BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Suatu struktur perkerasan lentur biasanya terdiri atas beberapa lapisan bahan di mana setiap lapisan akan menerima beban dari lapisan di atasnya meneruskan dan menyebarkan beban tersebut ke lapisan di bawahnya. Jadi semakin ke lapisan struktur bawah, beban yang ditahan semakin kecil. Susunan lapisan jalan yang terdiri dari beberapa lapisan dari bawah ke atas adalah sebagai berikut:

3.1.1 Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade)*

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain.

3.1.2 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak di atas lapisan tanah dasar dan di bawah lapis pondasi atas. Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai:

1 Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
2 Mencegah air tanah berkumpul di pondasi.
3 Mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
4 Melindungi lapisan tanah dasar dari beban roda-roda alat berat akibat lemahnya daya dukung tanah dasar pada awal-awal pelaksanaan pekerjaan.
5 Melindungi lapisan tanah dasar dari pengaruh cuaca terutama hujan.

3.1.3 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Lapisan pondasi atas ini berfungsi:

1 Menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
2 Bantalan terhadap lapisan permukaan.

3.1.4 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan. Lapisan permukaan ini berfungsi sebagai:

1 Menahan langsung beban roda kendaraan.
2 Menahan langsung gesekan akibat rem kendaraan (lapis aus).
3 Mencegah air hujan yang jatuh di atasnya agar tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
4 Menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan bawahnya.

Ketetentuan sifat-sifat campuran aspal panas dan spesifikasi agregat campuran aspal menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 untuk Laston (AC) dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.1 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran		LASTON					
		AC-WC		AC-BC		AC-Base	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar Aspal Efektif (%)	Min	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan Aspal (%)	Maks	1,2					
Jumlah Tumbukan per Bidang		75			112		
Rongga dalam Campuran (%)	Min	3,5					
	Maks	5,0					
Rongga dalam Angregat (%)	Min	15	14		13		
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	63		60		
Stabilitas Masrhall (kg)	Min	800			1800		
Pelelehan (mm)	Min	3,0			4,5		
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250			300		
Stabilitas *Marshall* Sisa setelah Perendaman 24 jam, 60°C (%)	Min	90					

Lanjutan tabel 3.1 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran		LASTON					
		AC-WC		AC-BC		AC-Base	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Rongga dalam Campuran pada Kepadatan Membal (%)	Min	2,5					

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

Tabel 3.2 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

No. Saringan	Ukuran Ayakan (mm)	LASTON (AC)		
		WC	BC	Base
1,5”	37,5			100
1”	25		100	90-100
¾”	19	100	90-100	76-90
½”	12,5	90-100	75-90	60-78
3/8”	9,5	77-90	66-82	52-71
#4	4,75	53-69	46-64	35-54
#8	2,36	33-53	30-49	23-41
#16	1,18	21-40	18-38	13-30
#30	0,600	14-30	12-28	10-22
#50	0,300	9-22	7-20	6-15
#100	0,150	6-15	5-13	4-10
#200	0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

3.2 Bahan Penyusun Perkerasan Lentur

3.2.1 Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras, padat dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran berupa butiran atau pecahan termasuk di dalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, dan debu

agregat. Agregat sebagai komponen utama atau kerangka dari lapisan perkerasan jalan mengandung 90%-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75%-85% agregat berdasarkan persentase volume (Sukirman, 2003). Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dan material lain.

Sifat kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) dipengaruhi oleh gradasi, kadar lumpur, kekerasan (*hardness*) dan bentuk butir (*shape-grain*). Gradasi merupakan ukuran luar dari agregat dan dibedakan menjadi agregat kasar, halus dan agregat pengisi (*filler*). Gradasi yang baik dan seimbang akan meningkatkan kekuatan dan keawetan karena rongga yang dibentuk mudah dimasuki oleh *filler* sehingga kerapatannya meningkat akibat tidak ada rongga yang kosong begitu saja (Putrowijoyo, 2006). Spesifikasi Umum Bina Marga (2010) membedakan agregat menjadi tiga golongan sebagai berikut ini.

