

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Saat ini perkembangan penduduk di Indonesia sangatlah besar. Seiring dengan hal tersebut dapat meningkatkan banyaknya kendaraan yang melintas di jalan raya. Seiring meningkatnya mobilitas yang sangat pesat maka perlu adanya peningkatan jalan raya dari segi kualitas maupun kuantitas (Subono, 2011).

Perkerasaan jalan merupakan bagian jalan yang di perkeras menggunakan lapis struktur dengan ketentuan ketebalan, kekakuan, serta stabilitas. Dengan demikian, beban lalu lintas dapat disalurkan ke dasar jalan. Pada umumnya perkerasaan lentur terdiri dari lapisan permukaan aspal di atas lapisan dasar dan lapisan dasar granular pada dasar jalan. Perkerasaan jalan raya diletakkan belapis-lapis, sehingga perkerasaan tersebut mempunyai daya tahan dan daya dukung yang cukup, namun tetap ekonomis. Lapisan permukaan dibagi menjadi 4 lapisan yang meliputi Lapis Permukaan (*Surface Course*), Lapis Pondasi Atas (*Base Course*), Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*), Tanah Dasar (*Subgrade*).

2.2. Jenis Konstruksi Perkerasaan

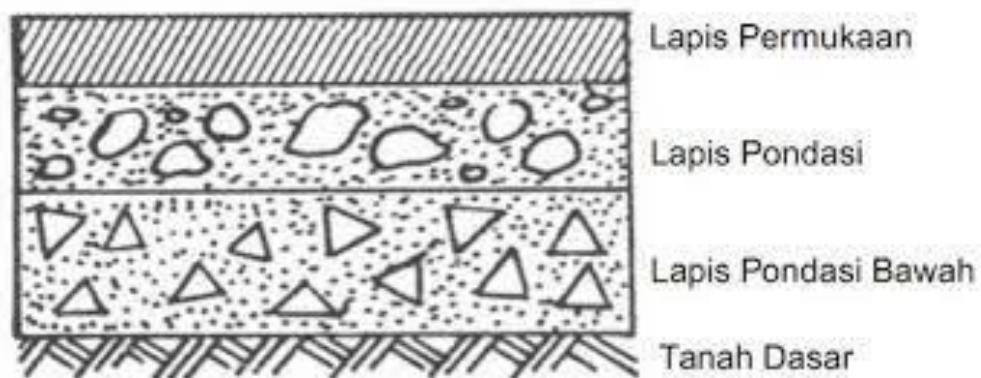
Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasaan jalan dapat dibedakan atas :

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ketanah dasar.
2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa

perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Struktur perkerasan jalan lentur dibuat secara berlapis terdiri dari elemen perkerasan, yaitu: lapisan pondasi bawah (*sub base course*) - lapisan pondasi atas (*base course*) - lapisan permukaan (*surface course*) yang dihampar pada tanah dasar (*sub grade*).

Masing-masing elemen lapisan diatas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu lintas. Tebal struktur perkerasan dibuat sedemikian rupa sampai batas kemampuan tanah dasar memikul beban lalu lintas, atau dapat dikatakan tebal struktur perkerasan sangat tergantung pada kondisi atau daya dukung tanah dasar.



Gambar 2.1 Struktur lapisan perkerasan lentur

2.3. Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. (Silvia Sukirman, 23:2016).

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

2.3.1. Jenis Agregat

Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Batasan dari masing-masing agregat ini seringkali berbeda, sesuai institusi yang menentukannya.

ASTM dan Depkimpraswil dalam Spesifikasi Teknis Campuran Panas, 2010, membedakan agregat menjadi :

1. Agregat Kasar

Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No.4 (=4,75mm) dan lebih kecil dari ayakan 1¹/₂ inci.

Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan Bentuk Agregat Terhadap Larutan	Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12%
	Magnesium sulfat		Maks. 18%
Abrasi dengan Mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	SNI 2417:2008
		500 putaran	
Kelekatan Agregat Terhadap Aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90 ^{*)}
	Lainnya		95/90 ^{**)}
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	SNI 8287:2016	Maks. 5%
	Lainnya	Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material Lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks.1%

(Sumber : Spesifikasi Umum Divisi VI Seksi 6.3, Bina Marga, 2018)

2. Agregat Halus

Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No.4 (=4,75mm) dan maksimum yang lolos ayakan No.200 (=0,075mm) adalah 10%.

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Material lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks.10%

(Sumber : Spesifikasi Umum Divisi VI Seksi 6.3, Bina Marga, 2018)

3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No.200 (=0,075mm) minimum 75%.

2.3.2. Sifat Agregat Sebagai Material Perkerasan Jalan

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca (Silvia Sukirman, 26:2016). Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan apakah suatu agregat dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan. 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 ikat aspal dengan agregat.

1. Gradasi

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pengujian analisis ayakan. Satu set ayakan berukuran 4 inci, 3¹/₂ inci, 3 inci, 2¹/₂ inci, 2 inci, 1¹/₂ inci, 1 inci, ³/₄ inci, ¹/₂ inci, ³/₈ inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200. Ukuran ayakan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor ayakan menunjukkan banyaknya bukaan dalam satu inci panjang.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil pengujian dan analisis dengan menggunakan satu set ayakan. Ayakan berukuran bukaan paling besar diletakkan

teratas, dan yang paling halus (No.200), terbawah sebelum pan. Jadi satu set ayakan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup ayakan.

Gradasi agregat menentukan besarnya rongga yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga banyak, karena tak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi diantara butir yang lebih besar. Sebaliknya, jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga yang terjadi lebih sedikit. Hal ini disebabkan karena yang terbentuk oleh susunan butir agregat berukuran besar, akan diisi oleh butir agregat berukuran lebih kecil.

