

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Beton merupakan bahan bangunan komposit dengan berbagai kombinasi serta menambahkan air sebagai mineral untuk mencampurkan kombinasi tersebut. Beton merupakan bahan bangunan yang sering digunakan para pelaksana konstruksi untuk membangun fisik atau kerangka bangunan. Maka dari itu perlu pengetahuan yang luas guna meminimalisir terjadinya kegagalan pada tingkat mutu beton. Dipohusodo (1993), menyatakan bahwa beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan agregat kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan. Sedangkan menurut SNI – 03 – 2847 – 2013 adalah campuran semen poecland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau bahan campuran tambahan.

Beton masih menjadi pilihan utama dalam bahan pembangunan struktur konstruksi sipil. Meningkatnya permintaan beton menjadikan tingginya keperluan bahan dasar penyusunannya. (Mulyono,2005) menyatakan bahwa memproduksi beton identik dengan merusak lingkungan semata mulai dari proses penggalian kapur, proses pembakaran dan emisi karbon diudara. Oleh karena itu diperlukan beton rama lingkungan guna keberlanjutan pembangunan infrastruktur tanpa merusak lingkungan.

Pada zaman yang berkembang ini, pelaksana fisik konstruksi sipil sudah banyak menggunakan beton dengan mencampurkan dengan berbagai macam guna mendukung kekuatan dan juga nilai efektif, ekonomisnya. Beton juga terdapat berbagai macam jenis mulai dari kekuatannya dan bentuknya. Untuk dari segi kekuatannya itu sendiri secara umum dikategorikan menjadi tiga bagian yaitu beton mutu rendah, beton mutu sedang, beton mutu tinggi, sedangkan dalam segi bentuk beton mempunyai berbagai macam bentuk tetapi untuk sample atau contoh untuk pengujian biasanya hanya dua yaitu bentuk silinder untuk kuat tekan dan balok untuk kuat lentur

Tingkat mutu suatu beton dan sifat-sifat lainnya yang akan dicapai dapat dihasilkan dengan perencanaan yang baik. Dalam pembuatan beton, diharapkan hasilnya sesuai dengan rencana yang memenuhi ketentuan sesuai dengan kelecakan dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton dengan mudah tanpa menimbulkan pemisah segregasi atau pemisa agregat dan bleeding.

## **2.2 Klasifikasi Beton**

Seiring berkembangnya zaman, beton memiliki berbagai jenis tingkatan mutunya

### **2.2.1 Beton Mutu Rendah**

Beton mutu rendah adalah beton yang mempunyai kuat tekan  $< f'c$  20 Mpa pada umur 28 hari. Agregat yang juga jenis yang rendah dan biasanya beton ini digunakan untuk pembuatan taman rumahan, tempat duduk taman, dan bangunan bangunan umum yang tidak mengandung resiko tinggi dalam kontruksinya.

### **2.2.2 Beton Mutu Sedang**

Beton mutu sedang adalah beton yang mempunyai kuat tekan  $f'c$   $20 < x > 45$  Mpa pada umur 28 hari

### **2.2.3 Beton Mutu Tinggi**

Beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai kuat tekan  $> f'c$  45 pada umur 28 hari. Beton ini biasa digunakan pada bangunan kontruksi seperti gedung bertingkat, jembatan, bendungan.

## **2.3 Bahan Campuran Beton**

Beton merupakan bahan bangunan komposit yang terdiri dari berbagai campuran. Proses pengerasan beton di mulai dengan terjadinya proses hidrasi semen yang merupakan pembentukan *Calcium Silicate Hydrate* ( $C_3S_2H_3$ ) dari *Tricalcium Silicate*, *Dicalcium Silicate* dan air.





$C_3S_2H_3$  merupakan senyawa yang memperkuat beton, sedangkan  $Ca (OH)_2$  (kapur mati) adalah senyawa yang porous yang memperlemah beton, dengan adanya unsur silika tambahan dari bahan tambah semen diharapkan  $Ca (OH)_2$  (kapur mati) akan bereaksi kembali dengan silika tersebut dan membentuk  $C_3S_2H_3$  yang mengurangi terbentuknya  $Ca (OH)_2$  sehingga dapat mempertinggi beton. Reaksi unsur silika dengan kapur bebas tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:



Perlu dipilih bahan-bahan yang sesuai, dicampurkan digunakan sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan sifat-sifat khusus yang diinginkan untuk tujuan tertentu dengan cara yang paling ekonomis. Pemilihan dari bahan dan cara konstruksi tidak mudah dikerjakan, karena terdapat variasi yang mempengaruhi kualitas dari beton yang dihasilkan dalam hal ini kualitas dan faktor ekonomi.

### 2.3.1 Agregat

Agregat adalah material bahan bangunan granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi yang dipakai secara bersama-sama dengan media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.

