

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Peneliti Terdahulu

Penelitian terdahulu bertujuan untuk mendapatkan bahan perbandingan dan acuan. Selain itu untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Maka dalam kajian pustaka ini peneliti mencantumkan tujuan dan hasil-hasil penelitian terdahulu sebagai berikut :

Evie Dwi Labora Bancin (2020), berjudul “*Pengaruh Penggunaan Tanah Merah Sebagai Filler Pada Campuran Aspal AC-BC Terhadap Nilai Marshall*”. Tujuan penelitian ini untuk menemukan alternatif baru dari bahan *filler* aspal dan untuk mengetahui nilai parameter Marshall aspal akibat penggunaan *filler* abu tanah merah dengan variasi campuran 2% dan 4% pada kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Hasil dari penelitian ini adalah nilai hasil uji Marshall perbandingan antara 2% tanah merah dengan 4% tanah merah menghasilkan hasil yang bagus, baik nilai *Stabilitas*, *Flow*, maupun hasil *Marshall Quotient*.

Sandy Pebrian Ramadhan (2020), berjudul “*Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Pasir Panjang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik AC-BC*”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisik pasir pantai Pasir Panjang sebagai agregat halus pada campuran perkerasan AC-BC. Hasil dari penelitian ini adalah sifat fisik pasir pantai pasir panjang sebagai substitusi agregat halus Clereng pada campuran AC-BC memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga (2010). Semakin bertambahnya substitusi pasir pantai nilai yang mengalami penurunan yaitu nilai stabilitas, *MQ*, *VITM*, dan *VMA* pada campuran AC-BC. Pada nilai *flow* dan *VFWA* cenderung mengalami kenaikan.

Hanindya Fatihatun Najihan (2019), berjudul “*Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Dengan Penambahan Filler Abu Tebu Pada Campuran Aspal Terhadap Karakteristik Marshall*”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pasir pantai sebagai bahan pengganti pasir sungai pada campuran lapis aspal beton terhadap karakteristik marshall dan mengetahui pengaruh penambahan *filler* abu tebu dengan persentase *filler* 0%, 5%,

10%, dan 15% pada campuran lapis aspal beton terhadap karakteristik marshall. Hasil dari penelitian ini adalah pengaruh pasir pantai Parangtritis sebagai pengganti pasir sungai pada campuran lapis aspal beton mempengaruhi nilai karakteristik marshall ditunjukkan dengan semakin banyak kadar *filler* yang digunakan maka nilai VIM, VMA, dan VFA semakin rendah, menunjukkan bahwa rongga dalam campuran aspal semakin rendah. Penggunaan *filler* abu tebu dalam campuran lapis aspal beton dengan kadar 0%, 5%, 10%, dan 15% mempengaruhi nilai karakteristik marshall.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Bahan Penyusun Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)

Pada dasarnya penyusun dari suatu perkerasan lentur terdiri atas agregat kasar, agregat halus, pasir, *filler* dan bahan aditif. Namun, bahan-bahan yang digunakan tersebut, sebelumnya harus diuji sesuai standar dan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga. Hal tersebut agar diperoleh perkerasan yang memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan yang direncanakan.

2.2.2 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai adalah batu pecah atau batu belah ataupun bahan lainnya. Bahan ikat yang dipakai adalah aspal, semen ataupun tanah liat. Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 2003).

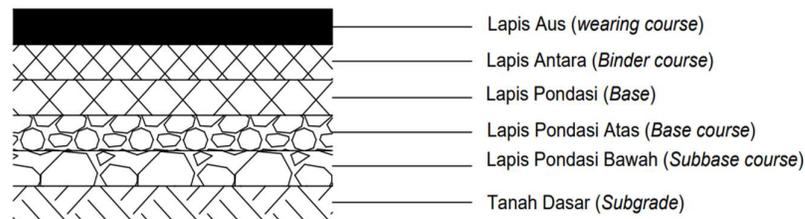
2.2.3 Perkerasan Lapisan Aspal Beton (Laston)

Perkerasan Lapisan aspal beton (Laston) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas serta dipadatkan pada suhu tertentu (Silvia Sukirman, 1992). Ciri lainnya adalah memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu aspal beton

memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku. (Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum 2018).

