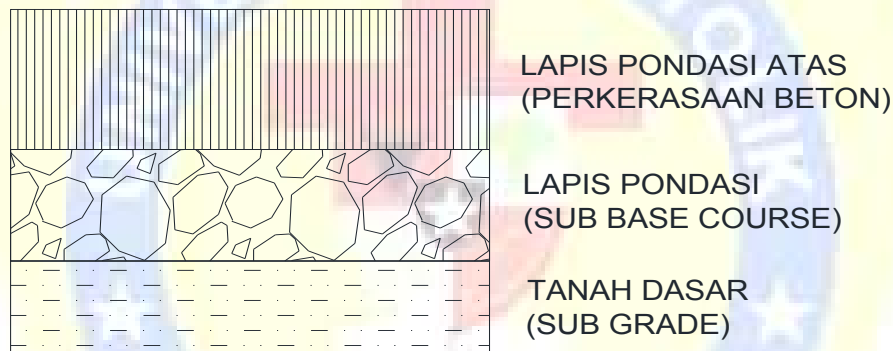


## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Konstruksi Perkerasaan Kaku

Konstruksi perkerasaan lentur adalah lapis perkerasaan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat antara materialnya salah satunya CTB (*cement treated base*). Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas dilimpahkan ke pelat beton, konstruksi ini jarang digunakan karena biaya yang cukup mahal, tetapi biasanya digunakan di lokasi yang tertentu. Karena beton akan segerah mengeras setelah dicor, dan pembuatan beton tidak dapat menerus, maka pada perkerasaan ini terdapat sambungan-sambungan beton.



**Gambar 2.1 : Lapisan Perkerasaan Lentur**

(Sumber : Auto Cad 2010)

Menurut (Sukirman, 2003), Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk menahan beban lalu lintas. Agregat yang dipakai adalah batu pecah atau batu belah atau batu kali ataupun bahan lainnya. Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut :

1. Lapis Pondasi Atas (Perkerasaan Beton)
2. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)
3. Tanah Dasar (*Sub Grade*)

### **2.1.1 Lapis Pondasi Atas (Perkerasan Beton)**

Lapis pondasi atas adalah sebagian perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah dengan tanah dasar. Kegunaan lapis pondasi atas antara lain :

1. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda.
2. Memberikan bantalan terhadap lapis permukaan.
3. Sebagai lapis peresapan untuk lapis pondasi bawah.

Bahan-bahan untuk lapisan umumnya diprioritaskan kekuatan dan keawetannya sedemikian sehingga dapat menahan gaya - gaya lintang dari beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi hendaknya cukup dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan tuntutan teknis.

### **2.1.2 Tanah Dasar (*Sub Grade*)**

Tanah dasar merupakan permukaan tanah asli, permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang merupakan perkerasan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan dari konstruksi jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

1. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat kedudukannya.
2. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
3. Lendutan (*Deflection*) dan pengembangan kenyal yang besar selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
4. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya yaitu pada tanah berbutiran kasar (*Granular Soils*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksana.

5. Sifat mengembang dari macam tanah tertentu akibat perubahan kadar air.

### **2.1.3 Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)**

Lapis pondasi bawah merupakan bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi dari lapisan ini adalah :

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda kendaraan.
2. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi atas.
3. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya.
4. Sebagai lapisan peresapan agar air tanah tidak mengumpul dipondasi atas maupun tanah dasar.
5. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan aspal dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar roda-roda kendaraan atau kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

## **2.2. Lapis Pondasi Agregat Semen CTB (*Cement Treated Base*)**

### **2.2.1. Lapis Pondasi Agregat Semen CTB (*Cement Treated Base*)**

CTB (*cement treated base*) adalah lapis pondasi agregat kelas A atau kelas B atau kelas C yang diberi campuran semen dan berfungsi sebagai lapis pondasi. Lapisan ini harus diletakkan di atas lapis pondasi bawah agregat kelas C.

CTB (*cement treated base*) adalah lapis pondasi (*base course*) pada perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan merupakan pengembangan dari pondasi *soil cement*. Walaupun cara pembuatan dan hasil akhirnya berupa beton, namun CTB (*cement treated base*) bukan merupakan pengembangan dari perkerasan kaku (*rigid pavement*), (Sukirman, 1992). Dalam mengantisipasi kerusakan jalan akibat pertumbuhan volume lalu lintas kendaraan berat pada daerah tertentu

seperti di daerah industri dan pelabuhan, perkerasan tipe CTB (*cement treated base*) merupakan alternatif yang digunakan untuk menggantikan perkerasan tipe ATB (*asphalt treated base*). Lapisan konstruksi CTB (*Cement Treated Base*) tidak peka terhadap air, sifat ini sangat membantu untuk konstruksi dimana muka air tanahnya tinggi dan kondisi curah hujan yang tinggi.

Secara umum, pada perkerasan CTB (*cement treated base*) material agregatnya terdiri dari batu pecah, harus kuat, keras, mudah dipadatkan, tahan gaya geser serta bebas dari material lunak, retak dan berongga, sebagaimana yang tercatum dalam Spesifikasi Bina Marga 2010. Untuk itu, berbagai penelitian yang menyangkut material harus dilakukan hingga mencapai suatu standarisasi yang telah ditetapkan. Campuran CTB (*cement treated base*) terdiri dari agregat, semen, dan air atas persetujuan Direksi Pekerjaan. Kadar semen harus ditentukan berdasarkan percobaan laboratorium (*laboratory test*) dan campuran percobaan (*trial mix*). Kadar air optimum harus ditentukan berdasarkan percobaan laboratorium (Bina Marga 2010 Revisi 3).

Penggunaan CTB (*cement treated base*) biasanya pada konstruksi perkerasan jalan sebagai lapisan konstruksi pondasi bawah (*Sub Base*) atau pondasi atas (*Base Course*), (Departemen Pekerjaan Umum 2010 : Revisi 3 Perkerasan Berbutir Dan Beton Semen). Kelebihan dari penggunaan konstruksi CTB adalah sebagai berikut ini :

- a. Lapisan konstruksi CTB (*cement treated base*) tidak peka terhadap air, sifat ini sangat membantu untuk konstruksi di mana muka air tanahnya tinggi dan kondisi curah hujan yang tinggi.
- b. Nilai CBR yang dihasilkan > 100 % (lebih tinggi dari agregat biasa), sehingga dapat mengurangi tebal rencana perkerasan.
- c. Masa pelaksanaan yang relatif cepat.
- d. CTB (*cement treated base*) hanya membutuhkan masa curing 3 hari untuk dilalui kendaraan.
- e. CTB (*cement treated base*) tidak membutuhkan bekisting atau

cetakan dan tulangan.

- f. CTB (*cement treated base*) dapat mengakomodasi penurunan setempat.

Pekerjaan ini mencakup penyediaan material, pencampuran, pengangkutan, panghamparan, pemadatan, pembentukan permukaan (*shaping*), perawatan (*curing*), dan kegiatan insidental yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi agregat semen, harus sesuai dengan spesifikasi. Secara umum material agregatnya harus terdiri dari batu pecah harus kuat, keras, mudah dipadatkan, tahan terhadap gaya geser serta bebas dari material lunak, retak, dan berongga.

CTB (*cement treated base*) sebagai lapisan *Base Course* atau *Sub-Base Course* mempunyai kelebihan dibandingkan dengan agregat biasa maupun konstruksi beton biasa, diantaranya adalah :

1. Lapisan konstruksi CTB (*cement treated base*) tidak peka terhadap air dibandingkan bahan *Base Course* yang tidak diberi campuran semen. Sifat ini sangat membantu untuk konstruksi dimana muka air tanah tinggi.
2. CTB tidak membutuhkan alat transportasi khusus (*truck mixer*) cukup dengan *dump truck* biasa.
3. CTB tidak membutuhkan cetakan dan tulangan.
4. CTB tidak membutuhkan siar dilatasi maupun *construction joint*.
5. CTB (*cement treated base*) tidak terlalu peka terhadap temperature.

Sedangkan untuk kekurangan dari penggunaan CTB adalah :

1. Dibandingkan dengan *Base Course* konvensional, CTB memerlukan alat khusus untuk proses pencampurannya.
2. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, pelaksanaan CTB (*Cement Treated Base*) membutuhkan pengawas yang lebih ketat dibandingkan dengan *Base Course* konvensional walaupun lebih mudah dibandingkan dengan beton biasa (Hananto BS, 1993).

### **2.2.2. Toleransi Ketebalan Lapis Pondasi Agregat Semen**

- a. Tebal minimum lapis pondasi agregat adalah sebagai berikut :
  1. Tebal minimum lapis pondasi agregat kelas A tidak boleh kurang satu sentimeter dari tebal yang disyaratkan yaitu setebal (20 cm).
  2. Tebal minimum lapis pondasi agregat kelas B tidak boleh kurang satu sentimeter dari tebal yang disyaratkan yaitu setebal (30 cm).
  3. Tebal minimum lapis agregat kelas C tidak boleh kurang dari satu cm dari tebal yang disyaratkan.
- b. Tebal rata-rata pada potongan melintang dari survei lapangan harus tidak lebih atau kurang dari 10% dari yang ditentukan.
- c. Tebal permukaan akhir dari lapis pondasi agregat semen harus mendekati elevasi rancangan dan tidak boleh berbeda lebih dari 1 cm dari elevasi rancangan pada titik manapun.
- d. Apabila sebuah mal datar 3 meter diletakan pada permukaan jalan sejajar dan tegak lurus terhadap garis sumbu jalan, variasi permukaan yang ada tidak boleh melampaui 2 cm tiap 3 meter.

