

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan bagian dari konstruksi jalan yang tersusun atas beberapa lapisan dengan ketebalan dan karakteristik teknis tertentu, seperti kekuatan, kekakuan, dan stabilitas, yang berfungsi untuk menerima serta menyalurkan beban lalu lintas ke tanah dasar secara aman dan terkendali. Secara umum, terdapat dua jenis perkerasan yang banyak diterapkan pada jalan raya. Pertama, perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat utama sehingga bersifat lebih elastis dalam merespons beban kendaraan. Kedua, perkerasan kaku (*rigid pavement*), yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat dan memiliki tingkat kekakuan lebih tinggi. Selain itu, terdapat pula perkerasan komposit (*composite pavement*) yang merupakan kombinasi dari perkerasan lentur dan kaku untuk memanfaatkan keunggulan masing-masing sistem (Saragi & Sinaga, 2021).

3.2 Jenis Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2010), berdasarkan bahan pengikat yang digunakan untuk membentuk lapisan permukaan, perkerasan dibedakan menjadi tiga yaitu:

3.2.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Aspal atau bitumen menjadi bahan pengikat untuk tipe perkerasan ini. Pada umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan sistem utilitas terletak di bawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap (Sukirman, 2010).

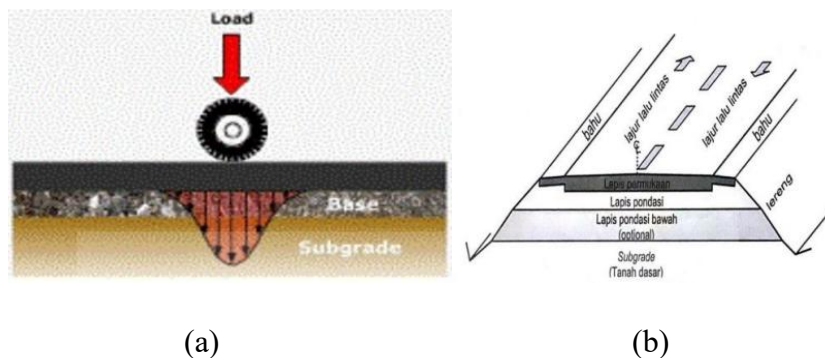
Keuntungan menggunakan perkerasan lentur yaitu:

- a. Mudah diperbaiki;
- b. Tambahan lapisan perkerasan dapat dilakukan kapan saja;
- c. Memiliki tahanan geser yang baik;
- d. Warna perkerasan memberikan kesan tidak silau bagi pengguna jalan.

Kerugian menggunakan perkerasan lentur yaitu:

- Tebal total struktur perkerasan lebih tebal dari pada perkerasan kaku;
- Kelenturan dan sifat kohesi berkurang selama masa pelayanan;
- Tidak baik jika sering digenangi air;
- Membutuhkan agregat lebih banyak.

Struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis yang makin ke bawah memiliki daya dukung yang semakin jelek. Gambar (a) menunjukkan distribusi beban kendaraan pada perkerasan lentur dan Gambar (b) menunjukkan struktur lapis perkerasan lentur dan letaknya.



Gambar 3. 1 (a). Distribusi Beban (b). Struktur Lapisan Perkerasan Lentur
Sumber: Sukirman, 2010

3.2.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku cocok digunakan untuk jalan dengan volume lalu lintas tinggi yang didominasi oleh kendaraan berat, di sekitar pintu tol, jalan yang melayani kendaraan berat yang melintas dengan kecepatan rendah, atau di daerah jalan keluar atau jalan masuk ke jalan berkecepatan tinggi yang didominasi oleh kendaraan berat.

Keuntungan menggunakan perkerasan kaku yaitu:

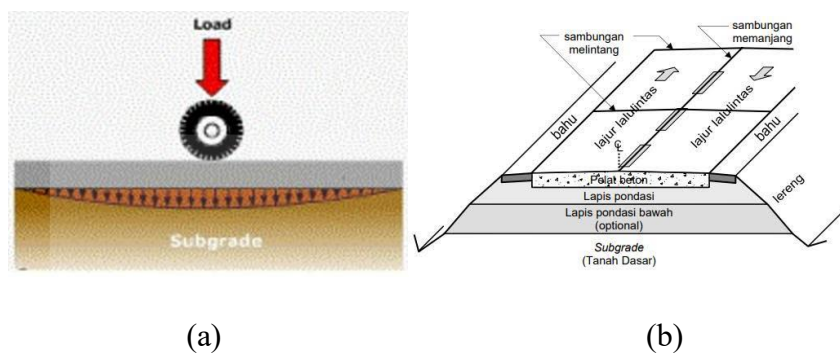
- Umur pelayanan panjang dengan pemeliharaan yang sederhana;
- Durabilitas baik;
- Mampu bertahan pada banjir yang berulang.

Kerugian menggunakan perkerasan kaku yaitu:

- Kekesatan jalan kurang baik dan sifat kekasaran permukaan dipengaruhi oleh proses pelaksanaan;

- b. Memberikan kesan silau bagi pemakai jalan;
- c. Membutuhkan lapisan tanah dasar yang memiliki penurunan (*settlement*) yang homogen agar pelat beton tidak retak. Untuk mengatasi hal ini seringkali di atas permukaan tanah dasar diberi lapis pondasi bawah sebagai pembentuk lapisan homogen.

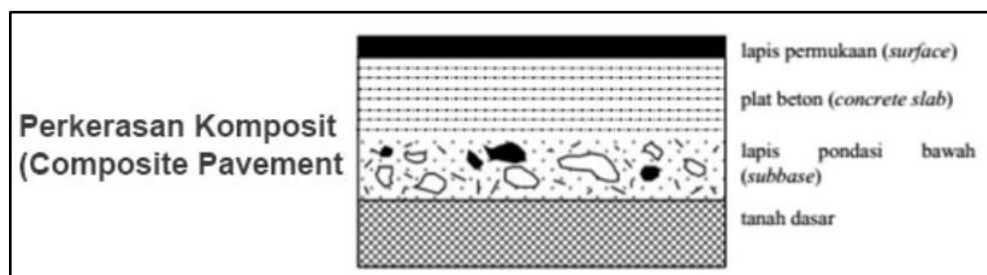
Struktur perkerasan kaku terdiri dari pelat beton sebagai lapis permukaan, lapis pondasi bawah sebagai lapis bantalan yang homogen, dan lapis tanah dasar tempat struktur perkerasan di letakan. Gambar (a) menunjukkan distribusi kendaraan pada perkerasan kaku dan Gambar (b) menunjukkan struktur lapis perkerasan kaku dan letaknya.



Gambar 3. 2 (a). Distribusi Beban (b). Struktur Lapisan Perkerasan Kaku
Sumber: Sukirman, 2010

3.2.3 Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

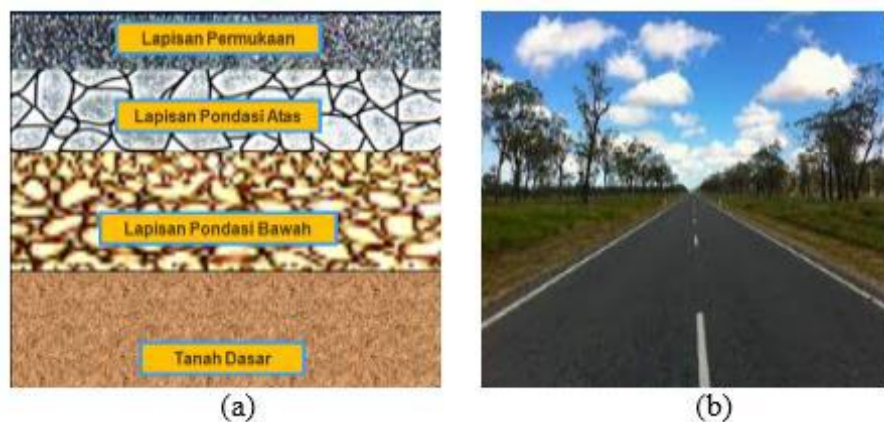
Perkerasan komposit yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur serta dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur. Gambar 3.3 menunjukkan lapisan untuk struktur perkerasan komposit.



Gambar 3. 3 Lapisan Struktur Perkerasan Komposit
Sumber: mutuutamageoteknik, 2023

3.3 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan sistem perkerasan jalan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat utama. Struktur ini terdiri atas beberapa lapisan yang disusun di atas tanah dasar, yang berfungsi untuk menerima, menahan, dan mendistribusikan beban lalu lintas secara bertahap hingga ke tanah dasar sehingga tidak menimbulkan kerusakan atau deformasi berlebihan (Wiyanti, 2011).



Gambar 3. 4 (a). Struktur lapisan perkerasan lentur (b). Perkerasan Lentur
Sumber: Wiyanti, 2011

Berdasarkan Gambar 3.4, struktur perkerasan lentur terdiri atas beberapa lapisan dengan fungsi yang berbeda. Lapisan paling atas adalah lapisan aus (*Wearing Course*) yang berfungsi melindungi permukaan jalan dari keausan akibat gesekan ban kendaraan sekaligus memberikan kenyamanan dan keamanan berkendara. Di bawahnya terdapat lapisan pengikat (*Binder Course*) yang berperan mengikat dan memperkuat hubungan antara lapisan aus dengan lapisan fondasi di bawahnya. Selanjutnya adalah lapisan *base* (lapisan fondasi atas) yang bertugas menahan dan menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan yang lebih bawah. Di bawah *base* terdapat lapisan *subbase* (lapisan fondasi bawah) yang membantu mendistribusikan beban serta meningkatkan daya dukung struktur. Lapisan paling bawah adalah *subgrade* (tanah dasar), yaitu tanah asli atau tanah yang telah dipersiapkan sebagai tempat seluruh struktur perkerasan jalan diletakkan (Manurung, 2011):

3.4 *Asphalt Concrete*

Beton aspal (*hotmix*) merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang tersusun dari campuran agregat dengan atau tanpa bahan tambahan. Salah satu tipe yang banyak digunakan di Indonesia adalah *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC – WC), yaitu lapisan perkerasan lentur yang berperan penting sebagai lapisan permukaan atau lapis aus. Kekuatan serta daya tahan campuran AC – WC menjadi faktor krusial karena sering diterapkan pada jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan tingkat pelayanan yang besar. Campuran AC – WC terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan *filler*, yang diikat oleh aspal sebagai bahan pengikat utamanya (Direktorat Jendral Bina Marga, 2025).

Pemilihan jenis aspal yang tepat atau usaha untuk meningkatkan kualitas kinerjanya masih menjadi topik penelitian yang menarik, mengingat sifat reologi aspal yang kompleks yakni bersifat termoplastis dan viskoelastis yang memengaruhi aliran campuran dan ketahanannya terhadap deformasi. Salah satu faktor utama yang berpengaruh adalah perubahan viskositas serta sensitivitas aspal terhadap suhu. Campuran yang menggunakan aspal dengan indeks penetrasi tinggi (lebih tahan terhadap perubahan suhu) justru memiliki ketahanan deformasi yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran yang memakai aspal dengan indeks penetrasi rendah (lebih peka terhadap suhu) .

Proses pembuatan beton aspal dilakukan di unit pencampur (*Asphalt Mixing Plant*) pada suhu tertentu sesuai dengan jenis aspal yang digunakan. Aspal perlu dipanaskan terlebih dahulu agar mencapai tingkat viskositas yang ideal, sehingga mudah dicampur dan menghasilkan mutu campuran yang baik. Pemilihan jenis aspal juga disesuaikan dengan kondisi iklim, intensitas lalu lintas, serta tipe konstruksi jalan yang akan dibangun (Sukirman, 2003).