Sesuai fungsinya Laston (AC) mempunyai 3 macam campuran yaitu:

- Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (Asphalt Concrete-wearing Course), dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.
- Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.
- Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (Asphalt Concrete-Base), dengan tebal nominal minimum adalah 7,5 cm.



Sumber: <http://www.kitasipil.com>

Gambar 2. 1 Struktur Perkerasan Jalan

2.2.4 Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)

Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) ini berfungsi sebagai lapisan aus dan terletak paling atas perkerasan. AC-WC mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Menurut Spesifikasi Bina Marga (2018), bahwa tebal nominal minimum lapisan AC-WC adalah 4 cm dengan toleransi -3 mm. Bahan penyusun dalam perkerasan Laston AC-WC terdiri dari aspal, agregat kasar dan agregat halus.

Ketentuan sifat-sifat yang dimiliki campuran Laston AC-WC, seperti dalam tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Campuran AC-WC

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah partikel perbidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm	Min	0,6		
dengan kadar aspal efektif	Max	1,2		
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,0		
	Max	5,0		

Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Max	4		6
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam. 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2		
<i>Marshall</i> Quotient (kg/mm)	Min	250		300

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

2.3 Pengertian Aspal

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Silvia Sukirman, 2003).

Aspal terbuat dari minyak mentah, melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama sama material lain. Aspal dapat pula diartikan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa-senyawa kompleks seperti Asphaltene, Resins dan Oils. Aspal mempunyai sifat visco-elastis dan tergantung dari waktu pembebanan. (*The Blue Book-Building & Construction*, 2009).

Tabel 2. 2 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Persyaratan pen 60/70		Satuan
				Min	Max	
1	Penetrasi	SNI 06-2456-1991	65.50	60	79	0.1 mm
2	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	52.75	48	58	°C
3	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	311.00	200	-	°C
4	Kehilangan berat	SNI 06-2441-1991	0.09	-	0.80	% berat
5	Daktilitas	SNI 06-2432-1991	122.00	100	-	cm
6	Berat Jenis	SNI 06-2488-1991	1.03	1	-	gr/cc

Sumber: Google

2.3.1 Fungsi Aspal

Ada beberapa fungsi aspal diantaranya adalah :

1. Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalulintas (*water proofing, protect* terhadap erosi)
2. Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat
3. Lapis resap pengikat (*prime coat*) adalah lapisan tipis aspal cair yang diletakkan di atas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya
4. Lapis pengikat (*tack coat*) adalah lapis aspal cair yang diletakkan di atas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar, berfungsi pengikat di antara keduanya
5. Sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus dan *filler*

2.3.2 Sifat dan Bahan Penyusun Aspal

Aspal banyak digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan karena memiliki sifat sebagai pengikat dan pengisi rongga udara antara agregat. Adapun sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut (Silvia Sukirman, 1993):

1. Mempunyai daya tahan (*durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan sebagainya.
2. Kohesi dan Adhesi

Kohesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat unsur-unsur penyusun dari dirinya sendiri hingga terbentuknya aspal dengan daktilitas yang tinggi. Sedangkan adhesi menyatakan kemampuan aspal untuk berikatan dengan agregat dan tetap mempertahankan agregat pada tempatnya setelah berikatan.

 - a. Kepekaan terhadap temperatur

Kepekaan aspal terhadap temperatur adalah sensitivitas perubahan sifat viskoelastis aspal akibat perubahan temperatur, sifat ini dinyatakan sebagai indeks penetrasi aspal (IP)
 - b. Kekerasan Aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses peleburan. Pada

waktu proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi)

c. **Viskoelastisitas Aspal**

Viskoelastisitas aspal adalah suatu material yang bersifat viskoelastisitas yang sifatnya akan berubah tergantung pada temperatur atau waktu pembebanan. Sifat viskoelastisitas aspal adalah untuk menentukan pada temperatur berapa pencampuran aspal dengan agregat halus dilakukan agar mendapatkan campuran yang homogen dimana semua permukaan agregat dapat diselimuti oleh aspal secara merata dan aspal mampu masuk kedalam pori-pori agregat untuk membentuk ikatan kohesi yang kuat dan untuk mengetahui pada temperatur berapa pemadatan dapat dilakukan dan kapan harus dihentikan.