1 Agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan saringan No. 4 (= 4,75 mm).
2 Agregat halus, yaitu agregat yang lolos saringan No. 4 (= 4,75 mm).
3 Bahan pengisi (*filler*), yaitu bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan No. 200 (= 0,075 mm).

Persyaratan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.3 Pesyaratan Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian		Standar	Nilai Persyaratan
1	Berat Jenis		SNI 1969 : 2008	> 2,5
2	Abrasi dengan Mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417 : 2008	Maks. 30%
3		Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		Maks. 40%
4	Penyerapan Agregat terhadap air		SNI 1969 : 2008	< 3%
5	Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI-06-2439-1991	> 95%

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

Tabel 3.4 Pesyaratan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Standar	Nilai Persyaratan
1	Berat Jenis	SNI 1970 : 2008	> 2,5
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air	SNI 1970 : 2008	< 3
3	Sand Equivalent	SNI 3423: 2008	> 50

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

3.2.2 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua pada temperatur ruang berbentuk padat. Jika dipanaskan, aspal menjadi bersifat cair sehingga dapat membungkus partikel agregat. Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil yang umumnya berkisar antara 4%-10% berdasarkan berat campuran atau 10-15% dari volume. *Hydrocarbon* adalah bahan dasar utama dari aspal yang umumnya disebut dengan bitumen. Aspal yang umum digunakan saat ini berasal dari salah satu hasil proses destilasi minyak bumi dan disamping itu ada juga yang menggunakan aspal alam yang berasal dari Pulau Buton.

Aspal minyak yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan merupakan proses hasil residu dari destilasi minyak bumi yang sering disebut dengan aspal semen (*AC*). Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran aspal beton dan memberikan lapisan kedap air, serta tahan terhadap asam, basa dan garam. Ini berarti jika dibuatkan lapisan dengan menggunakan aspal sebagai pengikat dengan mutu yang baik dapat memberikan lapisan kedap air dan tahan terhadap pengaruh cuaca dan reaksi kimia yang lain. Sifat aspal akan berubah dengan berjalannya waktu dan cuaca, aspal akan menjadi kaku, rapuh dan kemudian daya adhesinya terhadap partikel agregat akan berkurang. Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada.

Berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan atas:

1. Aspal alam, yang berasal dari:
   a Aspal gunung (*rock asphalt*), misalnya aspal dari Pulau Buton.
   b Aspal danau (*lake asphalt*), misalnya aspal dari Bermuda, Trinidad.
2. Aspal buatan, yang terdiri atas:
   a Aspal minyak, merupakan hasil peyulingan dari minyak bumi.
   b Tar, merupakan hasil penyulingan batu bara. Namun, tidak umum digunakan sebagai bahan perkerasan jalan karena lebih cepat mengeras dan peka terhadap perubahan temperatur.

Di Indonesia, negara dengan iklim tropis dengan cuaca yang terkadang panas, biasanya menggunakan aspal padat. Pada penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal padat dari Pertamina dengan penetrasi AC 60/70 dan aspal modifikasi aspal Starbit E-55.

Berikut adalah ketentuan-ketentuan aspal padat menurut Spesifikasi Umum Bina Marga.

Tabel 3.5 Ketentuan-ketentuan Aspal Padat

Jenis Pengujian	Metode Penelitian	Aspal Penetrasi 60/70	Aspal Modifikasi Elastomer
Penetrasi pada 25° (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	Min. 40
Titik Lembek (°C)	SNI 2343:2011	≥ 48	≥ 48
Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	≥ 100
Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 232
Kelarutan dalam Trichoroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99	≥ 99
Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	≥ 1,0

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

3.2.3. Bahan Pengisi *(Filler)*

Filler adalah salah satu material berbutir halus yang lolos pada saringan no.200 (0,074 mm). *Filler* difungsikan sebagai pengisi pada pembuatan campuran aspal. *Filler* dapat berupa debu batu, kapur, semen, pecahan genteng dan lain-lain yang harus dalam keadaan kering. *Filler* dengan bahan berbeda mempengaruhi karateristik campuran aspal beton itu sendiri.