Klasifikasi agregat dibagi menjadi 2 bagian yaitu :

1. Agregat alam, yaitu agregat yang berasal dari alam tanpa pengolahan terlebih dahulu, pada umumnya adalah dari batu alam, baik dari batuan beku, batuan endapan atau batuan sedimen maupun dari batuan metamorph (malihan).
2. Agregat buatan. Agregat ini sengaja dibuat, contohnya ALWA (Artificial light weight aggregate) atau di Indonesia dikenal dengan nama “ Lempung bekah”

Agregat ini dibuat dengan membakar jenis lempung tertentu, sehingga membentuk agregat yang mengembang atau membesar. Agregat ini termasuk agregat ringan, karena memiliki berat jenis  $\pm 1.0$ . Pemakaian lempung bekah untuk konstruksi adalah untuk pembuatan beton ringan.

Berdasarkan diameter, agregat dibagi menjadi 2 bagian yaitu :

1. Agregat halus, yaitu agregat yang lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 200. Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering, serta memenuhi persyaratan sebagai berikut :
  - a) Nilai Sand Equivalent minimum 50
  - b) Penyerapan agregat terhadap air maksimum 5%
  - c) Berat jenis curah (Bulk) minimum 2.5
2. Agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan pada saringan No. 4. Agregat harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering kuat, awet, dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan sebagai berikut :
  - a) Jumlah butir yang tertahan saringan No. 4 yang mempunyai paling sedikit dua bidang pecah (visual) : minimum 50 % (khusus untuk kerikil pecah)
  - b) Indeks kepipihan butiran yang tertahan saringan 9.5 mm (3/8") maksimum 25%
  - c) Penyerapan air maksimum 5 %
  - d) Berat jenis curah minimum 2.5 %
  - e) Bagian yang lunak maksimum 5%

### 2.3.2 Semen

Semen adalah bahan bangunan serbuk atau tepung yang terbuat dari kapur dan material lainnya yang dipakai untuk membuat beton merekatkan batu bata atau membuat tembok. Semen berasal dari bahasa latin yaitu *caementum* yang berarti bahan perekat.

Bahan baku pembentuk semen adalah sebagai berikut :

1. Kapur (CaO) dari batu kapur
2. Silika (SiO<sub>2</sub>) dari lempung
3. Alumunium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dari lempung

Kandungan kimia semen adalah sebagai berikut :

1. Trikalsium Silikat
2. Dikalsium Silikat
3. Trikalsium Aluminat
4. Tetrakalsium Alumin ofe
5. Gypsum

Komposisi kimia semen sebagai berikut :

Tabel 2 1 Komposisi Kimia Semen

Bahan	Kadar
CaO	60-67
SiO <sub>2</sub>	17-25
Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3-8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5-6.0
MgO	0.5-4.0
Alkalis	0.3-1.2

SO <sub>3</sub>	2.0-3.5
-----------------	---------

Berikut adalah jenis-jenis semen yang diproduksi di Indonesia. Semen-semen di Indonesia dibedakan menjadi 5 jenis yaitu :

1. Jenis 1 ( Normal ) : semen untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Jenis II ( modifikasi ) : semen yang mempunyai panas hidrasi sedang atau pelepasan panas yang relative sedikit, untuk penggunaan beton tahan sulfat
3. Jenis III : semen yang mempunyai panas hidrasi tinggi, untuk penggunaan beton dengan kekuatan awal tinggi ( cepat mengeras).
4. Jenis IV : semen yang mempunyai panas hidrasi rendah, biasa digunakan untuk pengecoran dengan volume yang sangat besar.
5. Jenis V : semen yang mempunyai ketahanan terhadap sulfat.

Tabel 2 2 Komposisi % Type Semen

Jenis semen	Komposisi (%)							Karakteristik Umum
	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	CasO <sub>4</sub>	CaO	MgO	
Normal, Tipe 1	49	25	12	8	2.9	0.8	2.4	Semen untuk semua tujuan (umum)
Modifikasi, Tipe II	46	29	6	12	2.8	0.6	3	Relatif sedikit, pelepasan panas, digunakan untuk struktur besar
Kekuatan awal tinggi, Tipe III	56	15	12	8	3.9	1.4	2.6	Mencapai kekuatan tinggi pada umur 3 hari
Pemanasan rendah, Tipe IV	30	46	5	13	2.9	0.3	2.7	Dipakai pada bendungan beton (volume cukup besar)
Tahan Sulfat, Tipe V	43	36	4	12	2.7	0.4	1.6	Dipakai pada saluran dan struktur yang diekspos terhadap sulfat

Sedangkan menurut SNI jenis semen adalah sebagai berikut :

No. SNI	Nama
SNI 15-0129-2004	Semen portland putih
SNI 15-0302-2004	Semen portland pozolan / Portland Pozzolan Cement (PPC)
SNI 15-2049-2004	Semen portland / Ordinary Portland Cement (OPC)
SNI 15-3500-2004	Semen portland campur
SNI 15-3758-2004	Semen masonry
SNI 15-7064-2004	Semen portland komposit

Gambar 2 1 Tabel Jenis Semen Menurut SNI

Sifat- sifat semen portland dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Sifat Fisika Semen Portland

Sifat-sifat fisika semen portland meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, kekekalan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi, dan hilang pijar.