### **2.3. Spesifikasi Bahan Lapis Pondasi Agregat Semen**

- a. Kelas Lapis Pondasi Agregat :

Terdapat tiga kelas yang berbeda dari lapis pondasi agregat yaitu kelas A, kelas B dan kelas C. Lapis pondasi atas harus terdiri dari agregat kelas A atau kelas B, sedangkan lapis pondasi bawah harus terdiri dari agregat kelas C.
- b. Fraksi Agregat Kasar :

Agregat kasar (tertahan pada ayakan 4,75 mm) harus terdiri dari partikel yang keras dan awet. Agregat kasar kelas A yang berasal dari batu kali harus 100 % mempunyai paling sedikit dua bidang pecah. Agregat kasar kelas B yang berasal dari batu kali harus 65 % mempunyai paling sedikit satu bidang pecah sedangkan agregat kasar kelas C berasal dari kerikil.

c. Fraksi Agregat Halus :

Agregat halus (lolos ayakan 4,75 mm) harus terdiri dari partikel pasir atau batu pecah halus.

d. Penyimpanan Agregat :

Agregat harus disimpan sedemikian untuk menjaga mutu yang dipersyaratkan dan siap untuk dipakai. Agregat harus ditumpuk pada dasar yang keras, permukaan yang bersih. Bila dianggap perlu harus ditempatkan sedemikian hingga memudahkan pemeriksaan setiap waktu. Tempat Penumpukan harus ditinggikan dan miring ke arah samping untuk membentuk drainase yang layak terhadap kelembaban yang berlebihan. Agregat harus disimpan dengan cara sedemikian untuk mencegah segregasi dan untuk memelihara gradasi dan kadar air. Kondisi agregat terhadap kadar air, gradasi dan lain-lain harus dijaga supaya tetap atau konstan selama penyimpanan dan selama dibawa ke tempat pencampuran.

### 2.3.1 Agregat Kasar / Kerikil

Menurut (SNI, 03-2847-2002), Agregat Kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Fraksi agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan No. 4 atau 4,75 mm. Fungsi agregat kasar adalah untuk memberikan kekuatan campuran karena permukaannya yang kasar, tidak bulat atau mempunyai bidang pecah, dapat menjadi pengunci yang baik dengan material yang lain. Agregat kasar terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah.

Langka awal untuk mempersiapkan agregat kasar berupa batu pecah adalah dengan memisahkan butiran agregat berdasarkan ukuran butiran, dilakukan dengan pengayakan dengan menggunakan saringan. Setelah pemisahan butiran agregat kasar selesai, batu pecah dicuci untuk membuang kotoran yang melekat pada agregat agar dapat meningkatkan



kualitas agregat. Adapun kualitas agregat kasar yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah :

1. Agregat kasar harus merupakan butiran keras dan tidak berpori. Agregat kasar tidak boleh hancur karena adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula, sifat tidak berpori untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.
2. Agregat kasar harus bersih dari unsur organik.
3. Agregat tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering. Lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.
4. Agregat mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen sehingga akan mengikat dengan lebih baik.

A. Pemeriksaan MHB (Modulus Halus Butir) kerikil :

1) Tujuan :

Untuk mengetahui nilai kehalusan atau kekasaran butiran kerikil.

2) Benda Uji :

Benda uji yang digunakan adalah pasir dengan berat minimum 2000 gr.

3) Alat :

- a. Satu set ayakan 38.1 mm, 25 mm, 19 mm, 9.5 mm, 6.3 mm, 4,75 mm, 2,36 mm dan sisa.
- b. Alat gerak ayakan
- c. Timbangan.
- d. Kuas pembersih ayakan.
- e. Cawan.

4) Pelaksanaan :

- a. Ambil pasir dengan berat 2000 gr.
- b. Masukkan kerikil ke dalam set ayakan.
- c. Kemudian ayak dan timbanglah pasir yang tertinggal dari



masing-masing tingkat ayakan.

5) Perhitungan modulus halus butir kerikil :

$$FM = \frac{\sum K_{om}}{100} \quad (\text{PUBI-1982}) \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

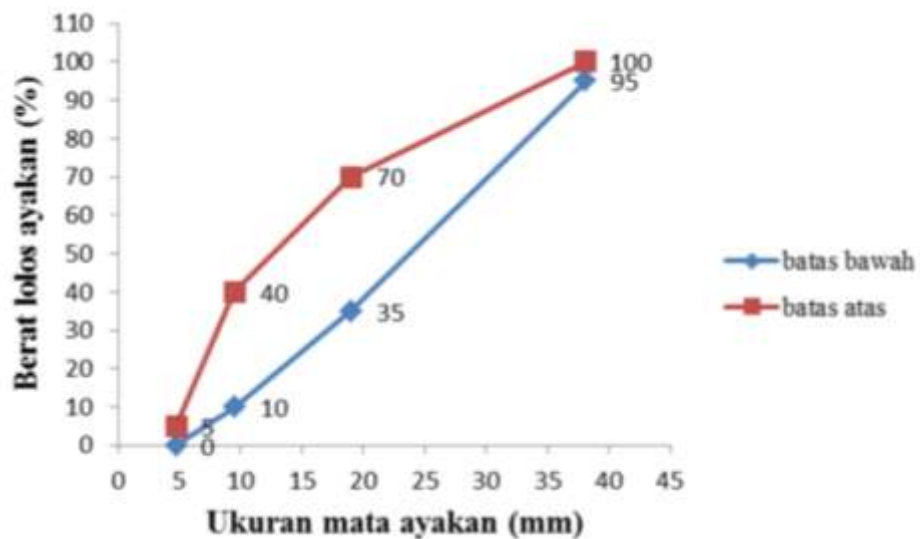
FM = Modulus kehalusan butir agregat .

$\Sigma K_{om}$  (%) = jumlah persen kumulatif yang tertahan di atas ayakan.

**Tabel 2.1** : Spesifikasi Agregat Kasar (Kerikil Atau Koral)

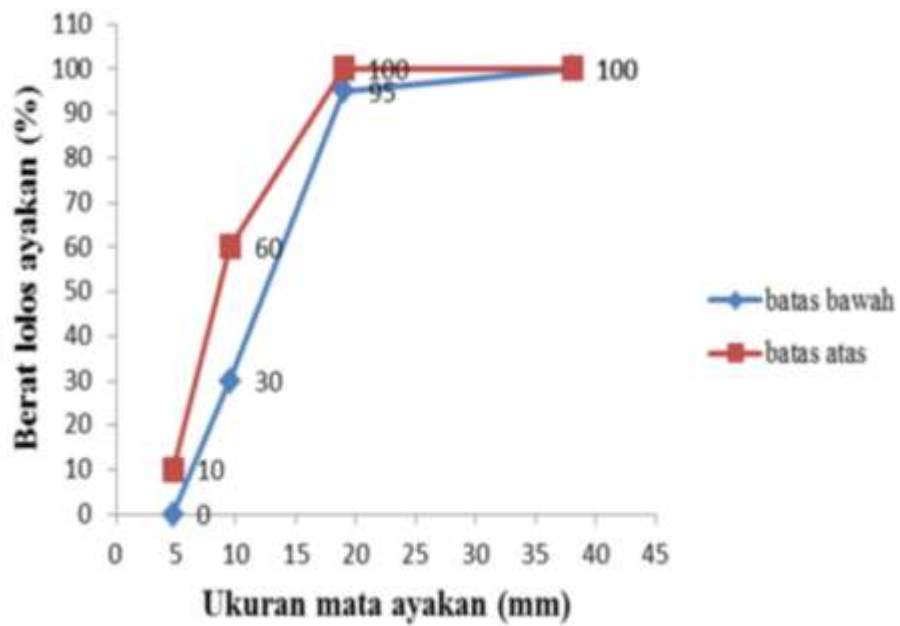
Ukuran Mata Ayakan (mm)	Persentase Berat Bagian Yang Lewat Ayakan Ukuran Nominal Agregat (mm)		
-	40 mm	20 (mm)	10 (mm)
38.1	95 - 100	100	-
19	37 - 70	95 - 100	100
9.52	10 = 40	30 = 60	50 - 85
4.75	0 - 5	0 - 10	0 - 10

(Sumber : PUBI-1982)

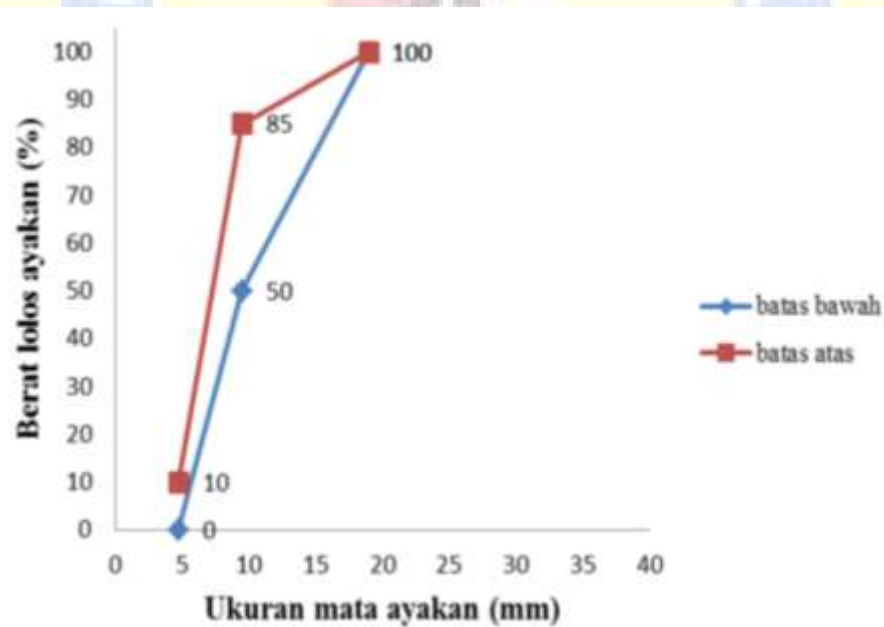


**Gambar 2.2** : Grafik Batas Gradasi Kerikil Ukuran Maksimum 40 mm

(Sumber : PUBI-1982)



**Gambar 2.3 :** Grafik Batas Gradasi Kerikil Ukuran Maksimum 20 mm  
(Sumber : PUBI-1982)



**Gambar 2.4 :** Grafik Batas Gradasi Kerikil Ukuran Maksimum 10 mm  
(Sumber : PUBI – 1982)

## B. Pemeriksaan Berat Jenis kerikil

Perbandingan antara berat dan volume pasir tidak termasuk pori-pori antara butirannya disebut berat jenis. Pemeriksaan berat jenis dan SSD (*Saturated Surface Dry*) krikil merupakan hal yang penting untuk mengetahui kerikil tersebut telah memenuhi syarat atau belum untuk bahan campuran adukan beton (PUBI-1982).

### 1) Tujuan :

Untuk mengetahui cara memeriksa berat jenis maupun SSD Kerikil.

### 2) Benda Uji :

Benda uji berupa Kerikil.