Tabel 3. 1 Ketentuan Viskositas, Temperatur Aspal untuk Pencampuran, dan Pemadatan

No.	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas Aspal (cSt)	Perkiraan ¹⁾ Temperatur Aspal (°C)
			Tipe I
1	Pencampuran benda uji Marshall	170 ± 20	153 ± 1
2	Pemadatan benda uji Marshall	280 ± 30	146 ± 1
3	Pencampuran, rentang temperatur sasaran	200-500	145-155
4	Menuangkan campuran beraspal dari alat pencampur ke dalam truk	380-720	135-150
5	Pemasukan ke Alat Penghampar	500-1.000	130-150
6	Pemadatan Awal (roda baja)	1.000-2.000	125-145
7	Pemadatan Antara (roda karet)	2.000-20.000	100-125
8	Pemadatan Akhir (roda baja)	< 20.000	> 95

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2025)

3.5 Karakteristik *Asphalt Concrete*

Dalam konstruksi perkerasan jalan, aspal berfungsi sebagai bahan pengikat yang mampu menciptakan ikatan kuat antara aspal dengan agregat maupun antarpartikel aspal itu sendiri. Selain itu, aspal juga berperan sebagai bahan pengisi yang mengisi rongga di antara butiran agregat serta pori-pori yang terdapat pada agregat (Sukirman, 1999).

Suatu campuran beton aspal harus memenuhi beberapa karakteristik penting agar memiliki kinerja yang baik. Menurut Fithra (2017), terdapat tujuh karakteristik utama yang perlu dipenuhi, yaitu stabilitas, keawetan (*durability*), kelenturan (*flexibility*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser (*skid resistance*), kedap air (*impermeability*), serta kemudahan dalam pelaksanaan (*workability*).

3.5.1 Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan campuran aspal dalam menahan deformasi akibat beban tetap maupun berulang tanpa mengalami kerusakan seperti *plastic flow*. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi, terutama yang didominasi kendaraan berat,

memerlukan tingkat stabilitas yang lebih besar dibandingkan jalan yang hanya dilalui kendaraan ringan.

Stabilitas diperoleh dari interaksi antar butiran agregat, yaitu melalui gesekan, penguncian antar partikel, serta adanya daya ikat yang baik dari aspal. Oleh karena itu, stabilitas yang tinggi dapat dicapai dengan menggunakan agregat yang memiliki gradasi baik, susunan rapat, serta nilai rongga antar butir agregat (VMA) yang kecil. Namun demikian, nilai VMA yang terlalu kecil dapat menyebabkan kebutuhan aspal menjadi tinggi, yang berpotensi menimbulkan *bleeding* karena aspal tidak mampu menyelimuti agregat secara optimal.

3.5.2 Durability (Keawetan)

Durabilitas merupakan kemampuan campuran aspal dalam menahan pengaruh lingkungan seperti cuaca, air, perubahan temperatur, serta keausan akibat gesekan roda kendaraan. Tingkat keawetan beton aspal dipengaruhi oleh ketebalan lapisan aspal yang menyelimuti agregat, jumlah pori dalam campuran, tingkat kepadatan, serta kemampuan campuran dalam menahan masuknya air.

Semakin besar rongga atau pori yang tersisa setelah proses pemadatan, maka durabilitas campuran akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena meningkatnya jumlah udara yang masuk ke dalam campuran, sehingga mempercepat proses oksidasi pada lapisan aspal dan menyebabkan aspal menjadi getas. Akibatnya, ketahanan campuran terhadap kerusakan juga berkurang.

Untuk memperoleh durabilitas yang baik, diperlukan nilai rongga dalam campuran (VIM) yang kecil agar udara tidak mudah masuk ke dalam struktur campuran. Selain itu, nilai rongga antar agregat (VMA) yang cukup besar juga diperlukan agar aspal dapat melapisi agregat secara optimal, sehingga meningkatkan daya tahan campuran.

3.5.3 Fleksibilitas (Kelenturan)

Fleksibilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan untuk menyesuaikan diri terhadap deformasi akibat beban lalu lintas berulang tanpa mengalami retak (*fatigue cracking*) maupun penurunan akibat berat sendiri timbunan di atas tanah dasar.

Untuk mendapatkan tingkat kelenturan yang baik, diperlukan nilai rongga antar agregat (VMA) yang besar, rongga dalam campuran (VIM) yang kecil, serta penggunaan aspal dengan nilai penetrasi tinggi atau agregat dengan gradasi terbuka.

3.5.4 Skid Resistance (kekesatan atau tahan geser)

Skid resistance merupakan kemampuan permukaan perkerasan aspal dalam memberikan tingkat kekesatan yang cukup, sehingga kendaraan yang melintas tidak mudah tergelincir, baik pada kondisi jalan kering maupun basah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekesatan permukaan jalan pada dasarnya serupa dengan faktor yang menentukan stabilitas, yaitu tekstur permukaan agregat, luas bidang kontak dan bentuk butir agregat, gradasi agregat, tingkat kepadatan campuran, serta ketebalan lapisan aspal. Selain itu, ukuran maksimum butir agregat juga berperan dalam menentukan tingkat kekesatan permukaan.

Untuk memperoleh nilai kekesatan yang baik, diperlukan penggunaan kadar aspal yang sesuai agar tidak terjadi *bleeding*, serta pemakaian agregat kasar dalam jumlah yang cukup.

3.5.5 Impermeabilitas (kedap air)

Impermeabilitas merupakan kemampuan beton aspal untuk mencegah masuknya air dan udara ke dalam lapisan perkerasan. Masuknya air dan udara dapat mempercepat proses penuaan aspal serta menyebabkan terlepasnya lapisan aspal dari permukaan agregat.

Jumlah pori yang masih tersisa setelah proses pemadatan dapat digunakan sebagai indikator tingkat kedap air suatu campuran. Semakin sedikit pori yang ada, maka campuran akan semakin kedap. Dengan demikian, tingkat *impermeabilitas* beton aspal memiliki hubungan terbalik dengan tingkat durabilitas, di mana semakin baik kedapannya, maka daya tahannya juga akan semakin tinggi.

3.5.6 *Fatigue Resistance* (ketahanan terhadap kelelahan)

Fatigue resistance merupakan kemampuan beton aspal dalam menahan beban lalu lintas yang terjadi secara berulang dalam jangka waktu tertentu tanpa mengalami kerusakan akibat kelelahan, seperti munculnya retak (*fatigue cracking*) maupun deformasi permanen berupa alur (*rutting*). Sifat ini sangat penting terutama pada jalan dengan volume dan beban lalu lintas tinggi, karena lapisan perkerasan akan terus menerima siklus pembebanan yang berulang.

Ketahanan terhadap kelelahan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kualitas bahan penyusun, kadar aspal dalam campuran, tingkat kepadatan, serta kondisi lapisan di bawahnya. Campuran dengan kadar aspal yang cukup dan distribusi agregat yang baik cenderung memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menyerap tegangan akibat beban berulang. Selain itu, dukungan struktur perkerasan yang baik juga berperan dalam mengurangi konsentrasi tegangan yang dapat memicu terjadinya retak, sehingga umur layanan perkerasan dapat lebih panjang.

3.5.7 *Workability* (mudah dilaksanakan)

Workability merupakan tingkat kemudahan suatu campuran aspal dalam proses pengolahan, mulai dari pencampuran, penghamparan, hingga pemadatan di lapangan. Campuran yang memiliki *workability* baik akan lebih mudah dikerjakan serta mampu menghasilkan lapisan perkerasan yang homogen dan berkualitas.

Beberapa faktor yang mempengaruhi *workability* antara lain gradasi agregat, kadar aspal, serta kandungan bahan pengisi (*filler*). Agregat dengan gradasi yang baik umumnya lebih mudah diolah karena susunan butirannya lebih seragam. Sebaliknya, kandungan *filler* yang terlalu tinggi dapat membuat campuran menjadi lebih kaku dan sulit dikerjakan. Selain itu, viskositas aspal dan suhu saat proses pencampuran serta penghamparan juga turut berpengaruh terhadap kemudahan pelaksanaan di lapangan.

3.6 Material Penyusun Campuran Aspal

Lapisan perkerasan beraspal dapat menjadi kuat dan tahan lama karena tersusun dari campuran agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*), serta aspal

sebagai bahan pengikat. Seluruh material tersebut dicampur di instalasi pencampuran, kemudian dihamparkan dan dipadatkan di atas lapisan pondasi atau permukaan jalan yang telah dipersiapkan sebelumnya. Oleh sebab itu, setiap proses pencampuran harus memenuhi spesifikasi teknis yang berlaku agar menghasilkan kualitas perkerasan yang optimal.

3.6.1 Agregat

Agregat merupakan material seperti batu pecah, kerikil, pasir, atau campuran sejenis lainnya yang dapat berasal dari alam maupun hasil proses pengolahan seperti penyaringan atau pemecahan. Material ini menjadi komponen utama dalam konstruksi lapis perkerasan jalan karena berperan penting dalam memberikan kekuatan struktur. Selain itu, agregat juga sangat mempengaruhi kemampuan perkerasan dalam menahan beban lalu lintas serta ketahanannya terhadap pengaruh cuaca.

Sifat agregat yang merupakan kualitas sebagai material perkerasan jalan adalah (Sukirman, 2003):

1. Ukuran dan susunan butiran (gradasi);
2. Kebersihan agregat terhadap material lain yang tidak menguntungkan;
3. Kekerasan agregat;
4. Keawetan dan ketahanan agregat;
5. Bentuk butir, tekstur permukaan dan porositas;
6. Kelekatan terhadap aspal.

A. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar dalam rancangan campuran aspal merupakan komponen penting yang tertahan pada ayakan No. 4 (4,75 mm). Agregat ini harus melalui proses pencucian agar bebas dari kotoran, lempung, debu, maupun bahan lain yang dapat mengganggu ikatan antara aspal dan agregat. Sifat fisiknya harus keras, awet, dan tidak mudah hancur agar mampu menahan beban lalu lintas berat dalam jangka waktu lama (Direktorat Jendral Bina Marga, 2025).

Agregat kasar yang digunakan sebaiknya berasal dari batu pecah hasil mesin pemecah batu (*stone crusher*), karena bentuknya yang bersegi tajam (angular) dapat memberikan daya kunci antar butir yang lebih baik dibandingkan batu alam yang cenderung bulat. Ukuran nominal agregat ditentukan sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan, misalnya untuk AC – BC, ukuran agregat biasanya berkisar antara 9,5 mm hingga 19 mm (Hardiyatmo, 2015).

Sifat angularitas agregat sangat penting karena memengaruhi stabilitas dan kekuatan campuran. Berdasarkan SNI 7619:2012, angularitas agregat kasar dinyatakan sebagai persentase berat butiran yang berukuran lebih besar dari 4,75 mm dan memiliki satu atau lebih bidang pecah. Semakin tinggi nilai angularitas, semakin besar kemampuan agregat saling mengunci sehingga campuran menjadi lebih stabil terhadap beban kendaraan.

Dalam proses produksi, agregat kasar harus disimpan secara terpisah dari agregat halus dan filler agar tidak tercampur atau terkontaminasi. Penumpukan dilakukan di area yang bersih dan memiliki sistem drainase baik untuk menghindari kelembapan berlebih. Ketika memasuki proses pencampuran di instalasi *Asphalt Mixing Plant*, agregat kasar dialirkan melalui *cold bin feeds* (wadah penampung dingin) yang berfungsi untuk mengatur laju pasokan dan memastikan gradasi campuran tetap konsisten sesuai dengan rancangan. Dengan pengaturan yang baik, kualitas campuran akhir dapat terjaga, menghasilkan perkerasan jalan yang kuat, stabil, dan tahan lama (Direktorat Jendral Bina Marga, 2025).

B. Agregat Halus

Agregat halus merupakan salah satu komponen penting dalam campuran aspal karena berfungsi mengisi rongga di antara butiran agregat kasar, sehingga campuran menjadi lebih padat dan memiliki kekuatan yang baik. Agregat halus dapat berasal dari berbagai sumber, seperti pasir alam atau hasil pengayakan batu pecah. Secara teknis, agregat halus adalah material yang lolos dari ayakan No. 4 (4,75 mm) (Sukirman, 2003).