2. Sifat-Sifat Kimiawi

Sifat-sifat kimiawi dari semen Portland meliputi kesegaran semen, sisa yang tak larut (*insoluble residu*), panas hidrasi semen, kekuatan pasta semen dan faktor air semen. Secara garis besar, ada 4 (empat) senyawa kimia utama yang menyusun semen portland, yaitu :

- a). Trikalsium Silikat ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_3\text{S}$ .
- b). Dikalsium Silikat ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_2\text{S}$ .
- c). Trikalsium Aluminat ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_3\text{A}$ .
- d). Tertakalsium aluminoferrit ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_4\text{AF}$ .

### 2.3.3 Air

Air adalah sebuah senyawa kimia yang mempunyai dua unsur yaitu H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>. Fungsi air pada pembuatan beton adalah untuk bahan pencampur agregat dan semen. Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat.

Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penggunaan beton. Jumlah air yang digunakan tentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan organik yang dapat merusak beton atau tulangnya.

Selain untuk reaksi pengikatan dapat juga untuk perawatan sesudah beton dihitung. Air untuk perawatan (*curing*) harus memiliki syarat-syarat yang lebih tinggi dari air untuk pembuatan beton. Keasamannya tidak boleh PHnya > 6, juga tidak dibolehkan terlalu sedikit mengandung kapur.

Didalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yaitu :

1. Untuk memungkinkan reaksi kimiawi semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan dalam pencetakan atau pengerjaan beton.

Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Kandungan kurang dari 1000 ppm (*parts per million*) masih diperbolehkan meskipun konsentrasi lebih dari 20 ppm sebaiknya dihindari.

Pengaruh kotoran pada air secara umum bisa mengakibatkan :

- Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
- Gangguan pada kekuatan dan ketahanan.
- Perubahan volume yang mengakibatkan keretakan.

- Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
- Bercak-bercak pada permukaan beton.

## **2.4 Sifat Beton**

### **2.4.1 Sifat Kemudahan Pengerjaan (*Workability*)**

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan keplastisan beton/keleccakan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Secara umum semakin encer beton segar maka semakin mudah beton segar dikerjakan. Sifat *workability* dari beton sangat di pengaruhi oleh :

1. Banyaknya air yang dipakai dalam campuran beton
2. Konsistensi normal semen
3. Mobilitas setelah aliran dimulai
4. Kohesi atau perlawanan terhadap permindahan bahan
5. Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus
6. Sifat saling lekat yang berarti penyusunan tidak akan terpisah sehingga akan memudahkan dalam pekerjaan

### **2.4.2 Kedap Air**

Beton mempunyai sifat kedap terhadap air, beton mempunyai rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan selesai atau ruangan yang saat pengerjaan mengandung air yang tidak tercampur sempurna dengan semen. Air tentunya akan mengalami penguapan apabila suhu disekitarnya meningkat yang akan mengakibatkan terbentuknya rongga udara dalam beton. Rongga udara ini merupakan tempat untuk masuk dan keluarnya air dalam beton.

### **1.4.3 Karakteristik Beton**

Sifat dan karakteristik campuran beton segar secara tidak langsung akan mempengaruhi beton yang mengeras. Pasta semen tidak bersifat elastis sempurna tetapi

*viscoelastic-solid* yaitu mampu dibentuk tanpa kehilangan kontinuitas dan mempertahankan suatu bentuk arena butir semen dan buih udara dalam air dan khususnya karena gaya-gaya interpartikal cenderung memegang buir bersama sekaligus mencegah kontak langsung. Gaya gesek dalam, susut dan tegangan yang terjadi biasanya tergantung dari energi tergantung dari jumlah dan distribusi air, kekentalan aliran gel (pastasemen) dan penanganan pada saat sebelum terjadi tegangan serta *kristalin* yang terjadi untuk pembentukan porinya

#### 1. Sifat dan Karakteristik Bahan Penyusun

Selain kekuatan pasta semen, hal lain yang perlu menjadi perhatian adalah agregat. Karena proporsi campuran agregat dalam beton adalah 70-80%, sehingga pengaruh agregat akan menjadi besar, baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi teknik, semakin baik mutu agregat yang digunakan, secara linier dan tidak langsung akan menyebabkan mutu beton menjadi baik, begitu juga sebaliknya.