### 3) Alat :

Alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Bejana 5 liter untuk pengujian kerikil.
- b. Tungku pengering (oven).
- c. Loyang.

### 4) Pelaksanaan dalam pemeriksaan benda uji :

Berikut tahapan pemeriksaan berat jenis kerikil yaitu :

- a. Bejana diisi air sampai line akhir.
- b. Ditimbang, kemudian air dikeluarkan.
- c. Sediakan kerikil sekitar 4 kg
- d. Masukkan kerikil SSD ke dalam bejana.
- e. Setelah itu dimasukkan air sampai line akhir.
- f. Digoyang-goyang sampai udara nampak keluar.
- g. Diberi air sampai line akhir.
- h. Air dikeluarkan dari bejana.
- i. Kerikil dikeluarkan dari bejana dan dikeringkan selama 36 jam.

### 5) Perhitungan berat jenis kerikil :

a. Berat jenis kerikil kering tunggu = \_\_\_\_\_ .....(2.2)

b. Berat jenis kerikil SSD = \_\_\_\_\_ .....(2.3)

Keterangan :

- A = Berat kerikil + Bejana + air (gram)
- B = Berat kerikil SSD (gram)
- C = Berat bejana + air (gram)
- D = Berat kerikil kering tungku (gram)

### 2.3.2 Agregat Halus / Pasir

Agregat halus adalah pasir yang didapat dari pelapukan batuan secara alami atau pasir yang dihasilkan dari pemecahan batu yang semua butirannya menembus ayakan dengan lubang 4,75 mm. Agregat halus dalam beton berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga antara agregat kasar. Agregat sebagai bahan pengisi yang memberikan sifat kaku dan stabilitas dimensi dari beton. Agregat halus sebaiknya berbentuk bulat dan halus dikarenakan untuk mengurangi kebutuhan air. Agregat halus akan membutuhkan air yang lebih banyak dikarenakan luas permukaan agregat akan lebih besar.

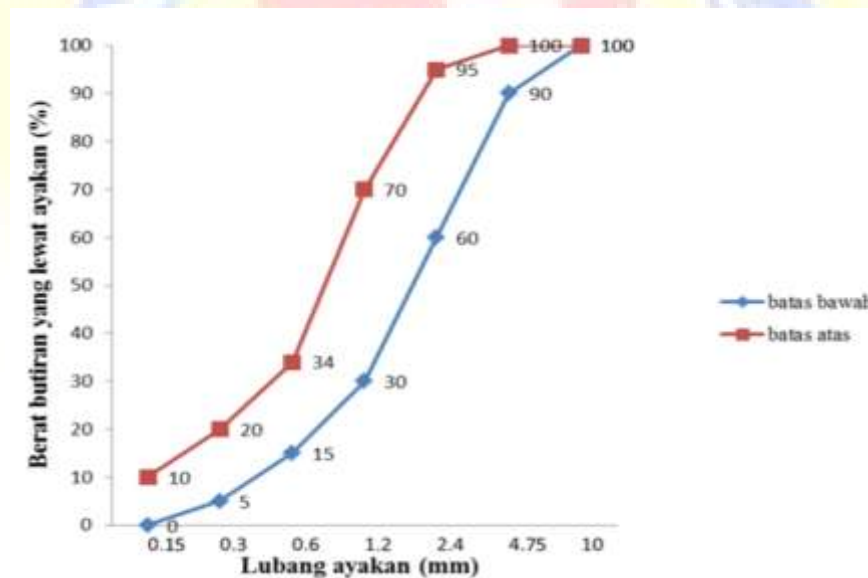
Gradasi agregat halus sebaiknya sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3, yaitu :

1. Mempunyai butiran yang halus.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%.
3. Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5%. Untuk beton mutu tinggi dianjurkan dengan modulus kehalusan 3,0 atau lebih.
4. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama)

**Tabel 2. 2** : Spesifikasi Gradasi Pasir

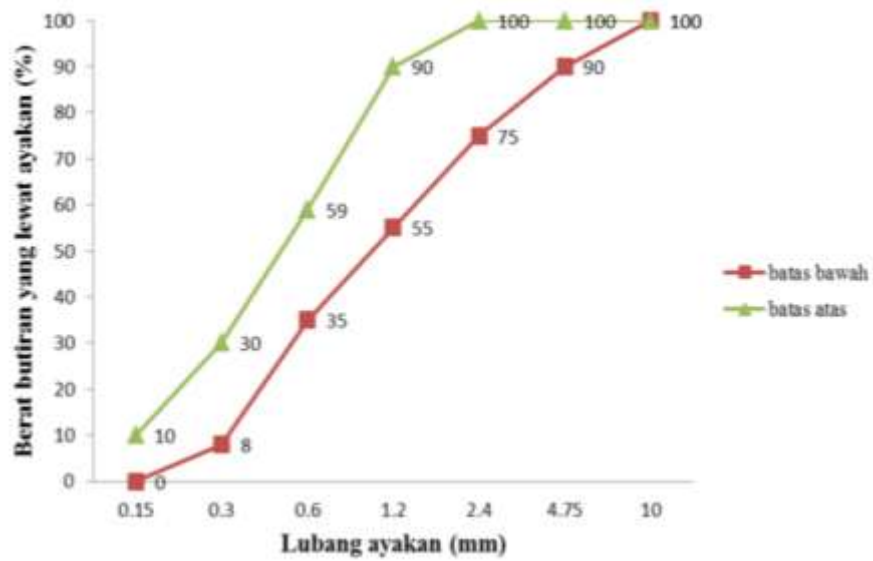
Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran Yang Lewat Ayakan			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
	Pasir Kasar	Pasir Agak Kasar	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
10	100	100	100	100
4.75	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2.4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1.2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0.6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0.3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0.15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	1 - 15

(Sumber : PUBI-1982)

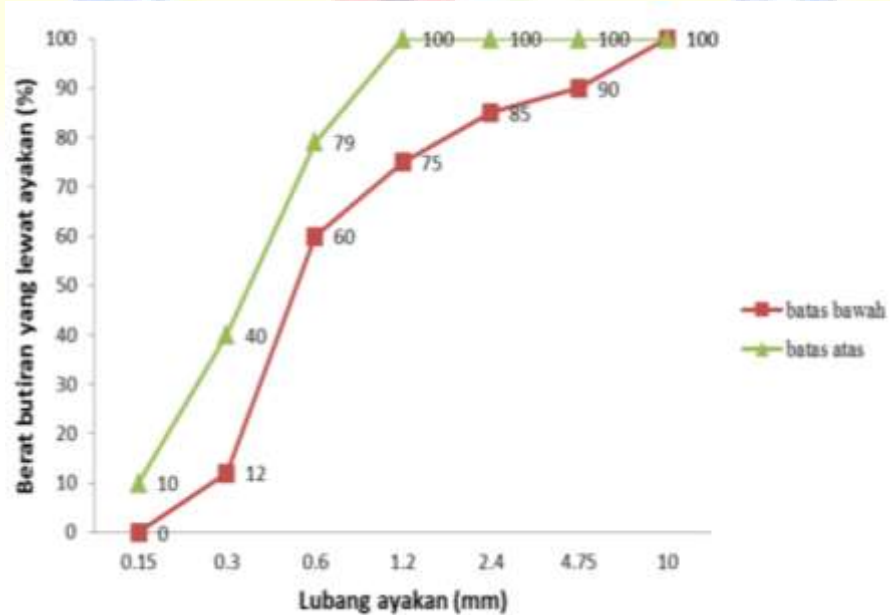


**Gambar 2.5** : Grafik Batas Gradasi Butir Pasir Kasar

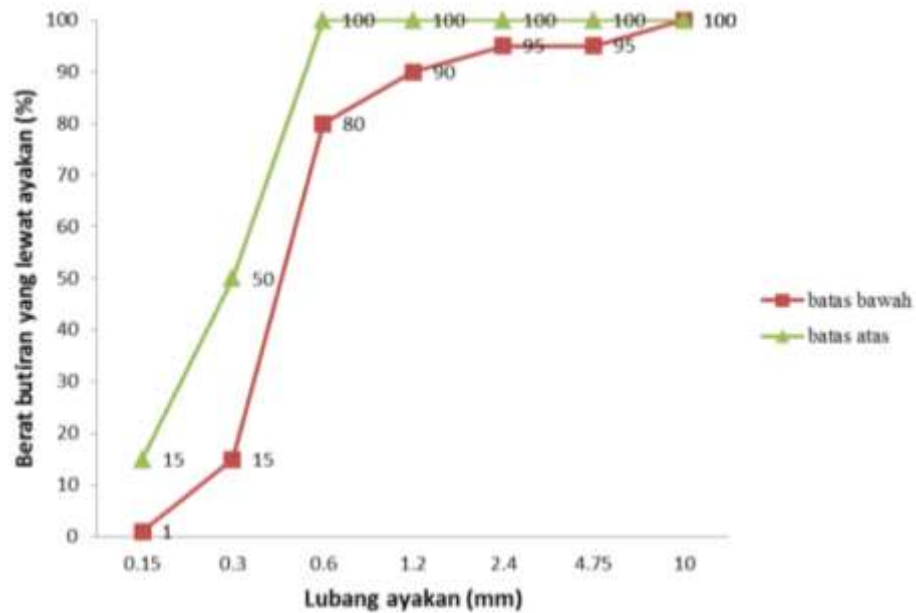
(Sumber : PUBI-1982)



**Gambar 2.6 :** Grafik Batas Gradasi Butir Pasir Agak Kasar  
(Sumber : PUBI-1982)



**Gambar 2.7 :** Grafik Batas Gradasi Butir Pasir Agak Halus  
(Sumber : PUBI-1982)



**Gambar 2.8 :** Grafik Batas Gradasi Butir Pasir Halus  
(Sumber : PUBI-1982)

- A. Pemeriksaan MHB pasir :
- Perhitungan modulus halus butir agregat menggunakan rumus :
- $$FM = \frac{100}{\sum \text{Kum} (\%)} \quad (\text{PUBI-1982}) \dots\dots\dots(2.4)$$
- Keterangan :
- FM = Modulus kehalusan butir agregat
- $\sum \text{Kum} (\%)$  = Jumlah persen kumulatif yang tertahan di atas ayakan.
- B. Pemeriksaan Kandungan Lumpur Dalam Pasir :
- 1) Cara volume endapan ekuivalen :
    - a) Tujuan :  
Pemeriksaan pasir dengan cara volume endapan ekuivalen bertujuan untuk mengetahui besarnya kadar lumpur dalam pasir tersebut.
    - b) Benda Uji :
      1. Pasir sebanyak 450 cc.
      2. Air (sesuai dengan kebutuhan).



c) Alat :

Gelas ukur tak berwarna (transparan) dengan tutup, dengan ukuran 1000 cc.

d) Pelaksanaan :

1. Gelas ukur diisi dengan pasir yang telah disediakan sampai 450 cc kemudian ditambah dengan air sampai 900 cc.
2. Tutup gelas ukur sampai rapat kemudian dikocok-kocok.
3. Diamkan selama kurang lebih 1 jam.
4. Catat endapan lumpur yang berada di atas pasir (berapa cc ketebalannya).