Distribusi butir-butir agregat dengan ukuran tertentu yang dimiliki oleh suatu campuran menentukan jenis gradasi agregat. Gradasi agregat dapat dikelompokkan kedalam agregat bergradasi baik dan agregat bergradasi buruk. Agregat bergradasi baik adalah agregat yang ukuran butirnya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Agregat bergradasi baik disebut pula agregat bergradasi rapat. Campuran agregat bergradasi baik mempunyai rongga sedikit, mudah didapatkan, dan mempunyai stabilitas tinggi.

Berdasarkan ukuran butir agregat yang dominan menyusun campuran agregat, maka agregat bergradasi baik dapat dibedakan atas :

- a. Agregat bergradasi kasar adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran menerus dari kasar sampai dengan halus, tetapi dominan beragregat kasar.
- b. Agregat bergradasi halus adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran menerus dari kasar sampai dengan halus, tetapi dominan beragregat halus.

Agregat bergradasi buruk tidak memenuhi persyaratan gradasi baik. Terdapat berbagai macam nama gradasi agregat yang dapat dikelompokkan ke dalam agregat bergradasi buruk, seperti :

- a. Agregat bergradasi seragam, adalah agregat yang hanya terdiri dari butir-butir agregat berukuran sama atau hampir sama. Campuran agregat ini mempunyai rongga antar butir yang cukup besar, sehingga sering

dinamakan juga agregat bergradasi terbuka. Rentang distribusi ukuran butir yang ada pada agregat bergradasi seragam tersebar pada rentang yang sempit.

- b. Agregat bergradasi terbuka, adalah agregat yang distribusi ukuran butirnya sedemikian rupa sehingga rongga-rongganya tidak terisi dengan baik.
 - c. Agregat bergradasi senjang, adalah agregat yang distribusi ukuran butirnya tidak menerus, atau ada bagian ukuran yang tidak ada, jika ada hanya sedikit sekali.
2. Ukuran Maksimum Agregat

Ukuran maksimum butir agregat dapat dinyatakan dengan menggunakan:

- a. Ukuran maksimum agregat, yaitu menunjukkan ukuran ayakan terkecil dimana agregat yang lolos ayakan tersebut sebanyak 100%.
- b. Ukuran nominal maksimum agregat, menunjukkan ukuran ayakan terbesar dimana agregat yang tertahan ayakan tersebut sebanyak tidak lebih dari 10% dan atau ukuran maksimum agregat adalah satu ayakan yang lebih kasar dari ukuran nominal maksimum.

3. Kebersihan Agregat

Kebersihan agregat (*Cleanliness*) ditentukan dari banyaknya butir-butir halus yang lolos ayakan No.200, seperti adanya lempung, lanau, ataupun adanya tumbuh-tumbuhan pada campuran agregat. Agregat yang banyak mengandung material yang lolos ayakan No.200, jika dipergunakan sebagai bahan campuran beton aspal, akan menghasilkan beton aspal berkualitas rendah. Hal ini disebabkan material halus membungkus partikel agregat yang lebih kasar, sehingga ikatan antara agregat dan bahan pengikat, yaitu aspal, akan berkurang, dan berakibat pula mudah lepasnya ikatan antara aspal dan agregat.

4. Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Agregat dapat mengalami degradasi, yaitu perubahan gradasi, akibat pecahnya butir-butir agregat. Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis, seperti gaya-gaya

yang terjadi selama proses pelaksanaan perkerasan jalan (penimbunan, penghamparan, pemadatan), pelayanan terhadap beban lalu lintas, dan proses kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, kepanasan, dan perubahan suhu sepanjang hari. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi terjadi sangat ditentukan oleh jenis agregat, gradasi campuran, ukuran partikel, bentuk agregat, dan besarnya energi yang dialami oleh agregat tersebut.

Daya tahan agregat terhadap beban mekanis dengan melakukan pengujian keausan agregat dengan alat abrasi *Los Angeles*, sesuai dengan SNI2417:2008. Gaya mekanis pada pemeriksaan dengan alat abrasi *Los Angeles* diperoleh dari bola-bola baja yang dimasukkan bersama dengan agregat yang diuji.

Daya tahan terhadap proses kimiawi diuji melalui uji sifat kekelaan bentuk batu dengan menggunakan larutan natrium sulfat (Na_2SO_4) atau magnesium sulfat (MgSO_4), sesuai dengan SNI3407:2008.

5. Bentuk dan Tekstur Agregat

a. Bentuk butir agregat dikelompokkan sebagai berikut:

- Agregat berbentuk bulat (*Rounded*), agregat yang ditemui disungai biasanya telah mengalami erosi oleh air sehingga berbentuk bulat sangat sempit, hanya berupa titik singgung, sehingga menghasilkan penguncian antar agregat tidak baik, dan menghasilkan kondisi kepadatan lapisan perkerasan kurang baik.
- Agregat berbentuk kubus (*Cubical*), pada umumnya merupakan hasil pemecahan batu masif, atau hasil pemecahan mesin pemecah batu bidang kontak agregat ini luas, sehingga mempunyai daya saling mengunci yang baik. Kestabilan yang diperoleh lebih baik dan lebih tahan terhadap deformasi. Agregat ini merupakan agregat yang terbaik untuk dipergunakan sebagai material perkerasan jalan.
- Agregat berbentuk lonjong (*Elongated*) dapat ditemui disungai atau bekas endapan sungai. agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih besar dari 1,8 kali diameter rata-rata. Indeks kelonjongan (*Elongated index*) adalah persentase berat agregat lonjong

terhadap berat total. Sifat campuran agregat berbentuk lonjong ini sama dengan agregat berbentuk bulat.