##### 1. Metode Pencampuran

###### a. Penentuan Proporsi Bahan (*Mix Design*)

Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui perancangan beton (*mix design*). Hal ini dimaksudkan agar proporsi dari campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek ekonomi. Metode perancangan ini pada umumnya menentukan komposisi dari bahan-bahan penyusun beton untuk kinerja tertentu yang diharapkan. Penentuan proporsi campuran dapat digunakan untuk beberapa metode yang dikenal, antara lain : (1).*Metode American Concrete Institute*, (2). *Porland Cement Association*, (3).*Road Note No.4*, (4). *British Standard, Departement of Engineering*, (5). Departemen Pekerjaan Umum (SK.SNI.T-15-1990-03) dan (6). Cara Coba-coba.

###### b. Pengecoran (*Placing*)

Metode pengecoran akan mempengaruhi kekuatan beton. Jika syarat-syarat pengecoran tidak terpenuhi, kemungkinan besar kekuatan tekan yang direncanakan tidak akan tercapai.

c. Pemadatan (*Vibrating*)

Pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton, karena terjadinya pencampuran bahan yang homogen. Pemadatan yang berlebih pun akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

2. Perawatan

Perawatan dimaksudkan untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama disebabkan oleh suhu. Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedekatan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi ukur. Cara dan bahan serta alat yang digunakan untuk perawatan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. waktu-waktu yang dibutuhkan untuk merawat beton pun harus terjadwal dengan baik.

**1.4.4 Segregation ( Pemisahan Kerikil )**

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. *Segregasi* ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya: (1). Campuran kurus kurang semen, (2). Terlalu banyak air, (3). Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm dan (4). Permukaan butir agregat kasar, semakin kasar permukaan butir agregat, semakin mudah terjadi *segregasi*. Kecenderungan *segregasi* ini dapat dicegah jika : (1). Tinggi jatuh diperpendek, (2). Penggunaan air sesuai syarat, (3). Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan, (4). Ukuran agregat sesuai dengan syarat, dan (5). Pemadatan baik.

**1.4.5 Bleeding ( Naiknya Air )**

Kecenderungan air untuk naik ke permukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laintance*). *Bleeding* ini dipengaruhi oleh: susunan butir agregat, banyaknya air, kecepatan hidrasi dan proses pemadatan. *Bleeding* dapat dikurangi dengan cara : (1). Memberi banyak semen,

(2). Menggunakan air sesedikit mungkin, (3). Menggunakan butir halus lebih banyak dan (4). Memasukkan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus.

## **2.5 Bahan Tambahan *Polymer Latex***

Getah karet adalah cairan getah yang berasal murni dari pohon karet. Getah karet ini belum mengalami penggumpalan dengan bahan tambah seperti serum lateks atau tanpa bahan pemantab. Lateks merupakan emulsi lengkap yang mengandung protein, alkaloid, pati, gula, (poli)terpena, minyak, tenin, resin, gom. Susunan bahan lateks dapat dibagi menjadi 2 komponen.

Komponen pertama adalah bagian yang mendispersikan atau memancarkan bahan-bahan yang terkandung secara merata yang disebut serum. Bahan-bahan bukan karet yang terlarut dalam air seperti, protein, garam-garam mineral dan enzim lainnya termasuk kedalam serum. Komponen kedua adalah bagian yang didispersikan, terdiri dari butiran-butiran karet yang dikelilingi lapisan tipis protein. Bahan bukan karet yang jumlahnya relatif kecil juga mempunyai peran penting dalam mengendalikan sifat lateks dan karetnya.

Getah karet memiliki beberapa keunggulan seperti daya lastisitas yang baik, plastisitas yang tinggi, mudah dalam pengolahannya, harga yang ekonomis, tidak mudah aus (tidak mudah habis karena gesekan). Selain itu getah karet alami mempunyai daya tahan tinggi terhadap keretakan, tahan hentakan yang berulang-ulang, serta daya lengket yang tinggi terhadap berbagai bahan.

Latex emulsi (styrene butadiene) adalah latex hasil proses dari karet sintetis dalam bentuk cair. Latex emulsi berupa cairan kental berwarna putih, memiliki ukuran butiran yang lebih kecil dari ukuran butiran semen. Latex emulsi memiliki ukuran butiran 0,05 – 5 mikron atau 50 – 5000 nanometer (Utari Khatulistiani, 2004). Hal ini memungkinkan latex emulsi masuk ke pori-pori semen sehingga mengurangi udara yang ada di dalam beton. Selain itu, latex merupakan bahan alam yang ketersediaannya melimpah, bersifat lengket (tacky) dan keplastisitasannya tergolong baik.