Untuk menjaga kualitas dan konsistensi campuran, agregat halus hasil pemecah batu dan pasir alam harus disimpan secara terpisah dari agregat kasar. Pemisahan ini penting agar tidak terjadi pencampuran ukuran butiran yang dapat mengganggu gradasi dan keseimbangan proporsi campuran. Dalam pelaksanaan di lapangan, penumpukan agregat dilakukan di tempat yang bersih, padat, dan memiliki sistem drainase baik agar material tidak terkontaminasi lumpur atau air hujan (Direktorat Jendral Bina Marga, 2025).

Proses pengumpanan material ke instalasi pencampur aspal (*Asphalt Mixing Plant*) dilakukan melalui *cold bin feeds* yang terpisah untuk setiap jenis agregat. Pengaturan ini memungkinkan operator mengendalikan gradasi gabungan dan proporsi pasir dalam campuran dengan presisi tinggi. Dengan demikian, kualitas aspal beton yang dihasilkan tetap konsisten dan memenuhi spesifikasi teknis yang disyaratkan (Sukirman, 2003).

Agregat halus yang digunakan harus bersih, keras, serta bebas dari kotoran seperti lempung, debu, atau bahan organik yang dapat mengganggu ikatan dengan aspal. Untuk hasil yang optimal, batu pecah halus sebaiknya berasal dari batu dengan mutu baik, memenuhi ketentuan kekuatan, keausan, dan kebersihan sebagaimana dijelaskan dalam standar mutu material konstruksi. Dengan pemilihan dan pengelolaan agregat halus yang tepat, campuran AC akan memiliki kepadatan tinggi, stabilitas yang baik, dan ketahanan yang lebih lama terhadap beban lalu lintas serta pengaruh cuaca (Direktorat Jendral Bina Marga, 2025).

3.6.2 Pemeriksaan Kualitas Agregat

Mutu atau kualitas agregat yang akan digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan ditentukan melalui serangkaian pengujian yang meliputi:

1. Analisis Saringan (Gradasi)

Pengujian ini dilakukan pada masing-masing fraksi agregat untuk mengetahui distribusi ukuran butiran (gradasi) agregat, baik agregat kasar maupun halus, dengan menggunakan seperangkat ayakan standar. Hasil analisis saringan

dinyatakan sebagai persentase berat material yang tertahan pada setiap ukuran saringan terhadap berat total sampel. Selanjutnya, data tersebut disajikan dalam bentuk grafik kumulatif untuk menggambarkan distribusi gradasi agregat (SK.SNI M-18-19804).

Tabel 3. 2 Amplop Gradasi Agregat Gabungan 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
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
⅜"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2025)

2. Berat jenis

a. Agregat Halus

a.) Berat jenis bulk (*Bulk Specific Gravity*) merupakan perbandingan antara berat agregat dalam kondisi kering dengan berat air suling yang memiliki volume sama dengan volume agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Rumus yang digunakan untuk analisi berat jenis bulk:

$$\text{Berat Jenis Bulk Agregat Halus} = \frac{A}{C + 500 - D} \quad (3.1)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram)

C = Berat piknometer di isi air (25°C)

D = Berat piknometer + benda uji (SSD) + air (25°C)

500 = Berat benda uji (gram)

- b.) Berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry/SSD*) merupakan perbandingan antara berat agregat dalam kondisi kering permukaan jenuh dengan berat air suling yang memiliki volume sama dengan volume agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Adapun perhitungan berat jenis kering permukaan jenuh dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus yang digunakan untuk analisis berat jenis SSD:

$$\text{SSD agregat halus} = \frac{500}{C + 500 - D} \quad (3.2)$$

Keterangan:

C = Berat piknometer di isi air (25°C)

D = Berat piknometer + benda uji (SSD) + air (25°C)

500 = Berat benda uji (gram)

- c.) Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) merupakan perbandingan antara berat agregat dalam kondisi kering dengan berat air suling yang memiliki volume sama dengan volume agregat kering pada suhu tertentu (SK.SNI M-10-1989-F).

Perhitungan berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis semu agregat halus} = \frac{A}{C + A - D} \quad (3.3)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram)

C = Berat piknometer di isi air (25°C)

D = Berat piknometer + benda uji (SSD) + air (25°C)

b. Agregat Kasar

- a.) Berat jenis bulk (*Bulk Specific Gravity*) merupakan perbandingan antara berat agregat dalam kondisi kering dengan berat air suling yang memiliki volume sama dengan volume agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Rumus yang digunakan untuk analisis berat jenis bulk:

$$\text{Berat Jenis Bulk Agregat Kasar} = \frac{A}{B - E} \quad (3.4)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat jenis benda uji kering permukaan (gram)

E = Berat benda uji dlm air (gram)

- b.) Berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry/SSD*) merupakan perbandingan antara berat agregat dalam kondisi kering permukaan jenuh dengan berat air suling yang memiliki volume sama dengan volume agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Adapun perhitungan berat jenis kering permukaan jenuh dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus yang digunakan untuk analisis berat jenis bulk:

$$\text{SSD agregat kasar} = \frac{B}{B - E} \quad (3.5)$$

Keterangan:

B = Berat jenis benda uji kering permukaan (gram)

E = Berat benda uji dlm air (gram)

- c.) Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) merupakan perbandingan antara berat agregat dalam kondisi kering dengan berat air suling yang memiliki volume sama dengan volume agregat kering pada suhu tertentu (SK.SNI M-10-1989-F).

Perhitungan berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis semu agregat halus} = \frac{A}{A - E} \quad (3.6)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram)

E = Berat benda uji dlm air (gram)

3. Penyerapan

Penyerapan merupakan persentase berat air yang dapat diserap oleh pori-pori agregat dibandingkan dengan berat agregat dalam kondisi kering (SK.SNI M-10-1989-F).

Rumus perhitungan:

a. Agregat Halus

$$\text{Penyerapan agregat halus} = \frac{500 - A}{A} \times 100\% \quad (3.7)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram)

500 = Berat benda uji (gram)

b. Agregat Kasar

$$\text{Penyerapan agregat kasar} = \frac{B - A}{A} \times 100\% \quad (3.8)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat benda uji permukaan jenuh (gram)

3.6.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi atau *filler added* merupakan komponen penting dalam campuran aspal karena berfungsi untuk mengisi rongga-rongga halus antar butiran agregat, meningkatkan kepadatan campuran, serta memperbaiki daya ikat antara agregat dan aspal. Dengan adanya bahan pengisi, campuran aspal menjadi lebih stabil, tidak mudah mengalami deformasi, dan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap air serta perubahan suhu. Jenis bahan pengisi yang umum digunakan antara lain debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam, debu dolomit, debu magnesium, semen, maupun abu terbang (*fly ash*) tipe C dan F. Semua bahan tersebut harus memenuhi standar mutu sesuai AASHTO M303-89 (2014) dan hanya boleh digunakan dari sumber yang telah disetujui oleh pengawas pekerjaan untuk menjamin konsistensi kualitas material. Penggunaan semen sebagai bahan pengisi hanya diperbolehkan pada campuran beraspal panas dengan jenis aspal keras Pen 60–70 karena sifat kimia dan kelekatan semen sesuai dengan karakteristik viskositas aspal tersebut

(Hardiyatmo, 2015). Agar efektif dalam fungsinya, bahan pengisi wajib dalam kondisi kering, halus, dan bebas dari gumpalan. Jika dilakukan pengujian berdasarkan standar SNI ASTM C136:2012, sedikitnya 75% dari berat bahan pengisi harus lolos pada ayakan No. 200 (75 mikron). Persyaratan ini memastikan bahwa filler memiliki ukuran partikel yang cukup halus untuk mengisi celah terkecil dalam campuran agregat (Badan Standardisasi Nasional, 2012).

Dalam hal proporsi, takaran bahan pengisi perlu diperhatikan agar tidak mengubah karakteristik campuran secara berlebihan. Untuk bahan pengisi berupa semen, penggunaannya dibatasi antara 1% hingga 2% dari total berat agregat. Sementara itu, bahan pengisi lain seperti debu batu kapur, dolomit, atau abu terbang dapat digunakan dalam rentang 1% hingga 3% dari total berat agregat. Namun, khusus untuk campuran *Stone Mastic Asphalt* (SMA), penggunaan semen tidak diperbolehkan karena dapat menyebabkan campuran menjadi terlalu kaku dan mengurangi fleksibilitas lapisan (Hardiyatmo, 2015). Dengan pemilihan bahan pengisi yang sesuai serta pengaturan proporsi yang tepat, kualitas campuran aspal dapat ditingkatkan secara signifikan menghasilkan lapisan perkerasan yang lebih padat, stabil, dan tahan lama terhadap pengaruh beban lalu lintas maupun kondisi lingkungan (Direktorat Jendral Bina Marga, 2025).

3.6.4 Aspal

Aspal atau bitumen merupakan cairan sangat kental yang tersusun dari senyawa hidrokarbon, dengan kandungan kecil unsur seperti sulfur, oksigen, dan klor. Dalam perkerasan lentur, aspal berfungsi sebagai bahan pengikat yang memiliki sifat viskoelastis, sehingga dapat menunjukkan perilaku padat maupun elastis tergantung pada suhu. Pada suhu ruang, aspal tampak padat, meskipun sebenarnya merupakan cairan dengan tingkat kekentalan yang tinggi.

Secara kimia, aspal tergolong material yang kompleks dan belum sepenuhnya terkarakterisasi dengan baik. Komponen utamanya terdiri dari senyawa karbon, baik jenuh maupun tak jenuh, termasuk golongan alifatik dan aromatik, dengan jumlah atom karbon yang dapat mencapai hingga 150 atom per molekul. Selain

karbon dan hidrogen, aspal juga mengandung unsur lain seperti nitrogen, oksigen, dan belerang, serta jejak logam seperti besi, nikel, dan vanadium. Secara kuantitatif, komposisi aspal umumnya terdiri dari sekitar 80% karbon, 10% hidrogen, 6% belerang, dan sisanya adalah oksigen, nitrogen, serta unsur renik lainnya.

Berdasarkan ukuran molekulnya, senyawa penyusun aspal dikelompokkan menjadi dua, yaitu aspalten dan malten, dengan kandungan aspalten biasanya berkisar antara 5–25%. Sebagian besar senyawa dalam aspal bersifat polar. Dari segi fisik, aspal memiliki warna hitam hingga cokelat tua dan pada suhu ruang berada dalam kondisi padat hingga semi padat. Aspal akan mengalami perubahan sifat sesuai dengan suhu, di mana pada temperatur tinggi akan mencair, sedangkan ketika suhu menurun akan kembali mengeras. Hal ini menunjukkan bahwa aspal termasuk material yang bersifat termoplastis (Masyuri, 2010). Selain itu, sifat termoplastis tersebut menyebabkan konsistensi atau viskositas aspal berubah mengikuti perubahan temperatur yang terjadi.

Dalam konstruksi perkerasan jalan, aspal umumnya berperan sebagai bahan pengikat dan juga sebagai bahan pengisi. Sebagai bahan pengikat, aspal berfungsi merekatkan agregat agar membentuk satu kesatuan yang kuat. Sementara itu, sebagai bahan pengisi, aspal berperan mengisi rongga di antara butiran agregat serta pori-pori yang terdapat pada agregat tersebut. Oleh karena itu, aspal memiliki beberapa kemampuan penting sebagai suatu material.

1. *Durability* (daya tahan)

Aspal memiliki kemampuan untuk bertahan terhadap pengaruh cuaca sehingga tidak mudah mengalami kerusakan atau menjadi rapuh selama masa layanannya.

2. *Adhesi*

Aspal mampu melekat dan mengikat agregat dengan baik. Sifat adhesi ini memungkinkan terbentuknya ikatan yang kuat antara aspal dan butiran agregat.

3. Kohesi

Setelah berikatan dengan agregat, aspal memiliki kemampuan untuk menjaga agar agregat tetap berada pada posisinya, sehingga tidak mudah terlepas.

4. Kepekaan terhadap perubahan temperatur

Aspal peka terhadap perubahan suhu, di mana pada temperatur rendah akan menjadi lebih keras atau padat, sedangkan pada temperatur tinggi akan menjadi lebih lunak atau mencair.

