

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan/*pavement* atau lapis keras adalah lapis tambahan diantara tanah dan roda yang tersusun dari bahan khusus yang terpilih dan baik dengan tujuan untuk mengurangi deformasi tanah yang biasanya tidak cukup kuat dan tahan terhadap suatu beban. Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti (Sukirman, 2003).

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas serta memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri.

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan 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 adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas.

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan 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 ke tanah dasar. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*sub base course*), lapisan tanah dasar (*subgrade*).
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton

dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas 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 di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

2.1.1 Perkerasan Jalan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan/*pavement* atau lapis keras adalah lapis tambahan diantara tanah dan roda yang tersusun dari bahan khusus yang terpilih dan baik dengan tujuan untuk mengurangi deformasi tanah yang biasanya tidak cukup kuat dan tahan terhadap suatu beban.

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas serta memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri.

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan 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 adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Berdasarkan bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi atas dua kategori yaitu lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan lapisan perkerasan kaku (*rigid pavement*).

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan – lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan – lapisan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan jalan yang paling atas yang berfungsi, yaitu:

- a. Sebagai lapis perkerasan penahan beban roda. Lapisan permukaan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan roda selama masa pelayanan.
- b. Sebagai lapis kedap air. Air hujan yang jatuh di atas lapisan permukaan tidak akan meresap ke lapisan bawah.
- c. Sebagai lapis aus. Lapisan permukaan berguna sebagai lapisan ulang yang langsung menerima gesekan akibat roda kendaraan.
- d. Lapis – lapis yang menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dengan daya dukung yang lebih jelek.

Berdasarkan fungsinya, lapisan permukaan dibedakan menjadi dua yaitu,

- a. Lapis non struktural, sebagai lapis aus dan kedap air.
- b. Lapis struktural, sebagai lapis yang menahan dan menyebarkan beban roda.

Lapisan permukaan terdiri dari bahan – bahan penyusun seperti batu pecah, kerikil, dan stabilisasi tanah dengan semen atau kapur. Penggunaan bahan semen sangat diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air dan memberikan bantuan tegangan tarik yang mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

Dalam pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana, serta tahapan konstruksi agar dapat dicapai manfaat yang maksimal dari biaya yang dikeluarkan. (Andi Tenrisukki Tenriajeng, 2002:2)

Lapisan permukaan terdiri dari bermacam – macam jenis, diantaranya sebagai berikut:

a. Laburan Aspal Satu Lapis (BURTU)

BURTU merupakan lapisan penutup pada permukaan jalan yang terdiri dari lapisan aspal yang dihampar agregat. Biasa dipakai sebagai lapis penutup ulang pada perkerasan yang ada atau yang direkonstruksi.

BURTU menggunakan satu lapisan agregat bergradasi seragam tebal 20 mm.

b. Laburan Aspal 2 Lapis (BURDA)

BURDA merupakan pengembangan dari BURTU, dimana lapisan aspal dihampar agregat dan dikerjakan 2 (dua) kali secara berurutan dengan tebal maks 35 mm.

c. Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR)

LATASIR biasanya digunakan sebagai lapis penutup ulang untuk pemakaian jangka pendek pada lapis perkerasan dengan penutup yang ada atau pada bagian perkerasan yang direkonstruksi. LATASIR merupakan campuran pasir bergradasi menerus dengan aspal yang dicampur pada suhu minimum 120° C dan dipadatkan pada suhu minimum 98 – 110° C. Fungsi sebagai lapis penutup, lapis aus serta memberikan permukaan rata dan tidak licin. Bersifat kedap air, kenyal, tidak memiliki nilai struktural, tahan terhadap aus karena beban lalu lintas dan cuaca. Campuran ini merupakan campuran pra campur dengan *hotmix* yang cocok untuk lalu lintas ringan sampai sedang.

d. Lapisan Penetrasi Makadam (LAPEN)

LAPEN adalah lapis permukaan yang tebalnya dari 4 sampai 8 mm dari agregat pecah dan bergradasi serta yang bersih dilapisi dengan penetrasi bahan pengikat aspal yang panas. Diletakkan di atas lapis pondasi atas yang padat atau permukaan lapis perkerasan yang ada sebagai penutup akhir. Lapisan aspal digelar dengan cara disemprotkan diatas lapisan pondasi atas dan dipadatkan lapis demi lapis. Campuran ini kurang kedap air, memiliki nilai struktural, cukup kenyal dan kekuatan utamanya adalah interlocking antara agregat pokok dan pengunci untuk lalu lintas ringan sampai dengan sedang.

e. Laburan Aspal (BURAS)

BURAS merupakan campuran yang terdiri dari aspal taburan pasir dengan ukuran maksimum 3/8". Fungsinya sebagai penutup yang

menjaga permukaan agar tidak berdebu, kedap air, tidak licin dan mencegah lepasnya butiran halus, Campuran ini tidak memiliki nilai struktural dan digunakan pada jalan yang belum atau sudah beraspal dengan kondisi yang telah stabil, mulai retak atau degradasi, serta dapat digunakan lalu lintas berat.

f. Lapis Asbuton Campuran Dingin (LASBUTAG)

Jenis ini terdiri dari agregat, asbuton dan bahan peremaja yang dicampur, diaduk, diperam dan dihampar serta dipadatkan dalam keadaan dingin. Fungsinya sebagai lapis permukaan, lapis aus, melindungi lapisan bawahnya dari cuaca dan air, mendukung lalu lintas dan permukaan rata tidak licin. Campuran ini memiliki nilai struktural dan kenyal serta dipakai untuk jalan lama maupun baru dengan kepadatan maksimum 12%, R min 15 m dan lalu lintas sedang. Pada LASBUTAG konvensional digunakan asbuton lolos saringan 1/2" dengan waktu peram 3 x 24 jam.

g. Lapis Tipis Asbuton Murni (LATASBUM)

Pengembangan dan asbuton dengan mengekstraksinya untuk mendapatkan aspal murni yang dapat berfungsi seperti aspal minyak dengan campuran bahan peremaja pada suhu kamar. Dengan tebal padat maksimum 1 cm berfungsi sebagai garis penutup yang kedap air, kenyal cukup awet dan tidak bernilai struktural.

h. Lapis Aspal Beton (LASTON) / *Asphalt Concrete* (AC)

Campuran beraspal dengan gradasi menerus yang dicampur pada suhu 115° C, dihampar dan dipadatkan pada suhu minimum 110° C. Campuran ini memiliki stabilitas tinggi dan dapat digunakan sampai lalu lintas berat. Dalam perencanaan terdapat 11 variasi gradasi yang dapat digunakan.

i. Lapis Aspal Beton Pondasi Atas (LASTON ATAS)

Campuran ini adalah laston untuk pondasi dan dicampur pada suhu 90 – 120° C dan dipadatkan dalam keadaan panas, Fungsinya sebagai penerus beban ke konstruksi di bawahnya tetapi kurang kedap air.