### 1.5.1 Sifat Lateks

Ion dipolar ini berarti dalam keadaan netral mempunyai dua muatan listrik yaitu positif dan negatif. Amfoter berarti dapat bereaksi dengan asam atau basa. Muatan negatif,  $\text{pH} > 7$  muatan netral,  $\text{pH} = 7$  muatan positif,  $\text{pH} < 7$

Lateks kebun (segar) mempunyai pH 6,9 dan bermuatan negatif. Ion bermuatan negatif tersebut diserap oleh permukaan partikel karet membentuk lapisan stern. Ion bermuatan positif tersebar di luar lapisan tersebut sebagai lapisan media yaitu lapisan goug. Kedua lapisan tersebut menimbulkan lapisan rangkap listrik sebagai akibat perbedaan muatan. Perbedaan potensial listrik pada lapisan rangkap tersebut disebut elektro kinetis potensial atau zeta potensial.

### 1.5.2 Kadar *Latex*

*Latex* dihasilkan dari tanaman karet yang disadap atau dilukai, *Latex* memiliki komponen-komponen penyusun dengan diameter antara (0,0001-0,001) mm yang terdiri dari :

- 1 Air ( 55-70 ) %
- 2 *Latex* ( 25-40 ) %
- 3 Bahan lain ( 1-5 ) %

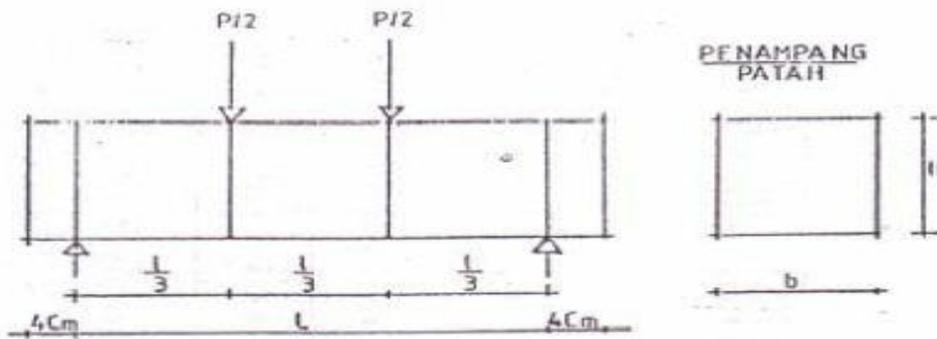
## 2.6 Kuat Lentur

Beton bersifat plastis dan basah saat pemulaan dibuat kemudian secara perlahan-lahan berubah menjadi keras dan kaku seperti batu. Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat.

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam MPa ( $\text{N/mm}^2$ ) ( SNI 03-4431-1997).

### 2.6.1 Perhitungan kuat Lentur

Perhitungan kuat lentur beton dapat dilakukan dengan melakukan pengujian uji kuat lentur dengan sampel benda uji berbentuk balok dengan ukuran 600 mm x 150 mm x 150 mm. pehitungan kuat lentur pada beton dihitung pada beton setelah mencapai umur 28 hari. Benda uji diletakan di atas dua tumpuan pada mesin uji beban dengan jarak 45cm, dikedua tumpuan tersebut kenakan dua buah beban titik dengan jarak sepertiga bentang, yaitu 15cm. Beban diberikan secara konstan sehingga terjadi keruntuhan pada benda uji.



Gambar 2 2 Gambar Perletakan Pengjian Kuat Lentur

Keterangan :

L = Jarak antara dua garis perletakan

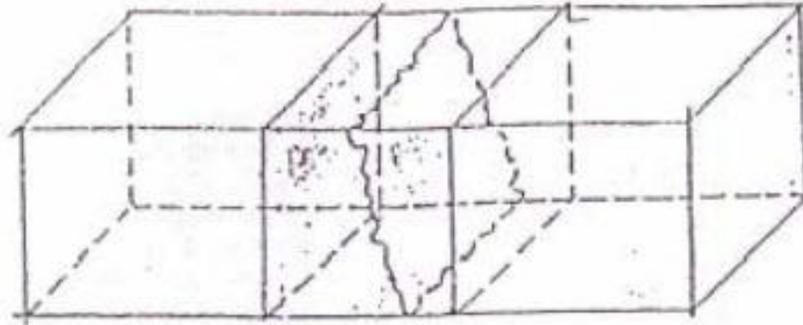
b = Lebar tampak patah arah horizontal

p = Beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji

### 2.6.2 Rumus-Rumus Perhitungan Kuat Lentur

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam metode pengujian kuat lentur beton dalam mega pascal (MPa) adalah sebagai berikut :

1. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan.