2) Cara Ayakan N. 200 :

a. Tujuan :

Pemeriksaan pasir dengan cara ayakan No. 200 bertujuan untuk mengetahui besarnya kadar lumpur (tanah liat) dalam pasir tersebut.

b. Benda Uji

Pasir lolos ayakan 4.8 mm seberat 500 gr.

c. Alat :

1. Ayakan No. 200.
2. Ayakan 4.8 mm.
3. Nampan pencuci
4. Tungku pengering (*oven*).
5. Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat pasir contoh.

d. Pelaksanaan :

1. Ambil pasir kering tungku yang lewat ayakan 4.8 mm seberat 500 gr (B1).
2. Masukkan pasir tersebut ke dalam nampan pencuci dan tambahkan air secukupnya sampai semuanya terendam.
3. Goncang-goncangkan nampan, kemudian tuangkan air cucian ke dalam ayakan No. 200 (butir - butir besar

dijaga jangan sampai masuk ke ayakan supaya tidak merusak ayakan).

4. Ulangi langkah sampai cucian tampak bersih.
  5. Masukkan kembali butir-butir pasir yang tersisa di ayakan No. 200 ke dalam napan, kemudian masukkan ke dalam tungku untuk dikeringkan kembali.
  6. Timbang kembali setelah kering tungku (B2).
- e. Perhitungan kadar lumpur :

Kandungan lumpur = ——— .....(2.5)

Keterangan :

B1 = Berat pasir semula (kering tungku).

B2 = Berat pasir setelah dicuci (kering tungku).

C. Pemeriksaan Berat Jenis pasir :

1) Tujuan :

Untuk mengetahui cara memeriksa berat jenis maupun SSD pasir.

2) Benda Uji :

Benda uji berupa pasir.

3) Alat :

- a. Tabung ukur volumetric flush 1000 ml untuk pengujian pasir
- b. Bejana 5 liter untuk pengujian kerikil
- c. Tungku pengering (oven)
- d. Loyang

4) Pelaksanaan

- a. Tabung ukur diisi air sampai line akhir.
- b. Ditimbang, kemudian air dikeluarkan.
- c. Sediakan pasir SSD sebanyak 500 gr.
- d. Masukkan pasir SSD ke dalam tabung ukur dan jangan sampai tumpah.
- e. Setelah itu dimasukkan air sampai line akhir.
- f. Digoyang-goyang sampai udara nampak keluar.

- g. Diberi air sampai line akhir.
  - h. Air dikeluarkan dari tabung ukur.
  - i. Pasir dikeluarkan dari tabung ukur dan dikeringkan selama 36 jam.
- 5) Perhitungan berat jenis pasir :
- a. Berat jenis pasir kering tunggu = \_\_\_\_\_ .....(2.6)
  - b. Berat jenis pasir SSD = \_\_\_\_\_ .....(2.7)

Keterangan :

A = Berat pasir + tabung ukur + air (gram)

B = Berat pasir SSD (gram)

C = Berat tabung ukur + air (gram)

D = Berat pasir kering tungku gram)

### 2.3.3 Semen

Sesuai dengan persyaratan SNI, 15-2049-2004 (semen *portland*) tipe I yaitu semen portland PPC untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis - jenis lain. Semen portland merupakan semen hidrolis artinya bahan pengikat ini akan mengeras jika bereaksi dengan air. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Secara umum semen merupakan material perekat untuk kerikil (agregat kasar), pasir, batubata, dan material sejenis lainnya. Bahan baku utama semen adalah bahan-bahan yang mengandung kapur (CaO), silika (SiO<sub>2</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dan besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Menurut (Mulyono, 2003), semen berfungsi sebagai bahan pengikat adukan beton segar dan juga sebagai bahan pengisi. Semen merupakan bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara mengasikkan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis) dengan gips sebagai bahan tambah. Ada dua macam semen, yaitu :

1. Semen hidrolis adalah semen yang akan mengeras jika bereaksi dengan air, tahan terhadap air dan stabil didalam air setelah mengeras.
2. Semen non-hidrolis adalah semen yang dapat mengeras tetapi tidak stabil di dalam air, akan tetapi mengeras diudara.

Adapun factor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan semen antara lain :

1. Kehalusan semen, semakin halus butiran semen maka cepat waktu pengikatannya.
2. Jumlah air, waktu pengikatan akan semakin cepat dengan semakin sedikitnya air.

Sesuai dengan tujuan penggunaannya, semen portland dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu :

1. Semen Portland Tipe I (*Ordinary Portland Cement*)  
Merupakan semen Portland yang digunakan dalam penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus yang disyaratkan pada jenis lain. Contoh pemakaian : gedung, jalan, dan jembatan.
2. Semen Portland Tipe II (*Moderate Resistance Cement*)  
Merupakan semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang. Contoh pemakaian : dermaga, bendungan, bangunan diatas tanah berawa, dan bangunan tepi pantai.
3. Semen Portland Tipe III (*High Early Strength Cement*)  
Merupakan semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi. Contoh pemakaian : jalan layang dan landasan lapangan udara.
4. Semen Portland Tipe IV (*Low Heat Hydration*)  
Merupakan semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap panas hidrasi rendah. Contoh pemakaian : bendungan, bangunan dengan massa besar.

#### 5. Semen Portland Tipe V (*High Sulphate Resistance Cement*)

Merupakan semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Contoh pemakaian : dermaga, bangunan dipinggir pantai, bangunan diatas tanah berawa.

### 2.3.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang diperlukan untuk bereaksi kimia dengan semen yang memungkinkan untuk terjadinya pengikatan dan pengerasan dan menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan (Kardiyono, 1996). Reaksi air dan semen akan menghasilkan pasta semen yang berfungsi sebagai pengikat antar agregat.

Perbandingan air dan semen dalam pembuatan beton sangat penting, karena akan berpengaruh pada kekuatan beton yang dihasilkan dan kemudahan dalam pengerjaannya. Bila beton terlalu banyak mengandung air akan menyebabkan timbulnya gelembung setelah proses hidrasi selesai, bila beton kekurangan air akan menyebabkan proses pengerjaan beton sulit dan beton akan menjadi porous setelah mengeras sehingga kekuatannya akan turun.

## 2.4. Pengujian Laboratorium Terhadap Agregat

### 2.4.1 Analisis Saringan Agregat Kasar Dan Halus (Gradasi)

Menurut (Sukirman, 2003), analisa saringan agregat adalah suatu kegiatan analisis yang digunakan untuk menentukan presentase berat butiran agregat yang lolos dalam satu set saringan, yang angka presentase kumulatif digambarkan pada grafik pembagian butir. Ukuran butir yang maksimum dan agregat ditunjukkan dengan saringan terkecil dimana agregat tersebut masi bisa lolos 100%. Ukuran nominal maksimum agregat adalah ukuran saringan yang terbesar dimana diatas saringan tersebut terdapat sebagian agregat yang tertahan. Ukuran butiran maksimum dan gradasi agregat di kontrol oleh spesifikasi susunan dari butiran agregat sangat berpengaruh dalam perencanaan suatu perkerasaan.

Ukuran butiran tanah ditentukan dengan menyaring sejumlah tanah melalui seperangkat saringan yang disusun dengan lubang yang paling besar berada paling atas dan makin kebawah makin kecil. Jumlah tanah yang tertahan pada saringan tersebut disebut salah satu dari ukuran butir sampel tanah. Saringan yang digunakan yaitu No. saringan berukuran 1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, dan No. 200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1inci panjang. Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentasi butiran baik agregat halus maupun agregat kasar.

Berat yang tertahan yang tertahan di tiap dihitung beratnya dan persentase kumulatif dari berat tanah yang melewati tiap saringan dihitung beratnya. Dengan mengetahui pembagian besarnya butir dari suatu tanah, maka kita dapat menentukan klasifikasi terhadap suatu macam tanah tertentu atau dengan kata lain dapat mengadakan deskripsi tanah.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan. Jumlah persentase butiran baik agregat kasar maupun agregat halus merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan, karena gradasi agregat tersebut mempengaruhi besarnya rongga antara butiran yang menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1set saringan dimana saringan yang paling besar diletakkan di atas dan yang paling halus diletakkan dipaling bawah.

**Tabel 2.3 : Ukuran Bukaannya Saringan**

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4"	100	3/8"	9.500
	90.00	No. 4	4.750
3"	75.00	No. 8	2.350
	63.00	No. 16	1.180
2"	50.00	No. 30	0.600
	37.50	No. 50	0.300
1"	25.00	No. 100	0.150
	19.00	No. 200	0.075
	12.50		

(Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010)

#### 2.4.2 Jenis Gradasi Agregat

Distribusi butir-butir agregat dengan ukuran tertentu yang dimiliki oleh suatu campuran menentukan jenis gradasi agregat. Gradasi agregat dapat dikelompokkan ke dalam agregat bergradasi baik dan agregat bergradasi buruk.

1. Gradasi baik, adalah campuran agregat dengan ukuran butiran yang terdistribusi merata dalam rentang ukuran butiran. Agregat bergradasi baik disebut pula agregat bergradasi rapat. Campuran agregat bergradasi baik mempunyai pori sedikit, mudah dipadatkan, dan mempunyai stabilitas tinggi. Tingkat stabilitas ditentukan dari ukuran butir agregat terbesar yang ada. Berdasarkan ukuran butir agregat yang dominan menyusun campuran agregat, maka agregat bergradasi baik dapat dibedakan atas :

- a. Agregat bergradasi kasar :

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



b. Agregat bergradasi halus :

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

Agregat bergradasi baik atau buruk dapat diperiksa dengan menggunakan rumus Fuller <sup>(MS22)</sup> :

$$P = \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

P = Persen lolos saringan dengan bukaan saringan d mm.

d = Ukuran agregat yang sedang diperiksa, (mm).