Gradasi yang dipakai adalah terbuka dan dipasang diatas lapis pondasi bawah dengan bahan pengikat aspal tanpa bahan pengisi serta untuk mempercepat peningkatan jalan secara keseluruhan, terutama pada konstruksi bertahap.

j. Laston Aspal Beton Pondasi Bawah (LASTON BAWAH)

Campuran ini sama dengan sebelumnya dan dicampur pada suhu minimum 80 – 120° C serta dipadatkan pada suhu minimum 80° C. Sifatnya tidak kedap air dan bergradasi terbuka, serta dipasang pada diatas tanah yang telah stabil.

k. Lapis Tipis Aspal Beton (LATASTON) / *Hot Rolled Sheet* (HRS)

Campuran aspal semen/keras dengan gradasi tidak menerus untuk jalan yang lalulintasnya ringan diletakkan sebagai lapis permukaan diatas dasar yang dipersiapkan dari permukaan perkerasan yang direkonstruksi. Suhu pencampuran tergantung pada aspal sedang pemadatan pada saat suhu minimal 80° C. Tebal padat 2,5 cm – 3 cm dan tidak bernilai struktural

l. *Hot Rolled Asphalt* (HRA)

Merupakan campuran bergradasi senjang dengan sedikit agregat sedang (2,36 – 10 mm) dan pasir, mineral halus, aspal serta sedikit agregat kasar. Kekuatannya terletak pada jenis gradasinya sehingga mempunyai durabilitas tinggi serta fleksibel.

m. *Stone Matrix Asphalt* (SMA)

Campuran ini bergradasi kasar seperti aspal porous tetapi rongganya terisi oleh mortar agregat halus / aspal. Karena gradasinya senjang, maka tahan terhadap alur serta berdurabilitas tinggi. Menurut Mudjiono, FA. (1994) dalam Hidayati, N. (1995), SMA memiliki fungsi untuk meningkatkan keawetan, kekesatan, fleksibilitas lapis permukaan jalan serta meningkatkan ketahanan terhadap *rutting* dan oksidasi. Menurut Khaerudin, A. (1989) pengembangan lapisan SMA ditujukan untuk mengembangkan lapisan permukaan (*wearing course*) yang mampu memberikan ketahanan maksimal terhadap proses pengausan oleh ban

kendaraan (*wearing resistance*) dan memberikan ketahanan maksimal terhadap deformasi oleh lalu lintas berat (*rutting resistance*) di musim panas yang temperaturnya tinggi dan di musim dingin yang temperaturnya sangat rendah. Karakteristik yang penting dalam *Stone Matrix Asphalt* (SMA) adalah sebagai berikut:

- Kadar *chippingnya* (agregat berukuran lebih dari 2 mm) tinggi.
- Partikel – partikel yang berukuran paling kasar memiliki kadar yang tinggi.
- Kadar bitumennya tinggi.
- Lapisan film aspalnya tebal.
- Stabilisasi bitumennya oleh *additive*.

n. *Asphalt Treated Base* (ATB)

Suatu lapis perata dari agregat yang dimantapkan dengan aspal diberikan untuk memperbaiki dan memperkuat ketidakteraturan permukaan perkerasan setempat dan membentuk ulang permukaan yang ada sampai kemiringan melintang dikehendaki.

o. *Aspal Beton Campuran Dingin* (*Cold Mix Asphalt*)

Aspal campuran dingin yang digunakan pada jalan-jalan yang lalulintasnya dari rendah sampai medium meliputi penambalan dan perbaikan-perbaikan kecil, pembetulan terhadap bentuk permukaan, pelebaran tepi dan pelapisan ulang.

2. *Lapisan Pondasi Atas* (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas adalah bagian dari lapis perkerasan yang terletak diantara lapisan permukaan dengan lapisan pondasi bawah (atau dengan tanah dasar jika tidak menggunakan lapisan pondasi bawah). Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
- b. Sebagai lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- c. Sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan.

Bahan penyusun untuk lapisan pondasi atas cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban – beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan dengan baik yang berhubungan dengan persyaratan teknis. Berbagai bahan alam/bahan setempat ($CBR > 50\%$ dan $PI < 4\%$) dapat digunakan sebagai bahan lapisan pondasi atas, seperti batu merah, kerikil, dan stabilisas tanah dengan semen atau kapur.

3. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub-Base Course*)

Lapisan pondasi bawah adalah lapisan yang terletak diantara lapisan pondasi atas dengan tanah dasar. Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah:

- a. Menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Efisiensi penggunaan material. Materi untuk lapisan pondasi bawah lebih murah dibandingkan dengan lapisan di atasnya.
- c. Sebagai lapisan peresapan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- d. Lapisan partikel – partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan pondasi atas.

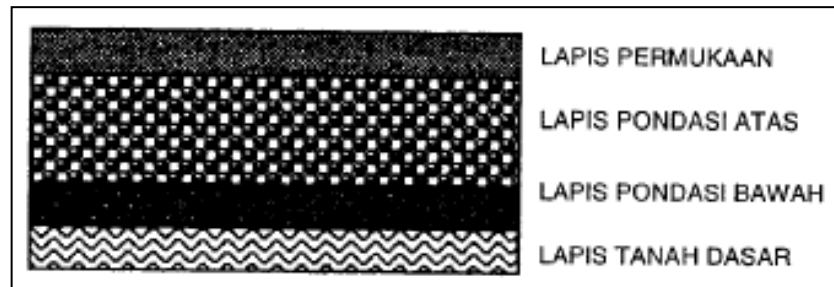
Lapisan pondasi bawah tersusun dari berbagai macam bahan setempat ($CBR > 20\%$ dan $PI < 10\%$) yang relatif jauh lebih baik dengan tanah dasar. Campuran – campuran tanah setempat dengan kapur atau semen portland dalam beberapa hal sangat dianjurkan agar didapat bantuan yang efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian – bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan tergantung dari sifat – sifat daya dukung tanah dasar. Persoalan – persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah:

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat kembang susut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.

- c. Daya dukung tanah yang tidak merata, sukar ditentukan secara pasti ragam tanah yang sangat berbeda sifat dan kelembabannya.
- d. Lendutan atau lendutan balik.



Gambar 2.1 Susunan Lapisan Perkerasan Jalan Lentur
(*Flexible Pavement*)

2.2 Agregat

Agregat atau batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. *American Society for Testing and Material (ASTM)* mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen (Djanasudirja, 1984).

Agregat merupakan sekumpulan butir – butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan. Proporsi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*) harus berdasarkan spesifikasi dan gradasi yang tersedia. Jumlah agregat di dalam campuran aspal biasanya 90 sampai 95 persen atau 75 sampai 85 persen dari volume. Penyerapan air oleh agregat maksimum 2 persen untuk SMA (*Stone Matrix Asphalt*) dan 3 persen untuk yang lainnya, dengan berat jenis (*specific gravity*) tidak boleh lebih dari 0,2. Berdasarkan ukuran butirannya, agregat dapat dibedakan menjadi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Dengan pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi syarat akan menentukan keberhasilan pembangunan jalan.

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material dengan fraksi untuk rancangan campurannya adalah yang tertahan ayakan no.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Fraksi agregat harus dari batu pecah

mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan.



Gambar 2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar harus memiliki angularitas. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih. Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampuran aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

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	Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
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	Maks.