2.3.3 Jenis-Jenis Aspal

Aspal yang digunakan untuk bahan perkerasan jalan dari aspal alam dan aspal buatan.

1. **Aspal Alam**

- a. Aspal alam dapat dibedakan atas :
 - Aspal gunung (*Rock Asphalt*)
 - Aspal danau (*Lake Asphalt*)
- b. Berdasarkan kemurniannya sebagai berikut :
 - Murni dan hampir murni (*Bermuda Lake Asphalt*)
 - Tercampur dengan mineral di Pulau Buton, Aspal gunung (*Rock Asphalt*) contoh : aspal dari pulau Buton, Trinidad, Prancis dan Swiss.

2. **Aspal Buatan**

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

- a. Aspal Keras adalah aspal yang mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi. Penetrasi dari aspal keras berkisar antara 60-80. Aspal keras ini biasanya digunakan untuk campuran hotmix perkerasan jalan aspal.

- b. Aspal Cair adalah aspal yang berbentuk cair. Aspal cair ini juga berfungsi sebagai bahan perkerasan jalan meliputi lapis resap pengikat (*primecoat*) dengan aspal tipe MC-30, MC-70 atau MC-250. Selain itu juga digunakan untuk lapis pengikat (*tack coat*) dengan tipe RC-70 atau RC-250.
- c. Aspal Emulsi adalah aspal yang berbentuk keras yang didispersikan ke dalam air atau aspal cair yang dikeraskan memakai bahan pengemulsi.

2.3.4. Kandungan Aspal

Aspal adalah cairan kental yang mengandung senyawa hidrokarbon dengan sejumlah kecil mengandung sulfur, oksigen, dan klorin. Aspal sebagai bahan pengikat pada perkerasan lentur mempunyai sifat *viskoelastis*. Aspal akan bersifat padat pada suhu ruang dan bersifat cair bila dipanaskan. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh dan tidak jenuh, *alifatik* dan *aromatic* yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul. Atom-atom selain hidrogen dan karbon yang juga menyusun aspal adalah hidrogen, oksigen, belerang, dan beberapa atom lain yang membentuk aspal. Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hidrogen, 6% belerang, dan sisanya oksigen dan nitrogen, dengan jumlah kecil besi, nikel, dan vanadium. Senyawa ini sering diklasifikasikan sebagai *aspalten* (yang memiliki molekul kecil) dan *malten* (yang memiliki molekul besar). Aspal biasanya mengandung 5 sampai 25% *aspalten*. Sebagian besar senyawa yang terdapat di aspal merupakan senyawa polar.

2.4 Agregat

Agregat menurut Silvia Sukirman, (2007) merupakan komponen dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan presentasi berat, atau 75-80% agregat berdasarkan presentasi volume. Dengan demikian, kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Agregat adalah bahan pengisi atau yang dicampurkan dalam proses pembuatan aspal yang berasal dari batu dan mempunyai peranan penting terhadap kualitas aspal maupun harganya.

Sifat agregat merupakan salah satu penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Yang menentukan kualitas agregat sebagai material perkerasan jalan adalah: gradasi, kebersihan,

kekerasan, ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air dan menahan lapisan air tipis di permukaannya.

2.4.1 Agregat Kasar

Agregat kasar memiliki butiran tajam, kuat dan keras. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca. Sifat kekal diketahui apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:

- Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%
- Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%

Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1% maka kerikil harus dicuci. Tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton. Harus mempunyai modulus kehalusan antara 6-7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- Sisa di atas ayakan 38 mm, harus 0% dari berat
- Sisa di atas ayakan 4,8 mm, 90%-98% dari berat
- Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan, maks 60% dan min 10% dari berat. Agregat yang baik tidak boleh mengandung garam.

Agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) dan harus bersih, keras, tahan lama dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak diinginkan lainnya dan memenuhi persyaratan pada tabel dibawah fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri dari batu pecah atau kerikil dan harus disediakan dalam ukuran standar. Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan memiliki ketahanan terhadap slip (*skid resistance*) yang tinggi untuk menjamin keamanan lalu lintas. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan abrasi bila digunakan sebagai campuran *wearing course*, untuk memenuhi nilai Los Angeles abrasion test.

Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan Bnetuk Agreget Terhadap Larutan		Natrium Sulfat	Maks 12%
		Magnesium Sulfat	Maks 18%
Abrasi dengan mesin Los Angleles	Campuran Ac Modifikasi dan SMA	100 Putaran	Maks 6%
		500 Putaran	Maks 30%
	Semua Jenis Campuran Beraspal Bergradasi Lainnya	100 Putaran	Maks 8%
		500 Putaran	Maks 40%
Kelekatan Agreget Terhadap Aspal		SNI 2439:2011	Min 95%
Butir Pecah Agreget Kasar		SMA	100/90 ^{*)}
		Lainnya	95/90 ^{**)}
Partikel Pipih dan Lonjong		SMA	ASTMD4791-10
		Lainnya	Perbandingan 1:5
Material Lolos Ayakan No. 200		SNII ASTM C117 : 2012	Maks 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Tabel 2. 4 Berat Jenis Agregat Kasar SNI

No	Tinjauan	Hasil	Prasyarat	Code	Kesimpulan
A	Berat Jenis	2,553	2,5 - 2,7	SNI 03-1970-1990	Memenuhi syarat
	Berat Jenis SSD	26,070	2,5 - 2,7	SNI 03-1970-1990	Memenuhi syarat
B	Berat Satuan	1,587 gr/cm ³	1,50 - 1,80	SNI 03-4804-1998	Memenuhi syarat
C	Daya serap air	2114%	0,5% - 1%	SNI 03-1970-1990	Tidak memenuhi syarat
D	Kandungan Lumpur	-	5%	PUBI-1992	-
E	Ketahanan aus	23,9%	27%	SNI 03-2417-1990	Memenuhi syarat
	Ketahanan dengan Bejana Rendilhof	9327%	16%	SNI 03-6861.1-2002	Memenuhi syarat
F	Gradasi	Mbb 6,63	Mbb 6,5-7,10	SNI 03-1968-1990	Memenuhi syarat
F	Hasil Uji ion Cl	15,64 ppm (0,001564%)	Untuk beton ptegang maksimum 0,06% dan untuk konstruksi beton sebesar 0,30% terhadap berat semen	SNI 03-2854-1992	Memenuhi syarat

Sumber: Drs. Sunarno, M.Eng

2.4.2 Agregat Halus

Agregat halus berbutir lebih kecil dan halus dibandingkan agregat kasar. Tidak mudah pecah atau hancur karena pengaruh cuaca. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5% apabila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci. Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak lebih gelap dari warna larutan pembanding. Harus mempunyai variasi besar berbutir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8. Apabila diayak dengan

susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 4 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maks 2% dari berat
- Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maks 10% dari berat
- Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maks 15% dari berat, agreget halus tidak boleh juga mengandung garam

Agregat halus dari sumber manapun, harus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075) sesuai SNI 03-6819-2002. Fungsi utama agreget halus ialah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (*interlocking*) dan gesekan antara butiran. Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah bentuk menyudut (*angularity*) dan kekasaran permukaan berbutir (*particle surface roughness*). Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agreget halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 5 Persyaratan Agreget Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Ujji Kadar Rongga Tanpa Pematatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Berbutir-butir Mudah Pecah dalam Agreget	SNI 03-4141-1996	Mkas 1%
Agreget Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	maks. 10%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

2.4.3 Pasir Pantai

(Menurut Ahmad, 2015) Pasir pantai pada umumnya memiliki karakteristik butiran yang halus dan bulat, gradasi (susunan besar butiran) yang seragam serta mengandung garam-garaman. Perkerasan jalan yang dibuat menggunakan pasir pantai harus memenuhi standar sifat fisik agregat halus seperti berat jenis, kadar lumpur, kadar unsur dan analisa saringan. Dalam penggunaannya harus dilakukan pengujian terlebih dahulu, karena dalam perkerasan jalan harus mempunyai gradasi yang baik. Sehingga perkerasan jalan memiliki kualitas yang baik.



