

BAB II

LANDASAN TEORI

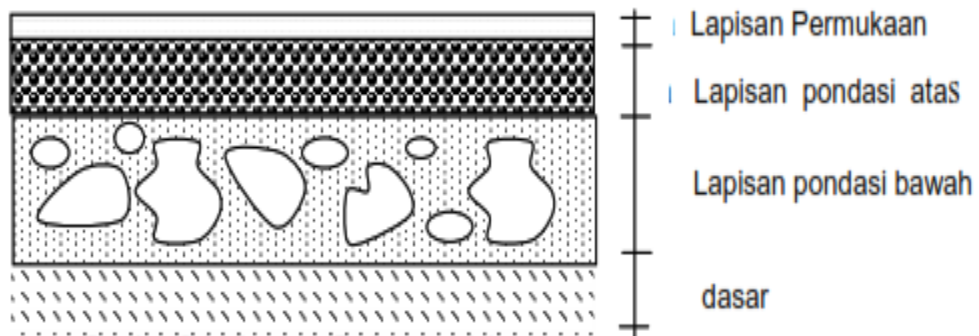
2.1 Umum

Jalan raya adalah sarana transportasi darat yang berperan penting dalam berbagai aktifitas masyarakat di suatu daerah. Struktur jalan raya harus di rancang dengan baik agar mencapai umur layanan jalan tersebut dan memenuhi syarat sehingga dapat menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan bawahnya. Beban - beban lalu lintas yang bekerja di atas berupa gaya vertikal dan gaya horizontal. Gaya vertikal yang dimaksud adalah beban kendaraan, sedangkan gaya horizontal yang dimaksud adalah gaya rem kendaraan. Perlu diketahui bahwa pukulan roda berupa getaran-getaran juga merupakan beban lalu lintas yang harus diterima oleh suatu struktur perkerasan jalan. Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang di perkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, kekakuan, dan kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Hal ini dimaksudkan agar lapisan perkerasan mempunyai daya dukung serta keawetan yang mumpuni dan juga lebih ekonomis, oleh karena itu perkerasan harus dibuat berlapis-lapis. Lapisan atas permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Sedangkan untuk lapisan bawahnya terdapat lapisan pondasi, yang diletakkan di atas tanah dasar yang dapat dipadatkan. Untuk memperoleh perkerasan jalan yang memenuhi standar maka perlu mengetahui tentang sifat, pengadaan dan pengelolaan terhadap agregat. Konsruksi perencanaan jalan melibatkan peencanaan ketebalan masing-masing lapisan permukaan dan analisis komposisi material. Untuk mendapatkan komposisi campuran yang layak harus di lihat kondisi lingkungan, jenis lapisan sehingga ketebalan setiap lapisan dapat di tentukan dengan menggunakan berbagai metode yang ada. Faktor pendukung lainnya adalah kualitas dan kuantitas bahan yang tersedia. Material permukaan jalan adalah salah faktor utama yang menentukan kestabilan permukaan jalan, bahan perkerasan jalan yang umum di gunakan adalah agregat, namun agregat yang di gunakan harus melalui pengujian laboratorium. Pemeriksaan yang di maksud adalah analisa saringan agregat, berat jenis, kepadatan, kadar air optimum, serta daya dukung tanah.

2.2 Lapis Perkerasan

Perkerasan jalan adalah bagian jalan yang di perkeras dengan lapis konstruksi yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu

menyalurkan beban lalu lintas. Untuk memenuhi standar, perkerasan harus mampu mendistribusikan beban ke lapis tanah dasar. Lapisan perkerasan juga harus kuat untuk menahan gaya gesek antara roda kendaraan dengan permukaan jalan, serta gaya yang ditimbulkan saat kendaraan berakselerasi. (Funan, 2018). Bagian-bagian perkerasan terdiri dari beberapa lapisan-lapisan dan dikerjakan sesuai dengan spesifikasi tertentu dan berfungsi menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa, sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar, dalam batas daya dukungnya (Sukirman, 1999).