5. Kekerasan Aspal

Pada proses pencampuran, aspal dipanaskan kemudian dicampur dengan agregat hingga seluruh permukaan agregat terlapisi aspal. Selama proses pemanasan tersebut, aspal mengalami pengerasan yang dapat memicu proses penuaan atau perapuhan, dan proses ini masih dapat berlanjut setelah pekerjaan konstruksi selesai.

Menurut Shell Bitumen (1990), aspal memiliki sifat viskoelastis yang dipengaruhi oleh lamanya waktu pembebanan. Pada tahap pencampuran dan pemadatan, karakteristik aspal dapat dilihat dari nilai viskositasnya. Sementara itu, selama masa pelayanan, sifat viskositas tersebut umumnya dinyatakan dalam bentuk modulus kekakuan sebagai representasi perilaku aspal.

Jenis Aspal

Berdasarkan asalnya, aspal dapat dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu aspal alam dan aspal buatan.

1. Aspal Alam

Menurut Kirk Othmer (1978), sebelum tahun 1907 sumber utama aspal semen berasal dari endapan alami. Aspal alam merupakan aspal yang terbentuk secara alami melalui proses geologi dan dapat ditemukan dalam berbagai bentuk seperti danau aspal maupun batuan beraspal. Sumber aspal alami tersebut antara lain:

a. Aspal Danau (*Lake Asphalt*)

Aspal danau merupakan aspal yang terdapat secara alami di permukaan, seperti di Danau Trinidad di Pulau Trinidad, dengan kandungan sekitar 63% berupa aspal atau bitumen, sedangkan sisanya terdiri dari mineral dan bahan organik. Selain itu, terdapat pula aspal danau di Bermuda, Venezuela, dengan kandungan aspal sekitar 5–30% dan sisanya berupa batu pasir atau batu gamping.

b. Aspal Batuan (*Rock Asphalt*)

Aspal dalam bentuk batuan ditemukan di beberapa wilayah dunia, seperti di Amerika Serikat (Alabama, California, Colorado, Kentucky, Oklahoma, Texas, dan Utah), serta di Eropa seperti Seyssel (Prancis), Ragusa (Sisilia), Val-de-Travers (Swiss), dan Vorwohle (Jerman). Di Indonesia, aspal batuan terdapat di Pulau Buton yang dikenal sebagai Aspal Buton (Asbuton atau Butas), yaitu campuran antara bitumen dan mineral dalam batuan.

2. Aspal Buatan

Aspal buatan, atau sering disebut aspal minyak, merupakan aspal yang dihasilkan dari proses destilasi minyak bumi. Berdasarkan bentuk dan penggunaannya, aspal buatan dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu: aspal keras (*Asphalt Cement/AC*), aspal cair (*Liquid Asphalt* atau *Cutback Asphalt*), aspal emulsi (*Emulsified Asphalt*). Jenis aspal ini paling umum digunakan dalam konstruksi jalan karena diproduksi secara industri dengan kualitas yang lebih terkontrol.

a. Aspal Keras (AC, *Asphalt Cement*)

Menurut Haryanto & Utomo (2012), aspal keras (AC/*Asphalt Cement*) dihasilkan melalui proses pengolahan minyak mentah jenis *asphaltic base crude oil* atau *mixed base crude oil*, yang merupakan residu dari proses penyulingan minyak bumi. Residu tersebut kemudian diolah lebih lanjut menggunakan proses *vacuum and steam refining* serta *solvent deasphalting* untuk menghasilkan aspal keras. Salah satu sifat utama dari aspal keras adalah konsistensinya, yang menjadi dasar dalam pengelompokan jenis AC.

Konsistensi ini menunjukkan tingkat kemudahan aspal untuk mengalir (*fluidity*) pada suhu 25°C. Penentuan jenis AC dilakukan berdasarkan tingkat kekentalan yang diukur melalui nilai penetrasi, yaitu hasil pengujian penetrasi aspal pada suhu 25°C. Berdasarkan nilai penetrasi tersebut, aspal keras dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu AC 40/50, AC 60/70, AC 85/100, AC 120/150, dan AC 200/300. Pemilihan jenis AC disesuaikan dengan kondisi iklim, di mana daerah dengan suhu dingin lebih cocok menggunakan AC 200/300, sedangkan di Indonesia umumnya digunakan AC 60/70 karena sesuai dengan kondisi iklim tropis.

Aspal keras (AC/*Asphalt Cement*) dapat mengalami perubahan sifat fisik maupun karakteristik teknis campuran beraspal melalui penambahan bahan tambahan atau *modifier*. Penambahan *modifier* ini akan mempengaruhi keseluruhan sistem pengikat, termasuk nilai penetrasi, viskositas, serta kinerja campuran aspal itu sendiri. Salah satu *modifier* yang paling umum digunakan adalah polimer, dengan kadar penambahan berkisar antara 2% hingga 6%. Penggunaan polimer tersebut umumnya bertujuan untuk meningkatkan viskositas aspal sehingga kinerjanya menjadi lebih baik.

b. Aspal Cair (*Liquid Asphalt/Cut Back Asphalt*)

Menurut Lavin (1999), aspal cair (*Liquid Asphalt* atau *Cut Back Asphalt*) merupakan aspal keras (AC/*Asphalt Cement*) yang dibuat lebih encer dengan menambahkan pelarut berbasis hidrokarbon, seperti minyak tanah (kerosin), bensin, atau solar, dengan kadar sekitar 12–40%. Penambahan pelarut ini bertujuan untuk menurunkan kekentalan aspal agar lebih mudah digunakan dalam kondisi tertentu.

Berdasarkan jenis pelarut yang digunakan serta tingkat kecepatan penguapannya, aspal cair dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu *Slow Curing* (SC), *Medium Curing* (MC), dan *Rapid Curing* (RC). Masing-masing jenis tersebut selanjutnya diklasifikasikan lagi berdasarkan tingkat

kekentalannya, yang ditentukan melalui pengujian viskositas menggunakan viskometer pada suhu 140 °F atau 60 °C.

Tabel 3. 3 Jenis Aspal Cair (*Liquid Asphalt/Cut Back Asphalt*)

Slow Curing (SC)	Medium Curing (MC)	Rapid Curing (RC)
SC 30 - 60	MC 30 - 60	RC 30 - 60
SC 70 - 140	MC 70 - 140	RC 70 - 140
SC 250 - 500	MC 250 - 500	RC 250 - 500
SC 800 - 1600	MC 800 - 1600	RC 800 - 1600
SC 3000 - 6000	MC 3000 - 6000	RC 3000 - 6000

Sumber: Lavin P. G. (1993)

c. Aspal Emulsi (*Emulsified Asphalt/Asphalt Emulsions*)

Aspal emulsi merupakan sistem dua fase yang terdiri dari dua jenis cairan yang tidak saling bercampur, yaitu aspal keras dan air. Dalam sistem ini, aspal (AC) terdispersi dalam fase air sebagai medium kontinu, sehingga campuran tersebut berbentuk cair. Dengan kata lain, aspal emulsi adalah dispersi butiran aspal halus di dalam air. Umumnya, aspal emulsi mengandung sekitar 60% aspal atau bitumen dan 40% larutan sabun. Larutan sabun tersebut terdiri dari air serta sejumlah kecil bahan pengemulsi kimia, biasanya berkisar antara 0,2% hingga 3% dari berat total emulsi. Bahan pengemulsi atau *surface-active agent* (surfaktan) ini berfungsi mengatur kecepatan penguapan air sehingga menyisakan aspal. Jenis aspal emulsi dapat dibedakan berdasarkan muatan listrik partikel emulsinya dan kecepatan proses pengerasannya. Berdasarkan muatan listriknya, aspal emulsi dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Kationik

Kationik yaitu aspal emulsi yang memiliki muatan listrik positif pada partikelnya. Pengemulsi kationik umumnya berupa senyawa seperti amina lemak, garam amonium kuarterner, amidoamina, dan imidazolin. Gugus hidrokarbon elektrovalen dan polar dalam senyawa ini menjadi bagian dari ion bermuatan positif ketika bereaksi dengan asam klorida (HCl) dalam pembuatan larutan sabun. Pengemulsi kationik diproduksi melalui proses nitril, yaitu reaksi antara asam lemak dengan amonia dan

hidrogen, atau melalui kondensasi langsung antara asam lemak atau minyak dengan poliamina seperti *aminoethylethanolamine*, *diethylene triamine*, atau *dimethylaminopropylamine* untuk membentuk amidoamina dan imidazolin (James, 1997). Bagian lemak dari molekul pengemulsi ini umumnya berasal dari sumber alami seperti minyak sawit atau bahan lain yang memiliki rantai hidrokarbon pada kisaran C16–C18 Marcilloux et al. (2008).

2. Anionik

Anionik yaitu aspal emulsi yang memiliki muatan listrik negatif. Pengemulsi anionik biasanya berasal dari turunan industri kayu atau kertas, seperti asam lemak minyak tinggi, asam rosin, asam hidroksistearat, dan lignin sulfonat. Dalam proses pembuatannya, gugus hidrokarbon elektrovalen dan polar akan menjadi bagian dari ion bermuatan negatif saat bereaksi dengan natrium hidroksida (NaOH) dalam larutan sabun.

3. Nonionik

Nonionik yaitu aspal emulsi yang bersifat netral dan tidak memiliki muatan listrik sehingga tidak menghantarkan arus listrik. Selain itu, berdasarkan kecepatan pengerasannya, aspal emulsi dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *Slow Setting* (SS), *Medium Setting* (MS), dan *Rapid Setting* (RS).

Pada aspal emulsi kationik jenis *Slow Setting* (SS), umumnya digunakan rantai karbon C16–C18 dengan dosis rendah, yaitu sekitar 0,15–0,4% berupa amina lemak, diamina lemak, atau surfaktan amidoamina. Sementara itu, untuk aspal emulsi kationik jenis *Medium Setting* (MS) dan *Rapid Setting* (RS), bahan kimia yang digunakan pada dasarnya sama, namun dengan dosis yang lebih tinggi, yaitu berkisar antara 0,4–0,8% (Schilling & Schreuders, 1998).

Pada aspal emulsi anionik jenis RS dan MS, bahan pengemulsi yang paling umum digunakan adalah garam natrium atau kalium dari asam lemak dengan rantai karbon C16–C24 yang berasal dari minyak tinggi, baik mentah maupun hasil penyulingan. Sedangkan untuk aspal emulsi anionik jenis SS, digunakan pengemulsi dengan dosis yang lebih tinggi, biasanya sekitar 1–2% bahan aktif. Bahan kimia yang sering digunakan dalam jenis ini adalah surfaktan nonionik (Wates & James, 1993).

Dalam proses produksi aspal emulsi, dua sifat utama yang perlu diperhatikan adalah stabilitas dan viskositas. Selain itu, perhitungan panas spesifik aspal serta persentase kandungan pengikat aspal dan larutan sabun digunakan untuk memperkirakan suhu akhir saat pelepasan. Perhitungan tersebut bertujuan untuk menentukan proporsi yang tepat dalam proses penggilingan emulsi, sehingga dapat dihasilkan aspal emulsi dengan komposisi yang sesuai pada saat mencapai suhu pelepasan (Lavin & McCain, 1993).

$$(M_1ST_1 + M_2T_2)/(M_2 + M_1S) = T_3 \quad (3.9)$$

Dimana:

- M1 : Persen pengikat aspal
- M2 : Persentase larutan sabun atau air
- T1 : Suhu pengikat aspal
- T2 : Larutan sabun atau suhu air
- T3 : Suhu pelepasan
- S : Panas spesifik aspal (biasanya sekitar 0,4–0,43)

Dalam merumuskan aspal emulsi sangatlah perlu mempertimbangkan beberapa hal berikut ini:

1. Kelas aspal emulsi; Anionik, Kationik, Nonionik;
2. Grade aspal emulsi; *Slow Setting* (SS), *Medium Setting* (MS), *Rapid Setting* (RS);
3. Tingkat pengaturan atau pemecahan emulsi aspal;

4. Karakteristik adhesi aspal emulsi;
5. Viskositas aspal emulsi;
6. Persyaratan stabilitas penyimpanan;
7. Distribusi ukuran partikel aspal emulsi.