- Agregat berbentuk pipih (*Flaky*) dapat merupakan hasil produksi dari mesin pemecah batu, dan biasanya agregat ini memang cenderung pecah dengan bentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang ketebalan lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Indeks kepipihan (*Flakiness index*) adalah berat total agregat yang tertahan slot pada ukuran nominal tertentu.
- Agregat berbentuk tak beraturan (*Irregular*) adalah bentuk agregat yang tak mengikuti salah satu bentuk diatas.

b. Tekstur permukaan agregat dibedakan sebagai berikut:

- Lincin, agregat berbentuk bulat biasanya mempunyai permukaan yang lincin dan sering kali dijumpai disungai. Permukaan agregat lincin menghasilkan daya penguncian antar agregat rendah dan mempunyai tingkat kestabilan yang rendah.
- Kasar, permukaan agregat kasar mempunyai gaya gesek yang baik, ikatan antara butir menjadi kuat, sehingga lebih mampu menahan defarmasi akibat beban lalu lintas. Agregat berbentuk kubus biasanya mempunyai tekstur permukaan yang kasar, sehingga agregat berbentuk kubus dengan permukaan bertekstur kasar akan menghasilkan stabilitas lapisan yang baik.
- Berpori, agregat berpori (*Porous*) ada yang berpori sedikit dan ada yang berpori banyak, umumnya mempunyai tingkat kekerasan rendah, sehingga mudah pecah, dan terjadi degradasi. Pori sedikit pada agregat berguna untuk menyerap aspal, sehingga terjadi ikatan yang baik antara aspal dan agregat. Banyaknya pori agregat diuji secara tidak langsung melalui uji kemampuan penyerapan air oleh agregat. Cara uji yang digunakan untuk agregat kasar sesuai SNI1969:2008 dan agregat halus SNI1970:2008. Pengujian penyerapan air ini sekaligus dilakukan dengan pengujian berat jenis agregat.

6. Daya Lekat Aspal Terhadap Agregat

Daya lekat aspal terhadap agregat dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan agregat yang mengandung silika merupakan agregat yang bersifat *hydrophilic*, yaitu agregat yang mudah diresapi air. Hal ini mengakibatkan agregat tersebut tak mudah dilekati aspal, sehingga ikatan aspal dengan agregat mudah lepas. Sebaliknya agregat seperti diorite, andesit, merupakan agregat *hydrophobic* yaitu agregat yang tidak mudah terikat dengan air, tetapi mudah terikat dengan aspal. Pengujian kelekatan aspal terhadap agregat dilakukan mengikuti SNI2439:2011 atau manual AASHTO T182-84 tentang cara uji penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregat dengan aspal (*stripping test*).

7. Berat Jenis Agregat

Dalam rancangan campuran dibutuhkan parameter penunjuk berat, yaitu berat jenis agregat. Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat dari satuan volume agregat terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperature yang ditentukan.

Berdasarkan volume yang digunakan sebagai dasar perhitungan berat jenis, maka terdapat empat jenis berat jenis (*Specific gravity*) yaitu :

- a. Berat jenis bulk (*Bulk specific gravity*), disebut juga berat jenis curah kering adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat.
- b. Berat jenis jenuh kering permukaan (*Saturated surface dry specific gravity*), disebut juga berat jenis curah adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan, jadi merupakan berat agregat kering + berat air yang dapat meresap kedalam pori agregat, dan seluruh volume agregat.
- c. Berat jenis semu (*Apparent specific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, dan volume agregat yang tak dapat diresapi oleh air.
- d. Berat jenis efektif (*Effective specific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, jadi merupakan berat agregat kering, dan volume agregat yang tak dapat diresapi aspal.

2.4. Aspal

Aspal adalah bahan alam yang diperoleh melalui proses penyulingan minyak bumi, berwarna hitam, bersifat termoplastik sehingga memadat pada suhu ruangan, mencair pada suhu $>135^{\circ}\text{C}$ (Ir. Sutoyo, M.Eng., Sc., xx:2020).

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal secara homogen, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan (Silvia Sukirman, 77:2016).

2.4.1. Jenis Aspal

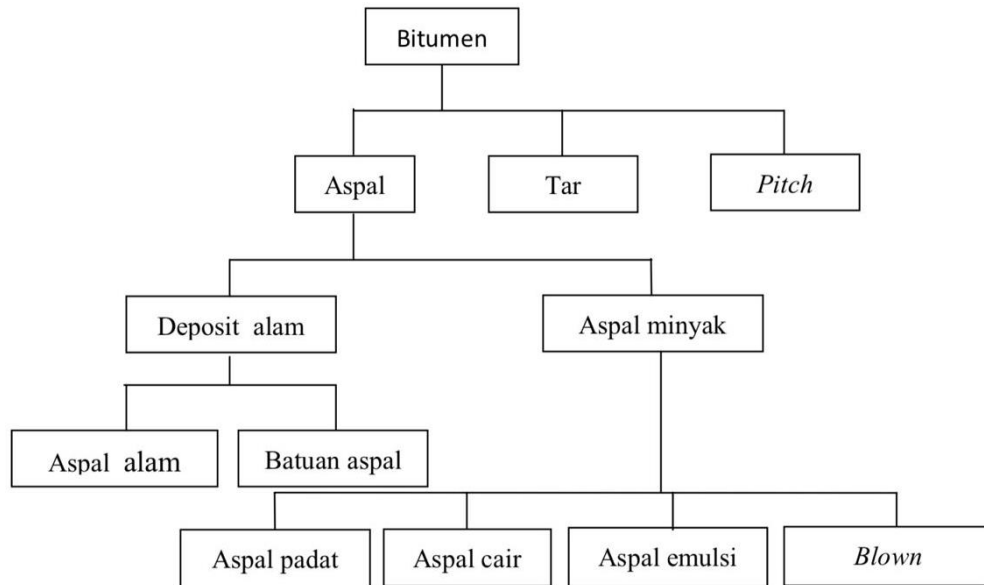
Pada prinsipnya ada dua jenis sumber aspal, yaitu aspal hasil penyulingan minyak bumi dan aspal yang muncul ke permukaan bumi, di Indonesia dikenal sebagai asbuton (aspal dari Pulau Buton) dan yang dari Trinidad (Danau Trinidad). Aspal yang muncul ke permukaan umumnya bercampur dengan material kapur, sehingga sebelum digunakan sebagai bahan pengikat harus diekstrak.