Gambar 2.1 Potongan Lapisan Perkerasan Jalan Raya

Sumber : Sukirman, 1999

2.2.1 Lapis permukaan (*Surface Course*)

1. Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Material untuk lapis permukaan umumnya sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan mutu yang lebih tinggi. Fungsi lain dari lapis permukaan yaitu, sebagai berikut :
 - a. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan.
 - b. Lapis aus (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan yang mengerem.
 - c. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan.
 - d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.

Akibat hujan, dingin, panas, dan kontak langsung dengan roda kendaraan, lapis paling atas cepat menjadi aus dan rusak, sehingga disebut lapis aus. Lapisan di bawah lapis aus yang menggunakan aspal sebagai bahan mengikat, disebut lapis permukaan antara (*binder course*), berfungsi memikul beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapis pondasi atas (Sukirman, 2010).

Lapis permukaan yang umum sering digunakan di Indonesia ini dibagi atas 2 jenis antara lain :

a) Non Struktural

Lapis non struktural antara lain :

1. Burtu (laburan aspal satu lapis) adalah lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam dengan ketebalan maksimum 2 cm.
2. Burda (lapisan aspal dua lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan ketebalan padat maksimum 3,5 cm.

b) Struktural

Lapisan terstruktur antara lain :

1. Laston (lapisan aspal beton), lapisan permukaan yang terdiri dari kadar aspal sekitar 7-8% dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, di campur dan dipadatkan dalam kondisi panas dan suhu tertentu
2. Lasbutag (Lapis asbuton agregat) merupakan campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, asbuton, bahan peremajaan dan filler (bila diperlukan) yang dicampur dan di hampar dan di padatkan secara dingin.
3. Lapen (lapisan penetrasi makadam), merupakan lapisan perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci yang bergradasi seragam yang di ikat oleh aspal dengan cara di semprotkan di atas agregat pokok dan pematatannya dilakukan secara lapis demi lapis.

2.2.2 Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. fungsi lapisan pondasi atas ini antara lain :

1. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda yang menyebarkan beban ke lapisan bawahnya.
2. Lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah.
3. Sebagai bantalan untuk lapis permukaan.

2.2.3 Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapis Pondasi Bawah adalah perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi dan tanah dasar jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu.

Fungsi lapis pondasi bawah antara lain :

1. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
2. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.
3. Bagian dari perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.

2.2.4 Lapisan Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Tanah dasar adalah lapisan paling atas dari timbunan badan jalan dengan tebal 30 cm, dengan nilai (cbr) yang telah di tentukan.

2.3 Agregat

Menurut ASTM agregat adalah material yang tersusun padat dari struktur perkerasan jalan. Agregat juga merupakan salah satu faktor yang menentukan kemampuan perkerasan jalan. Oleh karena itu perlu adanya pemeriksaan yang cermat sebelum ditetapkan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Lapis pondasi kelas A merupakan bagian lapisan perkerasan jalan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. Lapisan ini berfungsi sebagai bagian perkerasan yang menahan beban gaya lintang dari beban roda dalam menyebarkan beban ke lapisan bawah, juga merupakan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

2.3.1 Jenis-jenis agregat sesuai pengelolahan nya

Agregat dapat dibedakan berdasarkan terjadinya pengolahan, dan ukuran butiranya.

a) Asli (natural)

Material ini biasa nya tidal di oleh menggunakan alat, material ini di proses secara manual dan dapat di gunakan.

b) Buatan pabrik

Material ini berupa batu yang di pecahkan menggunakan alat (*stone crusher*) dan manual sesuai jenis nya dan dapat di pergunakan. Pengolahan material harus melalui ketentuan agar diperoleh :

1. Bentuk material bersudut dan berbentuk kubus.
 2. Permukaan material yang kasar.
 3. Gradasi yang diinginkan.
- c) Berdasarkan ukuran butiran agregat dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu
1. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang mempunyai ukuran butiran antara 5-40 mm. menurut asalnya agregat kasar dibedakan menjadi 2 yaitu kerikil dari batuan alam dan kerikil dari batuan alam yang dipecah.
 2. Agregat halus

Agregat halus adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran yang memiliki ukuran butiran 4 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no. 200.
 3. Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi yang 100% lolos saringan no.100 dan paling kurang 75% lolos saringan 200.
- d) Berdasarkan kelasnya agregat menjadi 3 yakni
- 1) Agregat kelas A

