

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)**

*Rigid pavement* atau perkerasan kaku adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan tersebut, merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang digunakan selain dari perkerasan lentur (*asphalt*). Perkerasan ini umumnya dipakai pada jalan yang memiliki kondisi lalu lintas yang cukup padat dan memiliki distribusi beban yang besar, seperti pada jalan-jalan lintas antar provinsi, jembatan layang (*fly over*), jalan tol, maupun pada persimpangan bersinyal. Jalan-jalan tersebut umumnya menggunakan beton sebagai bahan perkerasannya, namun untuk meningkatkan kenyamanan biasanya diatas permukaan perkerasan dilapisi *asphalt*.

Menurut SNI Pd-T-14-2003 perkerasan kaku (*rigid pavement*) beton semen dibedakan menjadi 4 macam, yaitu :

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan.
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan.
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan.
4. Perkerasan beton semen pra-tegang.

Perkerasan kaku direncanakan untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman serta dalam umur rencana tidak terjadi kerusakan yang berarti. Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut perkerasan kaku (*rigid pavement*) harus :

1. Mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar (akibat beban lalu lintas) sampai batas-batas yang masih mampu dipikul tanah dasar tersebut, tanpa menimbulkan perbedaan penurunan atau lendutan yang dapat merusak perkerasan.
2. Mampu mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar, serta pengaruh cuaca dan kondisi lingkungan.

## B. Beton

Beton adalah campuran antara semen *portland*, agregat (agregat kasar dan agregat halus), air dan terkadang ditambah dengan menggunakan bahan tambah (*admixtures*) yang bervariasi mulai dari bahan tambah kimia, serat sampai dengan bahan non kimia pada perbandingan tertentu (Tjokrodimuljo, 1996). Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya (Nawy, 1985). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen *portland* atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (SK.SNI T-15-1990-03:1).

Dalam keadaan segar, beton mudah dibentuk sesuai dengan yang diinginkan. Apabila campuran beton dibiarkan maka akan mengeras seperti batu. Pengerasan itu terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara air dan semen. Beton dalam keadaan mengeras mempunyai nilai kuat tekan yang tinggi. Untuk mencapai kuat tekan beton perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya. Umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan semakin tinggi nilai kekuatan dan *durability*-nya (daya tahan terhadap penurunan mutu dan akibat pengaruh cuaca).

Beton mempunyai sifat dan karakteristik sebagai berikut:

1. Karakteristik beton mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah.
2. Beton tidak dapat dipergunakan pada elemen konstruksi yang memikul momen lengkung atau tarikan.
3. Beton sangat lemah dalam menerima gaya tarik, sehingga akan terjadi retak yang makin – lama makin besar.
4. Proses kimia pengikatan semen dengan air menghasilkan panas dan dikenal dengan proses hidrasi.
5. Air berfungsi juga sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan antar butiran sehingga beton dapat dipadatkan dengan mudah.
6. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan akan menyebabkan butiran semen berjarak semakin jauh sehingga kekuatan beton akan berkurang.

7. Dengan perkiraan komposisi (*mix design*) dibuat rekayasa untuk memeriksa dan mengetahui perbandingan campuran agar dihasilkan kekuatan beton yang tinggi.
8. Selama proses pengerasan campuran beton, kelembaban beton harus dipertahankan untuk mendapatkan hasil yang direncanakan.
9. Setelah 28 hari, beton akan mencapai kekuatan penuh dan elemen konstruksi akan mampu memikul beban luar yang bekerja padanya.
10. Salah satu kekurangan yang besar adalah berat sendiri konstruksi.

### C. Kelas dan Mutu Beton

Dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI 1971 N.I.-2) dijelaskan kelas dan mutu beton dibagi menjadi tiga kelas yaitu :

a. Beton Kelas I

Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan nonstruktur. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan.

b. Beton Kelas II

Beton Kelas II adalah beton untuk pekerjaan struktur secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli. Beton Kelas II di bagi dalam mutu standar: B1, K125, K175, dan K225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan sedang terhadap mutu bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu K125, K175, dan K225, pengawasan mutu terdiri dari pengawasan yang ketat terhadap mutu bahan dengan mengharuskan pemeriksaan kuat tekan beton secara kontinyu.

c. Beton Kelas III

Beton Kelas III adalah beton untuk pekerjaan struktural di mana di pakai mutu beton dengan kekuatan tekan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm<sup>2</sup>. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium

beton dengan peralatan yang lengkap yang dilayani oleh tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinyu.