		Perbandingan 1 : 5	5%
	Lainnya		Maks. 10%
Material lolos Ayakan No. 200		SNI ASTM C117: 2012	Maks. 1%
Catatan			
*) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih			
**) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih			

(Sumber: Spesifikasi Umum Divisi VI, Bina Marga, 2018 Revisi 2)

Tabel 2.2 Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampung Dingin untuk Campuran Beraspal

Jenis Campuran	Ukuran nominal agregat kasar penampung dingin (<i>cold bin</i>) minimum yang diperlukan (mm)			
	5 – 8	8 – 11	11 – 16	16 – 22
<i>Stone Matrix Asphalt</i> – Tipis	Ya	Ya		
<i>Stone Matrix Asphalt</i> – Halus	Ya	Ya	Ya	
<i>Stone Matrix Asphalt</i> – Kasar	Ya	Ya	Ya	Ya
	5 – 10	10 – 14	14 – 22	22 – 30
Lataston Lapis Aus	Ya	Ya		
Lataston Lapis Fondasi	Ya	Ya		
Laston Lapis Aus	Ya	Ya		
Laston Lapis Antara	Ya	Ya	Ya	
Laston Lapis Fondasi	Ya	Ya	Ya	Ya

(Sumber: Spesifikasi Umum Divisi VI, Bina Marga, 2018 Revisi 2)

2. Agregat Halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan no. 4 (4,75 mm). Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar. Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan persentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik. Agregat halus merupakan bahan yang bersih keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	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 Divisi VI, Bina Marga, 2018 Revisi 2)

2.2.1 Jenis – Jenis Agregat

Agregat dapat dibedakan berdasarkan proses terjadinya, pengolahan, dan ukuran butirannya.

1. Berdasarkan proses terjadinya

a. Agregat beku (*igneous rock*)

Agregat beku (*igneous rock*) adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Agregat beku dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- Agregat beku luar (*extusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang keluar ke permukaan bumi di saat gunung berapi meletus, dan akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku. Pada umumnya agregat beku luar berbutir halus seperti batu apung, *andesit*, *basalt*, *obsidian*, *pumice*.
- Agregat beku dalam (*intrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang tak dapat keluar ke permukaan bumi, mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan-lahan di dalam bumi, dapat ditemui di permukaan bumi karena proses erosi dan atau gerakan bumi. Agregat beku dalam umumnya bertekstur kasar seperti *gabbro*, *diorite*, *syenit*.

b. Agregat sedimen (*sedimentary rock*)

Agregat sedimen (*sedimentary rock*) dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Pada umumnya merupakan lapisan-

lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya. ses mekanik, organis, dan kimiawi.

Berdasarkan proses pembentukannya batuan sedimen dapat dibedakan atas:

- Batuan sedimen yang dibentuk dengan proses mekanik seperti breksi, konglomerat, batu pasir, batu lempung. Agregat ini banyak mengandung silica.
- Batuan sedimen yang dibentuk dengan proses organis seperti batu gamping, batu bara, opal.
- Batuan sedimen yang dibentuk dengan proses kimiawi seperti batu gamping, garam, gips, flint.

c. Agregat metamorfik (*metamorphic rock*)

Agregat metamorfik (*metamorphic rock*) adalah agregat sedimen ataupun agregat beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperature kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas agregat metamorf yang masif seperti marmar, kwarsit dan agregat metamorf yang berfoliasi, berlapis seperti batu sabak, *filit*, *sekis*.

2. Berdasarkan pengolahannya

Berdasarkan pengolahannya agregat dibagi menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut:

a. Agregat siap pakai

Agregat siap pakai adalah agregat yang dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan dengan bentuk dan ukuran sebagaimana diperoleh di lokasi asalnya, atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Agregat ini juga sering disebut sebagai agregat alam. Bentuk partikel agregat alam ditentukan berdasarkan proses yang dialaminya. Aliran air menyebabkan erosi pada agregat, sehingga partikel agregatnya cenderung bulat-bulat, dengan tekstur permukaan licin. Proses degradasi agregat di bukit-bukit akan membentuk agregat bersudut, dan

kasar. Dua bentuk dan ukuran agregat alam yang sering dipergunakan sebagai material perkerasan jalan yaitu kerikil dan pasir.

- b. Agregat yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dipakai
Agregat ini merupakan agregat yang diperoleh di bukit-bukit, di gunung-gunung, ataupun di sungai-sungai. Agregat yang berasal dari gunung, bukit, sungai yang perlu melalui proses pengolahan terlebih dahulu di mesin pemecah batu, umumnya lebih baik sebagai material perkerasan jalan, karena mempunyai bidang pecahan, bertekstur kasar dan ukuran agregat sesuai yang diinginkan. Di samping itu terdapat pula agregat yang merupakan hasil olahan pabrik seperti semen dan kapur, atau limbah, atau limbah industri seperti abu terbang.

3. Berdasarkan ukuran butirnya

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

- a. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No. 4 (4,75 mm).
- b. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 4 (4,75 mm) dan maksimum yang lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) sebesar 10%.
- c. Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) minimum 75%.

Bina Marga membedakan agregat menjadi :

- a. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No. 4 (4,75 mm).
- b. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 4 (4,75 mm).

2.2.2 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. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat dapat

dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

1. Gradasi agregat

Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari beberapa ukuran saringan. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci panjang, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Ukuran Bukaan Saringan

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4 inch	100	3/8 inch	9,5
3 ½ inch	90	No. 4	4,75
3 inch	75	No. 8	2,36
2 ½ inch	63	No. 16	1,18
2 inch	50	No. 30	0,6
1 ½ inch	37,5	No. 50	0,3
1 inch	25	No. 100	0,15
¾ inch	19	No. 200	0,075
½ inch	12,5		

(Sumber :SNI 03-1968-1990)

Gradasi agregat dapat diperiksa dengan melakukan pengujian analisa saringan berdasarkan SNI ASTM C 136-2012.

Jenis gradasi agregat dapat dikelompokkan sebagai berikut:

a. Agregat Bergradasi Baik

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 dipadatkan, dan mempunyai stabilitas tinggi. Tingkat stabilitas ditentukan dari ukuran butir agregat terbesar yang ada. Berdasarkan ukuran butir agregat yang dominan menyusun campuran agregat, maka agregat bergradasi baik dapat dibedakan atas:

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

b. Agregat Bergradasi Buruk

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

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

Secara umum terdapat perbedaan dari sifat campuran agregat bergradasi baik dan buruk yang dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Sifat Agregat Campuran

Sifat	Agregat	Agregat Bergradasi
	Bergradasi Buruk	Baik
Stabilitas	Buruk	Baik
Permeabilitas	Baik	Buruk
Tingkat Kepadatan	Buruk	Baik
Rongga Pori	Besar	Sedikit

(Sumber: Silvia Sukirman, 2016)

Tabel 2.6 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal

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
1 ½"	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 Divisi VI, Bina Marga, 2018 Revisi 2)

2. Ukuran maksimum agregat

Ukuran maksimum agregat dapat menentukan tebal minimum lapisan perkerasan yang dilaksanakan. Ukuran maksimum agregat adalah satu

saringan atau ayakan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum, dapat dinyatakan dengan :

- a. Ukuran maksimum agregat, menunjukkan ukuran saringan terkecil bilamana agregat yang lolos saringan tersebut sebanyak 100%.
- b. Ukuran nominal maksimum agregat, menunjukkan ukuran saringan terbesar dimana agregat tertahan tidak lebih dari 10%.