Agregat kelas A merupakan campuran material dengan berbagai fraksi material yang digunakan untuk lapis pondasi atas dan memiliki mutu yang paling baik. Agregat dapat memenuhi spesifikasi apa bila :

 1. Memiliki nilai abrasi minimal 40% dan tidak boleh lebih.
 2. Memiliki nilai *Cbr* lebih 90% atau lebih besar.
 3. Memiliki nilai angularitas 95/90. Artinya bahwa agregat kasar harus memiliki butiran pecah 95% bidang pecah satu atau lebih, dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.
 4. Agregat kasar adalah material yang tertahan ayakan No.4 dan agregat halus adalah material yang lolos ayakan No.4 dan tertahan saringan No.200.
 - 2) Agregat kelas B

Agregat kelas B merupakan mutu lapis pondasi bawah untuk satu lapisan di bawah lapis pondasi A dan lapisan aspal. Agregat kelas B yang tertahan pada ayakan 4,75 mm harus terdiri dari partikel atau pecahan batu yang keras dan awet dan bahan yang basah jika berulang-ulang dibasahi tidak dapat di

gunakan. Agregat kelas B juga memiliki standar cbr 60% apabila pada pengujian dan nilai cbr lebih kecil dari 60% maka material tersebut tidak layak digunakan.

3) Agregat kelas S

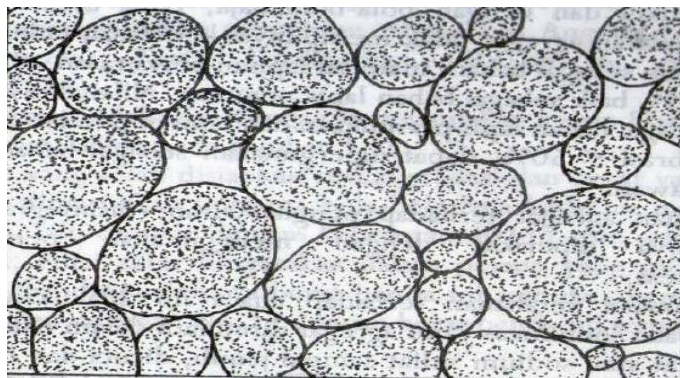
Agregat kelas S merupakan perkerasan berbutir yang di gunakan sebagai bahu jalan. Biasanya lebar agregat kelas S 1,5-2 m dengan tebal 15 cm. Agregat kelas S juga memiliki standar cbr 50% apabila pada pengujian dan nilai cbr lebih kecil dari 50% maka material tersebut tidak layak digunakan.

e) Berdasarkan Bentuk dan Tekstur

1) Bulat (*rounded*)

Campuran perkerasan dan agregat bulat mudah berdeformasi dan tidak cocok untuk perkerasan dengan volume lalu lintas tinggi atau lalu lintas dengan beban berat. Agregat ini dapat di temukan di sungai dan pada umumnya telah mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat. Material ini tanpa pengolahan terlebih dahulu akan mempengaruhi struktur perkerasan karena :

1. Memiliki permukaan lebih licin.
2. Daya saling interlocking kurang baik.
3. Memiliki rongga udara yang lebih besar.



Gambar 2.2 Contoh susunan agregat berbentuk bulat

Sumber : Scribd

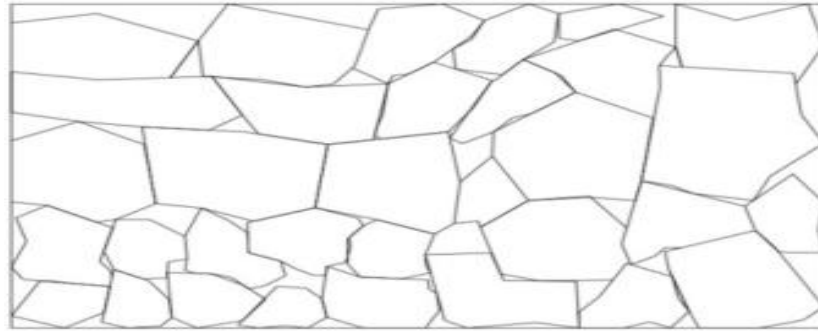
Pada gambar 2.2 terlihat bahwa material berbentuk bulat tidak dapat saling mengunci dan memiliki rongga udara yang dihasilkan lebih besar sehingga kestabilan perkerasan jalan kurang baik apabila ada beban yang bekerja di atasnya.