D = Ukuran maksimum agregat yang terdapat dalam campuran, (mm).

Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar. Sedangkan untuk gradasi agregat gabungan perhitungannya dapat dijabarkan metode analitis seperti di bawah ini :

Rumus dasar untuk pencampuran 2 fraksi agregat adalah :

$$\text{---} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{---} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

a = Proporsi dari batu pecah

b = Proporsi dari kali (pasir)

P = Persen lolos saringan dengan bukaan d mm

A = Persen lolos saringan batu pecah untuk bukaan d mm

B = Persen lolos saringan sirtu untuk bukaan d mm

## 2. Gradasi buruk

Gradasi buruk adalah distribusi ukuran agregat yang tidak memenuhi persyaratan agregat bergradasi baik.

Agregat bergradasi buruk dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Agregat bergradasi seragam, adalah agregat yang hanya terdiri dari butir-butir agregat berukuran sama atau hampir sama. Campuran agregat ini mempunyai pori antara butir yang cukup besar, sehingga sering dinamakan juga agregat bergradasi terbuka. Rentang distribusi ukuran butir yang ada pada agregat bergradasi seragam tersebar pada rentang yang sempit.
- b. Agregat bergradasi terbuka, adalah agregat yang distribusi ukuran butirnya sedemikian rupa sehingga pori-porinya tidak terisi dengan baik.
- c. Agregat bergradasi senjang, agregat yang distribusi ukuran butirnya tidak menerus, atau ada bagian ukuran yang tidak ada, jika ada hanya sedikit sekali.

### 2.4.3 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dibedakan menjadi :

#### 1. Berat Jenis Curah (*Bulk Specific Gravity*) :

ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.

Berat Jenis curah (*Bulk Specific Gravity*) :

$$\text{---} \dots\dots\dots(2.11)$$

#### 2. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD) :

Yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.

Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD) :

\_\_\_\_\_.....(2.12)

3. Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*) :

lakah perbandingan antara berat agregat kering dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C.

Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*) :

\_\_\_\_\_.....(2.13)

4. Penyerapan Air :

Adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Dinyatakan dalam persen. Penyerapan :

\_\_\_\_\_.....(2.14)

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Bj = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

#### 2.4.4 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dibedakan menjadi :

1. Berat Jenis Kering (*Bulk*) :

\_\_\_\_\_.....(2.15)

2. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*Saturated Surface Dry*) :

\_\_\_\_\_.....(2.16)

3. Befat Jenis Semu (*Apparent*) :

$$\frac{Bk}{B} \dots\dots\dots(2.17)$$

4. Penyerapan :

$$\frac{Bt - 500}{B} \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

#### 2.4.5 Berat Isi Agregat

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar, dan campuran. Berat isi adalah perbandingan berat dan isi. Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010.

Beralisi agregat :

$$\frac{W_1}{W_2 - W_3} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

$W_1$  = Berat wadah (gram)

$W_2$  = Berat wadah + benda uji (gram)

$W_3$  = Berat benda uji (gram)

V = Isi wadah ( )

#### 2.4.6 Ketahanan Agregat Terhadap Mesin Los Angeles (Abrasi)

Ketahanan Agregat Terhadap Mesin Los Angeles (Abrasi) adalah untuk menentukan daya tahan agregat kasar terhadap beban mekanis diperiksa dengan melakukan pengujian abrasi menggunakan alat abrasi los angeles, sesuai dengan (SNI, 03-2417-2008). Gaya mekanis pada

pemeriksa dengan alat abrasi *Los Angeles* diperoleh dari bola baja yang dimasukkan bersama dengan agregat yang diuji, (Sukirman, 2003).

Pengujian keausan ini diperlukan untuk mengetahui tingkat ketahanan agregat kasar terhadap keausan, percobaan yang dilakukan dengan menggunakan bola-bola baja yang dimasukkan ke dalam mesin *Los Angeles*, selanjutnya mesin diputar dengan kecepatan 30/33 sebanyak 500 putaran. Agregat yang sudah diuji tersebut kemudian disaring dan dicuci lalu ditimbang beratnya. Nilai akhir dinyatakan dalam persen yang merupakan hasil perbandingan antara benda uji yang tertahan saringan No.12 dengan berat benda uji semula. Nilai tinggi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat putaran alat yang mengakibatkan tumbukan dan geser antara partikel dengan bola-bola baja.

Nilai abrasi > 40% menunjukkan agregat tidak mempunyai kekerasan cukup untuk digunakan sebagai bahan pelapis permukaan dan lapis pondasi atas. Nilai abrasi 50% dapat digunakan sebagai bahan lapisan bagian bawah. Parameter yang digunakan adalah parameter 0206-76 (Bina Marga) dan AASHTO 96-77, dimana ketentuannya adalah sebagai berikut :

1. Nilai abrasi > 40% : tidak memenuhi untuk material perkerasan jalan.
2. Nilai abrasi < 30% : baik untuk lapisan penutup.
3. Nilai abrasi < 40% : baik untuk lapisan permukaan dan LPA.
4. Nilai abrasi < 50% : dapat digunakan untuk lapisan yang lebih bawah.

Rumus - rumus yang digunakan dalam pengujian ketahanan agregat terhadap mesin Los Angeles (Abrasi) sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan keausan dengan mesin abrasi los Angeles.

$$\text{Keausan} = \frac{\text{Berat agregat sebelum uji} - \text{Berat agregat setelah uji}}{\text{Berat agregat sebelum uji}} \times 100 \quad (2.20)$$

Keterangan :

a = Berat benda uji

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

## 2.5. Agregat Gabungan

Agregat gabungan adalah gabungan antara beberapa fraksi agregat dengan presentase tertentu untuk mendapatkan gradasi yang sesuai dengan spesifikasi. Agregat gabungan untuk campuran aspal ditunjukkan dalam persen berat agregat, harus memenuhi batas - batas dan harus berada diluar daerah larangan (*Restriction Zone*) yang diberikan dalam tabel Gradasi Agregat Gabungan. Untuk memperoleh gradasi agregat yang sesuai dengan spesifikasi agregat, maka kombinasi agregat dapat ditentukan dari dua atau lebih fraksi agregat, yang penggabungannya dapat dilakukan dengan cara analitis atau grafis. Dalam penelitian ini digunakan metode analitis.

Menurut (Sukirman, 2003), Agregat campuran adalah agregat yang diperoleh dalam mencampur secara proporsional fraksi agregat A, fraksi agregat B, dan fraksi agregat C. proporsi dari masing-masing fraksi agregat dirancang secara proporsional sehingga diperoleh gradasi agregat yang diinginkan. Agregat campuran adalah hasil pencampuran dari a% fraksi agregat kasar b% fraksi agregat halus dan c% abu batu dengan  $a + b + c = 100\%$ .

Agregat campuran memiliki gradasi baru yang tidak sama dengan gradasi masing-masing fraksi pembentuk campuran, tetapi gradasi yang memenuhi spesifikasi gradasi agregat yang direncanakan. Metode merancang proporsi campuran untuk mendapatkan nilai a, b, c dari masing fraksi yang dicampur terdiri dari metode analitis dan metode grafik. Pelaksanaan pekerjaan di lapangan mempergunakan alat-alat berat, dan agregat yang digunakan pun dalam jumlah besar. Hal ini mengakibatkan tak pernah diperoleh suatu lengkung gradasi agregat campuran selama pelaksanaan. Berdasarkan hal ini, agregat campuran setiap jenis perkerasan mempunyai gradasi agregat yang terletak dalam satu rentang nilai. Batasan ini biasanya dinamakan batasan gradasi agregat, atau disebut juga spesifikasi gradasi agregat campuran, (Sukirman, 2003). Rancangan agregat campuran dengan metode analitis dapat ditunjukkan

dalam rumus dasar dari proses pencampuran dua, tiga atau lebih fraksi agregat dibawah ini :

$$P = aA + bB + cC \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan:

- P = Persen lolos saringan dengan bukaan d mm yang diinginkan, diperoleh dari spesifikasi campuran
  - A = Persen lolos saringan fraksi agregat A untuk bukaan d mm.
  - B = Persen lolos saringan fraksi agregat B untuk bukaan d mm.
  - C = Persen lolos saringan fraksi agregat C untuk bukaan d mm.
  - a = Proporsi dari fraksi agregat A.
  - b = Proporsi dari fraksi agregat B.
  - c = Proporsi dari fraksi agregat C.
- (a + b + c) = 1 atau 100%

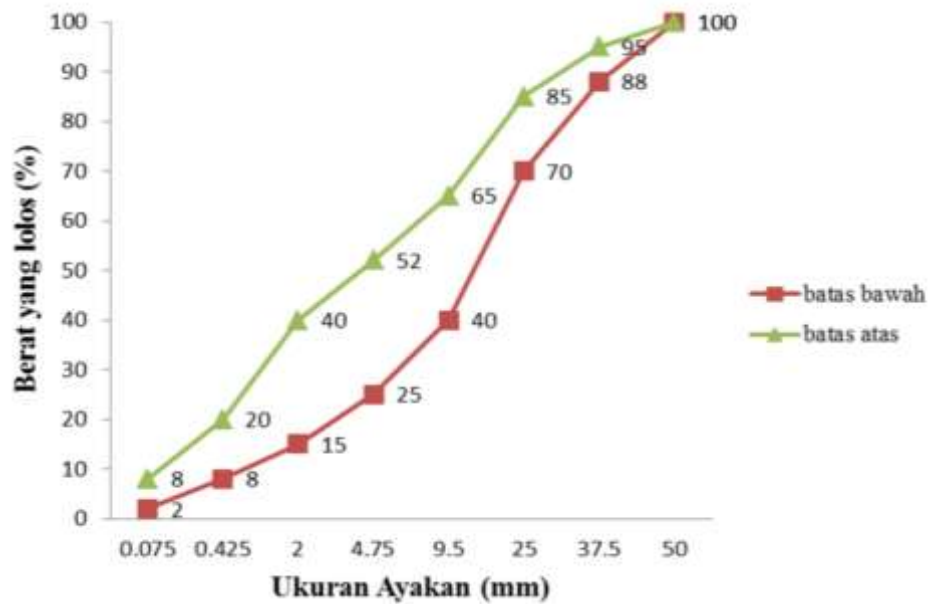
Nilai a, b, c diperoleh dengan *Trial and error*, karena perhitungan P yang dilakukan untuk satu ukuran saringan belum tentu secara keseluruhan dapat menghasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran. Proporsi yang terbaik adalah proporsi yang dapat menghasilkan agregat campuran bergradasi mendekati gradasi tengah rentang spesifikasi, (Sukirman, 2003).