1. Aspal Minyak Hasil Penyulingan (Aspal Minyak)

Aspal adalah bahan alam yang diperoleh melalui proses penyulingan minyak. Aspal adalah bagian paling akhir atau dapat dikatakan hasil limbah dari proses penyulingan minyak bumi, oleh karenanya bukan merupakan bahan utama dari proses tersebut, sehingga produktivitas tergolong rendah. Sedangkan kebutuhan aspal untuk pekerjaan perkerasan jalan sebagai bahan pengikat relatif cukup besar. Oleh karenanya pasokan aspal sering berkurang pada saat kegiatan pelaksanaan perkerasan aspal bekerja secara bersamaan, khususnya pada bulan Oktober sampai Desember.

Aspal hasil penyulingan dapat dikemas dalam drum (kapasitas 155 kg atau 200 kg), maupun dalam bentuk curah (tangki), dengan kapasitas 18 ton. Tangki yang membawa aspal curah harus dilengkapi dengan sistem pemanas, sehingga panas aspal terjaga sampai pada lokasi, dan dapat dituang ke ketel aspal AMP dengan mudah.

Aspal minyak dapat digunakan sebagai bahan perkerasan aspal dan bahan stabilitas tanah dasar apabila dalam kondisi pada kekentalan tertentu atau lazimnya dalam bentuk cair. Untuk dapat memperoleh aspal dalam kondisi cair ada 3 (tiga) cara, yaitu :



Gambar 2.2 Pengelompokkan berbagai jenis bitumen

a. Aspal Minyak dipanaskan Secara Langsung

Aspal minyak (alam) adalah material berwarna hitam, mengkilat, padat namun lembek, bila dibiarkan pada suhu ruangan akan mengikuti bentuk tempat yang ada karena pengaruh gravitasi, dan pada suhu tertentu akan meleleh bahkan mencair. Dalam hal pemanfaatannya sebagai bahan pengikat agregat, aspal minyak (alam) tersebut harus dipanaskan dengan suhu tertentu agar memenuhi tingkat kekentalan yang disyaratkan sehingga mudah melekat dengan agregat. Tingkat kekentalan aspal disebut sebagai viskositas. Viskositas ada dua macam yaitu viskositas absolut dan viskositas kinematik. Kedua macam viskositas tersebut digunakan sebagai ukuran standar konsistensi aspal pada suhu tertentu.

Sistem pemanasan aspal sangat berperan penting pada campuran aspal panas, artinya pada ketel aspal harus tersedia termometer sebagai pengendali panas yang terjadi pada saat pemanasan.

b. Aspal Emulsi (Aspal-Air)

Aspal emulsi adalah campuran aspal minyak dengan air yang mengandung bahan pengemulsi (umumnya sabun) yang diproses melalui tekanan tertentu sehingga aspal yang terjadi adalah bentuk butiran dengan ukuran yang sangat kecil yaitu 5-10 *micron* (μ) yang mana diantara butiran tersebut terpisahkan oleh air yang sekaligus berfungsi sebagai mediator untuk dapat merekatkan butiran aspal dengan agregat.

Aspal emulsi ini dikategorikan sebagai bahan cair dengan kekentalan tertentu karena pada suhu kamar dapat langsung bereaksi atau berfungsi sebagai bahan pengikat antar agregat. Aspal emulsi dibuat untuk menurunkan nilai viskositas yang diharapkan. Ada dua jenis emulsi berdasarkan bahan pembentuknya yaitu *anionic* dan *cationic*.

c. Aspal Cair (*Cutting Back*)

Aspal cair adalah campuran aspal minyak dengan larutan minyak ringan tertentu untuk menurunkan nilai viskositas pada suhu rendah dilapangan. Setelah terjadi interaksi dengan agregat maka minyak ringan akan menguap sehingga yang terjadi adalah ikatan yang kuat antara aspal minyak dengan permukaan agregat. Ada tiga jenis aspal *cutback* yaitu :

- *Rapid Curing* (RC) : mencampur minyak ringan dengan tingkat penguapan yang cepat (gasolin dan nafta) => biasanya digunakan untuk *tack out* dan *surface treatment*.
- *Medium Curing* (MC) : mencampur minyak sedang dengan tingkat penguapan menengah (kerosene) => *prime coat*, stok material *patching* dan *road mixing operation*.
- *Slow Curing* (SC) : mencampur dengan minyak tertentu yang memiliki tingkat penguapan rendah (solar/diesel) => *prime coat*, stok material *patching* dan pengikat debu.

2. Aspal Alam (Buton/Trinidad)

Aspal alam atau lazim disebut sebagai asbuton adalah aspal yang langsung diperoleh dipermukaan daratan tanpa melalui proses penyulingan. Terdapat dipulau Buton, Sulawesi Tenggara, dan danau Trinidad, Amerika. Aspal bersifat

sporadis, artinya kadar bitumen bervariasi diantara lokasi dan kedalaman yang berbeda. Kadar bitumen bervariasi diantara 15 s/d 40%. Pada umumnya semakin kecil kadar bitumennya semakin kecil nilai penetrasinya. Nilai penetrasi aspal alam (asbuton) bervariasi antara 0.0 sampai 60.0 (0.1 mm).