3.7 Pengujian Keausan Agregat (*Los Angeles Abrasion Test*)

Agregat merupakan komponen utama dalam campuran beraspal yang berfungsi sebagai kerangka utama penerima dan penyebar beban lalu lintas. Oleh karena itu, agregat harus memiliki ketahanan yang baik terhadap gesekan, tumbukan, dan abrasi agar tidak mudah mengalami kerusakan selama proses pencampuran, penghamparan, maupun selama masa pelayanan perkerasan. Salah satu parameter yang digunakan untuk menilai kualitas agregat kasar adalah nilai keausan agregat yang diperoleh melalui pengujian *Los Angeles Abrasion* (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

Pengujian keausan agregat dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan agregat terhadap pengaruh abrasi dan tumbukan yang terjadi akibat beban lalu lintas. Semakin kecil nilai keausan yang diperoleh, maka semakin baik kualitas agregat tersebut karena menunjukkan tingkat ketahanan yang tinggi terhadap penghancuran dan pengikisan. Sebaliknya, nilai keausan yang besar menunjukkan bahwa agregat mudah pecah dan berpotensi menurunkan kinerja perkerasan (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

Pengujian *Los Angeles Abrasion* dilakukan menggunakan mesin Los Angeles yang terdiri atas silinder baja berputar dan sejumlah bola baja sebagai media tumbukan. Sampel agregat dimasukkan ke dalam mesin bersama bola baja, kemudian diputar sebanyak jumlah putaran tertentu sesuai standar pengujian. Setelah proses pemutaran selesai, agregat disaring dan dihitung persentase kehilangan beratnya. Persentase kehilangan berat tersebut dinyatakan sebagai nilai keausan agregat. Metode pengujian ini telah diatur dalam SNI 2417:2008 tentang Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

Tabel 3. 4 Formulir Pengujian Keausan Agregat

Gradasi pemeriksaan		Jumlah putaran = putaran	
Ukuran saringan		I	II
Lolos	Tertahan	Berat (a)	Berat (a)
76,2 (3")	63,5 (2 ½")		
63,5 (2 ½")	50,8 (2")		
50,8 (2")	36,1 (1 ½")		
36,1 (1 ½")	25,4 (1")		
25,4 (1")	19,1 (¾")		
19,1 (¾")	12,7 (½")		
12,7 (½")	9,52 (3/8")		
9,52 (3/8")	6,35 (¼")		
6,35 (¼")	4,75 (No. 4)		
4,75 (No. 4)	2,36 (No. 8)		
Jumlah berat			
Berat tertahan saringan No. 12 sesudah percobaan (b)			

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2008)

Menurut Badan Standardisasi Nasional (2008), nilai keausan agregat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Keausan} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \quad (3.26)$$

Keterangan:

a = Berat benda uji awal (gram)

b = Berat benda uji tertahan saringan No. 12 (1.70 mm) (gram)

Nilai keausan agregat yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan persyaratan yang berlaku. Berdasarkan Direktorat Jendral Bina Marga (2025), agregat kasar yang digunakan pada campuran beraspal disyaratkan memiliki nilai keausan maksimum sebesar 40%. Semakin kecil nilai keausan yang diperoleh, maka semakin baik ketahanan agregat terhadap penghancuran akibat beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan sehingga dapat meningkatkan umur pelayanan perkerasan. Secara umum, nilai keausan Los Angeles yang semakin kecil menunjukkan kualitas agregat yang semakin baik dan lebih tahan terhadap kerusakan akibat beban lalu lintas berulang.

Tabel 3. 5 Daftar Gradasi dan Berat Benda Uji

Ukuran saringan				Gradasi dan berat benda uji (gram)						
Lolos saringan		Tertahan saringan		A	B	C	D	E	F	G
mm	inci	mm	inci							
75	3,0	63	2 1/2	-	-	-	-	2500±50	-	-
63	2 1/2	50	2,0	-	-	-	-	2500 ± 50	-	-
50	2,0	37,5	1 1/2	-	-	-	-	5000 ± 50	5000 ± 50	-
37,5	1 1/2	25	1	1250± 25	-	-	---	-	5000 ± 25	5000 ± 25
25	1	19	3/4	1250±25	-	-	-	-	-	5000 ± 25
19	3/4	12,5	1/2	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
12,5	1/2	9,5	3/8	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
9,5	3/8	6,3	¼	-	-	2500±10	-	-	-	-
6,3	1/4	4,75	No.4	-	-	2500±10	2500±10	-	-	-
4,75	No. 4	2,36	No. 8	-	-	-	2500±10	-	-	-
Total				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±10	10000±10	10000±10
Jumlah bola				12	11	8	6	12	12	12
Berat bola (gram)				5000±25	4584±25	3330±20	2500±15	5000±25	5000±25	5000±25

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2008)

3.8 Pengujian Marshall

Kriteria pengujian *Marshall* merupakan salah satu metode paling umum dan luas digunakan dalam dunia teknik sipil, khususnya dalam perancangan dan evaluasi campuran aspal panas (*hot mix asphalt*). Metode ini dikembangkan oleh Bruce *Marshall* pada tahun 1939 dan hingga kini menjadi standar utama di banyak negara, termasuk Indonesia. Melalui pengujian ini, dapat diketahui apakah komposisi antara agregat, aspal, dan *filler* telah mencapai kombinasi yang ideal sehingga menghasilkan campuran yang padat, tidak mudah mengalami deformasi plastis (alur), serta memiliki fleksibilitas yang cukup untuk menahan tegangan akibat beban kendaraan. Selain itu, metode *Marshall* juga membantu menentukan kadar aspal optimum, yaitu kadar aspal yang memberikan keseimbangan terbaik antara kekuatan, durabilitas, dan kelenturan campuran (Direktorat Jendral Bina Marga, 2025). Menurut Asphalt Institute (2014), campuran beraspal panas (*Hot Mix Asphalt/HMA*) harus dirancang untuk menghasilkan keseimbangan antara stabilitas, fleksibilitas, durabilitas, ketahanan terhadap deformasi, dan ketahanan terhadap pengaruh lingkungan. Karakteristik tersebut dapat dicapai melalui kombinasi yang tepat antara agregat, aspal, dan rongga udara dalam campuran. Oleh karena itu, evaluasi campuran beraspal tidak hanya dilakukan berdasarkan kadar aspal, tetapi juga melalui parameter volumetrik dan karakteristik *Marshall* seperti stabilitas, *flow*, *Void in Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), dan *Void Filled with Asphalt* (VFA).



Gambar 3. 5 *Marshall Testing Machine*

Sumber: <https://geotechnical-equipment.com/product/marshall-stability-machine/>

3.8.1 Alat – alat Pengujian

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga (2025) peralatan yang digunakan dalam pengujian ini, terdiri dari:

1. Tiga buah cetakan benda uji berdiameter 10,16 dengan tinggi 7,62 cm serta lengkap dengan pelat alas dan leher sambung;
2. Mesin penumbuk manual atau otomatis lengkap dengan:
 - 1) Penumbuk yang memiliki permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas sebesar 45,7 cm.
 - 2) Landasan pemadat terbuat dari balok kayu (jati atau sejenisnya) dengan ukuran 20,32 x 20,32 x 45,72 cm, yang dilapisi pelat baja berukuran 30,48 x 30,48 x 2,54 cm dan diikat pada lantai beton di keempat sudutnya.
3. Alat pengeluaran benda uji:

Untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda uji dipakai sebuah alat ekstruder yang berdiameter 10 cm.
4. Alat *Marshall* lengkap dengan:
 - 1) Kepala penekan memiliki bentuk melengkung;

- 2) Cincin penguji dengan kapasitas 2500 kg atau 5000 kg, dilengkapi dengan arloji tekan yang memiliki ketelitian 0,0025 mm;
- 3) Alat arloji pengukur alir (*flow*) yang memiliki tingkat ketelitian sebesar 0,25 mm.
5. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu serta dapat memanaskan hingga 200°C.
6. Bak perendam (*water bath*) disertai dengan pengatur suhu yang dapat diatur antara 20 – 60 °C (± 3 °C).
7. Timbangan yang dilengkapi dengan pengait untuk menggantung benda uji memiliki kapasitas 2 kg dengan akurasi 0,1 gram, serta timbangan berkapasitas 5 kg yang memiliki akurasi 1 gram.
8. Pengukur suhu logam (*metal thermometer*) memiliki kapasitas 250°C dan 100°C dengan tingkat ketelitian 1% dari kapasitas tersebut.
9. Perlengkapan lain:
 - 1) Wadah-wadah untuk memanaskan agregat, aspal, dan campuran aspal;
 - 2) Alat pengaduk dan spatula;
 - 3) Kompor atau pemanas (*hot plate*);
 - 4) Sarung tangan dari asbes, sarung tangan karet dan pelindung pernapasan (*masker*).

3.8.2 Parameter *Marshall*

Kriteria dalam pengujian *Marshall* mencakup beberapa parameter penting yang menggambarkan perilaku campuran aspal di lapangan, yaitu:

A. Stabilitas *Marshall*

Stabilitas *Marshall*, yaitu kemampuan campuran menahan beban maksimum sebelum mengalami kerusakan. Nilai ini menunjukkan ketahanan terhadap deformasi akibat beban lalu lintas. Dalam campuran beton aspal, faktor yang paling utama untuk diperhatikan adalah stabilitas campuran, yaitu kemampuan lapisan aspal untuk menahan beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi berlebih. Stabilitas ini penting agar perkerasan jalan tetap memiliki bentuk dan kekuatan yang baik, meskipun menerima beban berulang dari kendaraan yang melintas setiap saat. Jika stabilitas campuran tidak mencukupi, maka jalan akan

mudah mengalami kerusakan struktural seperti gelombang (*corrugation*), alur bekas roda (*rutting*), keriting (*shoving*), atau bahkan penurunan dan pengangkatan permukaan (*depression and upheaval*).

Tingkat stabilitas yang dibutuhkan sangat bergantung pada intensitas dan jenis lalu lintas, termasuk frekuensi kendaraan berat yang melintas. Pada jalan dengan volume lalu lintas tinggi, campuran harus dirancang lebih padat dan kuat agar dapat menahan tekanan yang besar tanpa kehilangan bentuk. Secara teknis, stabilitas tercipta dari tiga faktor utama, yaitu:

1. Gesekan antar butir agregat yang menahan pergeseran partikel;
2. Kunci mekanis (*interlocking*) antar partikel agregat yang terbentuk karena gradasi yang baik, dan;
3. Daya ikat aspal (bitumen) yang menyelimuti dan merekatkan agregat menjadi satu kesatuan padat.

Kombinasi dari ketiga faktor tersebut menghasilkan lapisan perkerasan yang kuat, lentur, dan tahan terhadap deformasi plastis. Nilai stabilitas biasanya diukur melalui uji *Marshall* dan dinyatakan dalam satuan kilogram (kg) atau kilonewton (kN), yang mencerminkan kemampuan campuran menahan beban maksimum sebelum mengalami kegagalan. Dengan demikian, semakin tinggi nilai stabilitas, semakin baik kemampuan lapisan aspal untuk menjaga bentuk dan kekuatan jalan terhadap pengaruh beban lalu lintas maupun perubahan suhu.