3. Kebersihan agregat (*cleanliness*)

Kebersihan agregat ditentukan dari banyaknya butir-butir halus yang lolos saringan No.200, seperti 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. Ketahanan agregat terhadap degradasi diperiksa dengan pengujian abrasi menggunakan alat abrasi Los Angeles, sesuai dengan SNI24117-2008 atau AASHTO T 6-87.

5. Bentuk dan tekstur agregat

Berdasarkan bentuknya, partikel atau butir agregat dikelompokkan menjadi berbentuk bulat, lonjong, pipih, kubus, tak beraturan, atau mempunyai bidang pecahan.

a. Agregat Bulat

Agregat yang ditemui di sungai umumnya telah mengalami erosi oleh air sehingga berbentuk bulat (*rounded*) dan licin.

b. Agregat Kubus

Agregat berbentuk kubus (*cubical*) pada umumnya merupakan agregat hasil pemecahan batu masif, atau hasil pemecahan mesin pemecah batu. Bidang agregat kubus 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

c. Agregat Lonjong

Agregat berbentuk lonjong (*elongated*) dapat ditemui di sungai 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 hampir sama dengan agregat berbentuk bulat.

d. Agregat Pipih.

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 ketebalannya lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Indeks kepipihan (*flakiness index*) adalah berat total agregat yang lolos slot dibagi berat total agregat yang tertahan slot pada ukuran nominal tertentu.

e. Agregat Tak Beraturan

Agregat berbentuk tak beraturan (*irregular*) adalah bentuk agregat yang tak mengikuti salah satu bentuk di atas.

Tekstur permukaan agregat dapat dibedakan atas licin, kasar, atau berpori. Agregat berbentuk bulat pada umumnya mempunyai permukaan yang licin, dan seringkali dijumpai di sungai. Permukaan agregat yang licin

menghasilkan daya penguncian antar agregat rendah, dan mempunyai tingkat kestabilan rendah.

Permukaan agregat kasar mempunyai gaya gesek yang baik, ikatan antara butir agregat menjadi kuat, sehingga lebih mampu menahan deformasi 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.

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

6. Berat jenis agregat dan penyerapan

Di dalam perhitungan rancangan campuran dibutuhkan parameter penunjuk berat yaitu berat jenis agregat. Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis kecil, mempunyai volume yang besar atau berat yang ringan. Terdapat beberapa jenis berat jenis agregat (*specific gravity*) yaitu sebagai berikut:

a. Berat jenis curah kering (S_d)

Berat jenis yang merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk rongga yang *permeable* dan di dalam butir partikel, tetapi tidak termasuk rongga antara butiran partikel) pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu.

b. Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)

Berat jenis yang merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk berat air yang terdapat di dalam rongga akibat perendaman selama (24+4) jam, tetapi tidak termasuk rongga antara butiran partikel) pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di

udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu.

c. Berat jenis semu /*apparent* (S_a)

Berat jenis yang merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume suatu bagian agregat yang impermiabel pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu.

d. Penyerapan air (S_w)

Penyerapan air adalah penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap ke dalam pori-pori, tetapi belum termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel, dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya; agregat dikatakan "kering" ketika telah dijaga pada suatu temperatur $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ dalam rentang waktu yang cukup untuk menghilangkan seluruh kandungan air yang ada (sampai beratnya tetap).

2.3 Aspal

Aspal atau bitumen adalah zat perekat material (*viscous cementitious material*), berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat atau semi padat, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen dapat berupa aspal, tar, atau *pitch*. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi, tar adalah hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batubara, minyak bumi, kayu, atau material organik lainnya, sedangkan *pitch* diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar. Tar dan *pitch* tidak diperoleh di alam, namun merupakan produk kimiawi. Dari ketiga jenis bitumen tersebut di atas, hanya aspal yang umum digunakan untuk sebagai bahan pembentuk perkerasan jalan, sehingga seringkali bitumen disebut sebagai aspal. Aspal bersifat termoplastis yaitu mencair jika dipanaskan dan kembali membeku jika temperatur turun. Sifat ini digunakan dalam proses konstruksi perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 - 10% berdasarkan berat campuran, atau 10 - 15% berdasarkan volume campuran.

Aspal adalah bahan alam dengan komponen kimia hidrokarbon, hasil eksplorasi dengan warna hitam bersifat plastis hingga cair, tidak larut dalam larutan asam encer dan alkali atau air, tapi larut sebagian besar dalam aether, CS₂ bensol dan chloroform (Saodang,2005). Bahan aspal merupakan bahan pengikat yang harus dicampur dengan agregat sehingga menghasilkan campuran beraspal sesuai dengan spesifikasi yang diisyaratkan.

Fungsi aspal dalam perkerasan beraspal adalah sebagai bahan pengikat agar agregat tidak mudah lepas akibat lalu lintas dan lingkungan. Selain itu aspal juga berfungsi sebagai lapis kedap yang melindungi agregat dan material lain di bawahnya dari pengaruh air. Agar aspal dapat dapat berfungsi seperti yang diharapkan maka aspal diantaranya harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Aspal harus dapat melapisi agregat dan mengisi rongga antar agregat hingga perkerasan cukup rapat dan kedap air.
2. Aspal harus memberikan lapisan yang elastis sehingga perkerasan tidak mudah retak.
3. Aspal tidak peka terhadap perubahan suhu dilapangan.
4. Aspal mempunyai adhesi yang baik terhadap agregat yang dilapisi.
5. Aspal mempunyai kohesi yang baik.
6. Aspal tidak cepat rapuh atau lapuk.
7. Aspal mudah dikerjakan.
8. Aspal aman saat pengerjaan.
9. Aspal homogeny dan tidak berubah selama penyimpanan.
10. Aspal memberikan kinerja yang baik terhadap campuran.

Tabel 2.7 Ketentuan untuk Aspal Keras

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				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 rad/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 Parafin 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 rad/detik $\geq 2,2$ 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 temperature 100°C dan tekanan 2,1 MPa				
15	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

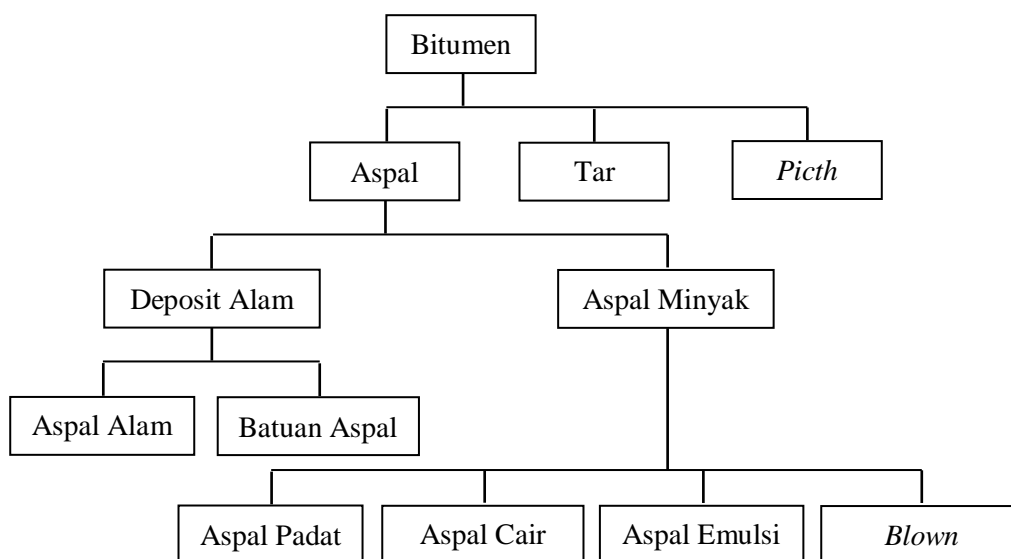
Catatan:

1. Pengujian semua sifat – sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang diisyaratkan pada Pasal 6.3.2.6)a). Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan untuk aspal dengan penetrasi ≥ 50 adalah $\neq 4$ (0,1 mm) dan untuk aspal dengan penetrasi < 50 adalah $\neq 2$ (0,1 mm), masing – masing dari nilai penetrasi yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat – sifat aspal keras.
2. Pengujian semua sifat – sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang diisyaratkan pada Pasal 6.3.2.6)a). Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan titik lembek diterima adalah $\neq 1$ °C dan nilai titik lembek yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat – sifat aspal keras.
3. Viskositas diuji juga pada temperatur 100 °C dan 160 °C untuk tipe I, untuk tipe II pada temperatur 100 °C dan 170 °C untuk menetapkan temperatur yang akan diterapkan pada Pasal 6.3.5.5).
4. Jika untuk pengujian viskositas tidak dilakukan sesuai dengan AASHTO T201-15 maka hasil pengujian harus dikonversikan ke satuan cSt.

(Sumber: Spesifikasi Umum Divisi VI, Bina Marga, 2018 Revisi 2)

2.3.1 Jenis Aspal

Aspal yang digunakan untuk bahan perkerasan jalan (Silvia Sukirman, 2016), terdiri beberapa jenis, dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Pengelompokan berbagai Jenis Bitumen

(Sumber: Silvia Sukirman, 2016)

1. Aspal alam

Aspal alam adalah aspal yang ditemui di alam dalam jumlah besar di dunia terdapat di Trinidad, berupa aspal danau (*Trinidad Lake Asphalt*). Aspal alam berbentuk apabila deposit minyak mentah dalam perut bumi terdestilasi secara alami. Aspal ini bias muncul ke permukaan bumi melalui cetakan/retakan. Apabila aspal yang muncul ke permukaan yang berupa lembah maka terbentuk deposit aspal alam yang disebut aspal danau. Sedangkan apabila aspal yang muncul ke permukaan bumi dan meresap kedalam batuan porus akan berbentuk aspal gunung. Di Indonesia terdapat aspal alam yang disebut aspal batu buton atau asbuton. Aspal alam ini terjadi karena adanya minyak bumi yang mengalir keluar melalui retak-retak kulit bumi. Setelah minyak menguap, maka tinggal aspal yang melekat pada batuan yang dilalui.

2. Aspal minyak (*petroleum asphalt*)

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *parafin base crude oil* yang banyak mengandung parafin, atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dan aspal. Berbentuk padat atau semi-padat sebagai cikal bakal bitumen, yang diperoleh dari penirisan minyak.

a. Aspal keras-panas (*asphaltic-cement*)

Aspal ini berbentuk padat pada temperatur ruangan. Di Indonesia aspal semen dibedakan dari nilai penetrasinya, misal : AC dengan penetrasi 40/50, 60/70, 85-100).

Aspal dengan penetrasi rendah digunakan di daerah cuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi digunakan ditempat bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah.

b. Aspal dingin-cair (*cut-back asphalt*)

Aspal ini digunakan dalam keadaan cair dan dingin. Aspal dingin adalah campuran pabrik antara aspal panas dengan bahan pengencer

dari hasil penyulingan minyak bumi. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar. Bahan pencair membedakan aspal cair menjadi:

- *Rapid curing cut back asphalt (RC)*, yaitu aspal cair dengan bahan pencair bensin. RC merupakan aspal cair yang paling cepat menguap.
- *Medium curing cut back asphalt (MC)*, yaitu aspal cair dengan bahan pencair minyak tanah (*kerosene*).
- *Slow curing cut back asphalt (SC)*, yaitu aspal cair dengan bahan pencair solar (minyak disel). SC merupakan aspal cair yang paling lambat menguap.

c. Aspal emulsi (*emulsion asphalt*)

Aspal emulsi (*emulsified asphalt*) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair dari pada aspal cair. Di dalam aspal emulsi, butir-butir aspal larut dalam air. Untuk menghindari butiran aspal saling menarik membentuk butir-butir yang lebih besar, maka butiran tersebut diberi muatan listrik. Berdasarkan muatan listrik yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas:

- Aspal kationik disebut juga aspal emulsi asam, merupakan aspal emulsi yang butiran aspalnya bermuatan arus listrik positif.
- Aspal anionik disebut juga aspal emulsi alkali, merupakan aspal emulsi yang butiran aspalnya bermuatan negatif.
- Nonionik merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berarti tidak mengantarkan listrik.

Berdasarkan kecepatan mengerasnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas:

- *Rapid Setting (RS)*, aspal yang mengandung sedikit bahan pengemulsi sehingga pengikatan yang terjadi cepat, sehingga aspal cepat menjadi padat atau keras kembali.

- *Medium Setting* (MS)
- *Slow Setting* (SS), jenis aspal emulsi yang paling lambat mengeras.

Dari ketiga bentuk aspal, maka semen aspal adalah bentuk yang paling banyak digunakan.

2.3.2 Sifat Aspal

Aspal mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Daya tahan (*durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan.

2. Adhesi dan kohesi

Adhesi yaitu ikatan antara aspal dan agregat pada campuran aspal beton. Sifat ini dievaluasi dengan menguji sepesimen dengan test stabilitas *Marshall*. Kohesi adalah ketahanan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah bahan yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak jika temperatur bertambah.

4. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga dilapisi aspal atau disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Pada proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas. Peristiwa perapuhan terus berlangsung selama masa pelaksanaan. jadi, selama masa pelayanan, aspal mengalami proses oksidasi yang besar yang dipengaruhi oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

2.3.3 Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Pemeriksaan aspal perlu dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan kimiawi aspal. Secara garis besar sesuai tujuannya pemeriksaan aspal dapat dikelompokkan menjadi 6 bagian pengujian, antara lain:

1. Pengujian untuk menentukan komposisi aspal.
2. Pengujian untuk mendapatkan data yang berguna bagi keselamatan bekerja.
3. Pengujian konsistensi aspal.
4. Pengujian durabilitas aspal.
5. Pengujian kemampuan aspal untuk mengikat agregat.
6. Pengujian berat jenis aspal yang dibutuhkan untuk merencanakan campuran aspal dengan agregat.