2) Lonjong (*elongated*)

Material berbentuk lonjong ini dapat ditemui di sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjang nya $> 1,8$ kali diameter rata-rata. Sifat *interlocking* agregat berbentuk lonjong ini hampir sama dengan agregat berbentuk bulat.

3) Kubus (*cubical*)

Material kubus adalah bentuk agregat yang di buat alat pemecah batu dan memiliki luas permukaan lebih besar dan datar sehingga memungkinkan ikatan yang lebih baik. Hal ini mencapai stabilitas yang lebih besar dan membuatnya lebih tahan terhadap deformasi yang terjadi. Agregat ini paling baik untuk bahan perkerasan jalan.



Gambar 2.3 Susunan agregat berbentuk kubus

Sumber : Scribd

4) Pipih (*flaky*)

Material berbentuk pipih adalah hasil mesin *stone crusher* material ini mudah pecah dan patah. Oleh karena itu penggunaan akan material pipih ini di batasi pada saat pencampuran. Pada dasarnya terdapat 2 macam agregat yakni agregat kasar dan agregat halus. Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan sifat-sifat penting agregat secara umum yang mempengaruhi kinerja perkerasan jalan raya antara lain :

1) Gradasi dan bentuk partikel

Hal ini mempunyai dampak yang besar terhadap komposisi konstruksi jalan raya. Bentuk material kubik, lonjong, pipih, atau bulat masing-masing dari material tersebut harus memiliki proporsi campuran yang pas dan tidak boleh lebih agar mempunyai interlocking yang lebih bagus.

2) Kekerasan

Maksud dari kekerasan tersebut bahwa material harus tahan terhadap abrasi dan degradasi pada saat konstruksi berjalan. Abrasi yang di syaratkan spesifikasi bahwa nilai pengujian abrasi nya tidak boleh lebih besar dari 40% dan tahan terhadap panas dan hujan atau fenomena iklim di lokasi tersebut.

3) Tekstur permukaan

Bentuk permukaan material sangat berperan penting untuk proses pengerjaan dan keawetan perkerasan. Agregat halus cenderung lebih mudah di kerjakan dan lenih mudah terikat oleh aspal namun permukaan yang lebih kasar mempunyai ikatan yang lebih kuat dengan aspal.

4) Kebersihan

Material yang cenderung bersih akan berdampak baik untuk usia perkerasan jalan tersebut karena jauh dari gumpalan lempung, debu, kotoran dan lain-lain.

Tabel 2.1 Spek Pengujian Agregat Lapis Pondasi

Spesifikasi	Lapis Pondasi Agregat		
	Kelas A	Kelas B	Kelas S
Abrasi dan Agregat Kasar (SNI 2417:2008)	0-40 %	0-40 %	0-40 %
Butiran pecah, tertahan ayakan No.4 (SNI 7619:2012)	95/90 ¹⁾	55/50 ²⁾	55/50 ³⁾
Batas Cair (SNI 1967-2008)	0 - 25	0 – 35	0 – 35
Indek Plastisitas (SNI 1966:2008)	0 - 6	4 – 10	4 – 15
Hasil kali indek Plastisitas dgn % Lolos Ayakan No.200	maks. 25	-	-
Gumpalan Lempung dan Butiran - butiran Mudah Pecah (SNI 4141:2015)	0-5 %	0-5 %	0-5 %
CBR redaman (SNI 1744:2012)	min 90 %	min 60 %	min 50%
Perbandingan Persen Lolos Ayakan No. 200 dan No. 40	maks 2/3	maks 2/3	-

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

2.4 Pematatan

Pematatan adalah proses yang mana partikel-partikel solid dirapatkan secara mekanis sehingga volume rongga dalam campuran mengecil dan kepadatan campuran meningkat dan mengatur distribusi partikel agregat dalam campuran sehingga menghasilkan konfigurasi agregat optimum dalam mencapai kepadatan yang ditargetkan.