B. *Flow* (kelelehan)

Flow (kelelehan) yaitu besarnya perubahan bentuk (dalam milimeter) pada saat beban maksimum dicapai. *Flow* menunjukkan tingkat kelenturan campuran, nilai yang terlalu kecil menandakan campuran terlalu kaku, sedangkan nilai terlalu besar menunjukkan campuran terlalu lunak. Kelelehan plastis (*flow*) merupakan salah satu parameter penting dalam menilai kinerja campuran beton aspal. Istilah ini menggambarkan kemampuan campuran untuk mengalami perubahan bentuk (deformasi) akibat beban lalu lintas hingga mencapai titik

keruntuhan. Campuran dengan nilai kelelehan tinggi menunjukkan bahwa material tersebut lebih plastis dan lentur, yang berarti aspal di dalamnya mampu mengalir atau menyesuaikan bentuk tanpa langsung retak. Hal ini umumnya terjadi karena kadar aspal yang tinggi, sehingga campuran menjadi lebih lunak dan mudah berubah bentuk. Namun, jika terlalu plastis, lapisan perkerasan dapat kehilangan stabilitasnya dan berpotensi mengalami alur roda (*rutting*) akibat deformasi permanen pada suhu tinggi atau beban berulang. Sebaliknya, nilai kelelehan yang terlalu rendah menandakan bahwa campuran bersifat kaku dan rapuh, biasanya karena kandungan aspal yang tidak mencukupi atau agregat yang terlalu kasar. Campuran seperti ini memang memiliki stabilitas tinggi, tetapi kurang mampu menahan regangan akibat perubahan suhu atau beban dinamis, sehingga berisiko retak (*cracking*) terutama pada kondisi dingin atau ketika menerima beban berat secara tiba-tiba. Oleh karena itu, keseimbangan antara stabilitas dan kelelehan plastis sangat penting. Campuran beton aspal yang baik harus memiliki nilai *flow* yang tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah, agar mampu menahan beban lalu lintas dengan cukup kuat, namun tetap lentur untuk beradaptasi terhadap deformasi tanpa menyebabkan kerusakan permanen pada lapisan perkerasan jalan.

C. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (MQ), yaitu perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow* yang mencerminkan kekakuan relatif campuran. Nilai MQ yang tinggi menunjukkan campuran lebih kaku dan stabil. *Marshall Quotient* (MQ) atau hasil bagi *Marshall* merupakan parameter penting dalam evaluasi kinerja campuran beton aspal yang menggambarkan keseimbangan antara kekuatan (stabilitas) dan kelenturan (kelelehan plastis) dari suatu campuran. Nilai MQ diperoleh dengan membagi nilai stabilitas (kN) terhadap nilai kelelehan plastis (mm), dan hasilnya dinyatakan dalam kN/mm. Parameter ini digunakan untuk menilai sejauh mana campuran aspal mampu menahan beban tanpa mengalami deformasi berlebih.

Campuran dengan nilai MQ tinggi menunjukkan bahwa material tersebut memiliki stabilitas besar namun kelelahan kecil, artinya campuran bersifat kaku dan kuat. Walaupun memiliki daya tahan tinggi terhadap deformasi plastis, campuran jenis ini kurang mampu menyesuaikan diri terhadap regangan atau perubahan suhu, sehingga berpotensi retak (*cracking*) terutama pada kondisi cuaca ekstrem atau beban dinamis yang berulang. Dengan kata lain, campuran dengan MQ tinggi memang kuat, tetapi kurang fleksibel terhadap perubahan kondisi lapangan. Sebaliknya, campuran dengan nilai MQ rendah menandakan bahwa stabilitasnya kecil namun kelelehannya besar, yang berarti campuran bersifat lebih plastis dan lentur. Campuran seperti ini mampu mengikuti bentuk permukaan jalan dan lebih tahan terhadap retak, tetapi mudah mengalami deformasi permanen, seperti alur roda (*rutting*) atau gelombang pada permukaan jalan, terutama bila terkena beban berat secara terus-menerus. Dalam praktiknya, nilai MQ yang ideal tidak harus terlalu tinggi maupun terlalu rendah, melainkan berada dalam rentang keseimbangan optimum. Campuran yang baik adalah yang memiliki stabilitas cukup tinggi untuk menahan beban, namun tetap memiliki kelelahan yang memadai agar tidak kaku. Oleh karena itu, hasil bagi *Marshall* sering dijadikan acuan dalam perancangan campuran aspal (*mix design*) untuk menentukan proporsi aspal dan agregat yang tepat, sehingga menghasilkan lapisan perkerasan yang kuat, lentur, dan tahan lama terhadap beban lalu lintas maupun perubahan suhu lingkungan.

Tabel 3. 6 Sifat - sifat Campuran Beraspal

Sifat-sifat Campuran		Laston			
		Lapis Aus		Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		50	75	75	112 ⁽³⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6			
	Maks.	1,6			
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾	Min.	3,0			
	Maks.	5,0			
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15		14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65	65
	Maks.	78	75	75	75
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	550	800	800	1800 ⁽³⁾
Pelelehan (mm)	Min.	2	2		3
	Maks.	4	4		6 ⁽³⁾
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60 °C ⁽⁵⁾	Min.	90			
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal refusal ⁽⁶⁾	Min.	-	2	2	2

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2025)

Nilai karakteristik *Marshall* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Direktorat Jendral Bina Marga, 2025):

- a. Berat Jenis Efektif Agregat

$$B_j \text{ Eff Agg} = \frac{100 - P_b}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_b}{B_j. \text{ Aspal}}} \quad (3.10)$$

Keterangan:

P_b = Kadar aspal perkiraan

G_{mm} = Berat jenis maksimum beton aspal sebelum dipadatkan (gr/cc)

- b. Penyerapan aspal terhadap total agregat

$$\text{Abs. Aspal} = 100 \times \frac{B_j. \text{ Eff. Agg} - B_j. \text{ Bulk Agg}}{B_j. \text{ Eff. Agg} \times B_j. \text{ Bulk Agg}} \times B_j. \text{ Aspal} \quad (3.11)$$

- c. Kadar Aspal Efektif

$$b - \left(\frac{\text{Abs. Aspal}}{100} \right) \times (100 - b) \quad (3.12)$$

Keterangan:

b = Kadar aspal (%)

- d. Berat jenis maksimum campuran (Gmm)

$$Gmm = \frac{100}{\left(\frac{b}{Bj. Aspal}\right) + \left(\frac{100-b}{Bj. Eff Agg}\right)} \quad (3.13)$$

Keterangan:

b = Kadar aspal (%)

- e. Berat jenis Bulk Agregat

$$Bj. Bulk Agg = \frac{Udara}{Volume Benda Uji} \quad (3.14)$$

- f. Rongga Dalam Campuran (VIM)

$$VIM = 100 - \frac{Berat Isi}{Gmm} \times 100 \quad (3.15)$$

- g. Rongga Dalam Agregat (VMA)

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \% aspal terhadap campuran) \times Berat isi}{Bj. Bulk Agg} \quad (3.16)$$

- h. Rongga Terisi Aspal (VFA)

$$VFA = \frac{VMA - VIM}{VMA} \quad (3.17)$$

Keterangan:

VIM = Rongga Dalam Campuran (%)

VMA = Rongga Dalam Agregat (%)

- i. Stabilitas (Kg)

$$Stabilitas = Pembacaan arloji stabilitas \times Kal. Proving Ring (Kg) \quad (3.18)$$

- j. Kelelehan atau *flow* (mm)

Flow = Pembacaan arloji *flow* pada alat pengujian *Marshall*

(3.19)

k. *Marshall Quotient* (MQ)

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Kelelahan}} \text{ (kg/mm)} \quad (3.20)$$

3.9 Pengujian *Core drill*

Metode *core drilling* merupakan teknik pengambilan sampel perkerasan berbentuk silinder yang digunakan untuk keperluan pengujian di laboratorium. Sampel ini dianalisis untuk mengetahui parameter penting seperti kepadatan, tebal lapisan, kadar aspal, serta indikasi deformasi seperti *rutting*. Prosesnya menggunakan mata bor berputar (*rotary core bit*) yang dalam beberapa kondisi dilengkapi sistem pendingin. Meskipun metode ini menghasilkan data yang akurat terhadap kondisi lapangan, pengujian ini bersifat merusak (*destructive*) dan memerlukan waktu yang relatif lama, sehingga umumnya digunakan sebagai dasar dalam evaluasi pemadatan serta perencanaan rehabilitasi perkerasan.

3.9.1 Teknik Pelaksanaan *Core drill*

Pengambilan sampel dengan metode *core drill* pada perkerasan aspal maupun beton dilakukan dengan menghasilkan benda uji berbentuk silinder dari lokasi yang telah ditentukan. Prosedur pelaksanaannya dapat berbeda tergantung tujuan pengujian, seperti evaluasi kepadatan, analisis deformasi (*rutting*), atau penentuan komposisi material.

Metode *coring* lapangan (*field coring*) dilakukan langsung pada badan jalan untuk memperoleh sampel yang kemudian diuji di laboratorium, khususnya untuk menentukan berat jenis, kepadatan, dan komposisi campuran (Suhardi & Nurdin, 2022). Selain itu, terdapat *coring* laboratorium (*lab coring*) yang dilakukan pada benda uji hasil pemadatan menggunakan alat seperti *gyratory compactor*, dengan tujuan menyamakan kondisi sampel dengan lapangan sehingga memungkinkan perbandingan antara hasil desain campuran dan kondisi aktual di lapangan (Wang et al., 2024).

Dalam studi deformasi, terutama *rutting*, digunakan teknik pengambilan sampel terarah (*targeted sampling*), yaitu dengan mengambil *core* pada bagian puncak dan lembah alur roda. Pendekatan ini memungkinkan analisis perbedaan tebal lapisan, kepadatan, rasio aspal-agregat, serta gradasi material pada masing-masing posisi (Ubaidillah et al., 2023). Untuk menjaga kualitas sampel, diperlukan upaya pengendalian suhu (*softening mitigation*) selama proses pengeboran. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan pendinginan, misalnya menggunakan es kering atau suplai udara pada mata bor, guna mencegah pelunakan aspal akibat panas selama proses pemotongan. Pelaksanaan *core drilling* membutuhkan peralatan utama berupa mesin bor dengan mata bor silinder (*core bit*) yang berputar. Selain itu, digunakan pula sistem pendukung seperti suplai udara bertekanan untuk membersihkan debu hasil pengeboran serta membantu proses pendinginan guna mencegah terjadinya pelunakan aspal (de Almeida et al., 2022). Penelitian oleh de Almeida et al. (2022) digunakan sebagai referensi tambahan dalam memahami evaluasi kondisi perkerasan jalan berdasarkan pendekatan lapangan. Meskipun penelitian tersebut dilakukan di Timor-Leste, pendekatan evaluasi yang digunakan memiliki kesamaan dalam menilai kondisi perkerasan secara visual dan struktural. Namun, dalam penelitian ini, acuan utama tetap mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2025 serta standar nasional Indonesia, sehingga hasil analisis tetap sesuai dengan konteks dan kondisi pelaksanaan di Indonesia.



Gambar 3. 6 *Core drill Machine*

Sumber: <https://asihmandiri.co.id/product/core-drilling-machine/>

Di laboratorium, peralatan seperti alat pemadat *gyratory* digunakan untuk membuat benda uji pembanding yang kemudian juga di *core* untuk keperluan analisis (Wang et al., 2024). Selain metode destruktif ini, terdapat pula alat alternatif seperti *nuclear density gauge* yang dapat digunakan untuk mengukur kepadatan secara cepat dan tidak merusak. Namun demikian, hasil dari alat ini tetap memerlukan kalibrasi terhadap hasil *core* agar akurasi dapat dipertanggungjawabkan (Gusrinaldi et al., 2025).

3.9.2 Parameter Pengujian

Sampel hasil *core* dianalisis untuk menentukan beberapa parameter penting, antara lain kepadatan (*bulk density*), derajat pemadatan, tebal lapisan, kadar aspal, serta distribusi agregat (gradasi). Nilai-nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan standar atau kriteria penerimaan yang berlaku.

Tabel 3. 7 Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal

Jenis Campuran		Simbol ⁽¹⁾	Tebal Nominal Minimum (cm)
<i>Stone Matrix Asphalt</i> -Tipis		SMA-Tipis	3,0
<i>Stone Matrix Asphalt</i> -Halus		SMA-Halus	4,0
<i>Stone Matrix Asphalt</i> -Kasar		SMA-Kasar	5,0
Lataston	Lapis Aus	HRS-WC	3,0
	Lapis Fondasi	HRS-Base	3,5
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Fondasi	AC-Base	7,5

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2025)

Dalam praktiknya, derajat pemadatan lapisan aspal di lapangan umumnya disyaratkan mencapai minimal sekitar 98% (Suhardi & Nurdin, 2022). Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara nilai pada benda uji laboratorium dengan sampel *core* lapangan, misalnya pada kepadatan dan tingkat kejenuhan. Meskipun demikian, hubungan keduanya menunjukkan korelasi yang kuat, dengan koefisien korelasi mendekati 0,97–0,98 untuk beberapa parameter (Wang et al., 2024).