Dari pengelompokan tersebut maka dapat dilakukan beberapa pemeriksaan karakteristik aspal antara lain adalah sebagai berikut:

a. Berat jenis aspal

Salah satu jenis pengujian yang terdapat dalam persyaratan mutu aspal adalah berat jenis. Selain untuk memenuhi persyaratan aspal, berat jenis juga diperlukan pada saat pelaksanaan untuk konversi dari berat ke volume atau sebaliknya. Pengujian berat jenis aspal dilakukan dengan cara membandingkan massa suatu bahan dengan massa air pada isi dan temperatur yang sama.

b. Penetrasi aspal

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada aspal yang mengacu dari kedalaman masuknya jarum penetrasi secara vertikal yang dinyatakan dalam satuan 0,1 mm pada kondisi beban, waktu dan temperatur yang diketahui.

c. Daktilitas aspal

Daktilitas aspal adalah sifat pemuluran aspal yang diukur pada saat putus. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kohesi dan plastisitas aspal dengan cara memasukkan benda uji ke dalam bak perendam selama 85 menit sampai dengan 95 menit, lepaskan benda uji dari pelat dasar dan langsung pasang ke mesin uji dengan cara memasukkan lubang cetakan ke pemegang di mesin lalu jalankan mesin dan ukur pemuluran benda uji pada saat putus.

d. Titik lembek aspal

Penujian titik lembek dengan alat cincin dan bola bertujuan untuk menentukan angka titik lembek yang berkisar dari 30°C sampai dengan 157°C.

2.4 Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler adalah mineral paling halus dari agregat beton aspal, berukuran kurang dari saringan nomor 200, dan tidak boleh mengandung kelembapan. Bahan yang paling cocok untuk *filler* adalah semen Portland yang bebas kelembapan, karena dikemas didalam karung. Bebas kelembapan ini penting karena *filler* tidak melewati mesin pemanas, masuk langsung ke *pugmill* melalui *screw intrusion*. Ada pendapat bahwa *filler* akan berfungsi untuk melengkapi garis gradasi batuan, tetapi pendapat lain condong untuk menganggap *filler* akan membentuk mastik langsung dengan aspal dan meningkatkan kemampuan aspal menahan panas tinggi di lapangan. Lapis beton aspal yang mengabaikan *filler*, baik disengaja maupun tidak, permukaan beton aspal akan mudah berubah bentuk dan mengalami deformasi (Soehartono, 2015).

Filler adalah bahan penambah pada proses pencampuran antara agregat dengan aspal yang berfungsi untuk menutup pori – pori yang ada pada permukaan aspal yang disebabkan karena kurangnya campuran gradasi agregat pada unit timbangan. Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*) atau batu kapur padam atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2014), atau semen atau abu terbang tipe C dan F. bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras penetrasi 60 – 70. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan – gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan no. 200 (75 mikron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) untuk semen harus dalam rentang 1% sampai 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% sampai 3% terhadap berat total agregat

kecuali *Stone Matrix Asphalt* (SMA). Khusus *Stone Matrix Asphalt* (SMA) tidak boleh menggunakan semen.

2.5 Beton Aspal/*Asphalt Concrete* (AC)

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal secara homogeny, 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, 2016). *Asphalt Concrete* (AC) merupakan suatu lapisan permukaan pada konstruksi jalan yang terdiri dari aspal, agregat kasar, agregat halus serta bahan pengisi (*filler*), yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (Bina Marga, 1987). Aspal untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal penetrasi 60/70 atau 80/100 yang seragam tidak mengandung air, bila dipanaskan sampai suhu 175°C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan Bina Marga. Tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton yaitu stabilitas, keawetan atau durabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan mudah untuk dilaksanakan (Silvia Sukirman, 2016).

Menurut Bina Marga (1987), beton aspal berfungsi sebagai berikut:

1. Sebagai pendukung beban lalu lintas.
2. Sebagai pelindung konstruksi di bawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca.
3. Sebagai lapis aus.
4. Menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.

Menurut Bina Marga (1983), beton aspal mempunyai sifat – sifat sebagai berikut:

1. Tahan terhadap keausan akibat lalu lintas.
2. Kedap air.
3. Mempunyai nilai struktural.
4. Mempunyai stabilitas yang tinggi.

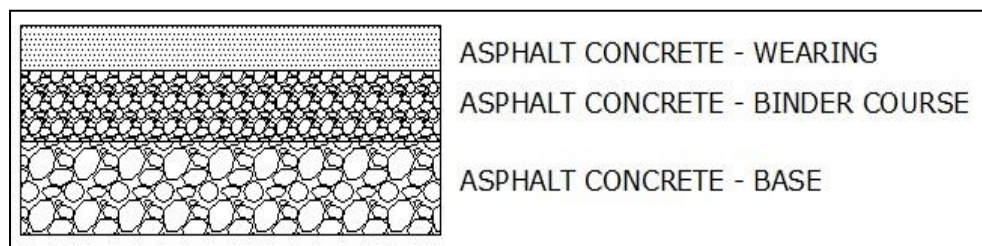
5. Peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan.

Menurut Bina Marga (1983), dalam perencanaan campuran yang harus diperhatikan adalah:

1. Jenis agregat.
2. Gradasi agregat.
3. Mutu agregat.
4. Jenis aspal keras.
5. Rencana tebal lapisan.
6. Jenis bahan pengisi (*filler*).

2.5.1 Lapisan *Asphalt Concrete - Binder Course (AC – BC)*

Lapisan AC – BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) adalah lapis perkerasan jalan yang berada di atas lapis aspal pondasi atas dan berada di bawah lapis aspal aus. Lapis *Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)* berfungsi untuk mentransfer beban lalu lintas yang diterima dan diteruskan ke lapisan aspal pondasi atas. Lapis *Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC)* tidak langsung bersentuhan dengan cuaca, tetapi diharuskan ada ketebalan dan kekakuan yang memadai untuk mencegah tegangan maupun regangan yang diakibatkan oleh pembebanan lalu lintas yang nantinya akan disalurkan dan berpengaruh terhadap lapisan selanjutnya yaitu *Asphalt Concrete – Base (AC – Base)* dan lapis tanah dasar (*Sub Grade*). Campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Laston adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. (Sukirman, 2003).



Gambar 2.4 Lapisan Aspal Beton AC-WC, AC-BC, dan AC-Base

Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal campuran panas yang akan ditinjau adalah AC-BC.

2.6 Serbuk Bata Merah

Batu bata merah adalah salah satu unsur bangunan dalam pembuatan konstruksi bangunan yang terbuat dari tanah lempung/tanah liat ditambah air dengan atau tanpa bahan campuran lain melalui beberapa tahap pengerjaan, seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan, membakar pada temperatur tinggi hingga matang dan berubah warna, serta akan mengeras seperti batu setelah didinginkan hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air (SNI 15-2094-2000, SII-0021-78).

Dalam SNI 15-2094-2000 dengan judul “Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding” disebutkan bahwa definisi batu bata merupakan bahan bangunan yang berbentuk prisma segi empat panjang. Batu Bata merupakan batu yang dibuat untuk keperluan konstruksi seperti pembuatan dinding dan tembok. Bahan dasar pembuatan batu bata merah ini bersifat plastis. Tanah liat sebagai bahan dasar pembuatan batu bata merah mengalami proses pembakaran dengan temperatur tinggi diatas 800°C hingga mengeras seperti batu. Menurut Lasmini & Arifin (2009), penggunaan silika dalam campuran beraspal dapat meningkatkan potensi stabilitas dan juga durabilitas pada suatu campuran beraspal. Komposisi kimia abu bata mempunyai keserupaan dengan senyawa semen yang tergolong sebagai pozzolan yaitu kandungan silika yang diharapkan dapat mengurangi kadar aspal dan meningkatkan stabilitas campuran. Komposisi kimia limbah abu bata dapat dilihat pada Tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8 Komposisi Kimia Serbuk Bata Merah

Senyawa	Limbah Abu Bata
SiO ₂	56,4%
Al ₂ O ₃	27,4%
Fe ₂ O ₃	7,2%
CaO	1,2%
MgO	1,4%

(Sumber: Lourenco et al.1969)

Menurut hasil analisis yang dilakukan Bahri (2016) menunjukkan bata merah mengandung alumina (Al_2O_3) 34,09%, Silika dioksida (SiO_2) 42,55%. Senyawa kimia yang terkandung dalam bata merah memiliki kemiripan dengan senyawa kimia dalam kandungan semen yaitu alumina (Al_2O_3), Silika dioksida (SiO_2), kalsium oksida (CaO).