**Tabel 2.4** : Gradasi Lapis Pondasi Agregat

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos % Lolos		
No. Saringan	(mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas C
2"	50	-	100	100
1/2"	37.5	100	88 - 95	70 - 100
1"	25	77 - 85	70 - 85	55 - 87
3/8"	9.5	44 - 58	40 - 65	40 - 70
No. 4	4.75	27 - 44	25 - 52	27 - 60
No. 10	2	17 - 30	15 - 40	20 - 50
No. 40	0.425	7 - 17	8 - 20	10 - 30
No. 200	0.075	2 - 8	2 - 8	5 - 15

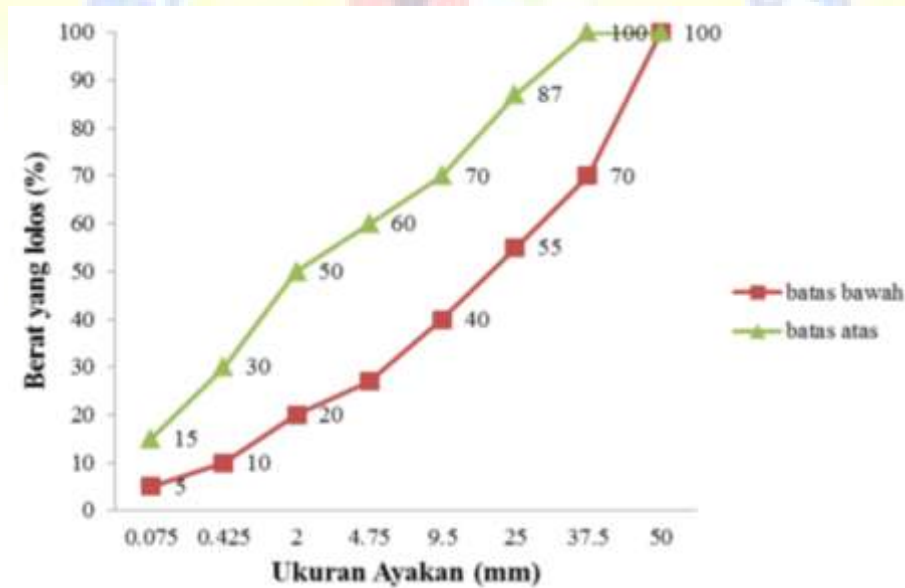
Sumber : (Departemen Pekerjaan Umum 2010 :  
DIVISI 5 Perkerasan Berbutir Dan Beton Semen).





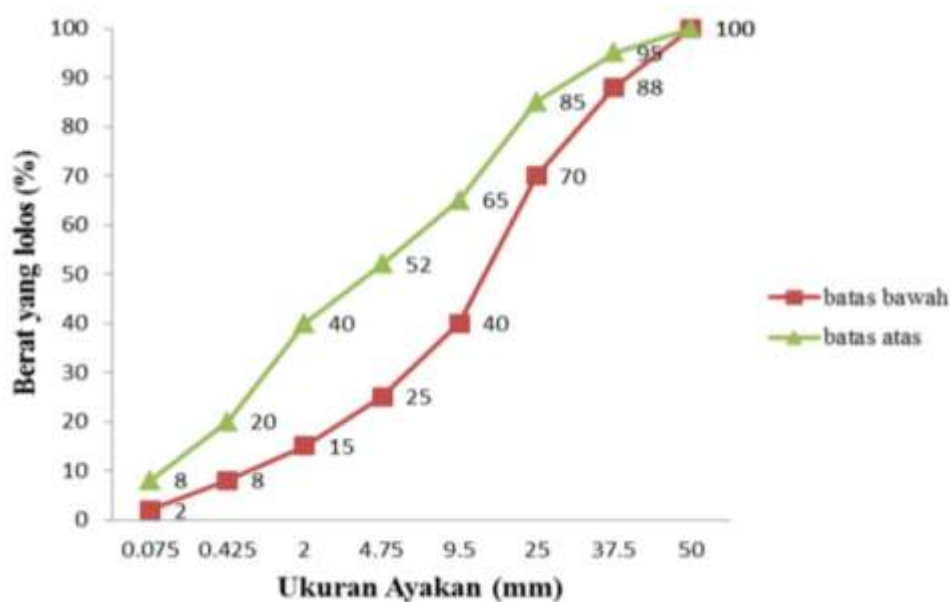
**Gambar 2.9** : Grafik Gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Sumber : (Departemen Pekerjaan Umum 2010:  
DIVISI 5 Perkerasan Berbutir Dan Beton Semen).



**Gambar 2.10** : Grafik Gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas B

Sumber : (Departemen Pekerjaan Umum 2010:  
DIVISI 5 Perkerasan Berbutir Dan Beton Semen).



**Gambar 2.11** : Grafik Gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas C

Sumber : (Departemen Pekerjaan Umum 2010:  
DIVISI 5 Perkerasan Berbutir Dan Beton Semen).

## 2.6. Karakteristik Lapis Pondasi Campuran Agregat Semen

Penentuan kepadatan laboratorium menggunakan SNI,1743-2008 dengan menggunakan bahan pengganti untuk ukuran agregat tertahan ayakan di atas 19 mm (3/4"). Selanjutnya banyaknya agregat, air dan semen untuk pengujian kuat tekan didasarkan pada hasil pengujian kadar air optimum dan berat kering maksimum dari campuran agregat semen.

Kekuatan campuran didasarkan atas kuat tekan benda uji silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur 7 hari. Benda uji silinder menggunakan bahan yang disiapkan sesuai SNI-1743-2008 dipadatkan dalam 5 lapis, masing-masing lapisan ditumbuk sebanyak 156 tumbukan dengan berat alat penumbuk 4,5 kg dan tinggi jatuh 45 cm. Selanjutnya uji kuat tekan benda uji silinder sesuai dengan ketentuan, (SNI, 1974-2011).

### 2.6.1 Kebersihan Agregat (*Cleanliness*)

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

### 2.6.2 Bentuk dan Tekstur Agregat

Berdasarkan bentuknya, partikel atau butir agregat dikelompokkan menjadi :

1. Agregat berbentuk bulat (*rounded*) :

Agregat yang ditemui di sungai umumnya telah mengalami erosi, sehingga berbentuk bulat dan licin. Bidang kontak antara agregat berbentuk bulat sangat sempit, hanya berupa titik singgung, sehingga menghasilkan penguncian antara agregat yang tidak baik, dan menghasilkan kondisi kepadatan lapisan perkerasan yang kurang baik.

2. Agregat berbentuk kubus (*cubical*) :

Pada umumnya merupakan agregat pecahan batu massif, atau hasil pecahan mesin pemecah batu. Bidang kontak agregat ini luas, sehingga mempunyai daya saling mengunci yang baik. Kestabilan yang diperoleh lebih baik dan lebih tahan terhadap deformasi. Agregat ini merupakan agregat yang terbaik untuk dipergunakan sebagai material perkerasan jalan.

3. Agregat berbentuk lonjong (*elongated*) :

Dapat ditemui di sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih besar dari 1,8 kali

diameter rata-rata. indeks kelonjongan (*elongated index*) adalah persentase berat agregat lonjong terhadap berat total. Sifat campuran agregat berbentuk lonjong ini hampir sama dengan agregat berbentuk bulat.

4. Agregat berbentuk pipih (*flaky*) :

Dapat merupakan hasil produksi dari mesin pemecah batu, dan biasanya agregat ini memang cenderung pecah dengan bentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang ketebalannya lebih tipis dari 0,6 diameter rata-rata. Indeks kepipihan (*flakiness index*) adalah berat total agregat yang lolos slot dibagi berat total agregat yang tertahan slot pada ukuran nominal.

5. Agregat berbentuk tidak beraturan (*irregular*) :

Adalah bentuk agregat yang tidak mengikuti salah satu bentuk di atas. Pada konstruksi pekerasan, bentuk-bentuk ini berpengaruh pada :

- a. Pekerjaan campuran.
- b. Merubah kemampuan pemadatan dalam mencapai kepadatan, mempengaruhi terhadap kekuatan perkerasan campuran beton.
- c. Pertimbangan dilapangan untuk *sub base course*, bentuk bulat masih dapat digunakan, untuk *base* bentuk bulat masih dapat dipakai sampai 40% dengan minimal punya satu bidang pecahan, untuk *surface course* harus 100% terdiri dari kubus.

## 2.7. Metode Pencampuran CTB (*Cement Treated Base*)

Rancangan metode pencampuran CTB adalah suatu prosedur untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mencampur metode kuantitatif dan kualitatif dalam suatu penelitian atau serangkaian penelitian untuk memahami permasalahan penelitian (Cresswell, 2011). Asumsi dasarnya adalah penggunaan metode kuantitatif dan kualitatif secara gabungan. Berdasarkan asumsi tersebut, memberikan pemahaman yang lebih baik tentang permasalahan yang lebih baik tentang permasalahan dan pertanyaan penelitian daripada jika secara sendiri-sendiri, seperti berikutnya :

- a. Segera sesudah bahant-bahan disetujui kemudian dibuat perencanaan campuran yang akan dipakai untuk percobaan pencampuran. Perencanaan campuran memberikan perbandingan kamposisi dengan beberapa variasi kadar semen dengan menggunakan kadar air optimum.
- b. Campuran CTB (*Cement Treated Base*) terdiri dari agregat, semen, dan air atas persetujuan Direksi Pekerjaan. Kadar semen harus ditentukan berdasarkan percobaan laboratorium (*laboratory test*) dan percobaan campuran (*trial mix*). Kadar air optimum harus ditentukan berdasarkan percobaan laboratarium.
- c. Pencampuran dari CTB (*cement treated base*) harus dengan peralatan *continous mixing plant sistim* ukuran berat untuk menjamin kebenaran porsi setiap bahan.
- d. Waktu pencampuran CTB (*cement treated base*) terhitung pada waktu air ditambahkan ke dalam campuran.

