

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

1. Penggunaan batu kapur asal tinoring memenuhi standar untuk sebagai agregat kasar campuran aspal HRS-WC (Natser Chairul Khalid, 2016). Dari hasil peneltan didapatkan kekuatan tumbukan 2,14% dimana standar maksimum adalah 30%; Abrasi Los Angeles fraksi A, B, C dan D masing-masing adalah 20,36%, 15,44%, 13,28 % dan 14,8% sementara standar maksimum 40%; Berat Jenis (BJ) Bulk, BJ SSD dan BJ semu adalah 2,68%, 2,69%, 2,71% sementara standar nilai minimum adalah 2,5%; Penyerapan air 0,35% sementara standar maksimum 3%.
2. Hasil penelitian (Henrianto Masiku, 2009) menunjukkan bahwa pengujian karakteristik agregat memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan oleh Balitbang Departemen Pekerjaan Umum (2007) sebagai campuran HRS-Base. Nilai kadar aspal optimum (KAO) yang diperoleh adalah 7 % dengan karakteristik marshall sebagai berikut: stabilitas marshall (kg) = 968.44 > 800, flow (mm) = 3.10 > 3.00, VIM (%) = 5.46 > 3.00 – 6.00, VMA (%) = 20.03 > 17, MQ (kg/mm) = 312.76 > 250 dan nilai stabilitas marshall *immertion* (kg) = 810.07, sehingga diperoleh nilai indeks perendaman sebesar 83.65 %. Bila dibandingkan dengan spesifikasi campuran beraspal panas maka batu kapur dapat digunakan sebagai agregat kasar pada lataston campuran HRS-Base.
3. Pengaruh penggunaan batu kapur (Arfan H, Sumiati, 2014) sebagai pengganti agregat halus pada campuran aspal beton (AC-BC) pada campuran dapat mempengaruhi Nilai stabilitas, sehingga diperoleh mengalami kenaikan dari kondisi aspal normal hingga titik puncak pada kadar 50% batu kapur yakni 3200 kg, dan mengalami penurunan pada kadar 75% dan 100% batu kapur menjadi 2800 kg dan 2750 kg, namun masih dalam persyaratan Bina Marga yakni minimum 800 kg.

4. Dari hasil penelitian (Zaenal Aqli, 2003) dapat ditarik kesimpulan bahwa berdasarkan sifat-sifat fisik batu kapur dari Desa Buhut Jaya, Kabupaten Kapuas dapat digunakan sebagai tambahan filler pada campuran Lataston Lapis Pondasi (HRS-Base). Untuk mengetahui pengaruh abu batu kapur Desa Buhut Jaya tersebut, dibuat 4 (empat) komposisi campuran dengan masing-masing 5 (lima) variasi kadar aspal. Komposisi A (agregat kasar 48%, abu batu 21%, dan pasir 31% dengan tambahan filler 0%), komposisi B (agregat kasar 48%, abu batu 21%, dan pasir 31% dengan tambahan filler 1,5%), komposisi C (agregat kasar 48%, abu batu 21%, dan pasir 31% dengan tambahan filler 3%), dan komposisi D (agregat kasar 48%, abu batu 21%, dan pasir 31% dengan tambahan filler 4,5%). Berdasarkan hasil tes Marshall untuk komposisi A diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7,275%, komposisi B diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,7% dan komposisi C diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,8% dan komposisi D tidak mempunyai nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) karena tidak memenuhi Nilai Karakteristik Marshall yang diisyaratkan dalam campuran HRS-Base.

2.2 Konstruksi Jalan Raya

Konstruksi perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya dari campuran agregat kasar, sedang dan halus yang dipadatkan dengan penambahan bahan pengikat berdasarkan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan dapat sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 2003). Lapisan perkerasan sendiri berfungsi untuk menyebar beban roda kendaraan sebagai beban lalu-lintas sehingga mengurangi terjadinya degradasi pada konstruksi jalan itu sendiri. Dengan demikian lapis perkerasan dapat

memberi kenyamanan bagi pengguna lalu-lintas selama masa pelayanan jalan tersebut.