#### **D. Macam-macam Jenis Beton**

Beton dibedakan dalam dua kelompok besar, yaitu :

##### 1. Beton Keras

Sifat-sifat beton keras yang penting adalah kekuatan karakteristik, kekuatan tekan, tegangan dan regangan, susut dan rangkai, reaksi terhadap temperatur, keawetan dan kedap terhadap air . Dari semua sifat tersebut yang terpenting adalah kekuatan tekan beton karena merupakan gambaran dari mutu beton yang ada kaitannya dengan struktur beton.

##### 2. Beton segar

Beton segar adalah campuran beton yang telah selesai diaduk sampai beberapa saat, karakteristiknya tidak berubah (masih plastis dan belum terjadi pengikatan) (SNI 03-3976-1995). Ada beberapa hal penting yang harus dipenuhi ketika membuat beton segar antara lain yaitu :

- a. Sifat-sifat penting yang harus dimiliki beton segar dalam jangka waktu yang lama , seperti kekuatan, keawetan, dan kestabilan volume.
- b. Sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu pendek ketika beton dalam kondisi plastis (*workability*) atau kemudahan pengerjaan tanpa adanya *bleeding* dan *segregation*.

#### **E. Beton Mutu Tinggi**

Dalam ilmu teknologi beton telah dikembangkan beton mutu tinggi yang mempunyai kuat tekan antara 40-80 MPa atau lebih (Mulyono, 2004). Ditinjau dari segi bahan-bahan pembentuk beton, dalam pembuatan beton normal, semen merupakan bahan termahal dari bahan penyusun yang lainnya. Oleh karena itu penggunaan semen yang jauh lebih banyak akan menyebabkan harga beton mutu tinggi lebih mahal dibandingkan dengan beton normal pada umumnya.

Adapun parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton antara lain :

1. Kualitas semen,

2. Proporsi terhadap campuran,
3. Kekuatan dan kebersihan agregat,
4. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat,
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton,
6. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton,
7. Perawatan beton, dan Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos.

#### **F. Bahan Penyusun Beton**

Kualitas beton yang dihasilkan dari campuran bahan-bahan dasar penyusun beton meliputi kekuatan dan keawetan. Sifat-sifat beton sangat ditentukan oleh sifat bahan penyusunnya, nilai perbandingan dari bahan-bahan penyusunnya, cara pengadukan, cara pengerjaan selama penuangan adukan beton ke dalam cetakan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan.

Susunan beton secara umum, yaitu: 7-15 % semen, 16-21 % air, 25-30% pasir, dan 31-50% kerikil. Kekuatan beton terletak pada perbandingan jumlah semen dan air, rasio perbandingan air terhadap semen (*W/C ratio*) yang semakin kecil akan menambah kekuatan (*compressive strength*) beton. Kekuatan beton ditentukan oleh perbandingan air semen, selama campuran cukup plastis, dapat dikerjakan dan beton itu dipadatkan sempurna dengan agregat yang baik (Nugraha dan Antoni, 2007). Beton mempunyai karakteristik yang spesifikasinya terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut :

##### **1. Agregat**

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi, yang dipakai secara bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan (SK SNI T-15-1991-03). Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75 –85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu, agregat kasar dan agregat halus. Batasan antara agregat halus dan agregat kasar yaitu 4.80 mm (*British Standard*) atau 4.75 mm (*ASTM Standard*).

a. Agregat Halus

Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir dari hasil olahan atau gabungan dari keduanya. Agregat pun dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi), dan tekstur permukaannya. Persyaratan mutu berdasarkan ASTM C33-86 dan berdasarkan SII 0052-80 yang keduanya dicantumkan dalam Peraturan Beton Indonesia PBI 1971 adalah sebagai berikut :

