \pm 20$  centistokes, dan temperatur pemadatan adalah temperatur pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar  $280 \pm 30$  centistokes. Untuk suhu pencampuran didapatkan sebesar  $156^{\circ}\text{C}$ , sedangkan untuk suhu pemadatan sebesar  $146^{\circ}\text{C}$ .

### **II.8.1 Tujuan dan Fungsi Pengujian Marshall**

Pengujian Marshall pada campuran aspal porus digunakan untuk mencari data dari persyaratan campuran dan memperoleh hasil perhitungan akhir dari sifat-sifat Marshall seperti:

1. Void In Mix (VIM)  
Yaitu perbandingan presentase volume rongga terhadap volume total campuran padat atau nilai yang menunjukkan banyaknya rongga dalam suatu campuran yang dinyatakan dalam persen (%) Void Filled with Asphalt (VFWA)
2. Void Filled with Asphalt adalah nilai yang menunjukkan besarnya rongga yang terisi oleh aspal yang dinyatakan dalam persen (%)
3. Kekosongan dalam Agregat Mineral (VMA) Voids in Mineral Aggregate adalah nilai yang menunjukkan besarnya volume pori di antara butir-butir agregat di dalam campuran. Nilai VMA dinyatakan dalam persen (%).
4. Kelelehan (mengalir) Kelelehan (flow) yaitu menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapisan perkerasan akibat menahan beban yang diterima.
5. Stabilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding.
6. Hasil Bagi Marshall (MQ) Marshall Quotient (MQ) yaitu hasil bagi dari stabilitas dan flow, yang digunakan sebagai indikator kelenturan yang potensial terhadap keretakan Nilai Marshall Quotient dinyatakan dalam kg/mm.





Gambar II. 13 Hasil sifat-sifat Marshall

Sumber: Laswar (2021)

## II.9 Kadar Aspal optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah nilai tengah dari rentan kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran. Menurut spesifikasi umum Bina Marga dalam perencanaan perkerasan jalan di syaratkan agar perkerasan yang dihasilkan kemudahan dalam pelaksanaan. memiliki stabilitas yang cukup baik tanpa mengabaikan fleksibility, durability dan kemudahan dalam pelaksanaan.

## II.10 Studi Terdahulu

Studi terdahulu merupakan beberapa hasil penelitian yang digunakan untuk mempelajari lebih lanjut dan berkenaan dengan pembahasan pada skripsi ini. Dibawah ini adalah studi terdahulu yang diambil diantaranya:

## **1) PENGGUNAAN ASBUTON LAWELE GRANULAR ASPHALT (LGA) DAN BUTON GRANULAR ASPHALT (BGA) PADA CAMPURAN ASPAL PORUS (Iftitah Adnany, 2019)**

Pada penelitian ini penulis menggunakan asbuton *Lawele Granular Asphalt (LGA)* dan *Buton Granular Asphalt (BGA)* sebagai bahan tambah pada campuran aspal porus. Metode penelitian ini menggunakan standart SNI 06-2489-1991 dengan gradasi campuran menggunakan standart Australian Asphalt Pavement Association (2004). Variasi kadar aspal dengan campuran LGA BGA adalah 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, dan 4,5% dengan menggunakan aspal pen 60/70. Serta penambahan BGA pada agregat halus (0 mm-5 mm) dengan perbandingan 50:50 dan penambahan LGA pada agregat medium (5 mm – 10 mm) dengan perbandingan 50:50. Hasil penelitian menunjukkan dengan adanya penambahan asbuton LGA dan BGA berpengaruh cukup baik dilihat dari nilai stabilitas meningkat mencapai 724,3 kg, mengalami kenaikan hingga 15,66% dari campuran aspal porus tanpa penambahan LGA dan BGA. Untuk nilai VIM pada kadar aspal 2,75% telah memenuhi spesifikasi dari Australian Asphalt Pavement Association (2004) sehingga dapat memenuhi parameter untuk struktur perkerasan lentur. Nilai permeabilitas mengalami penurunan dari kondisi kontrol tetapi tetap berada di atas standar yang ditentukan.