Tabel 3. 8 Tingkat Kepadatan Lapangan

Kepadatan yg. Disyaratkan (% JSD)	Jumlah benda uji per segmen	Kepadatan Minimum Rata-rata (% JSD)	Nilai minimum setiap pengujian tunggal (% JSD)
98	3--4	98,1	95
	5	98,3	94,9
	>6	98,5	94,8

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2025)

Pengambilan *core* pada area *rutting* juga memberikan informasi penting terkait variasi tebal lapisan, kepadatan, serta komposisi material yang berperan dalam terjadinya deformasi (Ubaidillah et al., 2023). Oleh karena itu, data *core* sering dijadikan sebagai acuan utama dalam memvalidasi metode pengujian lain yang lebih cepat, seperti *nuclear density gauge*, melalui pengembangan faktor koreksi (Gusrinaldi et al., 2025).

3.9.3 Tahapan Pengujian

Pengujian *core drill* dilakukan untuk memperoleh sampel inti campuran beraspal yang telah terpasang di lapangan. Sampel inti tersebut digunakan untuk mengevaluasi mutu lapisan perkerasan berdasarkan parameter ketebalan lapisan, berat isi (*density*), dan derajat kepadatan campuran. Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan SNI 03-6890-2002 tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Inti (*Core*) Campuran Beraspal.

1. Persiapan Pengujian

Sebelum pelaksanaan pengujian, dilakukan penentuan titik pengambilan sampel berdasarkan metode sampling yang telah ditetapkan. Peralatan yang digunakan meliputi mesin *core drill*, mata bor inti berlian (*diamond bit*), meteran, mikrometer sekrup, timbangan digital, bak perendam, serta perlengkapan pendukung lainnya.

2. Pengambilan Sampel Inti (*Core*)

Pengambilan sampel dilakukan dengan mengebor lapisan perkerasan menggunakan mesin *core drill* secara tegak lurus terhadap permukaan jalan. Diameter benda uji yang digunakan umumnya 100 mm. Selama proses pengeboran digunakan air sebagai pendingin untuk menghindari kerusakan pada sampel dan mata bor. Setelah proses pengeboran selesai, sampel inti diangkat secara hati-hati agar tidak mengalami kerusakan dan diberi kode identifikasi sesuai lokasi pengambilan.

3. Pengukuran Ketebalan Lapisan

Sampel inti yang telah diperoleh dibersihkan terlebih dahulu dari sisa air dan material lepas. Ketebalan lapisan diukur menggunakan mikrometer sekrup atau jangka sorong pada beberapa titik pengukuran, kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

Rumus ketebalan rata-rata:

$$T = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}{4} \quad (3.21)$$

Keterangan:

T = Ketebalan rata-rata sampel (mm)

T₁, T₂, T₃, T₄ = Ketebalan pada masing-masing titik pengukuran (mm)

4. Pengukuran Berat Isi (*Bulk Density*)

Pengukuran berat isi dilakukan dengan metode SSD (Saturated Surface Dry). Sampel ditimbang dalam kondisi kering, jenuh kering permukaan, dan di dalam air.

Rumus berat isi (*bulk density*):

$$Gmb = B - C \quad (3.22)$$

Keterangan:

Gmb = Berat isi benda uji (gr/cm³)

A = Berat benda uji kering (gram)

B = Berat benda uji SSD (gram)

C = Berat benda uji dalam air (gram)

5. Pengukuran BJ Bulk Lapangan

Berat jenis bulk lapangan digunakan untuk mengetahui tingkat kepadatan hasil pemadatan di lapangan yang membandingkan antara nilai berat di udara dengan berat isi (*bulk density*).

Rumus BJ Bulk Lapangan:

$$Lap = \frac{A}{Gmb} \quad (3.23)$$

Keterangan:

Gmb = Berat isi benda uji (gr/cm³)

A = Berat benda uji di udara (gram)

Lap = BJ Bulk Lapangan

6. Pengukuran Kepadatan

Derajat kepadatan digunakan untuk mengetahui tingkat kepadatan hasil pemadatan di lapangan yang membandingkan antara berat jenis bulk lapangan dengan laboratorium.

Rumus Kepadatan:

$$D = \frac{Lap}{Lab} \times 100\% \quad (3.24)$$

Keterangan:

D = Kepadatan (%)

Lab = BJ Bulk Laboratorium

Lap = BJ Bulk Lapangan

7. Evaluasi Pengujian

Hasil pengujian ketebalan lapisan dan derajat kepadatan selanjutnya dibandingkan dengan persyaratan yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2025. Apabila hasil pengujian memenuhi toleransi ketebalan dan persyaratan kepadatan yang ditetapkan, maka mutu pelaksanaan lapis perkerasan dinyatakan memenuhi spesifikasi. Sebaliknya, apabila terdapat nilai yang berada di luar batas toleransi, maka diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap proses pelaksanaan konstruksi di lapangan.

3.9.4 Manfaat dan Keterbatasan

Metode *core drilling* memiliki keunggulan utama berupa kemampuannya memberikan data langsung dan akurat mengenai kondisi aktual perkerasan di lapangan. Data ini sangat penting dalam proses evaluasi mutu pekerjaan, analisis kerusakan, serta perencanaan perbaikan (Suhardi & Nurdin, 2022). Namun demikian, metode ini juga memiliki beberapa keterbatasan. Prosesnya bersifat merusak karena mengambil material dari perkerasan, sehingga memerlukan penanganan lanjutan berupa penutupan lubang bor (Gusrinaldi et al., 2025). Selain itu, waktu yang dibutuhkan relatif lama, baik dalam proses pengambilan sampel

maupun pengujian di laboratorium, sehingga kurang efektif untuk kebutuhan evaluasi cepat di lapangan (Gusrinaldi et al., 2025).

Hasil pengujian juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti lokasi pengambilan sampel, kondisi suhu saat pengeboran, serta waktu antara produksi dan pemasangan campuran aspal. Faktor-faktor ini dapat menyebabkan variasi hasil jika tidak dikendalikan dengan baik (Schmitt et al., 2000). Sebagai alternatif, untuk kebutuhan evaluasi cepat dan tidak merusak, pengujian dengan alat seperti *nuclear density gauge* sering digunakan. Namun, penggunaannya tetap harus dikombinasikan dengan program pengambilan *core* sebagai acuan utama agar hasil yang diperoleh tetap akurat dan dapat dipercaya (Gusrinaldi et al., 2025).

3.10 Pengujian Ekstraksi Aspal

Ekstraksi merupakan proses pemisahan suatu campuran yang terdiri dari dua atau lebih bahan dengan cara menambahkan pelarut tertentu yang mampu melarutkan salah satu komponen dalam campuran tersebut. Campuran beraspal panas diambil menggunakan salah satu jenis pelarut (*methylene chloride* atau *normal propyl bromide* atau *trichloroethylene*) dengan peralatan ekstraksi yang sesuai berdasarkan metode pengujian. Persentase aspal diperoleh dari perbedaan berat agregat sebelum dan sesudah proses ekstraksi setelah dikoreksi dengan kadar air dan berat mineral. Persentase aspal dinyatakan dalam satuan persen (%) terhadap berat sampel yang kering (Badan Standardisasi Nasional, 2016).

Tabel 3. 9 Toleransi Kadar Aspal

Kadar Aspal	Toleransi (*)
Kadar Aspal	$\pm 0,3\%$ berat total campuran

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2025)

3.10.1 Jenis-jenis Pengujian

Metode pengujian ekstraksi sendiri terdiri atas beberapa jenis, yang masing-masing memiliki prosedur dan karakteristik berbeda sesuai dengan tujuan dan kondisi pengujian. Adapun jenis-jenis metode pengujian ekstraksi tersebut antara lain:

1. Ekstraksi cara dingin

Metode ini merupakan teknik ekstraksi yang dilakukan tanpa melibatkan proses pemanasan selama pelaksanaannya. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk mencegah kerusakan senyawa yang berpotensi terjadi akibat pengaruh suhu tinggi. Dengan demikian, karakteristik asli bahan tetap dapat dipertahankan selama proses ekstraksi. Adapun jenis ekstraksi dingin yang umum digunakan meliputi metode maserasi dan perkolasi.

2. Ekstraksi cara panas

Metode ini merupakan teknik ekstraksi yang melibatkan penggunaan panas selama proses berlangsung. Penerapan suhu tinggi secara umum dapat mempercepat proses pelarutan atau penyarian dibandingkan dengan metode tanpa pemanasan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya laju difusi dan kelarutan zat pada temperatur yang lebih tinggi. Adapun metode yang termasuk dalam ekstraksi panas antara lain *refluks*, ekstraksi menggunakan alat *Soxhlet*, serta metode infusa.

Tujuan utama dilakukannya proses ekstraksi dalam bidang perkerasan jalan adalah untuk menentukan kadar aspal yang terkandung dalam campuran aspal (*mix design*). Metode pengujian ini bisa digunakan untuk mengukur jumlah aspal secara tepat dari campuran beraspal panas, baik yang diambil dari fasilitas pencampuran maupun dari lokasi pekerjaan. Selain itu, metode ini juga dapat dimanfaatkan untuk menilai kesesuaian campuran beraspal panas dengan standar, pengendalian kualitas, dan penelitian (Badan Standardisasi Nasional, 2016).



Gambar 3. 7 Tabung *Refluks*
Sumber: multibinateknikautama, 2026

3.10.2 Alat – alat Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ekstraksi aspal dengan tabung refluks menurut Badan Standardisasi Nasional (2016) yaitu sebagai berikut:

1. Oven

Untuk memanaskan contoh uji, digunakan oven yang temperaturnya dapat disetel pada $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230^{\circ}\text{F} \pm 9^{\circ}\text{F}$). Sementara itu, untuk mengeringkan contoh uji ketika kadar air tidak diketahui, digunakan oven yang dapat disesuaikan temperaturnya antara 149°C hingga 163°C ($300^{\circ}\text{F} - 325^{\circ}\text{F}$).

2. Wadah

Wadah harus memiliki permukaan yang datar dan rata.

3. Timbangan

Timbangan yang memiliki kapasitas cukup serta dapat mengukur setidaknya hingga 0,1 % dari berat sampel yang diuji.

4. Gelas ukur

Gelas ukur dengan kapasitas 1000 mL hingga 2000 mL.

5. Tabung kaca

Tabung kaca yang berbentuk silinder, polos, dan terbuat dari material gelas yang tahan terhadap panas. Tabung tersebut harus bebas dari retakan, goresan, atau cacat lainnya yang dapat mengakibatkan tabung pecah saat terkena panas.

6. Rangka logam berbentuk kerucut

Metode ini dapat menggunakan satu atau dua rangka logam berbentuk kerucut. Rangka bagian bawah harus memiliki kaki dengan panjang yang cukup, sehingga ujung rangka serta kertas saring berada di atas permukaan larutan. Jika digunakan dua rangka, maka rangka bagian atas harus memiliki kaki yang cukup panjang agar ujung kerucut serta kertas saring posisinya berada di atas atau sejajar dengan permukaan rangka bagian bawah. Setiap rangka juga harus dilengkapi dengan tali pemegang yang terletak di bagian atas, sehingga penggunaan lebih mudah. Bahan logam yang digunakan sebagai rangka harus merupakan jenis logam yang tidak bereaksi dengan pelarut selama pengujian dilakukan.

7. Kondensator

Kondensator dirancang dengan permukaan kondensasi yang berbentuk setengah bola yang dipotong, dan bagian atasnya memiliki bentuk kerucut yang juga dipotong, serta dilengkapi dengan saluran masuk dan saluran keluar untuk air.

8. Kertas saring

Kertas saring dengan kelas medium ini memiliki kemampuan menyaring yang cepat. Diameter kertas saring harus dirancang sedemikian rupa agar saat dilipat dapat menutupi dengan sempurna kerucut logam pada rangka.