- 1) Pasir terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- 2) Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian-bagian yang bias melewati ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka harus dicuci. Khususnya pasir untuk bahan pembuat beton.
- 3) Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah direpihkan maksimum 3.0%.
- 4) Agregat halus bebas dari pengotoran zat organik yang merugikan beton. Bila diuji dengan larutan NaOH dan dibandingkan dengan warna standar atau pembanding tidak lebih tua dari warna standar atau warna pembanding. Jika warna tersebut lebih tua maka agregat tersebut harus ditolak, kecuali apabila :
  - a) Warna lebih tua timbul oleh adanya sedikit arang, lignit atau sejenisnya.
  - b) Diuji dengan cara melakukan percobaan perbandingan kuat tekan yang memakai agregat tersebut dengan kuat tekan yang menggunakan pasir standar silika, menunjukkan nilai kuat tekan

mortar tidak kurang dari 95% kuat tekan mortar memakai pasir standar.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa batu kerikil (*coral*) yang sesuai dengan yang disyaratkan ataupun berupa batu pecah (*split*). Syarat-syarat agregat kasar berdasarkan Peraturan Beton Indonesia (PBI 1971) adalah sebagai berikut :

- 1) Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil (koral) sebagai hasil pembentukan alami dari batuan atau berupa batu pecah (*split*) yang diperoleh dari pemecah batu. Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 5mm.
- 2) Agregat kasar tidak boleh berpori dan terdiri atas batuan keras. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih dapat dipakai asalkan jumlahnya tidak melebihi dari 20% dari berat total agregat. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal artinya tak pecah atau hancur oleh pengaruh terik matahari ataupun hujan.
- 3) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat kering dan tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton. Yang dimaksud dengan lumpur adalah bagian-bagian yang melewati ayakan 0.063 mm (no.200). Apabila kadar lumpur lebih dari 1% maka agregat tersebut harus dicuci.
- 4) Kekerasan dari butiran-butiran agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari *Rudeloff* dengan beban penguji 20 ton, dengan mana harus dipenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
  - a) Tak terjadi pembubukan sampai fraksi 9.5-19 mm lebih dari 24% berat.
  - b) Tak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22% berat. Kekerasan dapat diketahui dengan mesin *Los Angles* dimana tidak terjadi kehilangan berat hingga 50%.

Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih besar dari 1/5 jarak terkecil bidang-bidang samping dari cetakan.

## 2. Semen *Portland*

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004). Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan ke empat bagian utama, yaitu : *trikalsium silikat* ( $C_3S$ ), *dikalsium silikat* ( $C_2S$ ), *trikalsium aluminat* ( $C_3A$ ), dan *tetrakalsium aluminoforit* ( $C_4AF$ ). Menurut Tjokrodimuljo (1996) bahwa unsur  $C_3S$  dan  $C_2S$  merupakan bagian terbesar (70% - 80%) dan paling dominan dalam memberikan sifat semen.

Perubahan komposisi kimia semen, yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama semen, dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Standar industri di Amerika (ASTM) maupun di Indonesia (SNI) mengenal 5 jenis semen, yaitu :

- a. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
- b. Jenis II, yaitu semen *portland* untuk penggunaan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis III, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi yang rendah.
- e. Jenis V, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang sangat baik terhadap sulfat.

## 3. Air

Air diperlukan pada pembentukan beton, air sangat berperan penting dalam pembuatan beton. Semen tidak dapat menjadi pasta tanpa adanya air, air bertujuan agar terjadi hidrasi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dibutuhkan agar terjadi proses hidrasi tidaklah banyak, yaitu sekitar 20% dari berat semen. Tetapi untuk tujuan ekonomis dapat ditambahkan lebih banyak air, sehingga lebih banyak



agregat yang dipergunakan, dengan demikian dapat dihasilkan lebih banyak beton. Namun pemakaian air harus dibatasi, sebab penggunaan air yang berlebihan dapat menyebabkan berkurangnya mutu beton.