Gambar 2 3 Gambar Patahan 1/2 Bentang

Rumus :

$$f_r = \frac{Pl}{bd^2} \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

$f_r$  = Kekuatan lentur (N/mm<sup>2</sup>)

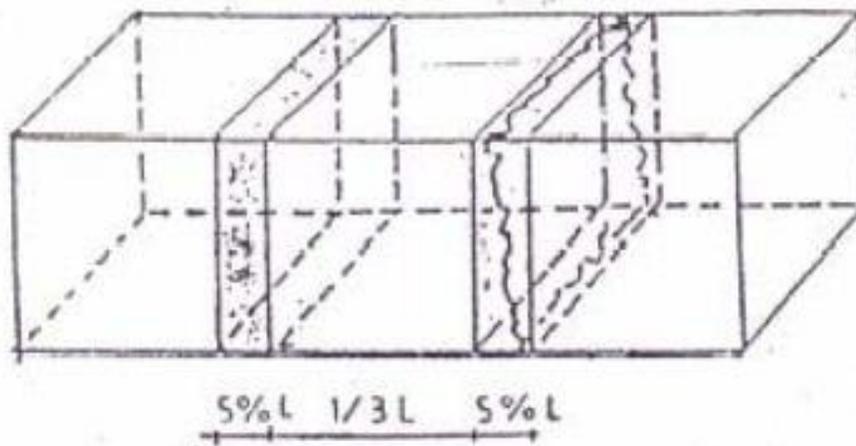
$p$  = Beban maksimal yang diberikan (N)

$l$  = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

$b$  = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

$d$  = Tebal/tinggi balok (mm)

2. Untuk Pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan.



Gambar 2 4 Gambar Patahan 1/3 Bentang < 5%

Patah pada 1/3 garis bentang dan garis patah < 5 % dari bentang

Rumus :

$$f_r = \frac{3Pa}{bd^2} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

$f_r$  = Kuat lentur ( $N/mm^2$ )

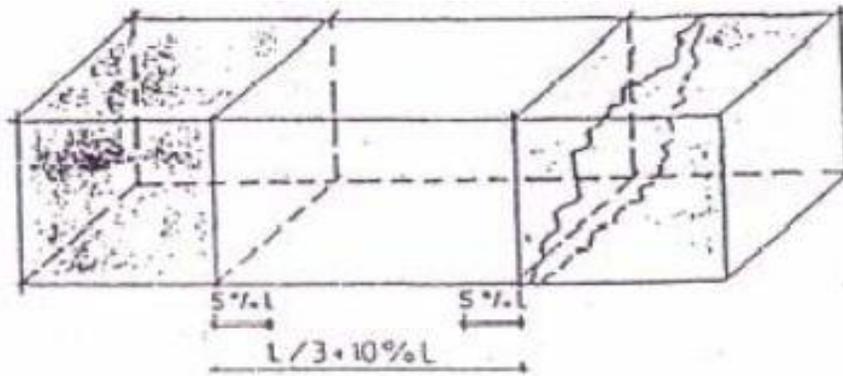
$p$  = Beban maksimal yang diberikan (N)

$a$  = Jarak rata-rata antar tampang lintang patah (mm)

$b$  = Lebar benda uji (mm)

$d$  = Tebal/tinggi benda uji (mm)

3. Untuk benda uji yang patahnya di luar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan



Gambar 2 5 Gamba Patahan 1/3 Bentang >5%

Pengujian kuat lentur diadakan untuk pembuatan beton konstruksi jalan raya dan lapangan terbang, kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas, dari beban maksimal yang diberikan.

## 2.7 Pengujian Propertis Bahan Penyusun Beton

Pengujian terhadap bahan-bahan penyusun beton dilakukan untuk memahami sifat-sifat dan karakteristik bahan atau material penyusun beton , selain itu pengujian juga berfungsi untuk menganalisis dampak dari sifat dan karakteristik beton yang dihasilkan, baik pada kondisi beton segar, beton muda maupun beton yang telah mengeras.

Pengujian bahan ini meliputi pengujian terhadap material penyusun beton seperti agregat halus, agregat kasar, air, semen, dan *polymer latex*. Pengujian dilakukan menggunakan alat yang tersedia dilabolatorium dan di sesuaikan dengan SNI – 2847 - 2013. Berikut ini merupak pengujian – pengujian yang dilakukan terhadap material – material penyusun beton.

### 2.7.1 Pengujian Terhadap Agregat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat material yang akan dipakai baik pada kondisi beton segar maupun kondisi beton mengeras. Pengujian ini meliputi

pengujian agregat halus dan kasar. Pengujian terhadap agregat sesuai dengan SNI – 2847 – 2013.

### **2.7.2 Agregat Halus**

Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering, serta memenuhi persyaratan dengan menggunakan pengujian sebagai berikut :

#### **2.7.2.1 Pemeriksaan Berat Isi Agregat**

##### **1. Prosedur Pelaksanaan**

Agregat dimasukan ke dalam talam sekurang-kurangnya kapasitas wadah, kemudian dikeringkan dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat menjadi tetap untuk digunakan sebagai benda uji. Berat isi padat agregat dengan cara penusukan :

- a. Benda uji wadah timbangan dan dicatat, (W1).
- b. Wadah diisi dengan benda uji dengan tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis didapatkan dengan tongkat yang ditusukan sebanyak 25 kali secara merata.
- c. Permukaan benda uji diratakan dengan menggunakan mistar perata.
- d. Benda uji di timbangan dan dicatat, (W2).
- e. Benda uji timbangan,  $(W3 = W2 - W1)$ .