Gambar 2.5 Serbuk Bata Merah

2.7 Fly Ash

Abu terbang (*fly ash*) batu bara merupakan bahan anorganik sisa pembakaran batu bara dan terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran. Pada pembakaran batu bara dalam pembangkit tenaga listrik terbentuk dua jenis abu yakni abu terbang batu bara (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Partikel abu yang terbawa gas buang disebut abu terbang batu bara, sedangkan abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku disebut abu dasar. Sebagian abu dasar berupa lelehan abu disebut terak (*slag*). Abu terbang batu bara yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah abu terbang batu bara (*fly ash*).

Abu terbang (*fly ash*) batu bara adalah material yang sangat halus yang berasal dari sisa pembakaran batu bara. Abu batu bara dapat dijadikan *filler* karena ukuran partikelnya yang sangat halus dan yang lolos saringan apabila disaring dengan menggunakan saringan No. 200 (*75 micron*) dan mengandung unsur pozzolan, sehingga dapat berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dan pengikat pada aspal beton (Adibroto et al, 2008).

Abu terbang (*fly ash*) adalah produk sampingan yang dihasilkan oleh pembangkit listrik berbahan bakar batu bara ini dianggap sebagai *aditif* tanah liat untuk meningkatkan respon dampak efektif. Silikon dioksida (SiO_2), aluminium Oksida

(Al₂O₃), Ferrioksida (Fe₂O₃), Kalsium Oksida (CaO), dan Magnesium Oksida (MgO) merupakan kandungan dari Abu terbang (*fly ash*). Abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) merupakan dua jenis abu yang berasal dari proses pembakaran batu bara di unit pembangkit uap (*boiler*). Abu terbang (*fly ash*) dapat digunakan sebagai material bahan pengisi (*filler*) tersendiri pada aspal beton atau sebagai komponen campuran semen untuk memperbaiki sifat aspal beton. Abu terbang (*fly ash*) yang digunakan merupakan abu terbang (*fly ash*) type F yang berasal dari pembakaran dari bitumen batu bara yang memiliki sifat *pozzolanic*. Abu terbang (*fly ash*) jenis ini dipilih karena memiliki kandungan kalsium yang rendah dan tidak mengganggu proses polimerisasi.



Gambar 2.6 Abu Terbang (*Fly Ash*)

2.8 Beton Aspal Campuran Panas (*Hot Mix*)

Menurut Sukirman (1999), aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua material harus dipanaskan dulu sebelum dicampur. Karena dicampur dalam keadaan panas maka sering kali disebut sebagai *hotmix*. Pekerjaan pencampuran dilakukan di pabrik pencampur, kemudian dibawa ke lokasi dan dihampar dengan menggunakan alat penghampar sehingga diperoleh lapisan lepas yang seragam dan merata untuk selanjutnya dipadatkan dengan mesin pemadat dan akhirnya diperoleh lapisan padat aspal beton.

2.8.1 Karakteristik Beton Aspal

Menurut *Asphalt Institute MS-22*, suatu campuran aspal beton harus memiliki karakteristik campuran yang baik. Karakteristik tersebut meliputi stabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, daya tahan/durabilitas, kekesatan permukaan, kemudahan pekerjaan, kedap air, dan ketahanan terhadap kelelahan.

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi. Faktor – faktor yang membentuk stabilitas beton aspal yaitu sebagai berikut:

- a. Gesekan internal berasal dari kekasaran permukaan butir agregat, luas bidang kontak antar butir, bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Stabilitas terbentuk dari gesekan internal yang terjadi di antara butir agregat yang saling mengunci. Rongga antar butir diisi oleh agregat berukuran lebih kecil. Pemilihan agregat bergradasi baik atau rapat akan memperkecil rongga antara agregat, sehingga kepadatan dapat menghasilkan stabilitas yang diharapkan.
- b. Kohesi adalah gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara kontak antar butir agregat. Daya kohesi terutama ditentukan oleh penetrasi aspal, perubahan viskositas akibat temperatur, tingkat pembebanan, komposisi kimiawi aspal, efek dari waktu dan umur aspal. Sifat rheologi atau penuaan aspal menentukan kepekaan aspal untuk mengeras dan rapuh, yang akan mengurangi daya kohesinya.

2. Durabilitas

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda

kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat secara homogen, sehingga beton aspal akan lebih kedap air. Dengan demikian beton aspal memiliki kemampuan menahan keausan. Sebaliknya, semakin tebal selimut aspal mengakibatkan beton aspal semakin mudah *bleeding* (naiknya aspal kepermukaan jalan), yang mengakibatkan jalan semakin licin. Banyaknya rongga yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun. Semakin besar rongga yang tersisa, beton aspal semakin tidak kedap air. Semakin banyak udara di dalam beton aspal, menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara, menjadi getas, dan durabilitasnya menurun.

3. Fleksibilitas

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

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

5. Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*)

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

pada kondisi basah. Berikut adalah faktor–faktor yang mempengaruhi kekesatan jalan yaitu:

- a. Kekasaran permukaan dari butir-butir. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak hanya mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan
- b. Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir
- c. Gradasi agregat
- d. Kepadatan campuran
- e. Tebal film aspal
- f. Ukuran maksimum butir agregat

6. Kedap air

Kedap air (impermeabilitas) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Kemudahan pelaksanaan (*workability*)

Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah:

- a. Viskositas aspal
- b. Kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur
- c. Gradasi dan kondisi agregat Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan.

2.8.2 Persyaratan Campuran Beton Aspal

Aspal yang digunakan untuk campuran beton aspal haruslah memenuhi persyaratan seperti yang diberikan dalam spesifikasi pekerjaan. Tabel 2.9 berikut adalah spesifikasi persyaratan campuran beton aspal.

Tabel 2.9 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Aspal

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-BASE
Jumlah tumbukan per bidang	-	75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3		
	Maks	5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60 C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min	2		

(Sumber: Sumber: Spesifikasi Umum Divisi VI, Bina Marga, 2018 Revisi 2)

2.9 Pengujian Marshall

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 penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (=5000lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, sedangkan *flowmeter* digunakan untuk mengukur kelelehan plastis atau *flow*.