Bitumen asbuton memiliki karakteristik yang bagus, yaitu daya lekat (*adhesivitas*) yang tinggi dan titik lembek yang tinggi. Hal ini tepat untuk lalu lintas berat, sehingga tahan terhadap *rutting* dan *stripping*. Oleh karenanya asbuton dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk aspal modifikasi, hanya saja perlu proses dan mekanisme yang tepat agar homogenitas dapat terjaga titik.

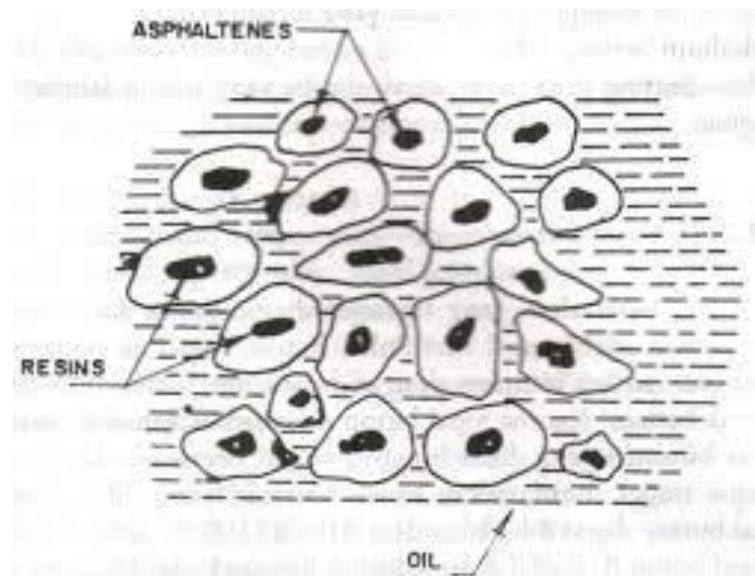
3. Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi adalah aspal alam hasil penyulingan ditambah bahan tertentu sehingga dapat meningkat kinerjanya. Bahan tambahan dapat berupa bitumen aspal buton (hasil ekstrasi asbuton, atau semi ekstrak, atau butir asbuton secara langsung) dan bahan polimer (elastomer dan plastomer). Masing-masing jenis bahan tambahan sudah tersedia standar uji yang telah termuat pada spesifikasi teknis Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.

2.4.2. Komposisi Aspal

Aspal merupakan unsur hidrokarbon yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Disamping itu setiap sumber dari minyak bumi menghasilkan komposisi molekul yang berbeda-beda.

Komposisi dari aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *maltenes*. *Asphaltenes* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *heptane*. *Maltenes* larut dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari resins dan *oils*. *Resins* adalah cairan yang berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan. Sedangkan *oils* yang berwarna lebih mudah merupakan media dari *asphaltenes* dan resin. Proporsi dari *asphaltenes*, resin, dan *oils* berbeda-beda tergantung dari banyak faktor seperti kemungkinan beroksidasi, proses pembuatannya, dan ketebalan lapisan aspal dalam campuran.

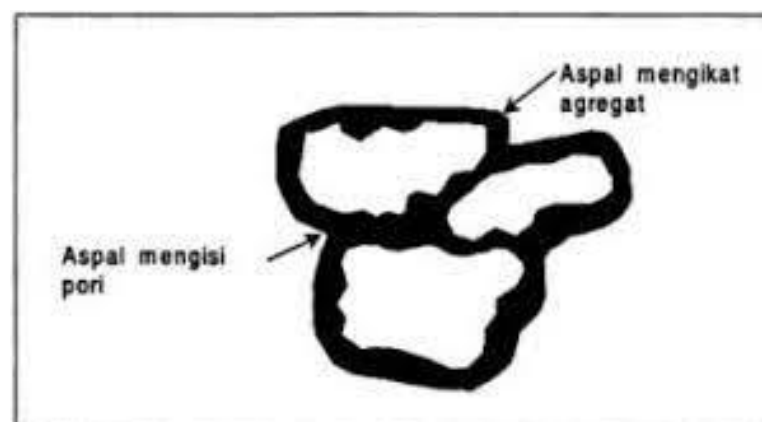


Gambar 2.3 Komposisi dari aspal

2.4.3. Fungsi dan Sifat Aspal Sebagai Bahan Perkerasan Jalan

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.
3. Bahan pengikat antara lapisan perkerasan lama dengan lapisan perkerasan baru.



Gambar 2.4 Fungsi aspal pada setiap butir agregat

Berarti aspal haruslah mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca. Mempunya adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik.

1. 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 dls. Meskipun demikian sifat ini dapat diperkirakan dari pemeriksaan *Thin Film Open Test* (TFOT).

2. Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperature bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur.

Kepekaan terhadap temperatur dari setiap hasil produksi aspal berbeda-beda tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut mempunyai jenis yang sama. Pada gambar 2.2. terlihat dua kelompok aspal dengan nilai penetrasi yang sama pada temperatur 77°F atau 25°C, tetapi tidak berasal dari sumber yang sama.

Pada temperatur selain 25°C viskositas dari kedua aspal tersebut berbeda. Hal ini disebabkan karena kepekaan terhadap temperaturnya berbeda. Dengan diketahuinya kepekaan terhadap temperatur dapatlah ditentukan pada temperatur berapa pula sebaiknya dipadatkan sehingga menghasilkan hasil yang baik.

4. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan kepermukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Pada waktu proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah

tinggi). Peristiwa perapuhan terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. Jadi selama masa pelayanan, aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi juga oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

Sesuai tujuannya, pengujian semen aspal dikelompokkan menjadi :

1. Pengujian untuk menentukan komposisi aspal
2. Pengujian untuk mendapatkan data yang berguna bagi keselamatan bekerja
3. Pengujian konsistensi semen aspal
4. Pengujian sifat adhesi dan kohesi aspal
5. Pengujian sifat durabilitas aspal
6. Pengujian daya ikat aspal
7. Pengujian berat jenis semen aspal yang dibutuhkan untuk merencanakan campuran beton aspal.

Tabel 2.3 Pengujian dan Ketentuan untuk Aspal Penetrasi 60/70

No	Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60 – 70
2	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥ 300
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
4	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
5	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
6	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
7	Berat jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
8	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2

(Sumber : Spesifikasi Umum Divisi VI Seksi 6.3, Bina Marga, 2018)

2.4.4. Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton (Laston) merupakan jenis tertinggi dari perkerasan bitumen bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Aspal beton biasanya dicampur dan dihamparkan pada temperatur tinggi dan membutuhkan bahan pengikat aspal semen. Agregat minimal yang berkualitas tinggi dan menurut proporsi didalam batasan yang ketat. Spesifikasi untuk

pencampuran, penghamparan kepadatan akhir dan penyelesaian akhir permukaan memerlukan pengawasan yang ketat atas seluruh tahapan konstruksi.

Menurut spesifikasi Umum Bina Marga Divisi VI tahun 2018, sesuai fungsinya laston dibagi :

1. Laston sebagai lapis aus

Laston sebagai lapis aus atau dengan kata lain *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC), adalah lapis beton aspal untuk permukaan jalan, biasanya tidak terlalu tebal, sekitar 5cm sebagai lapis aus sekaligus sebagai lapis penutup, sudah seharusnya bersifat lentur untuk dapat menerima gerakan lapis dibawahnya tanpa mengalami retak. Ditinjau dari penggunaan material aspal, maka aspal yang digunakan harus dari jenis yang tahan panas (panas permukaan jalan bisa sampai 70°C), karena terletak pada posisi paling atas agar tidak mudah melunak (*bleeding*) dan *bulging* (berubah bentuk, jembul, bergelombang, terlihat secara visual pada marka jalan yang bengkok), tidak mudah timbul retak yang dapat menyebabkan bocor air, dan tidak mudah terjadi lepas butir (kehilangan daya lengket).

2. Laston sebagai lapis antara/pengikat

Laston sebagai lapis antara/pengikat atau dikenal dengan nama lain *Asphalt Concrete - Binder Course* (AC-BC), adalah beton aspal sebagai pondasi dan pengikat (*binder*), lapis beton aspal yang lebih kaya aspal (sekitar 5-6%) dibandingkan dari lapis dibawahnya (misalnya ATB = *Asphalt Treated Base*), yang kadar aspalnya hanya sekitar 4,5% atau lapis pondasi batu pecah tanpa aspal = *crushed stone base*. Berfungsi secara struktural sebagai bagian dari lapis perkerasan jalan. Umumnya diminta bersifat tahan beban (punya *beam effect*, nilai stabilitas marshall tinggi), mampu menyebarkan beban beroda kendaraan ke lapis dibawahnya, mampu menyebarkan beban roda kendaraan ke lapis dibawahnya, dan diusahakan agar kedap air untuk mempersulit air permukaan yang tembus lewat retak-retak atau lubang permukaan yang tidak segera ditambal, hingga air tidak mudah dapat mencapai tanah dasar.

3. Laston sebagai lapis pondasi

Laston sebagai lapis pondasi atau dikenal dengan kata lain Asphalt Concrete –Base (AC-Base), adalah lapis beton aspal yang berfungsi sebagai pondasi atau (base course), kehadiran aspal disini terutama sebagai pelican pada waktu pemadatan (biasanya sekitar 4-5%), sehingga pemadatan mudah tercapai, tidak perlu terllau kedap air, dan tidak ada kekhawatiran terjadinya overcompaction, fungsi lapis pondasi terutama adalah untuk menahan gaya lintang akibat beban roda kendaraan.

Tabel 2.4 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75	75	112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6	0,6	0,6
	Maks.	1,6	1,6	1,6
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0	3,0	3,0
	Maks.	5,0	5,0	5,0
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800	800	1800
Pelelehan (mm)	Min.	2	2	3
	Maks.	4	4	6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90	90	90

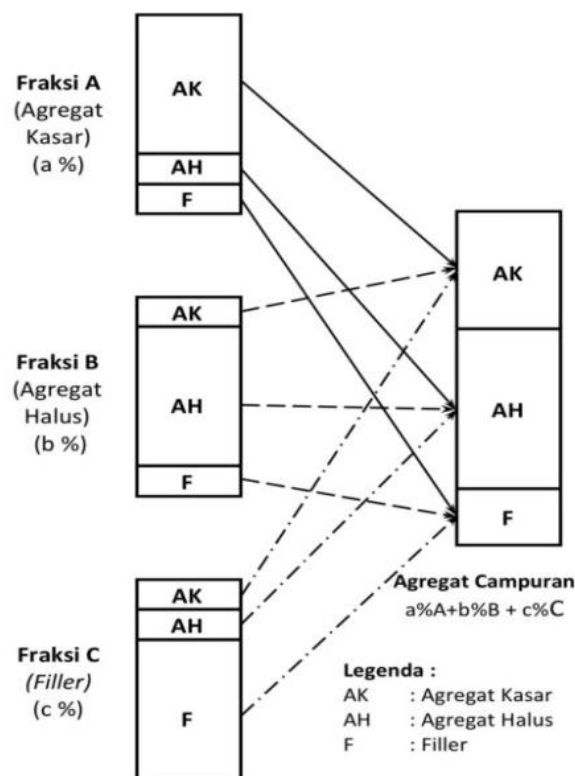
(Sumber : Spesifikasi Umum Divisi VI Seksi 6.3, Bina Marga, 2018)

2.5. Pencampuran Agregat

Gradasi agregat merupakan salah satu sifat yang menentukan kinerja struktur perkerasan jalan. Gradasi setiap jenis lapisan perkerasan dicantumkan dalam spesifikasi perkerasan jalan. Guna dapat memperoleh agregat yang memiliki gradasi sesuai dengan yang ditentukan dalam spesifikasi pekerjaan maka diperlukan pencampuran dari beberapa fraksi agregat.