##### **2. Perhitungan**

$$\text{Berat isi Agergat} = \frac{W3}{V} \text{ (kg/dm3)} \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan :

V adalah isi wadah (dm3)

##### **3. Hasil Pemeriksaan**

### 2.7.2.2 Uji Kadar Lumpur

Pengujian Kadar Lumpur merupakan pengujian dimaksudkan untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan No.200 dengan cara pencucian dengan standar SNI-03-4141-1996. Persamaan yang digunakan adalah

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1+V_2!} \times 100\% \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan :

$V_1$  = Tinggi pasir

$V_2$  = tinggi lumpur

### 2.7.2.3 Uji Kadar Air

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air agregat dengan cara mengeringkan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Percobaan ini digunakan untuk menyesuaikan berat takaran beton apabila terjadi perubahan kadar kelembaban beton. Adapun persamaan dalam menghitung pengujian kadar air sebagai berikut :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_1-W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan :

$W_1$  =Berat contoh semula (gram)

$W_2$  =Berat contoh kering (gram)

### 2.7.2.4 Uji Analisa Saringan

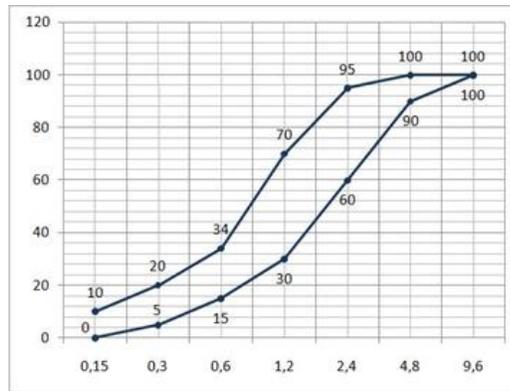
Analisa Saringan bertujuan untuk mengetahui pembagian butiran dari agregat halus yang digunakan, pengujian ini sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990. Dari hasil pengujian dengan menggunakan saringan ini akan diketahui sebaran dari butiran agregat halus yang akan digunakan Pengujian

Pengujian analisa saringan dilakukan dengan menggunakan dua buah benda uji, dengan hasil yang telah ditampilkan sebelumnya. Menurut standart SNI 03-1968-1990 pembagian butiran dari agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

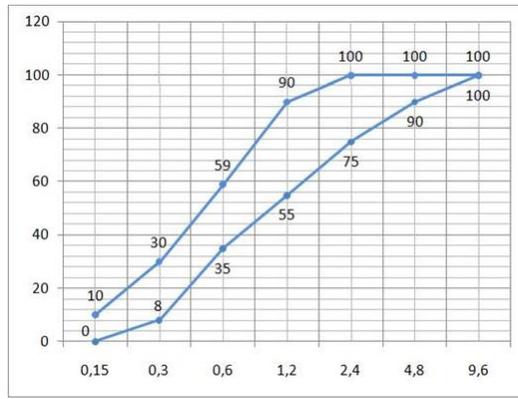
Tabel Syarat Mutu Agregat Halus Menurut ASTM C.33-86

Ukuran lubang ayakan (mm)	Persen 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	2 – 10

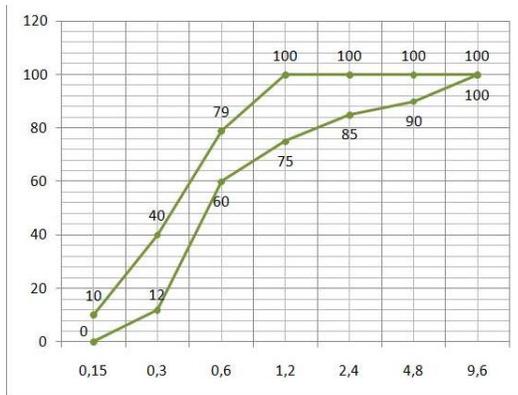
Hasil dari analisa saringan tersebut dapat disajikan kedalam grafik , dan harus memenuhi syarat menurut kurva gradasi agregat halus yang di isyaratkan dalam SNI-03-1969-1990 sebagai beriku :



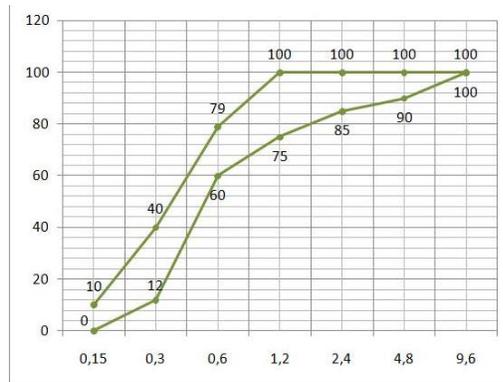
Gambar 2.6 Gambar Kurva Gradasi Agregat Halus Type 1