Dalam proses perencanaan lapis perkerasan perlu dipertimbangkan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik pada konstruksi perkerasan tersebut, diantaranya fungsi jalan, kelas jalan, kinerja perkerasan, umur rencana, lalu lintas yang merupakan beban dari perkerasan, sifat dasar tanah, kondisi lingkungan, sifat dan material tersedia di lokasi yang akan digunakan untuk perkerasan, dan bentuk geometrik dasar lapisan perkerasan. Struktur perkerasan jalan terbagi menjadi beberapa lapis perkerasan supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang baik, tetapi tetap memiliki nilai ekonomis.

Pada umumnya lapis perkerasan aspal beton dapat dibedakan berdasarkan spesifikasi campurannya, yaitu sebagai berikut:

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat pada lapis perkerasan. Lapis perkerasan ini berfungsi untuk memikul dan menyebarkan beban roda lalu lintas ke lapis tanah dasar.

2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

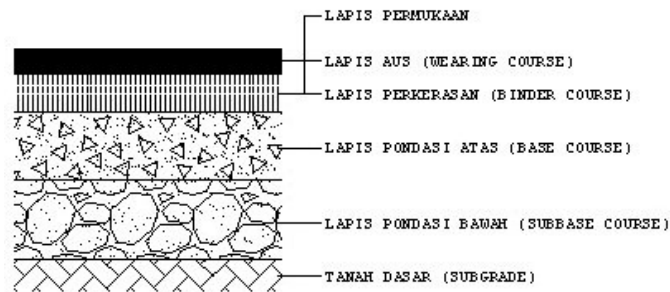
Yaitu jenis lapis perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Lapis perkerasan disini biasanya berupa pelat beton dengan atau tanpa tulangan yang diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Pelat beton berperan penting dalam memikul sebagian besar beban lalu lintas.

3. Konstruksi Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur. (Sivia Sukirman, 1996: 6).

2.3 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Komponen utama dari suatu lapis perkerasan jalan sendiri dapat ditinjau berdasarkan gambar berikut:



Gambar 2.1 Lapisan Perkerasan Lentur

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan terletak paling atas pada suatu jalan raya. Lapisan yang biasanya kita pijak, atau lapisan yang bersentuhan langsung dengan ban kendaraan. Lapisan ini berfungsi sebagai penahan beban roda. Lapisan ini memiliki stabilitas yang tinggi, kedap air untuk melindungi lapisan dibawahnya sehingga air mengalir ke saluran di samping jalan, tahan terhadap keausan akibat gesekan rem kendaraan, dan diperuntukkan untuk meneruskan beban kendaraan ke lapisan dibawahnya.

2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas merupakan bagian lapis perkerasan yang terletak di antara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan ke lapisan di bagian bawahnya. Lapisan ini mempunyai nilai CBR > 50%, PI < 4%.

3. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base*)

Lapisan ini berada dibawah lapisan pondasi atas dan diatas lapisan tanah dasar. Lapisan ini berfungsi untuk menyebarkan beban dari lapisan pondasi bawah ke lapisan tanah dasar, untuk menghemat penggunaan material yang digunakan pada lapisan pondasi atas, karena biasanya menggunakan material yang lebih murah. Selain itu lapisan pondasi bawah juga berfungsi untuk mencegah partikel halus masuk kedalam campuran perkerasan jalan dan melindungi air agar tidak masuk ke lapisan di bawahnya.

4. Lapisan Tanah Dasar (*Sub grade*)

Lapisan tanah dasar adalah bagian terbawah dari perkerasan jalan raya. Apabila kondisi tanah pada lokasi pembangunan jalan mempunyai spesifikasi yang direncanakan, maka tanah tersebut akan langsung dipadatkan dan digunakan. Tebalnya berkisar antara 50 – 100 cm. Fungsi utamanya adalah sebagai tempat perletakan jalan raya.

Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dibedakan:

1. Lapisan tanah dasar dan tanah galian.
2. Lapisan tanah galian dan tanah timbunan
3. Lapisan tanah dasar dan tanah asli

Fungsi dari lapis perkerasan lentur sendiri yaitu:

- a. Memberikan permukaan yang rata dan tidak licin.
- b. Sebagai lapis aus dalam perkerasan jalan.
- c. Sebagai lapis kedap air yang melindungi lapis perkerasan dari air hujan.
- d. Menahan gaya geser dari beban roda kendaraan.

2.4 Konstruksi Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang terdiri dari beberapa lapisan bahan yang diletakkan diatas tanah dasar dan dipadatkan, oleh karena itu perkerasan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

2.4.1 Syarat-syarat Jalan Raya

Perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
2. Permukaan cukup kaku sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
3. Permukaan cukup kesat, memberikan gesekan yang baik antara ban dengan permukaan jalan sehingga tidak mudah terjadi selip.
4. Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika terkena pantulan sinar matahari.

2.4.2 Syarat-Syarat Kekuatan dan Struktural

Perkerasan jalan di lihat dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan bahan atau muatan lalu lintas ke tanah dasar.
2. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap kelapisan dibawahnya.
3. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat mengalirkan.
4. Kekuatan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Persyaratan diatas harus terpenuhi untuk mendapatkan mutu perkerasan dan pelayanan lalu lintas yang baik dan sesuai rencana.

2.5 Lapisan Aspal Beton

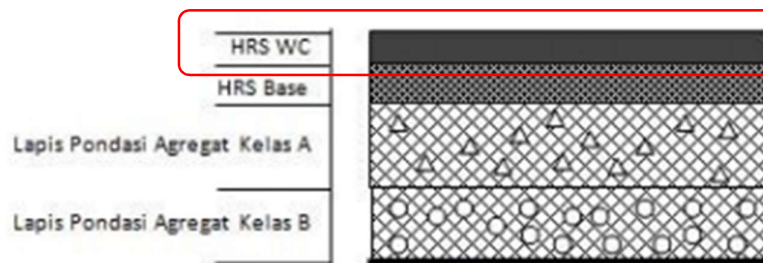
Beton aspal (*asphalt concrete*) adalah campuran yang terdiri dari aspal keras sebagai bahan pengikat dan agregat-agregat kasar, halus dan pengisi, dengan cara pencampuran dan pemadatan dalam kondisi panas dan suhu tertentu. Campuran semen aspal dengan agregat berkualitas tinggi ini stabilitasnya dikembangkan dengan cara memvariasikan ukuran butiran agregat agar terdapat hubungan satu sama lain saling mengunci. Beton aspal biasanya digunakan untuk lapis permukaan (*surface course*), lapis perata (*levelling*) dan lapis pengikat (*binder*).

Pada sekitar tahun 1970 di Indonesia sudah mulai digunakan perkerasan aspal dengan menggunakan campuran aspal panas (*hot mix*), untuk pelapisan ulang, pemeliharaan ataupun untuk pembangunan jalan baru. Campuran aspal panas ini dibuat dengan mencampur agregat bermutu tinggi dengan aspal semen. Campuran material ini dipanaskan dengan suhu yang dikontrol. Material campuran aspal panas ini bermutu tinggi dan dirancang sangat kuat dan berumur panjang. Jenis-jenis campuran aspal panas yang sudah digunakan di Indonesia antara lain:

1. Lapis Aspal Beton (Laston) atau AC (*Asphalt Concrete*)
2. Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) atau HRS (*Hot Rolled Sheets*)
3. Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) atau *sand sheet*

2.6 Campuran HRS-WC (*Hot Rolled Sheets-Wearing Course*)

Menurut Sukirman (2003), Lataston (lapisan tipis aspal beton) adalah beton aspal bergradasi senjang. Latason juga sering disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas, dan fleksibilitas. Sesuai dengan fungsinya lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS-WC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*) dengan tebal nominal minimum adalah 3 cm, lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet-Base*) dengan tebal minimum adalah 3,5 cm.