## **2) KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN BUTON GRANULAR ASPHALT SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN STYROFOAM SUBSTITUSI ASPAL PEN 60/70 (Febby dkk, 2020)**

Dalam penelitian ini bahan tambah yang digunakan untuk meningkatkan stabilitas campuran aspal porus adalah Buton Granular Asphalt (BGA) sebagai bahan substitusi agregat halus dan styrofoam sebagai bahan substitusi aspal penetrasi 60/70. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik penggunaan BGA dan styrofoam terhadap campuran aspal porus berdasarkan metode Australia (2004) dengan tiga parameter. Setelah KAO diperoleh, dibuat benda uji pada KAO dan variasi  $\pm 0,5$  dari nilai KAO dengan variasi substitusi BGA (6% dan 8%) dan styrofoam (7% dan 9). Dari hasil

pengujian Marshall menunjukkan bahwa stabilitas tertinggi diperoleh pada KAO terbaik sebesar 1141,96 kg pada kadar aspal 5,76% dengan substitusi 8% BGA dan 9% Styrofoam.

### **3) ANALISA PARAMETER MARSHALL DAN DURABILITAS ASPAL POROS DENGAN VARIASI GRADASI MENGGUNAKAN SPESIFIKASI JEPANG (Syarwan dkk, 2018)**

Penelitian ini menggunakan aspal porous dengan menggunakan material lokal yang berasal dari Krueng Mane Kabupaten Aceh Utara. Penelitian ini bertujuan untuk melihat nilai parameter Marshall dan durabilitas dari campuran aspal porous dengan variasi gradasi dengan menggunakan standar gradasi Jepang untuk lapisan permukaan. Metode pengujian mengikuti standar Marshall dengan perlakuan 3 variasi gradasi, yaitu gradasi batas bawah, gradasi tengah dan gradasi batas atas dari spesifikasi gradasi Jepang.

### **4) KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN SUBSTITUSI GONDORUKEM PADA ASPAL PENETRASI 60/70 (Leni dkk, 2018)**

Bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini adalah gondorukem. Gondorukem merupakan hasil destilasi/penyulingan getah dari pohon pinus merkusii yang berbentuk padat berwarna kuning jernih sampai kuning tua. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal porous dengan substitusi gondorukem ke dalam aspal penetrasi 60/70 dengan metode Australian Asphalt pavement Association (AAPA) dengan parameter nilai cantabro loss (CL), asphalt flow down (AFD), dan voids in mix (VIM). Penambahan gondorukem berpengaruh terhadap nilai karakteristik Marshall, CL, dan AFD, dimana meningkatkan nilai stabilitas, VIM, CL, dan AFD seiring dengan peningkatan persentase gondorukem. Pada KAO terbaik diperoleh nilai stabilitas sebesar 554,81 kg, nilai VIM sebesar 18,04%, nilai CL sebesar 20,66%, dan nilai AFD sebesar 0,28%.

##### **5) ANALISA PENGARUH PERENDAMAN CAMPURAN BUTON GRANULAR ASPAL MENGGUNAKAN AIR LAUT, AIR PAYAU DAN AIR TAWAR TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL TEST (Laswar dkk, 2021)**

Pada penelitian ini menganalisis pengaruh perendaman campuran BGA menggunakan air laut, air payau dan air tawar terhadap parameter marshall. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran aspal BGA terhadap perendaman air laut, air payau dan air tawar terhadap konstruksi perkerasan jalan yang di nilai karakteristik Marshall. Metode dalam penelitin ini yaitu dengan melakukan perendaman aspal selama 24 jam dengan menggunakan air laut, air payau dan air tawar. Hasil pengujian Marshall test pada 3 jenis perendaman air laut, air payau dan air tawar dapat di ketahui bahwa nilai stabilitas yang tertinggi yaitu pada perendaman air payau dengan nilai 3259 kg, dan pada Marshal Quostion (MQ) air payau juga mendapat nilai tertinggi yaitu 821,30 kg. Dapat di simpukan dari hasil interpolasi kadar garam yang di guanakan pada air payau sebesar 0,32 % menyebabkan nilai stabilitas yang tinggi jika di atas 0,32% maka nilai stabilitasya akan terus menurun. Sedangkan nilai flow, VIM (Voids in the mix) dan VFA (Voids filled with asphalt) tidak memenuhi Spesifikasi.