9. Kasa asbes

Kasa asbes mempunyai ketebalan 3 mm (0,1 inch) untuk digunakan sebagai alas antara tabung kaca dengan pelat pemanas.

10. Pelat pemanas listrik

Pelat pemanas listrik harus memiliki pengatur tingkat pemanasan dan dapat merefluks pelarut.

11. Pelarut

Metilen klorida teknis, normal propil bromida, Trikloroetilena murni atau jika aspal yang telah diekstraksi hendak dipulihkan untuk kemudian diuji sifat-sifatnya, maka proses ekstraksi yang dilakukan harus menggunakan pelarut murni.

Berikut merupakan rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai kadar aspal hasil ekstraksi:

$$\text{Kadar Aspal} = \frac{W1 - (W2 - A)}{W1} \times 100\% \quad (3.25)$$

Dimana:

W1 = Berat contoh sebelum ekstraksi

W2 = Berat contoh sesudah ekstraksi

A = Berat penyaring

3.11 Pemeriksaan *Tack coat*

Lapis perekat (*tack coat*) adalah lapisan tipis berupa aspal cair atau aspal emulsi yang disemprotkan di atas permukaan lapisan perkerasan lama atau antar lapisan baru sebelum dilakukan penghamparan lapisan berikutnya (Direktorat Jendral Bina Marga, 2025). Tujuan utama penggunaan *tack coat* adalah untuk menciptakan ikatan yang kuat antar lapisan perkerasan sehingga dapat bekerja sebagai satu kesatuan struktur. Tanpa adanya lapis perekat, lapisan perkerasan berpotensi mengalami pergeseran atau terlepas akibat beban lalu lintas.

Berdasarkan Direktorat Jendral Bina Marga (2025), jenis aspal emulsi yang digunakan sebagai *tack coat* adalah tipe *Rapid Setting* (RS) yang memenuhi ketentuan AASHTO M140 (AASHTO, 2012) atau AASHTO M208-01 (2009) (AASHTO, 2012). Sementara itu, untuk aspal cair (*cutback asphalt*) yang digunakan sebagai *tack coat*, jenis yang diperbolehkan adalah *Medium Curing* (MC). Aspal cair tersebut harus dibuat dari aspal semen dengan penetrasi 60/70 atau 80/100 yang memenuhi ketentuan AASHTO M20-70 (AASHTO, 2008), kemudian diencerkan dengan perbandingan sekitar 25 hingga 30 bagian minyak untuk setiap 100 bagian aspal.

3.11.1 Fungsi Lapis Perekat (*tack coat*)

Lapis perekat memiliki beberapa fungsi penting dalam konstruksi perkerasan jalan, antara lain yaitu:

1. Meningkatkan daya lekat antar lapisan perkerasan.
2. Mencegah terjadinya pergeseran (*slippage*) antar lapisan.
3. Menjamin distribusi beban lalu lintas secara merata.
4. Meningkatkan stabilitas struktur perkerasan.
5. Memperpanjang umur layan jalan.

3.11.2 Syarat dan Ketentuan Penggunaan *Tack coat*

Pelaksanaan lapis perekat (*tack coat*) harus memenuhi berbagai persyaratan teknis agar fungsi pengikatan antar lapisan perkerasan dapat tercapai secara optimal. Ketentuan ini mencakup kondisi permukaan, kondisi cuaca, takaran penyemprotan, metode aplikasi, hingga pengendalian lalu lintas selama pekerjaan berlangsung. Apabila syarat-syarat tersebut tidak dipenuhi, maka ikatan antar lapisan dapat menjadi lemah dan berpotensi menyebabkan kerusakan dini pada perkerasan. Oleh karena itu, setiap tahapan dalam pelaksanaan *tack coat* harus mengacu pada spesifikasi yang berlaku.

A. Kondisi Permukaan

Permukaan yang akan diberi lapis perekat harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Bersih dari debu, kotoran, minyak, dan material lepas;
2. Dalam kondisi kering;
3. Tidak terdapat genangan air.

Apabila permukaan tidak memenuhi syarat, maka harus dilakukan pembersihan menggunakan alat seperti air *compressor*.

B. Kondisi Cuaca

Pelaksanaan *tack coat* harus memperhatikan kondisi cuaca, yaitu:

1. Tidak dilakukan saat hujan;
2. Dilaksanakan pada kondisi permukaan kering;
3. Suhu lingkungan mendukung proses pengikatan aspal.

Apabila lapis perekat menjadi basah akibat hujan yang terjadi secara tiba-tiba, pengeringan dapat dilakukan menggunakan udara bertekanan (kompresor), dengan syarat durasi hujan tidak lebih dari 4 jam sebelum lapisan aspal dihampar. Namun, jika lapis perekat terpapar hujan lebih dari 4 jam, maka wajib dilakukan pelapisan ulang (*retack coating*) untuk memastikan kembali daya lekat yang diperlukan (Direktorat Jendral Bina Marga, 2025).

C. Takaran Penyemprotan

Takaran penyemprotan *tack coat* disesuaikan dengan kondisi permukaan, yaitu:

1. Permukaan halus: 0,15 – 0,35 liter/m²;
2. Permukaan kasar: 0,35 – 0,60 liter/m².

Penyemprotan harus dilakukan secara merata dan tidak berlebihan untuk menghindari terjadinya *bleeding*.

Tabel 3. 10 Takaran Pemakaian Lapis Perekat

Jenis Aspal	Takaran (liter per meter persegi) pada		
	Permukaan Baru atau Aspal atau Beton Lama Yang Licin	Permukaan Porous dan Terekpos Cuaca	Permukaan Berbahan Pengikat Semen
Aspal Cair	0,15	0,15 – 0,35	0,2 – 1,0
Aspal Emulsi	0,20	0,20 – 0,50	0,2 – 1,0
Aspal Emulsi Di-modifikasi Polimer	0,20	0,20 – 0,50	0,2 – 1,0
Kadar Residu* (liter per meter persegi)			
Semua	0,12	0,12 – 0,21	0,12 – 0,60

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2025)

D. Metode Aplikasi

Aplikasi *tack coat* dilakukan menggunakan alat *asphalt distributor* dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Penyemprotan harus merata

Alat penyemprot harus dirancang, dilengkapi, dirawat, dan dioperasikan dengan baik agar mampu menyemprotkan bahan aspal yang telah dipanaskan secara merata. Penyemprotan tersebut harus dapat

menyesuaikan dengan berbagai lebar permukaan serta menghasilkan distribusi yang seragam, dengan takaran yang berada dalam kisaran 0,15 hingga 2,4 liter per meter persegi.

2. Tidak boleh terjadi penumpukan material.

Distributor aspal harus dilengkapi dengan batang semprot yang mampu mensirkulasikan aspal secara menyeluruh, serta dapat diatur posisinya baik secara horizontal maupun vertikal. Batang semprot tersebut harus memiliki minimal 24 nosel yang dipasang dengan jarak seragam, yaitu sekitar 10 ± 1 cm. Selain itu, distributor aspal juga perlu dilengkapi dengan pipa semprot tangan untuk mendukung proses penyemprotan pada area tertentu (Direktorat Jendral Bina Marga, 2025).

3. Alat harus dikalibrasi sebelum digunakan.

E. Waktu Tunggu (*Setting Time*)

Setelah penyemprotan, *tack coat* harus didiamkan hingga terjadi proses pengikatan, yang ditandai dengan perubahan warna dari coklat menjadi hitam. Lapisan berikutnya hanya dapat dihamparkan setelah kondisi ini tercapai. Lapis perekat (*tack coat*) harus diaplikasikan sesaat sebelum penghamparan lapisan aspal berikutnya agar diperoleh tingkat kelengketan yang optimal. Penghamparan lapisan beraspal di atasnya harus dilakukan sebelum daya lekat tersebut berkurang akibat pengeringan berlebihan, oksidasi, debu, atau faktor lainnya. Selama lapis perekat belum tertutup, penyedia jasa wajib melindunginya dari potensi kerusakan serta mencegah kontak langsung dengan lalu lintas. Apabila lapis perekat telah mengering dan kehilangan daya lekatnya, maka perlu dilakukan pelapisan ulang (*retack coating*) (Direktorat Jendral Bina Marga, 2025).

F. Pengendalian Lalu Lintas

Lalu lintas tidak diperbolehkan melintas sebelum bahan aspal benar-benar meresap, mengering, dan tidak berpotensi terkelupas akibat beban roda kendaraan. Dalam kondisi tertentu, lalu lintas dapat diizinkan melintas lebih awal, namun waktu tersebut tidak boleh kurang dari empat jam setelah

pelaksanaan penghamparan Lapis Resap Pengikat. Selama proses pelaksanaan *tack coat*, lalu lintas harus dikendalikan dengan cara:

1. Menutup sementara area pekerjaan;
2. Membatasi kendaraan yang melintas.

Hal ini bertujuan untuk menjaga agar lapisan *tack coat* tidak rusak sebelum dilakukan penghamparan lapisan berikutnya.

3.11.3 Pengujian *Paper Test*

Pengujian *Paper Test* (uji kertas) merupakan metode sederhana yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas penyemprotan *tack coat* pada permukaan perkerasan jalan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keseragaman distribusi aspal emulsi yang disemprotkan sebagai lapis perekat antar lapisan perkerasan. *Tack coat* memiliki peranan penting dalam menjaga daya lekat antar lapisan perkerasan, sehingga distribusi yang tidak merata dapat menyebabkan kegagalan ikatan, seperti terjadinya retak atau pergeseran lapisan. Oleh karena itu, diperlukan metode evaluasi lapangan yang praktis untuk memastikan kualitas penyemprotan, salah satunya melalui *Paper Test*.

A. Tujuan Pengujian

Pengujian bertujuan untuk:

1. Mengetahui keseragaman sebaran *tack coat* pada permukaan perkerasan.
2. Mengidentifikasi adanya kekurangan atau kelebihan penyemprotan aspal.
3. Mengevaluasi kualitas pelaksanaan pekerjaan *tack coat* di lapangan.

B. Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini meliputi:

1. Kertas uji ukuran 25 x 25.
2. Penggaris atau alat ukur.
3. Timbangan (opsional, jika dilakukan analisis kuantitatif).
4. Kamera atau dokumentasi visual.

C. Prosedur Pelaksanaan

Tahapan pengujian *Paper Test* dilakukan sebagai berikut:

1. Menyiapkan lembar kertas.
2. Meletakkan kertas pada permukaan perkerasan sebelum dilakukan penyemprotan *tack coat*.
3. Melakukan penyemprotan *tack coat* menggunakan alat distributor sesuai prosedur pelaksanaan.
4. Mengangkat kertas setelah penyemprotan selesai.
5. Mengamati pola sebaran aspal yang menempel pada permukaan kertas.
6. Mendokumentasikan hasil pengujian untuk analisis lebih lanjut.

D. Cara Interpretasi Hasil

Hasil pengujian *Paper Test* dianalisis secara visual berdasarkan pola sebaran aspal pada kertas, dengan kriteria sebagai berikut:

1. Sebaran merata
Aspal tersebar secara homogen tanpa adanya area kosong atau penumpukan.
2. Sebaran tidak merata
Terdapat area kosong atau bagian yang tidak terkena aspal.
3. Sebaran berlebih (*overlap*)
Terdapat penumpukan aspal pada beberapa bagian.

E. Standar Penilaian

Pengujian *Paper Test* pada umumnya belum memiliki standar baku dalam bentuk angka seperti pengujian laboratorium. Oleh karena itu, penilaian dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan mengacu pada prinsip:

1. Keseragaman distribusi aspal
2. Tidak adanya area kosong (*void area*)
3. Tidak terjadi penumpukan berlebih

F. Keterkaitan dengan Kinerja Perkerasan

Hasil *Paper Test* digunakan sebagai indikator awal dalam menilai kualitas daya rekat antar lapisan perkerasan. Sebaran *tack coat* yang tidak merata dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan ikatan antar lapisan, yang berpotensi menimbulkan kerusakan seperti retak (*crack*) dan pergeseran lapisan (*slippage*).