Gambar 2.2 Lapisan Perkerasan Lentur (HRS-WC)

Menurut Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur (2017) menyatakan untuk mendapatkan hasil yang memuaskan pada HRS-WC maka campuran harus dirancang sampai memenuhi semua ketentuan yang diberikan dalam Spesifikasi. Dua kunci utama berikut:

1. Gradasi yang benar-benar senjang.
Agar diperoleh gradasi yang benar benar senjang, maka selalu dilakukan pencampuran pasir halus dengan agregat pecah mesin.
2. Sisa rongga udara pada kepadatan membal (*refusal density*) harus memenuhi ketentuan yang ditunjukkan dalam spesifikasi.

Menurut Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Jawa Timur (2017) menyatakan tentang Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Lapis Aspal. Berikut ini adalah Tabel 2.1 Ketentuan Spesifikasi Campuran Lataston (HRS-WC).

Tabel 2.1 Spesifikasi Campuran Lataston (HRS-WC)

Sifat Campuran		Spesifikasi
		HRS-WC
Kadar Aspal Efektif	Min	5,9
Kadar Penyerapan Aspal	Max	1,7
Kadar Aspal Total (% terhadap berat total)	Min	7,3
Kadar Rongga Udara Dari Campuran Padat (% terhadap volume total campuran)	Min	4
	Max	6
Rongga Diantara Mineral Agregat (VMA) (%)	Min	18
Rongga Terisi Aspal (VFA) (%)	Min	68
Stabilitas Marshall (SNI-06-2489-1991)	Min	600
Pelelehan (Flow) mm	Min	3
	Max	-
Marshall Quotient (SNI-06-2489-1991) (kg/mm)	Min	250

(Sumber Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur (2019))

2.7 Agregat

Menurut Hendarsin, Shirley L (2000, p. 192) berpendapat bahwa agregat adalah material perkerasan berbutir yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan, terdiri dari tiga kelompok berdasarkan mutu, yaitu kelas A kelas B dan kelas C, dibedakan dari gradasi dan sifat material. Menurut Sukirman, S (1999, p. 41) agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Berdasarkan besar ukuran ayakan agregat dibedakan menjadi beberapa macam yaitu:

- a. Agregat kasar ukuran 10/20 adalah agregat yang tertahan pada ayakan No. 3/4 (19,0mm). Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil yang tinggi sehingga menjamin keamanan lau lintas. Biasanya digunakan untuk pekerjaan campuran aspal ATB.
- b. Agregat kasar ukuran 10/10 adalah agregat yang tertahan pada ayakan No. 1/2 (12,7mm). Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai ketahanan terhadap slip (*skid resistance*) yang tinggi sehingga menjamin keamanan lau lintas. Agregat kasar yang mempunyai bentuk

butiran yang bulat memudahkan proses pemadatan tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut angular sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas tinggi.

- c. Agregat sedang ukuran 5/10 atau disebut juga dengan batu split ukuran No. 3/8 (9,5 mm). Material batu split jenis ini banyak digunakan campuran dalam proses pengaspalan jalan, mulai dari jalan ringan sampai kelas 1. Batu split jenis ukuran ini akan dicampur dengan aspal menjadi *Aspal Mixed Plant* atau disebut juga dengan *Aspal Hot Mixed*.
- d. Agregat halus ukuran 0/5 adalah agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari saringan No. 4 (4,75 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian butiran, agregat halus juga mengisi ruang antar butir.
- e. Bahan pengisi (*filler*) adalah material yang sangat halus, berfungsi sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga dapat memperkaku lapisan aspal dan merupakan bahan yang minimal 75% lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Demikian komposisi *filler* dalam campuran tetap dibatasi yaitu sebesar 4-10% dari berat aspal beton, jadi karena terlalu tinggi kadar *filler* dalam campuran akan mengakibatkan campuran getas (*brittle*) dan akan retak (*crack*) ketika menerima beban laulintas. Akan tetapi terlalu rendah kadar *filler* akan mengakibatkan campuran terlalu lunak pada saat cuaca panas.

Rancangan dan Perbandingan Campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.2 (Bina Marga 2019).

Tabel 2.2 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
⅜"	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 DPU Bina Marga Provinsi Jawa Timur 2019

1. Sifat Agregat

Menurut Sukirman, S (1999, p. 44) agregat dengan kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.