Berdasarkan ukuran dominan dari setiap sumber agregat, agregat dibedakan menjadi fraksi agregat kasar, fraksi agregat halus, dan fraksi abu batu. Jika terdapat dari tiga jenis fraksi agregat yang hendak dicampur, maka dapat ditambah pula dengan fraksi agregat sedang.

Agregat campuran adalah agregat yang diperoleh dari mencampur secara proporsional fraksi agregat A, fraksi agregat B, dan fraksi agregat C, sehingga diperoleh fraksi agregat sesuai spesifikasi pekerjaan.



Gambar 2.5 Skema pencampuran agregat

Gambar diatas menunjukkan bahwa agregat campuran adalah hasil pencampuran dari a% fraksi agregat kasar dengan b% fraksi agregat halus dan c% fraksi abu batu, dengan $a + b + c = 100\%$, sehingga memiliki gradasi baru yang tidak sama dengan gradasi masing-masing fraksi pembentuk agregat campuran.

Tabel 2.5 Spesifikasi Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Laston

Ukuran Saringan		% Berat yang Lolos terhadap Total Agregat		
ASTM	(mm)	AC – WC	AC - BC	AC - Base
1 ½"	37,5			100
1"	25		100	90 – 100
¾"	19	100	90 – 100	76 – 90
½"	12,5	90 – 100	75 – 90	60 – 78
⅜"	9,5	77 – 90	66 – 82	52 – 71
No.4	4,75	53 – 69	46 – 64	35 – 54
No.8	2,36	33 – 53	30 – 49	23 – 41
No.16	1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
No.30	0,60	14 – 30	12 – 28	10 – 22
No.50	0,30	9 – 22	7 – 20	6 – 15
No.100	0,15	6 – 15	5 – 13	4 – 10
No.200	0,075	4 – 9	4 – 8	3 – 7

(Sumber : Spesifikasi Umum Divisi VI Seksi 6.3, Bina Marga, 2018)

2.6. Gypsum

Gypsum atau gip adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi mineralnya. *Gypsum* yang paling umum ditemukan adalah jenis hidrat kalsium sulfat dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Gypsum* adalah salah satu dari beberapa mineral yang teruapkan. Ketika air panas atau air memiliki kadar garam yang tinggi, *gypsum* berubah menjadi basanit ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) atau juga menjadi anhidrit (CaSO_4). Dalam keadaan seimbang, *gypsum* yang berada di atas suhu 108°F atau 42°C dalam air murni akan berubah menjadi anhidrit.



Gambar 2.6 Serbuk *gypsum*

Sisa serbuk *gypsum* yang dibuang tidak dimanfaatkan bisa kita manfaatkan untuk dijadikan sebagai pengganti *filler* untuk campuran aspal. Agar mencapai hal tersebut perlu dilakukan beberapa pengujian untuk memeriksa apakah serbuk *gypsum* layak digunakan untuk campuran aspal. Acuan yang digunakan adalah beberapa jurnal penelitian terlebih dahulu. Berikut adalah ringkasan jurnal-jurnal yang digunakan oleh peneliti sebagai acuan.

Tabel 2.6 Ringkasan Jurnal Pemanfaatan Serbuk *Gypsum* Sebagai Pengganti *Filler* untuk Campran Aspal

No	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian
1.	Beth Adventi Auditia, Rendih, Debora Elnov, Mulatua H.H, dan Rachmansyah (Juni 2018) Jurnal teknik dan ilmu komputer Vol.7 No.26 Universitas Kristen Krida Wacana	Pengaruh Penggunaan Bubuk <i>Gypsum</i> Sebagai <i>Filler</i> Dalam Campuran Aspal	Penggunaan bubuk <i>gypsum</i> pada kadar optimum mampu meningkatkan kualitas campuran aspal menjadi lebih baik. Kadar bubuk <i>gypsum</i> optimum yang digunakan sebagai pengganti bin 4 adalah sebesar 6% dari total keseluruhan campuran. Pada kadar <i>gypsum</i> 6% dengan nilai density sebesar 2,12 gr/cm ³ , VIM sebesar 7,70%, VMA sebesar 18,10%, VFA sebesar 18,10%, VFA sebesar 57,48%, Stabilitas sebesar 1113,40 kg, <i>Flow</i> sebesar 4,8 mm dan QM sebesar 231,96 (kg/mm).
2.	Arief Prestio Dan M.Husin Gulton,ST,MT (2020 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara)	Pengaruh Penambahan Bubuk <i>Gypsum</i> (<i>Cornive</i> <i>Adhesive</i>) Pada Campuran Penetrasi 60/70 Terhadap	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bubuk <i>gypsum</i> (<i>Cornive Adhesive</i>) akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal. Hasil marshall test yang didapatkan, dengan nilai tertinggi dalam keadaan aspal optimum dan memenuhi spesifikasi