Pada penelitian ini diuji pengaruh penggunaan limbah gerabah Kasongan sebagai *filler* terhadap karaterisitik *Marshall, ITS test* dan *Immersion test*.

3.4 Karakteristik Pengujian *Marshall*

Metode pengujian *Marshall* dikembangkan oleh Bruce Marshall yang bekerja pada Departemen Raya Negeri Bagian Missisipi berkisar 1940-an. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelehan plastis (*flow*).

Alat *Marshall* adalah alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN atau 5000 lbf dan *flowmeter* untuk mengukur kelelehan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inci atau 10,2 cm dan tinggi 2,5 inci atau 6,35 cm (Sukirman, 2003).

Sifat-sifat campuran beton aspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian *Marshall* antara lain:

3.4.1 Berat jenis *bulk* beton aspal padat (G_{mb})

Berat jenis *bulk* beton aspal padat dapat diukur dengan menggunakan hukum Archimedes pada Persamaan 3.1.

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a} \tag{3.1}$$

Dengan :

G_{mb} = Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat,

B_k = Berat kering beton aspal padat (gram),

B_{ssd} = Berat kering permukaan beton aspal yang telah dipadatkan (gram),

B_a = Berat beton aspal padat di dalam air (gram), dan

B_{ssd} - B_a = Volume *bulk* dari beton aspal padat, jika berat jenis air diasumsikan sama dengan 1.

3.4.2 Berat jenis maksimum beton yang belum dipadatkan (G_{mm})

Berat jenis maksimum beton aspal yang belum dipadatkan adalah berat jenis campuran beton aspal tanpa pori/udara, yang didapatkan dari penelitian di laboratorium menggunakan prosedur *AASHTO* T209-90 dengan menggunakan persamaan 3.2.

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}} \tag{3.2}$$

Dengan :

G_{mm} = Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum dipadatkan,

P_a = Kadar aspal terhadap berat beton aspal padat (%),

P_s = Kadar agregat terhadap berat beton aspal padat (%),

G_a = Berat jenis aspal, dan

G_{se} = Berat jenis efektif dari agregat pembentuk beton aspal padat.

3.4.3 *Voids In Mineral Aggregate* (*VMA*)

VMA adalah banyaknya pori di antara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat yang dinyatakan dalam persentase. *VMA* akan meningkatkan jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persentase dari berat beton aspal padat, makanya *VMA* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.3

$$VMA - 100 - \frac{G_{mb} x Ps}{G_{sb}} \tag{3.3}$$

Dengan :

VMA = Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat,

G_{mb} = Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat,

Ps = Kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat, dan

G_{sb} = Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat.

3.4.4 *Voids in the Mix* (*VITM*)

VITM adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. Nilai *VITM* yang terlalu besar mengakibatkan beton aspal padat berkurang kekedapan airnya yang akan berakibat terjadinya penuaan lebih cepat dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. Sebaliknya, apabila nilai *VITM* terlalu rendah, akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperature meningkat. Dasar perhitungan dilakukan berdasarkan volume beton aspal padat = 100 cm^3. *VITM* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.4.

$$VIM = 100 - \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \tag{3.4}$$

Dengan:

VITM = Volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat,

G_{mb} = Berat jenis maksimum dari beton aspal padat yang belum dipadatkan, dan

G_{mm} = Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat.