Dalam proses pembuatan beton, air memegang peranan penting karena nilai perbandingan jumlah air dan semen atau faktor air semen (*w/c ratio*) akan berpengaruh pada :

- a. Kekuatan beton (*strength of concrete*)
- b. Kemudahan pengerjaan (*workability*)
- c. Kestabilan volume (*volume stability*)
- d. Keawetan beton (*durability of concrete*)

Selain itu faktor penggunaan air juga ditentukan oleh jenis agregat, terutama agregat halus (pasir) yang mempunyai luas permukaan lebih besar dari agregat kasar (batu pecah). Jenis agregat halus yang berbeda dapat mempengaruhi pemakaian air, tergantung dari sifat penyerapannya. Jika sifat penyerapannya lebih besar maka akan membutuhkan banyak air, begitu juga sebaliknya apabila penyerapannya rendah maka tidak memerlukan banyak air. Air yang digunakan dalam pembuatan beton harus memenuhi syarat, dimana air yang digunakan dalam campuran beton harus air yang bersih, tidak mengandung minyak, asam, alkali, dan zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton dan tulangan.

#### 4. Bahan Tambah Beton (*admixtures*)

Bahan tambah (*admixtures*) pada pencampuran beton sangat berpengaruh dan berperan penting, walaupun penggunaan bahan tambah tersebut relatif lebih sedikit akan tetapi pengaruh yang dihasilkan cukup besar terhadap beton. Bahan tambah beton ini berguna untuk mengubah karakteristik beton, dimana dengan penambahan bahan tambah ini beton dapat dikendalikan waktu pengikatannya (mempercepat dan memperlambat pengerasan), mereduksi kebutuhan air dan menambahkan kemudahan pengerjaan beton (meningkatkan *slump*), serta memberikan kuat tekan yang tinggi. Bahan tambah beton terdiri dari bahan tambah kimia (*chemical admixtures*) dan bahan tambah mineral (*mineral admixtures*).

Menurut SK SNI S-18-1990-03 (Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton), bahan tambah kimia dapat dibedakan menjadi 5 (lima) jenis yaitu :

- a. Bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan tambah ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.
- b. Bahan tambah kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada satu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.
- c. Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang, jembatan dan sebagainya.
- d. Bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat atau mempercepat proses ikatan.

### **G. Pemeriksaan Agregat**

Pemeriksaan agregat bertujuan untuk mengetahui spesifikasi dan karakteristik agregat yang akan digunakan dalam suatu campuran beton yang mengacu pada peraturan-peraturan yang berlaku. Pengujian agregat yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### **1. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar dan Agregat Halus (SG)**

Berat jenis agregat digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Hubungan antara berat jenis dan daya serap agregat adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut.

## 2. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar dan Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur ini bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat didalam agregat pasir, sehingga dapat diketahui apakah pasir tersebut layak digunakan sesuai dengan syarat-syarat dan ketentuan yang telah ditentukan dalam SNI 03-4141-1996. Adapun rumus yang dapat digunakan untuk mengetahui kadar lumpur yang terdapat didalam agregat halus pasir adalah :

$$\text{Kandungan Lumpur} = [(V1 - V2) / V1] \times 100 = V3 (\%) \dots (3.1)$$

Keterangan : V1 = Berat pasir sebelum dicuci (gr)

V2 = Berat pasir kering oven setelah dicuci (gr)

V3 = Kadar lumpur (%)

## 3. Pemeriksaan Modulus Halus Hutiran

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui nilai kehalusan atau kekasaran suatu agregat. Kehalusan atau kekasaran suatu agregat dapat mempengaruhi kelecakan dari mortar beton, apabila agregat halus yang terdapat dalam mortar terlalu banyak akan menyebabkan lapisan tipis dari agregat halus dan semen akan naik ke atas.