##### **6) ANALISA DURABILITAS PEMANFAATAN POLYVINYL CHLORIDE SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA LAPISAN ASPAL POROUS DENGAN VARIASI WAKTU PERENDAMAN (Yuslifah dkk, 2019)**

Penelitian ini bertujuan yaitu untuk mengetahui tingkat durabilitas aspal porous terhadap variasi waktu rendaman dengan menggunakan Polyvinyl Chloride (PVC) sebagai bahan tambah, untuk nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP), dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK). Pada penelitian ini penulis memanfaatkan *Polybinyl Chloride* sebagai bahan tambah pada lapisan aspal porus dengan variasi waktu perendaman. Dengan Proporsi bahan tambah Polyvinyl Chloride (PVC) 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Adapun dari hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% Polyvinyl Chloride (PVC), didapatkan nilaiStabilitas tertinggi yaitu sebesar 558,07 kg, Flow 2,47 mm, Marshall Quotient

(MQ) 247,665 kg/mm, Cantabro Loss 17,81%, Binder Drain Down 0,13%, Permeability 30,22 cm/dtk pada kadar aspal 5,25%, sehingga didapatkan kadar bahan tambah optimum sebesar 5,2%. Nilai Indeks Kekuatan Sisa pada hari pertama sebesar 96,13%, dan terus mengalami penurunan hingga pada hari kedelapan yaitu sebesar 83,97%. Hasil ini menunjukkan bahwa Polyvinyl Chloride (PVC) tidak dapat meningkatkan durabilitas campuran aspal porous.

#### **7) PENGARUH PENAMBAHAN BUTON GRANURAL ASPHALT PADA CAMPURAN ASPAL BERONGGA CAMPUR PANAS HAMPAR DINGIN TERHADAP STABILITAS MARSHALL (Sri dkk, 2017)**

Penelitian ini dititik beratkan pada bagaimana mendapatkan formula campuran agregat dengan asbuton butir lawele sehingga menghasilkan asbuton campuran panas hampar dingin pada aspal berongga yang memiliki nilai stabilitas tinggi sesuai spesifikasi REAM. Hasil pengujian dengan kadar BGA 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% dengan Flux oil 3,5% menunjukkan Penggunaan variasi BGA 5,5% mempunyai stabilitas tertinggi yaitu rata-rata 2040,31 Kg, sedangkan stabilitas terendah diperoleh pada variasi BGA 5% yaitu dengan nilai stabilitas rata-rata 1239,64 Kg. Nilai flow yang disyaratkan yaitu 2,0-4,0 mm. Terlihat rata-rata nilai flow dari variasi BGA 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% adalah 3,7 mm, 3,4 mm, 2,8 mm, 3,9 mm, dan 4,4 mm. Nilai flow mengalami penurunan dari variasi 4,5% hingga 5,5%. Dan mengalami kenaikan nilai flow pada variasi 6% dan 6,5%. Sehingga variasi BGA 6,5% dengan nilai 4,4 mm tidak memenuhi spesifikasi REAM yaitu 2-4 mm.

#### **8) ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI ASBUTON LGA (LAWELE GRANULAR ASPHALT) PADA ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP CAMPURAN ASPAL PORUS (Ayuningtyas, 2017)**

Dalam penelitian ini membahas tentang pengaruh dari substitusi aspal buton menggunakan produk LGA (Lawele Granular Asphalt) ke dalam aspal penetrasi 60/70 terhadap campuran aspal porous, dengan parameter dari karakteristik marshall dan permeabilitas. Dengan kadar aspal pen 60/70 yaitu 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, dan 6.5%

lalu disubstitusikan dengan kadar LGA sebesar 0%, 8%, 10% dan 12% dari berat total aspal campuran. Hasil penelitian diperoleh kadar aspal optimum yaitu 5,75%. Pengaruh substitusi asbuton LGA ditinjau dari karakteristik marshall tidak memenuhi spesifikasi untuk nilai VIM dan VMA, sehingga tidak dapat memenuhi parameter untuk struktur perkerasan lentur, serta menurunnya nilai permeabilitas dengan semakin tinggi kadar asbuton LGA meski masih memenuhi spesifikasi tetapi sebaliknya dapat meningkatkan kinerja stabilitas. Nilai persentase kadar LGA yang menghasilkan campuran aspal porus terbaik untuk stabilitas pada kadar 12% sebesar 615 kg sedangkan nilai permeabilitas pada kadar 8% sebesar 0,3520 cm/dtk.