Pemadatan yang kurang bagus agak memberikan efek penurunan dan menyebabkan kerusakan pada jalan raya dan untuk memperoleh kepadatan maksimum pengerjaan harus menggunakan kadar air optimum setelah melakukan pemadatan di lakukan pengujian penetrasi yang bekerja di atas material dengan melakukan pengujian *Cbr*.

2.5 Pengaruh Kadar Air Terhadap Kepadatan

Pada umumnya massa tanah terdiri atas partikel-partikel padat berupa butiran-butiran tanah dengan berbagai bentuk dan ukuran, serta ruang-ruang berpori udara dan air yang mengisi rongga-rongga tanah yang kosong. Perbandingan antara berat air yang terkandung dalam massa tanah dengan massa partikel padatnya disebut kadar air dan dinyatakan dalam persen. Bila kadar air tanah rendah, tanah menjadi keras atau kaku dan sulit dipadatkan. Ketika air ditambahkan, air berfungsi sebagai pelumas, sehingga tanah lebih mudah dipadatkan dan mengurangi ruang kosong antar butiran. Bila kadar air tinggi maka nilai densitasnya menurun karena pori-pori tanah terisi udara yang tidak dapat dikeluarkan melalui pemadatan.

2.6 CBR (California Bearing Ratio)

California Bearing Ratio (CBR) adalah sebuah indeks yang digunakan dalam rekayasa geoteknik untuk mengukur kemampuan tanah dalam mendukung beban. CBR adalah parameter penting dalam perencanaan perkerasan jalan dan landasan bandara. Indeks ini memberikan informasi tentang sejauh mana tanah dapat mempertahankan kekuatan dan ketahanannya terhadap pembekuan akibat beban. CBR diukur dengan mengujikan tanah sampel di laboratorium dengan menggunakan alat uji CBR. Sampel tanah tersebut diberi tekanan dari sebuah cone baja yang memiliki ukuran standar. Hasil pengujian ini dinyatakan sebagai persentase ketahanan tanah terhadap penetrasi yang dibandingkan dengan ketahanan tanah terhadap penetrasi dari sampel tanah standar yang didefinisikan

1. CBR Lapangan

Pengujian ini langsung dilakukan di tempat konstruksi dan mengevaluasi potensi kekuatan material lapisan tanah dasar dan lapisan pondasi atas.

2. CBR Laboratorium

Metode ini biasanya dilakukan di Laboratorium dan menggunakan kadar air tertentu dan melakukan perbandingan antara beban penetrasi terhadap bahan standar dengan kecepatan penetrasi yang sama.

2.7 Pengujian Agregat

Material yang baik dan berkualitas ialah material yang telah di lakukan pengujian dan telah memenuhi syarat-syarat pengujian. Dalam suatu pelaksanaan konstruksi, perlu di lakukan pengujian untuk mengetahui kualitas dan karakteristik material apakah memenuhi spesifikasi atau tidak. Secara umum pengujian di laboratorium meliputi pengujian abrasi pengujian berat jenis, pengujian gradasi, pengujian pemadatan sekaligus untuk mendapatkan kadar air optimum, dan penujian *cbr* untuk mendapatkan nilai *cbr*.

2.7.1 Pengujian Gradasi Agregat Kasar dan Halus

Pengujian gradasi bertujuan untuk mengetahui ukuran butiran berdasarkan saringan dan membandingkan dengan berat awal benda uji. Analisa saringan ini bertujuan untuk menentukan stabilisasi perkerasaan, dan menyaring ukuran material sesuai ukurannya, material yang baik adalah material yang mempunyai bentuk tak beraturan/bergerigi karena mempunyai tahanan geser yang tinggi. Campuran material yang lebih dominan berbentuk bulat tidak baik karena lebih mudah berdeformasi dan tidak bagus digunakan untuk perkerasaan dengan tingkat kendaraan yang tinggi. Pengujian ini biasanya menggunakan satu set saringan, dalam ketentuan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 revisi-2, satu set saringan untuk pengujian agregat adalah (3"), (2 1/2"), (2"), (3/4"), (1/2"), (3/8"), (No.4), (No.8), (No.16), (No.30) (No.50), (No.100), (No.200). Agregat kasar adalah material utamanya tertahan pada saringan No.4 sedangkan agregat halus adalah materialnya lolos saringan No.4. Tiga kategori gradasi butiran :