Adapun ketentuan agregat menurut Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa timur (2019:312-313) pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60%
Angularitas Dengan Uji Kadar Rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan Lempung Dan Butir-butir Mudah Pecah Dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks 10%

Sumber: Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Provinsi Jawa Timur 2019

2. Gradasi

Menurut Sukirman, S (1999, pp. 45-46) gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan.

Menurut Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur (2019:314), rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan.

2.8 Aspal

Menurut Sukirman, S (1992) aspal didefinisikan sebagai material perekat yang berwarna hitam pekat atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Bitumen terutama mengandung senyawa hidrokarbon. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk pampat sampai agak pampat, dan akan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dilakukan pemanasan sampai pada temperatur tertentu, dan akan kembali membeku jika temperaturnya turun, bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10 % berdasarkan berat campuran, atau 10-15 % berdasarkan volume campuran. Aspal minyak yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan merupakan proses dari destilasi minyak bumi, sering disebut aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran aspal beton dan memberikan lapisan kedap air, serta tahan terhadap pengaruh asam, basa, dan garam.

Menurut Totomihardjo, S (2004) ada beberapa persyaratan aspal sebagai bahan jalan adalah sebagai berikut.

1. Kekakuan/kekerasan atau *stiffness*.
2. Sifat mudah dikerjakan/*workability*.
3. Kuat tarik/*tensile strength* dan adhesi.

Aspal yang digunakan harus memiliki kuat tarik dan adhesi yang cukup, sifat ini sangat diperlukan agar suatu lapis perkerasan yang dibuat akan tahan terhadap retak/*cracking*, pengulitan/*stripping*, goyah/*ravelling*.

4. Tahan terhadap cuaca.

Sifat ini diperlukan agar aspal tetap memiliki ketahanan terhadap perubahan cuaca, misalnya konsistensi tidak banyak berubah akibat cuaca, dapat memenuhi kebutuhan lalu lintas serta tahan lama/*durable*.

Beberapa jenis aspal yang biasa digunakan sebagai material perkerasan jalan yaitu:

- a. Aspal alam
Aspal alam di Indonesia ditemukan di P. Buton, Sulawesi Tenggara (Asbuton).
- b. Bitumen (aspal buatan)
Aspal buatan adalah bitumen yang merupakan jenis aspal hasil penyulingan minyak bumi yang mempunyai kadar parafin yang rendah dan disebut dengan paraffin base crude oil. Aspal buatan terdiri dari berbagai bentuk, yaitu bentuk padat, cair dan emulsi.
- c. Ter
Ter adalah istilah umum untuk cairan yang diperoleh dari mineral organik seperti kayu atau batu bara melalui proses pemijaran atau destilasi pada suhu tinggi tanpa zat asam.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987, aspal dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Aspal keras (*Ashpalt Cement*)

Aspal keras adalah suatu jenis aspal minyak yang merupakan residu hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara, yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk padat. Adapun jenis penetrasinya adalah sebagai berikut:

- a. Aspal penetrasi rendah 40/55, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi, dan daerah cuaca iklim panas.
- b. Aspal penetrasi rendah 60/70, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas yang sedang atau tinggi, dan daerah cuaca iklim panas.
- c. Aspal penetrasi rendah 80/100, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas yang sedang atau rendah, dan daerah cuaca iklim dingin.

- d. Aspal penetrasi rendah 100/100, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas yang rendah dengan daerah cuaca iklim dingin.

Menurut Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur 2019, ketentuan-ketentuan aspal 60-70 yang digunakan dalam pelaksanaan perkerasan jalan di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Spesifikasi Aspal Keras Penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Aspal Pen.60-70 - Wax
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	55-68
2.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≤ 3000
3.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 49
4.	Daktalitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
5.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
6.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
7.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
8.	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	≤ 2,2
9.	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002) :			
10.	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
11.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54
12.	Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50

Sumber: Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Provinsi Jawa Timur 2019

2.9 Karakteristik Batu Kapur (*Limestone*)

Batu Kapur adalah batuan sedimen yang utamanya tersusun oleh kalsium karbonat (CaCO₃) dalam bentuk mineral kalsit yang merupakan mineral metastable karena pada kurun waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit (CaCO₃). Mineral

lainnya yang umum ditemukan berasosiasi dengan batu kapur atau dolomit, tetapi dalam jumlah kecil adalah Siderit (FeCO_3), Ankaretit ($\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$), dan Magnesit (MgCO_3).