#### **9) MODIFIKASI CAMPURAN ASPAL AC-WC MENGGUNAKAN BUTON GRANULAR ASPHALT SEBGAI BAHAN SUBSTITUSI (Sofyan dkk, 2019)**

Dalam penelitian ini bahan tambah yang digunakan adalah Buton Granular Asphalt (BGA) sebagai substitusi aspal dan agregat pada campuran laston lapis aus (AC-WC) dan semen portlant. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan karakteristik campuran AC-WC dengan dan tanpa menggunakan BGA. persentase BGA 6% dan 8%. Dari hasil penelitian nilai KAO yang didapat tanpa substitusi BGA sebesar 5,31% dimana nilai stabilitas didapat 1610,68 kg, sedangkan pada substitusi BGA didapat 6,14% pada BGA 8% dengan nilai stabilitas 2223,60 kg.

#### **10) EVALUASI MODULUS RESILIEN DAN DEFORMASI PERMANAN CAMPURAN ASPAL PORUS PEN 60/70 DENGAN BAHAN TAMBAH BUTON NATURAL ASPHALT (BNA) (Falderika, 2017)**

Penelitian ini menggunakan campuran aspal porus dengan aspal Pen 60/70 dan modifikasi Buton natural asphalt. Kinerja campuran diukur berdasarkan hasil pengujian Marshall, Cantabro Loss, Asphalt Drain Down, perendaman Marshall, pengujian Modulus Resilien dengan alat uji UMATTA, dan pengujian Wheel Tracking Machine. Nilai stabilitas Marshall tertinggi yaitu sebesar 479 kg pada campuran Pen 60/70. Hasil uji UMATTA memberikan nilai Modulus Resilien sebesar 1787 MPa dan 688 Mpa untuk campuran BNA 65/35 pada temperatur 25°C dan 35°C dan 1413 MPa

dan 480 Mpa untuk campuran aspal Pen 60/70 pada temperatur yang sama. Pengujian Kuat Tarik Tak Langsung, menunjukkan bahwa dengan meningkatnya temperatur dapat menurunkan nilai kuat tarik terhadap campuran Aspal Porus, dimana untuk aspal Pen 60/70 sebesar 3,52 N/mm<sup>2</sup> dan 3,25 N/mm<sup>2</sup>, untuk campuran BNA 75/25 sebesar 3,71 N/mm<sup>2</sup> dan 3,50 N/mm<sup>2</sup>, untuk campuran BNA 65/35 sebesar 5,72 N/mm<sup>2</sup> dan 5,30 N/mm<sup>2</sup> pada temperatur 25°C dan 35°C. Secara umum hasil terbaik campuran aspal porus diperoleh pada pemakaian aspal modifikasi BNA 65/35.

**Tabel II. 6** Resume jurnal Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	GAP analisis	
					Penelitian Terdahulu	Penelitian penulis
1	2019	PENGUNAAN ASBUTON LAWELE GRANULAR ASPHALT (LGA) DAN BUTON GRANULAR ASPHALT (BGA) PADA CAMPURAN ASPAL PORUS	Pengujian stabilitas Marshall dengan gradasi <b>Australian Asphalt Pavement Association (2004)</b>	Penambahan asbuton LGA dan BGA berpengaruh cukup baik dilihat dari nilai stabilitas meningkat mencapai 724,3 kg, mengalami kenaikan hingga 15,66% dari campuran aspal porus tanpa penambahan LGA dan BGA.	Analisis <b>stabilitas marshall</b> dengan bahan tambah <b>LGA dan BGA</b> pada campuran aspal porus	<b>Analisis stabilitas marshall</b> dengan <b>bahan tambah BGA</b> ditinjau <b>berdasarkan lamanya waktu pengujian</b> berdasarkan Spesifikasi Jepang
2	2020	KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN BUTON GRANULAR ASPHALT SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN STYROFOAM SUBSTITUSI ASPAL PEN 60/70	Pengujian stabilitas Marshall dengan gradasi <b>Australian Asphalt Pavement Association (2004)</b>	Dari hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa stabilitas tertinggi diperoleh pada KAO terbaik sebesar 1141,96 kg pada kadar aspal 5,76% dengan substitusi 8% BGA dan 9% styrofoam.	Analisis stabilitas marshall dengan bahan tambah <b>BGA dan Styrofoam</b> pada campuran aspal porus	
3	2018	ANALISA PARAMETER MARSHALL DAN DURABILITAS ASPAL POROS DENGAN VARIASI GRADASI MENGGUNAKAN SPESIFIKASI JEPANG	Pengujian <b>stabilitas Marshall dengan gradasi Jepang</b>	Dari hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa hanya campuran aspal poros dengan gradasi batas atas sebagian besar memenuhi parameter Marshall terutama nilai stabilitas > 500 kg kecuali nilai VFB dan Marshall Quantient (MQ).	Analisis stabilitas marshall dengan variasi gradasi spesifikasi jepang menggunakan <b>material lokal Krueng Mane Kabupaten Aceh</b>	