Perbedaan utama dari kedua metode ini adalah energi yang digunakan dalam uji metode standar menggunakan energi sebesar 600 , sedangkan metode madifikasi menggunakan energi sebesar 2700

**Tabel 2.5 : Metode Proctor Standar (Energi Sebesar 600 )**

<b>Tipe</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Gradasi	≤ 20 % berat tertahan di ayakan No. 4 (4,75 mm)	> 20 % berat tertahan di ayakan No. 4 (4,75 mm) dan ≤ 20 % berat tertahan di ayakan 3/8" (9,5 mm)	> 20 % berat tertahan di ayakan 3/8" (9,5 mm) dan < 30 % berat tertahan di ayakan 3/4" (19 mm)
Materian Sampel	Lolos ayakan No. 4 (4,75 mm)	Lolos ayakan 3/8" (9,5 mm)	Lolos ayakan 3/4" (19 mm)
Diameter mold	4" (101,6 mm)	4" (101,6 mm)	6" (152,4 mm)
Berat Palu	5,5 lbf (24,4 N)	5,5 lbf (24,4 N)	5,5 lbf (24,4 N)
Tinggi Jatuh	12" (305 mm)	12" (305 mm)	12" (305 mm)
Jumlah Lapisan	3 lapis / mold	3 lapis / mold	3 lapis / mold
Tumbukan	25 / lapis	25 / lapis	56 / lapis

Sumber : Punmia, 1980

**Tabel 2.6 : Metode Proctor Standar (Energi Sebesar 2700 )**

<b>Tipe</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Gradasi	≤ 20 % berat tertahan di ayakan No. 4 (4,75 mm)	> 20 % berat tertahan di ayakan No. 4 (4,75 mm) dan ≤ 20 % berat tertahan di ayakan 3/8" (9,5 mm)	> 20 % berat tertahan di ayakan 3/8" (9,5 mm) dan < 30 % berat tertahan di ayakan 3/4" (19 mm)
Materian Sampel	Lolos ayakan No. 4 (4,75 mm)	Lolos ayakan 3/8" (9,5 mm)	Lolos ayakan 3/4" (19 mm)
Diameter mold	4" (101,6 mm)	4" (101,6 mm)	6" (152,4 mm)
Berat Palu	10 lbf (44,5 N)	10 lbf (44,5 N)	10 lbf (44,5 N)
Tinggi Jatuh	18" (457,2 mm)	18" (457,2 mm)	18" (457,2 mm)
Jumlah Lapisan	5 lapis/mold	5 lapis/mold	5 lapis/mold
Tumbukan	25/lapis	25/lapis	56/lapis

Sumber : Punmia, 1980

### 2.7.1 Penghamparan

Lapis Pondasi Agregat Semen CTB (*Cement Treated Base*) harus dihampar dan ditempatkan di atas perbaikan tanah dasar (*sub grade*), dengan metode mekanis, menggunakan alat *high density screed paver* dengan *dual tamping rammer* sesuai instruksi Direksi Pekerjaan, untuk mendapatkan kepadatan, toleransi rata-rata dan kehalusan permukaan.

### 2.7.2 Pemadatan

Pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori agregat dikeluarkan dengan salah satu cara mekanis (menggilas, memukul, mengolah, untuk membuat partikel agregat menjadi lebih berdekatan satu sama lain sehingga meningkatkan berat isi kering agregat tersebut. Dalam proses ini, kadang-kadang disertai pula dengan modifikasi kadar air dan gradasi agregat. Pemadatan dapat dilakukan pada beton dalam keadaan segar dan dalam keadaan setting awal. Tujuan pemadatan pada beton dalam keadaan segar adalah :

- a. Untuk mengurangi rongga-rongga udara dalam beton, dapat dilakukan dengan penekanan awal sebelum beton mengeras.
- b. Untuk mendapatkan kepadatan beton yang optimal.

Pemadatan sesuaikan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yaitu :

- a. Pemadatan Lapis Pondasi Agregat Semen harus telah dimulai dilaksanakan paling lambat 30 menit semenjak pencampuran material dengan air.
- b. Campuran yang telah dihampar tidak boleh dibiarkan tanpa dipadatkan lebih dari 30 menit.
- c. Kepadatan Lapis Pondasi Agregat Semen setelah pemadatan harus mencapai kepadatan kering lebih dari 98% kepadatan kering maksimum sebagaimana yang ditentukan pada SNI 1743 : 2008.
- d. Kadar air pada waktu pemadatan haruslah 70–100% kadar air optimum.
- e. Pemadatan harus telah selesai dalam waktu 60 menit semenjak semen dicampur dengan air untuk PC Tipe 1 atau waktu yang lebih



panjang untuk Semen jenis PPC atau PCC sesuai dengan hasil pengujian waktu ikat awal menurut SNI 03-6827-2002.

- f. Bilamana tebal dikerjakan melebihi 20 cm dan jika diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan, bagian bawah setebal 15 cm harus diuji terpisah. Upaya pemadatan harus disesuaikan untuk mencapai pemadatan seluruh tebal yang memuaskan.
- g. Pemadatan harus dilakukan dengan pemadat kaki kambing bervibrasi (*vibratory padfoot roller*) dengan berat statis minimum 19 ton dan lebih disukai yang mempunyai ton jalan paling sedikit 12,5 cm.

Agregat yang dipakai untuk pembuatan pondasi atas pada jalan, tanggul atau bendungan, agregatnya harus dipadatkan, hal ini dilakukan dengan tujuan :

- a. Peningkatan kuat geser agregat.
- b. Peningkatan berat isi agregat.
- c. Mengurangi kompresibilitas agregat.
- d. Mengurangi permeabilitas agregat.
- e. Mengurangi sifat kembang susut agregat (lempung).
- f. Peningkatan potensi pengembangan agregat (*swelling potential*). Hal ini dapat berakibat buruk bila pemadatan dilakukan pada agregat yang memang berpotensi untuk mengembang. dan disertai drainase yang buruk.

### **2.7.3 Tebal Lapisan yang Dipadatkan**

Untuk mendapatkan suatu kepadatan tertentu, makin tebal lapisan yang akan dipadatkan maka diperlukan alat pemadat yang makin berat. Untuk mencapai kepadatan tertentu maka pemadatan harus dilaksanakan lapis demi lapis bergantung dari jenis agregat dan alat pemadat yang dipakai, misalnya untuk tanah lempung tebal lapisan 15 cm, sedangkan pasir dapat mencapai 40 cm.

#### **2.7.4 Alat Pematik**

Pemilihan alat pemadat disesuaikan dengan kepadatan yang akan dicapai. Pada pelaksanaan dilapangan, tenaga pemadat tersebut diukur dalam jumlah lintasan alat pemadat dan berat alat pemadat itu sendiri. Alat pemadat maupun agregat yang akan dipadatkan bermacam-macam jenisnya, untuk itu pemilihan alat pemadat harus disesuaikan dengan jenis agregat yang akan dipadatkan agar tujuan pemadatan dapat tercapai.

#### **2.7.5 Perawatan (*Curing*)**

Tujuan perawatan beton adalah memelihara beton dalam kondisi tertentu pasca pembukaan agar optimasi kekuatan beton dapat dicapai mendekati kekuatan yang telah diterapkan dalam spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Perawatan ini berupa pencegahan atau mengurangi kehilangan air dari dalam beton yang ternyata masih diperlukan untuk kelanjutan proses hidrasi. Bila terjadi kekurangan air maka proses hidrasi akan terganggu dan dapat mengakibatkan terjadinya penurunan perkembangan kekuatan beton, terutama penurunan kuat tekan. Kondisi perawatan yang baik dapat dicapai dengan menggunakan salah satu metode dibawah ini :

- a. Beton dibasahi yang baik menerus dengan air selama perawatan.
- b. Beton dilindungi dengan handuk basah.

Segara setelah pemadatan terakhir dan atas usul Direksi Pekerjaan bila permukaan telah cukup kering harus ditutup dengan menggunakan :

- a. Lembaran plastik atau terpal untuk menjaga penguapan air dalam campuran.
- b. Penyemprotan dengan Bituminous Emulsi CSS-1 dengan batasan pemakaian antara 0,35 - 0,50 .
- c. Metode lain yang bertujuan melindungi CTB adalah dengan karung goni atau handuk yang dibasahi air selama masa perawatan (*curing*).

## 2.8. Pengaruh Kadar Air Terhadap Beton

### 2.8.1. Kadar Air Agregat

Kadar air agregat adalah banyaknya air yang terkandung dalam agregat atau perbandingan antara berat air dalam agregat dengan berat agregat dalam kondisi kering tungku. Ada 4 kondisi kadar air agregat, diantaranya :

1. Kadar air kering tungku, yaitu agregat yang benar-benar kering tanpa air.
2. Kadar air kering udara, yaitu kondisi agregat yang permukaan kering tetapi mengandung sedikit air dalam porinya sehingga masih dapat menyerap air.
3. Kondisi SSD, dimana agregat yang permukaannya tidak terdapat air tetapi di dalam butirannya sudah jenuh air.
4. Kondisi basah, yaitu kondisi dimana di dalam butiran maupun permukaan agregat banyak mengandung air sehingga akan menyebabkan penambahan jumlah air adukan beton.