Di Indonesia, batu kapur sering disebut juga dengan istilah batu gamping, sedangkan istilah luarnya biasa disebut "*limestone*". Batu kapur ini paling sering terbentuk di perairan laut dangkal. Batu ini kebanyakan merupakan batuan sedimen organik yang terbentuk dari akumulasi cangkang, karang, alga, dan pecahan-pecahan sisa organisme. Batu kapur juga dapat menjadi batuan sedimen kimia yang terbentuk oleh pengendapan kalsium karbonat dari air danau maupun air laut.

Batu kapur merupakan batuan dengan keragaman penggunaan yang sangat besar dan menjadi salah satu jenis batuan yang banyak digunakan dibandingkan batuan jenis lainnya. Sebagian besar batu kapur dibuat menjadi batu pecah yang dapat digunakan sebagai material konstruksi seperti: landasan jalan dan kereta api serta agregat dalam beton. Nilai paling ekonomis dari sebuah deposit batu ini yaitu sebagai bahan utama pembuatan semen portland.



Gambar 2.3 Batu Kapur (*Limestone*) Yang Sudah Dipecah

Beberapa jenis batu kapur banyak digunakan karena sifat mereka yang kuat dan padat dengan sejumlah ruan/pori. Sifat fisik ini memungkinkan batu kapur tidak sekeras batuan berkomposisi silikat, namun batu kapur lebih mudah untuk ditambang dan tidak cepat mengakibatkan keausan pada peralatan tambang maupun *crusher* (alat pemecah batu), sifat-sifat kimia batu kapur tercantum pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Sifat-Sifat Batu Kapur

NO	Kandungan	%
1	SiO ₂	1.43
2	AL ₂ O ₃	0.55
3	Fe ₂ O ₃	0.48
4	CaO	53.60
5	MgO	0.40
6	Na ₂ O	0.29
7	K ₂ O	0.14
8	HD	42.99
9	H ₂ O	0.31

Sumber: Badan Standar Nasional (SNI 8158-1025)

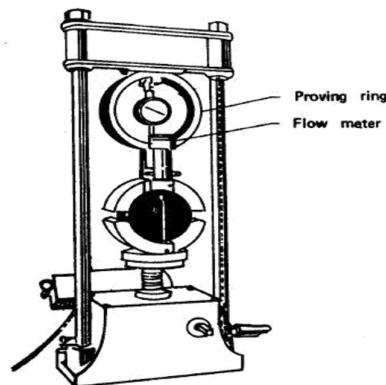
Berikut proses pemecahan batu kapur menjadi agregat halus (0/5):

1. Menyiapkan bongkahan batu kapur berukuran besar dalam jumlah banyak yang di dapat dari bukit.
2. Selanjutnya memasukkan batu kapur kedalam alat pemecahan secara perlahan menyesuaikan dengan daya tampung mesin, pemecahan dilakukan secara merata untuk mendapatkan ukuran yang dibutuhkan.
3. Pada saat memasukkan batu kapur perkirakan untuk tidak memenuhi ukuran lubang pemecahnya, setelah itu tutup lubang pemecah batu dengan tujuan agar batu tidak terlempar keluar.
4. Setelah terpecah menjadi beberapa bagian kemudian masuk ke dalam gilingan berbentuk silinder untuk dilakukan penyortiran ke beberapa mesh dengan ukuran 10/20, 10/10, 5/10 dan 0/5.
5. Letakkan batu yang sudah tersortir pada tempat yang telah disediakan. Hasil sortiran batu siap digunakan untuk dijadikan sebagai bahan baku campuran aspal dalam pembuatan jalan raya.