Gambar 2. 2 Pasir Pantai

2.4.4 Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler yang artinya sebagai bahan pengisi dapat dipergunakan debu, batu kapur, debu kapur padam, semen atau mineral yang berasal dari asbuton yang sumbernya disetujui oleh direksi pekerjaan, jika digunakan aspal modifikasi dari jenis asbuton yang diproses maka bahan pengisi (*filler*) yang ditambahkan haruslah berasal dari mineral yang diperoleh dari abuston tersebut. Bahan pengisi harus bebas dari gumpalan-gumpalan dan jika pengujian analisa saringan sesuai SNI 03-4142-1996 harus lolos saringan No.200 (0,075 mm) tidak kurang- dari 75% kecuali mineral asbuton. Fungsi dari *filler* adalah untuk saling mengikat diantara agregat agar membentuk suatu kesatuan yang kokoh yang mengikat aspal sesuai perbandingannya.

2.4.5 Batu Laterit

Batu laterit adalah tanah yang mengeras dengan terbentuk secara alami menyerupai batu dari hasil pengendapan zat-zat seperti nikel dan besi. Laterit sendiri terbentuk secara alami yang didalamnya banyak terkandung unsur dan zat-zat hara yang membentuk lapisan tanah tersebut mengeras seperti batu. Oleh sebab itu pemanfaatan batu laterit menjadi isu yang penting. Salah satu pemanfaatan dalam perkerasan jalan digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar dan halus (*filler*) pada campuran aspal untuk mengurangi pemakaian dari batu palu, abu batu dan semen, dan dari segi ekonomis lebih murah serta banyak tersedia di beberapa tempat lokasi yang ada di provinsi Kalimantan Timur.



Gambar 2. 3 Batu Laterit

Batu laterit dapat dimanfaatkan untuk bahan-bahan pembuatan elemen konstruksi bangunan sehingga dapat bernilai ekonomis dan dapat dijadikan mata pencarian warga sekitar yang memiliki gunung laterit.

2.4.6 Gradasi Agregat Gabungan

Menurut Silvia Sukirman 2003, gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Untuk memperoleh gradasi HRS-WC atau HRS-Base yang senjang, maka paling sedikit 80% agregat harus lolos ayakan No.8 (2,36 mm) harus lolos ayakan No.30 (0,600 mm). Dalam campuran aspal, gradasi agregat menentukan rongga campuran. Rongga dalam campuran yang tidak ditempati oleh agregat dinamakan VMA (*Void in mineral aggregate*) (*The Asphalt Institute*). Rongga ini sebagian akan diisi oleh aspal pada campuran aspal, sehingga jumlah rongga udara yang akan tersisa secara tidak langsung ditentukan oleh VMA. presentasi minimum rongga dalam agregat untuk ukuran maksimum agregat dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 6 Amplop Gradasi Agreget Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agreget							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston		Laston		
ASTM	(mm)	Tpisi	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1 ^{1/2} ''	37,5								100
1''	25			100				100	90-100
3/4''	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
1/2''	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8''	9,5	70 - 95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30 - 50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20 - 30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14 - 21					21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	12 -18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	10 -15					9-22	7-20	6-15
No.100	0,150						6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4-9	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.3

Tabel 2. 7 Contoh Batas-Batas “Bahan Bergradasi Senjang”

Ukuran Ayakan	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
% Lolos No.8	40	50	60	70
% Lolos No.30	Min. 32	Min. 40	Min. 48	Min. 56
% Kesenjangan	8 atau kurang	10 atau kurang	12 atau kurang	14 atau kurang