3.4.5 *Voids Filled with Asphalt* (*VFWA*)

VFWA adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal, atau volume film/selimut aspal. Aspal yang mengisi *VFWA* adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat. Dasar perhitungan dilakukan berdasarkan volume beton aspal padat = 100 cm^3. *VFWA* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.5.

$$VFWA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \tag{3.5}$$

Dengan:

VFWA = Volume pori antara butir agregat yang terisi aspal, % dari *VMA*,

VMA = Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat, dan

VITM = Volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat,

3.4.6 Stabilitas (*Stability*)

Pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban. Nilai stabilitas merupakan nilai arloji pengukur dikalikan dengan nilai kalibrasi *proving ring*, dan koreksi dengan angka koreksi akibat variasi ketinggian benda uji (Sukirman, 2003). Rumus untuk menghitung nilai stabilitas dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.6.

$$q = pxq \tag{3.6}$$

dengan:

q = Nilai stabilitas,

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi *proving ring*, dan

q = Angka koreksi benda uji.

3.4.7 Kelelehan (*Flow*)

Flowmeter mengukur besarnya deformasi yang terjadi akibat beban. Untuk mendapatkan temperatur benda uji sesuai dengan temperatur terpanas di lapangan, maka sebelum dilakukan dilakukan pengujian, benda uji dipanaskan terlebih dahulu selama 30-40 menit dengan suhu 60°C di dalam *water bath*.

3.4.8 *Marshall Quotient* (*MQ*)

Marshall Quotient merurpakan nilai perbandingan antara stabilitas dengan nilai *flow* yang digunakan sebagai pendekatan nilai kekakuan campuran. Jika nilai *MQ*

tinggi maka semakin besar pula kekakuan suatu campuran sehingga rentan terhadap keretakkan. Nilai *MQ* yang tinggi cenderung memiliki sifat kaku (tidak fleksibel) sehingga perkerasan tersebut mudah terjadi keretakan jika dilewati beban lalu lintas yang berlebih. Nilai *MQ* dapat dihitung menggunakan persamaan 3.7

$$MQ = \frac{q}{r} \tag{3.7}$$

dengan:

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm),

q = Nilai stabilitas (kg), dan

r = Nilai kelelehan plastis/*flow* (mm).

3.5 Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung

Uji kuat Tarik tidak langsung atau *Indirect Tensile Strength Test* adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari *asphalt concrete*. Sifat uji ini adalah kegagalan gaya tarik yang berguna untuk memperkirakan potensial retakan.

Gaya tarik tidak langsung menggunakan benda uji yang berbentuk silindris yang mengalami pembebanan tekan dengan dua plat penekan yang menciptakan tegangan tarik yang tegak lurus sepanjang diameter benda uji sehingga menyebabkan pecahnya benda uji. Pengujian gaya tarik tidak langsung secara normal dilaksanakan menggunakan *Marshall* yang telah dimodifikasi dengan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*.
Pengukuran kekuatan tarik dihentikan apabila jarum pengukur pembebanan telah berbalik arah atau berlawanan dengan arah jarum jam.

Perhitungan gaya tarik tidak langsung menggunakan persamaan:

$$ITS = \frac{2xP}{\pi \text{ x d x h}}$$

dengan:

ITS: Nilai kuat tarik secara tidak langsung (N / mm2)

P: Nilai stabilitas (N)

h: Tinggi benda uji (mm)

d: Diameter benda uji (mm)

3.6 Karakteristik Pengujian Perendaman (*Immersion Test*)

Immersion Test memiliki prinsip yang sama dengan pengujian *Marshall* yang membedakan hanya waktu perendamannya saja. Benda uji pada *Immersion Test* direndam selama 0,5 jam dan 24 jam pada suhu konstan 60°C.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal (*Index of Retained Strength*) adalah persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 0,5 jam dan 24 jam yang dibandingkan dengan stabilitas campuran biasanya. Nilai *IRS* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8

$$IRS = \frac{S_1}{S_2} x100\% \tag{3.8}$$

dengan:

IRS = Indeks Stabilitas Sisa (%),

S_1 = Stabilitas *Marshall* Perendaman 24 jam (kg), dan

S_2 = Stabilitas *Marshall* Perendaman 0,5 jam (kg).