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

1. VIM (*Void in Mix*) adalah volume rongga di antara butir-butir agregat yang diselimuti aspal atau volume rongga dalam beton aspal padat. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir – butir agregat akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal meleleh menjadi lunak akibat meningkatnya suhu udara. VIM yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kekedapannya, sehingga oksidasi aspal meningkat yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. VIM yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* ketika suhu meningkat.
2. VMA (*Void in Mineral Agregat*) adalah banyaknya rongga di antara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase terhadap volume bulk beton aspal padat. VMA adalah volume rongga di dalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal ditiadakan. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka.
3. VFA (*Void Filled with Asphalt*) adalah bagian dari rongga yang berada di antara mineral agregat (VMA) yang terisi aspal, tidak termasuk di dalamnya aspal yang menyerap ke dalam pori masing-masing butir agregat.
4. Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban yang bekerja tanpa perubahan bentuk. Nilai stabilitas juga menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja.
5. *Flow* (kelelehan plastis) adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kestabilan maksimum sehingga sampel sampai batas runtuh. *Flow* merupakan indikator terhadap lentur.

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasari oleh literatur atau referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi bertujuan untuk memberikan batasan-batasan terhadap pembahasan dari penelitian yang akan dikembangkan serta agar dapat menghasilkan hasil yang lebih baik dari referensi penelitian sebelumnya. Referensi penelitian terdahulu yang peneliti dapatkan dapat dilihat pada uraian berikut:

1. Hasil penelitian Yasman Alfarizi dan Yazillah Atrasina (2021)

Penelitian Yasman Alfarizi dan Yazillah Atrasina (2021), berjudul “*Analisis Penggunaan Serbuk Bata dan Fly Ash Batu Bara Sebagai Filler Terhadap Campuran Laston AC – WC*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh penggunaan serbuk bata dan *fly ash* batu bara ditinjau dari segi stabilitas dan ketahanan terhadap kelelahan (*flow*). Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan benda uji dengan variasi kadar aspal yaitu 5%; 5,5% dan 6%. Persentase yang digunakan untuk campuran pada masing – masing kadar aspal yaitu 100%:0%, 50%:50% dan 0%:100. Hasil yang diperoleh nilai stabilitas tertinggi berada di kadar aspal 5% dengan campuran menggunakan *fly ash* batu bara, nilai kelelahan (*flow*) tertinggi di kadar aspal 5,5% dengan campuran menggunakan *fly ash* batu bara, nilai *marshall quotient* disetiap variasi *filler* mengalami penurunan di kadar aspal 5,5%, nilai VMA disetiap variasi *filler* batu bata dan *fly ash* batu bara memenuhi standar kecuali di kadar *filler* semen kadar aspal 5%, nilai VIM terbesar berada di kadar aspal 5% variasi *filler* batu bata dan nilai VFA pada kadar aspal 6% variasi *filler fly ash* batu bara dan kadar 5% variasi *filler* batu bata berbanding *fly ash* batu bara tidak memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga 2010.

2. Hasil penelitian Yusep Daiman Sakur dan Ida Farida (2019)

Penelitian Yusep Daiman Sakur dan Ida Farida (2019), berjudul “*Analisis Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus (AC – WC)*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah penggunaan dari serbuk bata merah sebagai *filler*

terhadap campuran laston lapis aus (AC – WC) dapat mempengaruhi nilai karakteristik marshall. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan benda uji sebanyak 18 benda uji dengan aspal pen 60/70 untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Kadar aspal yang digunakan pada penelitian ini yaitu 4,5%; 5,0%; 5,5%; 6,0%; 6,5%; dan 7 % dengan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,4%. Kadar serbuk bata merah yang digunakan sebesar 6% dengan *fly ash*. Dari hasil pengujian Marshall menggunakan *filler* serbuk bata merah didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,4 %, nilai Kepadatan sebesar 2,303 gr/cc, nilai VMA sebesar 18,41 %, nilai VIM sebesar 3,10 %, nilai VFA sebesar 83,16 %, nilai Stabilitas sebesar 1029 kg, nilai kelelehan (*Flow*) sebesar 3,45 mm, nilai Stabilitas Sisa sebesar 94,86 % dan nilai VIM PRD sebesar 2,69 %. Dari hasil data yang diperoleh dalam pengujian dapat disimpulkan bahwa penggunaan campuran bahan tambahan serbuk bata merah sebagai *filler* untuk campuran Laston Lapis Aus (ACWC) memenuhi kriteria dan persyaratan yang disyaratkan Bina marga (revisi 3) tahun 2010.

3. Hasil Penelitian Muhammad Zainudin Abdillah dan Dwi Kartikasari (2018)

Penelitian Muhammad Zainudin Abdillah dan Dwi Kartikasari (2018), berjudul “*Substitusi Filler Pada Campuran Aspal Dengan Fly Ash dan Serbuk Batu Bata*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan *filler* dengan *fly ash* batu bara dan serbuk batu bata pada campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC – WC) yang terdiri dari stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* dan untuk mengetahui nilai presentase optimum diantara *filler fly ash* serbuk batu bata dan *fly ash* disbanding serbuk batu bata dengan presentase 100:0, 50:50 dan 0:100. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pembuatan benda uji sebanyak 12 benda uji dengan kadar *filler* sebanyak 2% dan kadar aspal sebesar 5,5%. Hasil pengujian Marshall pada aspal dengan *filler fly ash* dan serbuk batu bata dibandingkan dengan hasil campuran aspal dengan

filler semen *Portland*. Nilai hasil uji Marshall dengan perbandingan antara serbuk batu bata dan *fly ash* sebesar 50%:50% menghasilkan hasil yang bagus, baik untuk nilai stabilitas, *flow* maupun hasil bagi *marshall* atau *marshall quotient*. Nilai stabilitas sebesar 921,32 kg, *density* sebesar 2,34 gr/cc, nilai *flow* sebesar 3,60 mm dan *marshall quotient* sebesar 256 kg/mm.

4. Hasil Penelitian I Gede Budiarta Utama (2017)

Penelitian I Gede Budiarta Utama (2017), berjudul “*Pengaruh Penggunaan Serbuk Batu Bata Sebagai Filler Pada Campuran Laston (AC – WC)*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah penggunaan serbuk batu bata sebagai *filler* pada campuran laston dapat mempengaruhi nilai karakteristik marshall, serta nilai IDT dan *Stiffness*. Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan benda uji dengan variasi kadar aspal yaitu 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7%. Persentase yang digunakan untuk campuran yaitu 0%:100%, 20%:80%, 40%:60%, 60%:40%, 80%:20%, dan 100%:0%. Kadar Aspal Optimum (KAO) didapatkan sebesar 6,75%. Hasil pengujian Marshall dibandingkan dengan variasi kadar aspal normal dengan abu batu sebagai *filler*. Hasil yang diperoleh adalah nilai stabilitas dan MQ campuran dengan serbuk batu bata lebih tinggi dan memiliki nilai *flow* yang lebih rendah dari pada campuran dengan menggunakan abu batu. Rongga yang terjadi pada campuran dengan penggunaan serbuk batu bata juga lebih kecil dibandingkan dengan campuran dengan menggunakan abu batu. Campuran yang menggunakan serbuk batu bata sebagai *filler* dapat bekerja lebih baik dari pada campuran yang menggunakan *filler* abu batu. Begitu pula apabila dikombinasikan, campuran yang menggunakan serbuk batu bata lebih banyak, memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan campuran yang menggunakan lebih banyak abu batu. Walaupun pada kadar 100% serbuk batu bata mengalami penurunan kemampuan terhadap pengujian yang dilakukan, tapi nilai pengujiannya masih lebih baik apabila dibandingkan dengan campuran yang menggunakan abu batu.