		Karakteristik Campuran Laston Ac-Bc	Bina Marga 2018 terdapat pada campuran aspal dengan penambahan bubuk <i>gypsum</i> 5%, dimana diperoleh nilai stabilitas sebesar 1405,35 kg, bulk density 2,343 gr/cc, <i>flow</i> 3,75 mm, VIM 3,03% dan VMA sebesar 15,39 %.
3.	Alimatul Hidayah dan Sugeng Hartantyo (Agustus 2021) Jurnal Mitra Teknik Sipil Vol. 4, No. 3 Universitas Islam Lamongan	Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk <i>Gypsum</i> Sebagai Bahan Pengganti <i>Filler</i> Pada Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>	Substitusi variasi limbah Serbuk <i>Gypsum</i> 7%, 8%, dan 9% menunjukkan nilai <i>marshall properties</i> yang paling ideal yaitu limbah serbuk <i>gypsum</i> pada variasi 7% dengan parameter <i>marshall</i> yang paling tinggi adalah stability 870.95 kg, VFWA 88.81%, VMA .35%, VIM 4.57%, <i>Flow</i> 3.50 mm dan <i>marshall quotient</i> (MQ) 252.72 kg/mm. hasil tersebut memenuhi kriteria dalam spesifikasi Umum 2010 divisi 6.

(Sumber : Rekapitulasi Penelitian Terdahulu 2023)

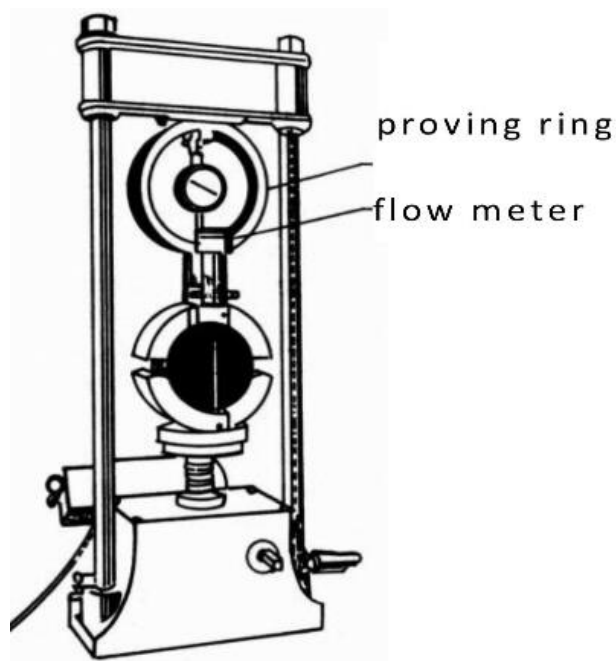
2.7. Pengujian *Marshall*

Kinerja beton aspal padat ditentukan melalui pengujian benda uji meliputi:

1. Pengujian berat volume benda uji.
2. Pengujian nilai stabilitas.
3. Pengujian kelelahan (*flow*).
4. Perhitungan *Marshall Quotient* (MQ), yaitu perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*.
5. Perhitungan berbagai jenis volume rongga dalam beton aspal padat (VIM, VMA dan VFA).
6. Perhitungan tebal selimut atau film aspal.

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian *Marshall*, yang dikembangkan pertama kali oleh Bruce *Marshall* dan dilanjutkan oleh *U.S Corps Engineer*.

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin pengujian (*proving ring*) berkapasitas 22,2 kN (5000 lbs) dan *flowmeter* seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.7 Alat *Marshall*

Dari keenam pengujian yang biasa digunakan untuk menentukan kinerja kinerja alat beton aspal, hanya nilai stabilitas dan *flow* yang didapat dengan menggunakan *Marshall*. Sedangkan parameter lainnya ditentukan melalui penimbangan benda uji dan perhitungan/pengolahan data. Uji *Marshall* dilakukan untuk berbagai tujuan antara lain :

1. Sebagai bagian dalam proses merancang campuran beton aspal.
2. Sebagai bagian dalam sistem penjamin mutu campuran.
3. Sebagai bagian dari penelitian karakteristik beton aspal.

Proses pembuatan benda uji Marshall dapat berbeda sesuai dengan tujuan mengapa uji Marshall dilakukan. Oleh karena itu, sebelum benda uji disiapkan perlu dipastikan tujuan pengujian dilakukan. Umumnya pengujian Marshall meliputi :

1. Pembuatan benda uji.
2. Pengujian berat jenis *bulk* benda uji.
3. Pengujian nilai stabilitas dan *flow*.
4. Perhitungan sifat volumetrik benda uji.

2.8. Metode Perencanaan

Rancangan campuran bertujuan untuk mendapatkan resep campuran aspal beton dari material yang terdapat di lokasi sehingga dihasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran yang ditetapkan. Saat ini, metode rancangan campuran yang paling banyak dipergunakan di Indonesia adalah metode rancangan campuran berdasarkan pengujian empiris, dengan menggunakan alat *Marshall*.

Tujuan dari perencanaan campuran aspal adalah untuk mendapatkan campuran efektif dari gradasi agregat dan aspal yang akan menghasilkan campuran aspal yang memiliki sifat-sifat berikut :

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

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan aspal beton 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.

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak.

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan aspal beton menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan aspal beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir atau slip.

Kedap air (*impermeability*) adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan aspal beton. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat. Tingkat impermeabilitas pada aspal beton berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat.

Ketujuh sifat campuran aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu jenis campuran. Sifat-sifat aspal beton mana yang dominan lebih diinginkan, akan menentukan jenis aspal beton yang dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan, seperti mobil penumpang, sepantasnya lebih memilih jenis aspal beton yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi, daripada memilih aspal beton dengan stabilitas tinggi.