1. Gradasi baik (*well graded*) atau gradasi padat (*dense graded*)

Gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus sehingga di sebut gradasi menerus dan campuran gradasi ini memiliki stabilitas yang baik dan tahanan air dan memiliki berat isi yang besar. Gradasi ini memiliki ciri dengan kontak antar butir baik, seragam dan mudah hancur, stabilisasi tinggi.

2. Gradasi senjang (*gap graded*) atau gradasi terbuka (*open graded*)

Gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi yang jumlahnya sedikit sekali.

3. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi agregat ini memiliki ukuran material yang hampir sama dan gradasi ini juga di sebut gradasi terbuka karena hanya mengandung sedikit agregat halus dan memiliki banyak rongga.

Tabel 2.2 Gradasi Lapis Fondasi Agregat

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos		
		Lapis Fondasi Agregat		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas S
2"	50		100	
1 ½"	37,5	100	88-95	100
1"	25,0	79-85	70-85	77-89
¾"	19,0			
½"	12,5			
3	9,50	44-58	30-65	41-66
No. 4	4,75	29-44	25-55	26-54
No. 8	2,36			
No. 10	2,0	17-30	15-40	15-42
No. 16	1,18			
No. 40	0,425	7-17	8-20	7-26
No. 200	0,075	2-8	2-8	4-16

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi-2

Gradasi gabungan ialah menggabungkan beberapa jenis agregat dengan sifat material yang berbeda ke dalam ukuran butir yang berbeda untuk memperoleh butiran baru dengan sifat yang berbeda dari aslinya dan harus memenuhi spesifikasi. Biasanya proses perhitungan menggunakan cara perhitungan tabel analisis dan di gambarkan dalam bentuk kurva. Untuk mendapatkan hasil yang memenuhi spesifikasi biasanya dilakukan uji coba-coba dengan syarat nilai nya tidak boleh lebih besar dan lebih kecil dari batas-batas maximum dan minimum.

2.7.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Berat jenis agregat adalah rasio antar massa pada agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang, sedangkan penyerapan merupakan kemampuan agregat untuk menyerap air dalam kondisi kering samapi dengan kondisi jenuh permukaan kering.

A. Pemeriksaan berat dan penyerapan air agregat kasar :

a) Peralatan

1. Keranjang kawat berukuran 3,35 mm (No.6) atau 2,36 mm (No. 8) dengan kapasitas 5 kg.
2. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.

3. Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
4. Oven.
5. Alat pemisah contoh.
6. Saringan no. 4 (4,75 mm).

b) Benda uji

Benda uji adalah agregat yang tertahan saringan no. 4 (4,75) mm diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak kira-kira 5 kg.

c) Langkah Kerja

1. Cuci agregat kasar untuk menghilangkan debu atau kotoran yang melekat pada permukaan. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110^{\circ} \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
2. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
3. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 jam.
4. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu;
5. Timbang benda uji kering-permukaan jenuh (Bj).
6. Letakkan benda uji didalam keranjang, goncangan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (Ba), dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C).

d) Perhitungan

1. *Bulk specific gravity* (berat jenis curah)

Berat jenis curah adalah menghitung volume yang di tempati oleh agregat dalam dalam berbagai campuran yang mengandung agregat termasuk beton aspal yang sesuai dengan komposisi atau di analisis berdasarkan volume.

$$BSG1 = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots\dots\dots (2.1)$$

2. *Apparent spesific gravity* (berat jenis semu)

Berat jenis semu merupakan perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang di isi oleh air) pada satuan volume dan suhu tertentu, dengan berat air serta volume yang sama pada suhu tertentu.

$$ASG1 = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots (2.2)$$

3. *Saturated surface dry* (berat jenis kering permukaan jenuh)

Berat kering-permukaan jenuh adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

$$SSD1 = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (2.3)$$

4. Penyerapan

$$\text{Penyerapan 1} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \dots\dots\dots (2.4)$$