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

2.5 Bahan Aspal Untuk Campuran Beraspal

1. Bahan aspal berikut dapat digunakan sesuai Tabel 2.5. Bahan pengikat ini dicampur dengan agreget sehingga memperoleh campuran beraspal yang memenuhi sesuai persyaratan yang di tentukan dalam tabel 2.6 dibagian yang relevan, seperti yang ditunjukkan dalam gambar atau yang di perintahkan oleh pengawas pekerjaan. Pengambilan contoh bahan aspal harus dilaksanakan sesuai dengan SNI 06-6399-2000 dan pengujian sesuai sifat-sifat (properties) yang disyaratkan dalam tabel 2.5 harus dilakukan.
2. Contoh bahan aspal harus diekstraksi dari benda uji sesuai dengan cara SNI 03-3640-1994 (metode soklet) atau SNI 03-6894-2002 (metode sentrifus) atau AASHTO T164-14 (metode tungku pengapian). Jika metode sentrifitus digunakan, setelah konsentrasi larutan aspal yang terekstrasi mencapai 200 mm, partikel mineral yang terkandung harus dipindahkan kedalam suatu alat sentrifugal. pemindahan ini dianggap memenuhi bila mana kada abu dalam bahan aspal yang diperoleh kembali tidak melebihi 1% (dengan pengapian). Jika bahan aspal diperlukan untuk pengujian lebih lanjut maka bahan aspal itu

harus diperoleh kembali larutan dalam larutan sesuai dengan prosedur SNI 03-6894-2002'

3. Aspal tipe I harus diuji pada setiap kedatangan dan sebelum dituangkan ke tangki penyimpanan AMP untuk penetrasi pada 25°C (SNI 2456:2011). Tipe II harus diuji untuk stabilitas penyimpanan sesuai dengan ASTM D5976-00 part 6.1 semua tipe aspal yang baru datang harus ditempatkan dalam tangki sementara sampai hasil pengujian tersebut diketahui. Tidak ada aspal yang boleh digunakan sampai aspal tersebut telah di uji dan disetujui.

Tabel 2. 8 Ketentuan Untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintesis	
				PG70	PG76
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan ⁽¹⁾	
2.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 red/detik $\geq 1,0$ kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan ⁽²⁾	
5.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$	-	
9.	Stabilitas penyimpanan perbedaan titik lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	$\leq 2,2$	
10.	Kadar paraffin lilin (%)	SNI 03-3639-2002	2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002)					
11.	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	$\leq 0,8$	$\leq 0,8$	
12.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 red/detik 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456-2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 MPa					

15.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 06-6442-2000	-	31	34
-----	--	------------------	---	----	----

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Tabel 2. 9 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Aspal Laston (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽³⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800 ⁽³⁾
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6 ⁽³⁾
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 $^{\circ}\text{C}$ ⁽⁵⁾	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾	Min	2		

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Devisi 6 Perkerasan Aspal

Penentuan VCAmix dan VCAdre sesuai AASHTO R46-08 (2012)

VCAmix : *Voids in coarse aggregate within compacted mixture*

VCAdre : *Voids in coarse aggregate fraction in dry-roddeed condition*

2.6 Pengujian Marshall

Pengujian marshall bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran beraspal dan kadar aspal optimum. Konsep ini dikembangkan oleh seorang insinyur bahan aspal bernama Bruce Marshall bersama dengan *The Mississippi State Highway Departement*. Penelitian ini kemudian dilanjutkan oleh *U.S.Army Corps Of Engineers*. Pengujian ini mengacu pada AASHTO T 245-97 (2004). Pengujian ini bertujuan untuk menentukan stabilitas (*stability*) dan kelelehan (*flow*) dari campuran aspal dengan mengukur ketahanan campuran dan menentukan perubahan bentuk yang terjadi akibat beban lalu lintas.

Pada perhitungan marshall ada beberapa yang menjadi dasar analisis data yang mengacu pada SNI 06-2489-1991 dan SNI 1969-2008 sebagai berikut:

1. Berat jenis aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat jenis aspal padat dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu 15,6 $^{\circ}\text{C}$ atau 25 $^{\circ}\text{C}$, (SNI 06-2441-1991). Pengujian berat jenis aspal dilakukan di laboratorium untuk digunakan

sebagai data konversi berat ke volume atau sebaliknya. Adapun persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan nilai berat jenis :

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

Keterangan:

A = Berat piknometer

B = Berat piknometer + air

C = Berat piknometer + benda uji

D = Berat piknometer + benda uji + air

2. Berat jenis agregat dan penyerapan air

Pada seluruh fraksi agregat kasar, agregat halus dan filler mempunyai nilai berat jenis yang berbeda-beda. Penyerapan air serta berat jenis efektif pun juga berbeda terhadap agregat kasar dan agregat halus. Berikut adalah persamaan untuk mencari nilai berat jenis dan penyerapan air:

a. Agregat kasar

❖ Berat jenis kering

Berat jenis kering merupakan perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

$$Sd = \frac{A}{(B - C)}$$

Keterangan:

Sd = Berat jenis kering

A = Berat benda uji kering oven

B = Berat benda uji jenuh kering permukaan

C = Berat benda uji dalam air

❖ Berat jenis semu

Berat jenis semu merupakan perbandingan antara berat bahan di udara pada satuan volume dan suhu tertentu, dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula.

$$Sa = \frac{A}{(A - C)}$$

Keterangan:

Sa = Berat jenis semu

A = Berat benda uji kering oven

B = Berat benda uji jenuh kering permukaan

C = Berat benda uji dalam air

❖ Penyerapan air

Penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap ke dalam pori-pori, namun tidak termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel, dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya.

$$S_w = \frac{B - A}{(A)} \times 100\%$$

Keterangan:

Sw = Penyerapan air

A = Berat benda uji kering oven

B = Berat benda uji jenuh kering permukaan

C = Berat benda uji dalam air

b. Agregat halus

❖ Berat jenis kering

$$S_d = \frac{Bk}{(B + SSD - Bt)}$$

Keterangan:

Sd = Berat jenis kering

Bk = Berat pasir kering

B = Berat piknometer + air

SSD = Berat pasir kering permukaan

Bt = Berat piknometer + pasir + air

❖ Berat jenis semu

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

Keterangan:

Sa = Berat jenis semu

Bk = Berat pasir kering

B = Berat piknometer + air

Bt = Berat piknometer + pasir + air

❖ Penyerapan air

$$S_w = \frac{SSD - Bk}{Bk} \times 100\%$$

Keterangan:

Sw = Penyerapan air

SSD = Berat pasir kering permukaan

Bk = Berat pasir kering

c. Stabilitas

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis atau dengan arti lain yaitu kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Stabilitas merupakan parameter yang menunjukkan batas maksimum beban yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

$$S = O \times E \times Q$$

Keterangan:

S = Stabilitas benda uji

O = Pembacaan arloji stabilitas

Q = Kalibrasi alat

E = Angka koreksi benda uji

d. *Flow* (Kelelahan)

Flow adalah besarnya penurunan atau 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 diterima. Deformasi yang terjadi erat

kaitannya dengan sifat-sifat marshall yang lain seperti stabilitas, VIM dan VFA. Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya *interlocking resistance* campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai flow merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja jarum dial flow biasanya dalam satuan mm (*millimeter*). Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan.

e. Hasil Bagi *Marshall* (*Marshall Quotient*)

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.

$$MQ = \frac{SM}{F}$$

Keterangan :

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

SM = Stabilitas *Marshall* (kg)

F = *Flow* (mm)

f. Rongga dalam Campuran / *Void In The Mix* (VIM)

Rongga dalam campuran adalah 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 bersifat porous.

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm \times Gmb}{Gmm}$$

Keterangan :

Gmm = berat jenis maksimum campuran (gr/cm³)

Gmb = berat jenis bulk campuran padat (gr/cm³)

g. Rongga pada Campuran Agregat / *Void Mineral Aggregate* (VMA)

Rongga pada campuran agregat adalah rongga udara antara butiran

agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Kuantitas rongga udara pengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi. Nilai VMA yang disyaratkan adalah minimum 14%.

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb}$$

Keterangan :

VMA = rongga udara pada mineral agregat, presentase dari volume total (%)

Gmb = berat jenis bulk campuran padat (gr/cm³)

Gsb = berat jenis bulk agregat (gr/cm³)

Pb = kadar aspal persen terhadap berat total campuran (%)

h. Rongga Terisi Aspal / *Void Filled With Asphalt* (VFA)

Rongga terisi aspal adalah persen rongga yang terdapat diantara butiran agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

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

Keterangan :

VFA = Rongga udara terisi aspal (%)

VMA = Rongga udara pada mineral agregat (%)

VIM = Rongga udara dalam campuran (%)