## 4. Pengujian keausan Agregat Kasar

Pengujian kekuatan agregat dapat menggunakan bejana *Rudelloff* ataupun *Lost Angeles Test*, dalam penelitian ini pengujian kekuatan agregat atau abrasi *test* akan dilakukan dengan menggunakan *Lost Angeles Test*. Sesuai dengan SII. 0052-80 (PB, 1989) syarat mutu kekuatan untuk agregat normal dapat di lihat pada Tabel 3.2.

Untuk mengetahui nilai *Los Angeles*, silinder diputar dengan kecepatan 30-33 rpm. Caranya dengan mengukur banyaknya butiran yang pecah pada akhir putaran ke-100 kali yang pertama dibandingkan dengan putaran ke-500. Umumnya jika butiran yang pecah pada akhir ke-100 sudah lebih besar dari 20% (SNI memberikan nilai batas sebesar 27%) daripada ke-500 dianggap bagian lunak sudah terlalu banyak (Mulyono, 2004).

Tabel 3.1 Syarat mutu kekuatan agregat.

Kelas Dan Mutu Beton	Kekerasan dengan bejana <i>Rudelloff</i> , bagian hancur menembus ayakan 2 mm, persen (%) maksimum		Kekerasan dengan bejana geser <i>Los Angeles</i> , bagian hancur menembus ayakan 1,7 mm, persen (%) maksimum.
	Fraksi Butir 9,5 mm- 19 mm	Fraksi Butir 19 mm- 30 mm	
Beton Kelas I dan Mutu B <sub>0</sub> dan B <sub>1</sub>	22 – 30	24 – 32	40 – 50
Beton Kelas II dan Mutu K-125, K-175, K-225	14 – 22	16 – 24	27 – 40
Beton Kelas III dan Mutu >K-225/beton pratekan.	< 14	< 16	< 27

#### 5. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen. Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat (SNI 03–1971–1990).

#### 6. Analisa Saringan (*Sieve Analysis*) Agregat Kasar dan Agregat Halus

Analisa saringan adalah pengelompokkan besar-butir analisa agregat kasar dan agregat halus menjadi komposisi gabungan yang ditinjau berdasarkan saringan. Agregat halus harus mempunyai susunan butiran berdasarkan ASTM C33-57 :

Tabel 3.2 Modulus kehalusan.

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
9.5	100
4.75	95-100
2.36	80-100
1.18	50-85
0.6	25-60
0.3	10-30
0.15	10-20

Tabel 3.3 Pengelompokkan jenis agregat halus berdasarkan persentase lolos ayakan pasir.

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir-Butir yang Lewat Ayakan			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
9.5	100	100	100	100
4.75	90-100	90-100	95-100	95-100
2.36	60-95	75-100	85-100	95-100
1.18	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-10	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

#### H. *Slump* Beton dan Waktu Ikat (*Setting Time*)

Nilai *slump* digunakan sebagai petunjuk ketepatan jumlah pemakaian air dalam hubungannya dengan faktor air semen (FAS) yang ingin dicapai. Waktu pengadukan lamanya tergantung pada kapasitas isi mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan penyusun, dan *slump* beton, pada umumnya tidak kurang dari 90 detik dimulai semenjak pengadukan, dan hasil umumnya menunjukkan susunan dan warna merata. Sesuai dengan tingkat mutu beton yang dihasilkan akan memberikan :

1. Keenceran dan kekentalan adukan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, perataan, pemadatan) dengan mudah kedalam adukan tanpa menimbulkan kemungkinan terjadinya segregasi atau pemisahan agregat.
2. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (kedap air, korosi, dan lain-lain).
3. Memenuhi uji kuat tekan yang hendak dipakai.

Penghitungan waktu ikat (*setting time*) bertujuan untuk mengetahui seberapa lama beton melewati tahap plastis menuju tahap pengerasan. Pada saat mortar semen tersebut mulai mengikat sehingga setelah waktu tersebut dilalui, mortar semen tidak boleh diganggu lagi ataupun diubah kembali kedudukannya.

## **I. Uji Kuat Tekan Beton**

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 (SNI 03-1974-1990). Tujuan dari pengujian kuat tekan adalah untuk memperoleh nilai kuat tekan dengan prosedur yang benar.