2.10 Pengujian *Marshall*

Menurut Sukirman (1999:188) menjelaskan bahwa kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan Marshall. Pemeriksaan ini pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall, selanjutnya

dikembangkan oleh U.S. Corps of Engineer. Saat ini pemeriksaan Marshall mengikuti prosedur PC-0201-76 atau AASHTO T 245-74 atau ASTM D 1559-62T. Pemeriksaan dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap keelehan plastis (flow) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01.



Gambar 2.4 Alat Marshall

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) yang berkapasitas 2500 kg atau 5000 pon. Proving ring dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Disamping itu terdapat arloji keelehan (flow meter) untuk keelehan plastis (flow).

Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm dipersiapkan di laboratorium, dalam cetakan benda uji dengan mempergunakan hammer (penumbuk) dengan berat 10 pon (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 inch (45,7 cm), dibebani dengan kecepatan tetap 50 mm/menit.

Dari proses persiapan benda uji sampai pemeriksaan dengan alat Marshall, diperoleh data-data sebagai berikut:

- a. Kadar aspal, dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka dibelakang koma.
- b. Berat volume, dinyatakan dalam ton/m^3 .

- c. Stabilitas, dinyatakan dalam bilangan bulat. Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (ruting).
- d. Kelelahan plastis (flow), dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch. Flow dapat merupakan indikator terhadap lentur.
- e. VIM, persen rongga dalam campuran, dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka belakang koma. VIM merupakan indikator dari durabilitas, kemungkinan bleeding.
- f. VMA, persen rongga terhadap agregat, dinyatakan dalam bilangan bulat. VMA bersama dengan VIM merupakan indikator dari durabilitas.
- g. Hasil bagi Marshall (kuosien Marshall merupakan hasil bagi stabilitas dan flow. Dinyatakan dalam KN / mm. merupakan indikator kelenturan yang potensial terhadap keretakan.
- h. Penyerapan aspal, persen terhadap berat campuran sehingga diperoleh gambaran berapa kadar aspal efektifnya.
- i. Tebal lapisan aspal (film aspal) dinyatakan dalam mm. Film aspal merupakan petunjuk tentang sifat durabilitas campuran.
- j. Kadar aspal efektif dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka dibelakang koma.

Langkah-langkah menentukan nilai karakteristik Marshall dirumuskan sebagai berikut:

a. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian Marshall. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan lbs atau kilogram dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipergunakan oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus:

b. Flow (kelelahan)

Syarat nilai flow antara 2-4 mm. nilai flow yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak sedangkan campuran dengan nilai flow tinggi akan

menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang.

c. Rongga Diantara Mineral Agregat (VMA)

Rongga diantara mineral agregat adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase. Nilai VIM dalam persen dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$VMA = \frac{100 \times Gmb \times Ps}{Gsb} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk
- Gmb = Berat jenis bulk campuran
- Gsb = Berat jenis efektif agregat
- Ps = Jumlah agregat % terhadap total berat campuran.

d. Pori-pori antar butri agregat didalam aspal padat yang terisi aspal (VFA)

Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu yaitu pada saat rongga telah penuh.

Nilai rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan

$$VFA = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- VFA = Pori antar butir agregat yang terisi aspal % VMA
- VMA = Pori antar butir agregat didalam beton aspal padat % dari volume beton bulk aspal padat
- VIM = Pori dalam beton aspal padat % dari volume beton bulk beton aspal padat

e. Rongga di dalam campuran (VIM)

VIM merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM dalam persen dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{VIM} = 100 \times \text{Gmm} \times \text{Gmb} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

VIM = Rongga di dalam campuran, persen terhadap volume total campuran

Gmm = Berat jenis maksimum campuran

Gmb = Berat jenis Bulk campuran

f. *Marshall Quotient*

Nilai *marshall quotient* disyaratkan 200 kg/mm sampai 350 kg/mm nilai karakteristik marshall diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{MQ} = \frac{\text{S}}{\text{R}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

S = Nilai Stabilitas

R = Nilai Flow

MQ = Nilai Marshall Quotient (kg/mm).