4	2018	KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN SUBSTITUSI GONDORUKEM PADA ASPAL PENETRASI 60/70	Pengujian <b>stabilitas Marshall</b> dengan gradasi <b>Australian Asphalt Pavement Association (2004)</b>	Berdasarkan hasil penelitian KAO terbaik pada 5,56% dengan substitusi 8% gondorukem, dimana semua parameternya telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan AAPA (2004). Pada KAO terbaik diperoleh nilai stabilitas sebesar 554,81 kg, nilai VIM sebesar 18,04%, nilai CL sebesar 20,66%, dan nilai AFD sebesar 0,28%.	Analisis <b>stabilitas marshall dengan bahan tambah Gondorukem</b> pada campuran aspal porus	<b>Analisis stabilitas marshall dengan bahan tambah BGA</b> ditinjau berdasarkan lamanya waktu pengujian berdasarkan Spesifikasi Jepang
5	2021	ANALISA PENGARUH PERENDAMAN CAMPURAN BUTON GRANULAR ASPAL (BGA) MENUNAKAN AIR LAUT, AIR PAYAU DAN AIR TAWAR TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL TEST	Pengujian <b>stabilitas marshall</b> dengan melakukan variasi perendaman aspal selama 24 jam menggunakan air laut, air payau dan air tawar	Hasil pengujian Marshall test pada 3 jenis perendaman air laut, air payau dan air tawar dapat di ketahui bahwa nilai stabilitas yang tertinggi yaitu pada perendaman air payau dengan nilai 3259 kg	untuk mengetahui pengaruh campuran aspal <b>BGA terhadap perendaman air laut, air payau dan air tawar terhadap konstruksi perkerasan jalan yang di nilai karakteristik Marshall.</b>	

6	2019	ANALISA DURABILITAS PEMANFAATAN POLYVINYL CHLORIDE SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA LAPISAN ASPAL POROUS DENGAN VARIASI WAKTU RENDAMAN	Pengujian <b>stabilitas marshall</b> dengan melakukan variasi perendaman dengan bahan tambah Polyvinyl Chloride	didapatkan nilai Stabilitas tertinggi yaitu sebesar 558,07 kg, Flow 2,47 mm, Marshall Quotient (MQ) 247,665 kg/mm, Cantabro Loss 17,81%, Binder Drain Down 0,13%, Permeability 30,22 cm/dtk pada kadar aspal 5,25%, sehingga didapatkan kadar bahan tambah optimum sebesar 5,2%. Nilai Indeks Kekuatan Sisa pada hari pertama sebesar 96,13%, dan terus mengalami penurunan hingga pada hari kedelapan yaitu sebesar 83,97%	untuk mengetahui tingkat durabilitas aspal porous terhadap <b>variasi waktu rendaman dengan menggunakan Polyvinyl Chloride (PVC)</b> sebagai bahan tambah	<b>Analisis stabilitas marshall dengan bahan tambah BGA</b> ditinjau berdasarkan lamanya waktu pengujian berdasarkan Spesifikasi Jepang
7	2017	PENGARUH PENAMBAHAN BUTON GRANURAL ASPHALT PADA CAMPURAN ASPAL BERONGGA CAMPUR PANAS HAMPAR DINGIN TERHADAP STABILITAS MARSHALL	Pengujian stabilitas marshall dengan acuan <b>spesifikasi REAM.</b>	Hasil pengujian dengan kadar BGA 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% dengan Flux oil 3,5% menunjukkan Penggunaan variasi BGA 5,5% mempunyai stabilitas tertinggi yaitu rata-rata 2040,31 Kg, sedangkan stabilitas terendah diperoleh pada variasi BGA 5% yaitu dengan nilai stabilitas rata-rata 1239,64 Kg.	mendapatkan formula campuran agregat dengan <b>asbuton butir lawele</b> sehingga menghasilkan asbuton campuran panas hampar dingin pada aspal berongga yang memiliki nilai stabilitas tinggi sesuai spesifikasi REAM	