5. Rata - rata

$$\text{Rata - rata} = \frac{A+B}{2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh

B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh didalam air

B_k = berat benda uji kering oven

A = Hasil perhitungan sampel satu

B = Hasil perhitungan sampel dua

B. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus

1. *Bulk specific gravity* (berat jenis curah)

Berat jenis bulk adalah suatu sifat yang pada umumnya digunakan dalam menghitung volume yang di isi oleh agregat dalam berbagai campuran yang mengandung agregat.

$$\frac{B_k}{(B+B_j-B_t)} \dots\dots\dots (2.5)$$

2. *Apparent spesific gravity* (berat jenis semu)

Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu, dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu.

$$\frac{B_k}{(B+B_k-B_t)} \dots\dots\dots (2.6)$$

3. *Saturated surface dry* (Berat jenis kering permukaan jenuh)

Keadaan pada agregat dimana tidak terdapat air pada permukaannya, tetapi pada rongga terisi oleh air sehingga tidak mengakibatkan penambahan maupun pengurangan kadar air.

$$\frac{500}{(B+B_j-B_t)} \dots\dots\dots (2.7)$$

4. Penyerapan

Pengujian berat jenis agregat kasar dan halus bertujuan ialah perbandingan berat air yang dapat diserap oleh material terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam persen.

$$\frac{(B_j-B_k)}{(B_k)} \times 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

- Bk = Berat benda uji kering oven dalam gram
- B = Berat piknometer berisi air, dalam gram
- Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air, dalam gram
- Bj = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh

2.7.3 Abrasi/Keausan Agregat

Pengujian abrasi adalah pengujian terhadap daya tahan agregat terhadap kikisan yang di hubungkan langsung dengan bola-bola baja. Degradasi adalah penguraian agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil di bawah pengaruh gaya-gaya yang terjadi selama pemadatan, penimbunan dengan beban lalu lintas. Sedangkan disintegrasi adalah pelapukan pada agregat akibat pengaruh bahan kimiawi, kelembapan, serta perubahan cuaca setiap waktu. Material yang digunakan untuk perkerasan harus tahan terhadap dekomposisi (retak) yang terjadi selama proses pencampuran, pemadatan pembebanan lalu lintas berulang-ulang dan disintegrasi (penghancuran) yang terjadi selama konstruksi berjalan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi :

1. Bentuk partikel yang bulat mengalami degradasi yang lebih besar dari yang berbentuk kubus/bersudut.
2. Energi pemadatan, yaitu degradasi akan terjadi lebih besar pada pemadatan dengan menggunakan energi pemadatan yang lebih besar.

- Ukuran partikel lebih kecil mempunyai tingkat degradasi yang lebih kecil dari pada partikel besar.

Pengujian abrasi dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin Abrasi *Los Angeles* yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No.12 (1,7 mm) terhadap berat semula, dalam persentase. Nilai abrasi untuk agregat kelas A, B dan S adalah 0 - 40%.

Untuk mengetahui nilai keausan dapat dilihat dengan persamaan di bawa ini :

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{b} \times 100 \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan

- a. = berat benda uji semula
- b. = berat benda uji tertahan saringan No. 12

2.7.4 Uji Pematatan

Pematatan merupakan proses meningkatkan kepadatan antar butiran material dengan alat mekanis agar mengurangi rongga udara per volume material. Tujuan pematatan ialah untuk meningkatkan sifat mekanik massa agregat dan pematatan juga di lakukan untuk menentukan kadar air optimum. Umum nya pematatan di ukur dengan berat kering volume bahan yang di padatkan. Air berfungsi sebagai pelumas bagi material atau partikeel tanah. Karena ada air partikel-partikel tersebut lebih mudah bergerak sehingga posisi antar partikel menjadi semakin rapat atau padat ketika kadar air tertentu tercapai. Volume kering tanah akan berkurang seiring dengan meningkat nya kadar air, hal ini di sebabkan karena udara memenuhi ruang-ruang pori dalam tanah yang seharusnya di isi oleh partikel agregat. Densifikasi terjadi dnegan cara bahan-bahan saling berdekatan atau bergabung membentuk volume satuan volume yang lebih padat. Massa jenis adalah massa butiran batu pecah dan pasir per volume, yang dapat di ukur atau di nyatakan dalam satuan berat kering. Metode uji pematatan laboratorium yang di tetapkan dalam standar spesifikasi umum bina marga adalah metode modifikasi (SNI 03-1742-1989). Peralatan yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 152 mm (6"). Bahan yang di gunakan adalah material yang lolos sarigan 37,50 mm (1 ½) dengan alat penumbuk yang berat nya 4,54 kg dan tinggi jatuh 45,75 cm. bahan yang digunakan berdasarkan komposisi campuran agregat gabungan, yang di bagi menjadi 5 bagian dan di padatkan dalam 1 silinder dan tiap silinder lapisan terdiri dari 25 tumbukan.