Bila kadar air agregat rendah, agregat tersebut sukar dipadatkan, jika kadar air dinaikkan dengan menambah air, air tersebut seolah-olah sebagai pelumas antara butiran tanah sehingga mudah dipadatkan tetapi bila kadar air terlalu tinggi kepadatannya akan menurun. Pemadatan menggunakan variasi kadar air secara bertahap menyebabkan berat dari bahan padat persatuan volume juga meningkat secara bertahap, sampai adanya penambahan kadar air tertentu yang akan dapat menurunkan berat volume dari agregat tersebut. Hal ini disebabkan karena air lebih banyak menempati ruang pori-pori agregat. Besarnya kepadatan dapat diukur atau dinyatakan dalam satuan berat kering (*dry density*), yaitu berat butiran agregat persatuan volume. Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat kepadatan :

- a. Kelembaban (kadar air agregat dan semen selama proses pemadatan). Kadar air yang digunakan diukur berdasarkan berat air dan berat material kering yang dijabarkan dengan rumus :

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Material Kering}} \times 100 \dots\dots\dots(2.23)$$

- b. Jenis agregat, cara dan besarnya usaha pemadatan diukur berdasarkan berat volume kering material ( ) ditentukan oleh berat volume basah ( ) dan kadar air. Berat volume basah didapat dari perbandingan antara berat material dan volume  *mold*. Secara matematis ditulis:

$$\text{Berat volume basa} = \frac{\text{Berat Material}}{\text{Volume Mold}} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\text{Berat volume kering} = \frac{\text{Berat Material}}{\text{Volume Mold}} \times \frac{100}{100 + \text{Kadar Air}} \dots\dots\dots(2.25)$$

- c. Berat jenis efektif (Gs) didefinisikan sebagai perbandingan berat volume butiran padat ( ) dengan berat volume air ( ) pada temperature.

$$\text{Berat jenis efektif} = \frac{\text{Berat Volume Butiran Padat}}{\text{Berat Volume Air}} \dots\dots\dots(2.26)$$

Zero Air Void (ZAV) merupakan kurva yang menunjukkan hubungan berat isi kering dan kadar air dari agregat yang tidak mengandung rongga udara sama sekali.

$$\text{Zero Air Void} = \frac{100}{1 - \frac{G_s}{G_m}} \dots\dots\dots(2.27)$$

**2.8.2. Estimasi Kadar Air**

Hasil penentuan kadar air pada agregat dilakukan dengan cara pengeringan. Semakin besar selisih antara berat agregat semula dengan berat agregat setelah pengeringan maka air yang dikandung oleh agregat tersebut. Kadar air sekitar 2%, kerikil terasa basah dan sedikit membasahi tangan. Kadar air sekitar 4%, kerikil sangat basah dan airnya sampai menetes saat diangkat.

Kadar air sekitar 2% berat, pasir terasa basah dan sedikit membasahi tangan, membentuk bola di tangan. Kadar air sekitar 4% berat, pasir yang sangat basah, airnya sampai menetes ketika diangkat, semakin membasahi tangan dan tampak mengkilat.

### 2.8.3. Faktor Air Semen

Faktor Air Semen merupakan perbandingan antara jumlah air yang digunakan pada proses pengikatan semen (hidrasi) dengan jumlah semen yang digunakan tanpa memperhitungkan jumlah air yang diserap oleh agregat

### 2.8.4. Pengaruh Kadar Air Pada Faktor Air Semen

Air yang terkandung di dalam agregat akan mempengaruhi jumlah air yang diperlukan di dalam campuran (*mix*). Agregat yang basah akan membuat campuran lebih basah dan akan meningkatkan Faktor Air Semen (FAS), dan sebaliknya agregat yang kering akan menyerap air dan menurunkan kelecakan campuran. Jadi, kadar air di dalam agregat harus diketahui. Perubahan kadar air tidak hanya bergantung pada pengeringan, tetapi juga pengaruh dari cuaca (misalnya; hujan atau panas terik) dan lamanya penyimpanan.

### 2.8.5. Pengaruh Kadar Air Terhadap Beton

Apabila agregat tidak dalam kondisi jenuh kering permukaan (SSD), proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan dalam agregat. Koreksi Proporsi Campuran dilakukan terhadap kadar air dalam agregat minimum satu kali sehari dan di hitung menurut rumus sebagai berikut :

$$\text{Air} = B - (C_k - C_a) \times C / 100 - (D_k - D_a) \times D / 100 \dots \dots \dots (2.28)$$

Keterangan :

B = Jumlah air (kg/m<sup>3</sup>)

C = Jumlah agregat halus (kg/m<sup>3</sup>)

Ca = Penyerapan air pada agregat halus (%)

Da = Penyerapan air pada agregat kasar (%)

Ck = Kadar air agregat halus (%)

Dk = Kadar air agregat kasar (%)

#### 2.8.6. Hubungan Kadar Air dan Kepadatan

Kadar air didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran kering dari volume agregat yang diselidiki. Pada setiap usaha pemadatan tertentu, kepadatan yang tercapai tergantung pada kadar air. Pada dasarnya, makin basah agregat makin mudah dipadatkan. Karena air berfungsi sebagai pelumas agar butir-butir agregat mudah merapat, akan tetapi kadar air yang berlebihan akan mengurangi hasil pemadatan yang dapat dicapai, hal ini disebabkan karena air lebih banyak menempati ruang-ruang pori agregat. Pada pemadatan suatu agregat dengan tenaga pemadatan tertentu akan menghasilkan pemadatan terbesar.

Peningkatan kadar air secara bertahap akan menyebabkan berat dan bahan padat agregat persatuan volume juga meningkat secara bertahap sampai adanya penambahan kadar air tertentu yang akan dapat menurunkan berat volume kering dari agregat tersebut. Keadaan dimana kadar air memberikan berat volume kering maksimum disebut kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*). Untuk memperoleh kepadatan maksimum, diperlukan kadar air yang optimum. Untuk mengetahui kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum diadakan percobaan pemadatan di laboratorium, yang dikenal dengan :

1. Percobaan Pemadatan standar (*Standar Compaction Test*), sesuai dengan AASHTO, T-99-74 atau SNI, 03-1742-1989.

Tujuannya untuk menentukan hubungan antara kadar air optimum dan berat isi kering yang akan diperoleh dari hasil-hasil percobaan yang akan dilakukan.

2. Percobaan Pemadatan Modifikasi (*Modified Compaction Test*), sesuai dengan AASHTO, T-180-74 atau SNI, 03-1743-1909. Alat-alat yang digunakan hampir sama dengan alat-alat pada percobaan pemadatan standar, hanya berat palu, tinggi palu, dan jumlah lapis tanah yang digunakan berbeda.

### **2.8.7. Hubungan Antara Kadar Air Dengan Kuat Tekan Beton**

Agregat yang baik digunakan dalam campuran beton adalah agregat pada kondisi SSD. Apabila agregat dengan kadar air tertentu (belum mencapai kondisi SSD) digunakan dalam perencanaan campuran, maka agregat tersebut akan menyerap air terlebih dahulu sampai mencapai kondisi SSD sebelum air bereaksi dengan semen. Campuran tersebut akan mengalami kekurangan air sehingga tidak akan didapatkan kuat tekan yang diinginkan dan akan berdampak buruk pada beton yang telah direncanakan.

### **2.9. Tahapan Penentuan Kadar Semen Optimum**

Prosedur rancangan campuran (*mix design*) dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Siapkan contoh - contoh dengan variasi kadar semen 3%, 7%, 11%, 15% dan 19% terhadap berat kering agregat.
2. Lakukan percobaan pemadatan berat (*Modified*) sesuai SNI, 03-1743-1989 pada setiap variasi kadar semen.
3. Tentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan dari masing-masing variasi campuran di atas dan gambar hasil dari pengujian dalam Grafik. Puncak dari setiap garis lengkung grafik dari kadar air dan kepadatan menyatakan Kadar Air Optimum dan Kepadatan Kering Maksimum untuk kadar semen yang digunakan.

4. Gambar nilai-nilai dari kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum untuk setiap macam kadar semen dalam Grafik dan hubungkan titik - titik pengujian dengan garis lengkung untuk mendapatkan variasi dari kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum dengan bermacam-macam kadar semen.
5. Dengan menggunakan paling sedikit empat macam kadar semen, buatlah serangkaian benda uji silinder seperti butir.
6. Di atas untuk diuji kekuatan tekannya, dimana benda uji ini dipadatkan pada kadar air optimum sebagaimana ditentukan dalam butir (4) di atas.
7. Setelah perawatan selama 7 hari dengan ditutup burlap basah, lakukan uji tekan sesuai dengan (SNI, 03-6429-2000), dan gambarkan hubungan antara kekuatan dengan kadar semen seperti yang ditunjukkan dalam Grafik.
8. Masukkan angka dari kadar semen campuran yang dipilih kedalam Grafik, dan tentukan angka kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum untuk campuran Lapis Pondasi Agregat Semen dari kadar semen yang dipilih.
9. Gunakan nilai-nilai kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum ini untuk menentukan angka kepadatan maksimum.

Kadar air pelaksanaan maksimum sama dengan kadar air optimum ditambah 2%. Kepadatan lapangan yang diterima minimum 100% dari kepadatan maksimum.

#### **2.10. Kuat Tekan Beton**

Kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan MBR. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton disbanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat dan air. Perbandingan dari air semen, semaking tinggi kekuatan tekannya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air



meningkatkan kemampuan pekerjaan akan tetap menurunkan kekuatan (Wang dan Salmon, 1990).

Persyaratan kuat tekan (*unconfine compressive strength*) dari lapis pondasi agregat semen kelas A (CTB) dan kelas B (CTSB) dalam umur 7 hari mesin - masing 45 – 55 kg/cm<sup>2</sup> dan 35 – 45 kg/cm<sup>2</sup>. (DPU,2010). Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

1. Benda uji :

Benda uji silinder untuk pengujian selain uji rangkai, harus dicetak dan memungkinkan dapat mengeras dalam sumbu silinder vertikal. Benda uji silinder untuk uji rangkai, dapat dicetak pada sumbu silinder yang vertikal maupun horizontal dan memungkinkan untuk mengeras pada posisi searah pencetakan.

2. Perhitungan kuat tekan beton :

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan :

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang (cm<sup>2</sup>)

3. Perhitungan Standar Deviasi :

$$\text{Standar Deviasi (Sd)} = \frac{\sum (X_i - X_{rt})^2}{n-1} \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan :

X<sub>i</sub> = data kuat tekan masing-masing benda uji (X<sub>1</sub>,X<sub>2</sub>,X<sub>3</sub>,dst)

X<sub>rt</sub> = data kuat tekan rata-rata dari semua benda uji.

**Tabel 2.7** : Faktor Koreksi Benda Uji Silinder pada Beton

Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Faktor Koreksi
50	100	1.09
75	150	1.06
100	200	1.04
125	250	1.02
150	300	1
175	350	0.98
200	400	0.96
250	500	0.93
300	600	0.91

Sumber : SNI, 1974 - 2011

Cara Uji Kuat Tekan Beton pada Benda Uji Silinder