8	2017	ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI ASBUTON LGA (LAWELE GRANULAR ASPHALT) PADA ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP CAMPURAN ASPAL PORUS	Pengujian stabilitas <b>Marshall</b> dengan gradasi <b>Jepang</b>	Pengaruh substitusi asbuton LGA ditinjau dari karakteristik marshall. Mmenurunnya nilai permeabilitas dengan semakin tinggi kadar asbuton LGA meski masih memenuhi spesifikasi tetapi sebaliknya dapat meningkatkan kinerja stabilitas. Nilai persentase kadar LGA yang menghasilkan campuran aspal porus terbaik untuk stabilitas pada kadar 12% sebesar 615 kg sedangkan nilai permeabilitas pada kadar 8% sebesar 0,3520 cm/dtk.	Analisis pengaruh dari <b>substitusi</b> aspal buton menggunakan produk <b>LGA</b> (Lawele Granular Asphalt) ke dalam aspal penetrasi 60/70 terhadap campuran aspal porus	<b>Analisis stabilitas marshall dengan bahan tambah BGA</b> ditinjau <b>berdasarkan lamanya waktu pengujian</b> berdasarkan Spesifikasi Jepang
9	2019	MODIFIKASI CAMPURAN ASPAL AC-WC MENGGUNAKAN BUTON GRANULAR ASPHALT SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI	Pengujian stabilitas Marshall dengan gradasi spesifikasi <b>Bina Marga 2010 revisi 3 (2014)</b>	Dari hasil penelitian nilai KAO yang didapat tanpa substitusi BGA sebesar 5,31% dimana nilai stabilitas didapat 1610,68 kg, sedangkan pada substitusi BGA didapat 6,14% pada BGA 8% dengan nilai stabilitas 2223,60 kg.	Analisis perbandingan karakteristik <b>campuran AC-WC</b> dengan dan tanpa menggunakan <b>BGA</b>	

10	2017	EVALUASI MODULUS RESILIEN DAN DEFORMASI PERMANAN CAMPURAN ASPAL PORUS PEN 60/70 DENGAN BAHAN TAMBAH BUTON NATURAL ASPHALT (BNA)	Pen 60/70, aspal modifikasi BNA 65/35 dan BNA 75/25	<p>Nilai stabilitas Marshall tertinggi yaitu sebesar 479 kg pada campuran Pen 60/70. Hasil uji UMATTA memberikan nilai Modulus Resilien sebesar 1787 MPa dan 688 Mpa untuk campuran BNA 65/35 pada temperatur 25°C dan 35°C dan 1413 MPa dan 480 Mpa untuk campuran aspal Pen 60/70 pada temperatur yang sama.</p> <p>Analisis campuran aspal porus dengan aspal Pen 60/70 dan modifikasi BNA Kinerja campuran diukur berdasarkan hasil pengujian Marshall, Cantabro Loss, Asphalt Drain Down, perendaman Marshall, pengujian Modulus Resilien dengan alat uji UMATTA, dan pengujian Wheel Tracking Machine</p>	<p><b>Analisis stabilitas marshall dengan bahan tambah BGA ditinjau berdasarkan lamanya waktu pengujian</b> berdasarkan Spesifikasi Jepang</p>
11	2023	<p><b>ANALISIS STABILITAS MARSHALL CAMPURAN POROUS ASPHALT DENGAN BUTON GRANULAR ASPHALT (BGA) SEBAGAI BAHAN TAMBAH BERDASARKAN LAMANYA WAKTU PENGUJIAN</b></p>	<p>Pengujian marshall dengan bahan tambah BGA menggunakan spesifikasi Jepang berdasarkan lamanya waktu pengujian</p>	<p><b>Pengujian saat ini</b></p>	