Faktor menentukan kepadatan :

1. Kadar air material.
2. Material yang digunakan.
3. Proses pemadatan yang harus mengikuti langkah-langkah.

Pada dasarnya pemadatan diukur berdasarkan berat volume kering dari material sedangkan berat volume kering ditentukan oleh berat volume basah dan kadar air.

Untuk mengetahui nilai Kepadatan dapat dilihat dengan persamaan.

1. Berat isi basah, dapat dilihat pada persamaan ini

$$\rho \frac{B_2 - B_1}{V} \dots\dots\dots (2.10)$$

2. Berat isi kering, dapat dilihat pada persamaan ini

$$\rho_d \frac{B_2 - B_1}{V} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

ρ = Berat isi basah (gr/cm³)

B1= Berat cetakan dengan alas

B2= Berat cetakan dengan keping alas dan benda uji

ρ_d = Berat isi kering (gr/cm³)

W = Kadar air (%)

2.7.5 Pengujian CBR

Pengujian CBR (California Bearing Ratio) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan tanah, yaitu dengan membandingkan gaya perlawanan penetrasi piston terhadap tanah dengan gaya perlawanan yang serupa pada contoh standard berupa batu pecah di California dan umumnya digunakan untuk mendesain tebal perkerasan jalan, nilai CBR dapat juga diperoleh melalui DCPT (Dynamic Cone Penetrometer Test) dan menggunakan korelasi kedalaman penetrasi dengan nilai CBR. CBR merupakan perbandingan beban yang di perlukan untuk penetrasi sampel tanah sebesar 0,1 inc dan 0,2 inc terhadap beban yang dipikul. Oleh karena itu, nilai CBR merupakan suatu nilai yang menunjukkan kualitas tanah atau agregat di bandingkan dengan beban standar batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% untuk menopang beban hidup.

Nilai CBR di gunakan untuk mnegetahui ketebalan struktur permukaan perkerasan. Nilai CBR sangat bergantung pada perbandingan agregat kasar dan agregat halus. CBR

sendiri merupakan nilai komposisi kepadatan maximum, yang mana angka tersebut menunjukkan daya dukung suatu lapisan material terhadap beban diatas nya.

Persamaan untuk mendapatkan nilai CBR dapat dilihat pada persamaan :

$$CBR \% = \frac{\text{Beban Terkoreksi}}{\text{Beban Standar}} \times 100 \dots\dots\dots (2.12)$$

Tabel 2.3 Nilai tekan atau beban dan penetrasi material bahan standar

Penetrasi (Inch)	Beban Standar (lbs)	Tekanan Standar (lbs/inch²)
0,1	300	1000
0,2	4500	1500
0,3	5700	1900
0,4	6900	2300
0,5	7800	6000

Sumber : ASTM D-1883

2.7.6 Hubungan Kadar Air dan Nilai CBR

Selama pengujian, kepadatan maksimum di capai bila menggunakan kadar air optimum pada pengujian CBR. Pada kepadatan maksimum ini nilai CBR yang di hasilkan akan semakin tinggi. Namun jika kadar air yang di tambahkan melebihi kadar air optimum maka akan mengakibatkan penurunan kepadatan lebih lanjut sehingga mempengaruhi nilai yang di hasilkan akan menurun. Hal ini di sebabakan pada saat pemadatan, agregat yang sebelum nya mengisi pori-pori digantikan oleh air.