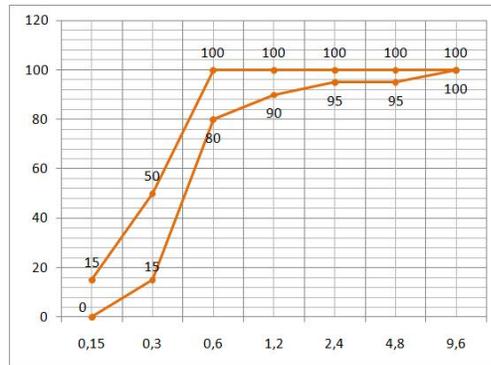
Gambar 2 7 Gambar Kurva Gradasi Agregat Halus Type 2



Gambar 2 8 Gambar Kurva Gradasi Agregat Halus Type2



Gambar 2 9 Gambar Kurva Gradasi Agregat Halus Type 3



Gambar 2 10 Gambar Kurva Gradasi Agregat Halus Type 4

Selain untuk mengetahui pembagian butiran dari agregat halus, analisa saringan juga berguna untuk mencari besarnya nilai finnes modulus. Jika pada grafik gradasi agregat dapat terlihat pembagian butiran dari agregat halus, maka finnes modulus menggambarkan besarnya ukuran butiran rata-rata pada agregat.

Nilai finnes modulus adalah nilai yang digunakan pada perhitungan rancang campur, namun nilai ini tidak dapat menggambarkan sebaran ukuran butiran agregat . Sehingga antara gradasi agregat dan finnes modulus merupakan kesatuan yang tidak dapat dipisahkan.

#### 2.7.2.5 Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air ( Absorbsi )

Pengujian berat jenis dan absorbsi dari agregat halus bertujuan untuk menentukan Berat Jenis Curah, SSD, dan *Apparent* dari agregat halus, disamping itu dari pengujian ini juga akan diketahui besar nilai absorbsi dari agregat halus. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar SNI 03-1969-1990.

Pada tahapan rancang campur, Berat Jenis yang akan digunakan adalah berat jenis SSD, karena pada kondisi ini akan sama dengan kondisi agregat pada saat pengecoran beton. Kondisi SSD digunakan karena pada kondisi ini kandungan air pada agregat jenuh (mengisi seluruh pori-pori) namun air tidak ada yang berada diantara butiran agregat, sehingga pada saat pengecoran air yang digunakan tidak lagi diserap oleh agregat dan tidak ada air tambahan yang berasal dari celah antar butiran agregat.

Persamaan – persamaan yang digunakan dalam perhitungan berat jenis dan penyerapan(absorbpsi) air adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis permukaan kering jenuh} = \frac{Ba}{B+Ba-Bt} \dots\dots\dots 2.6$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \dots\dots\dots 2.7$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Ba-Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots 2.8$$

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

Ba = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

### 2.7.3 Agregat Kasar

Agregat Kasar yaitu agregat yang tertahan pada saringan No. 4. Agregat harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering kuat, awet, dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan dengan menggunakan pengujian sebagai berikut :

#### 2.7.3.1 Uji Berat Isi

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat isi dan rongga udara dalam agregat kasar. Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi. Dalam pengujian berat isi ini menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat isi Agergat B} = \frac{W}{V} (kg/dm^3) \dots\dots\dots 2.9$$

$$\text{Rongga Udara} = \frac{(A-W)-B}{(A \times B)} \times 100 \dots\dots\dots 2.10$$

Keterangan :

V = Isi Wadah (dm<sup>3</sup>)

A = Bulk Specific gravity agregat (kg/ dm<sup>3</sup>)

B = Berat isi Agregat (kg/ dm<sup>3</sup>)

W = Berat isi+Wadah (kg/ dm<sup>3</sup>)

### **2.7.3.2 Uji Kadar Air**

Pengujian Kadar Air ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air agregat dengan cara mengeringkan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Percobaan ini digunakan untuk menyesuaikan berat takaran beton apabila terjadi perubahan kadar kelembaban beton. Adapun persamaan dalam menghitung pengujian kadar air sebagai berikut :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots 2.11$$

Keterangan :

W1 =Berat contoh semula (gram)

W2 =Berat contoh kering (gram)

### **2.7.3.3 Uji Analisa Saringan**

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar SNI 03-1968-1990. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan. Hasil pengujian ini harus memenuhi persyaratan yang sesuai dengan syarat gradasi agregat kasar yang tercantum dalam ASTM C.33-86.

Tabel 2 3 Tabel Gradasi Kombinasi Agregat Kasar  
Sumber : Google

Ukuran Saringan				% Lolos Saringan/Ayakan					
(Ayakan)				no 4 - 2 in	no 4 - 1½ in	¾ in - 1 in	no 4 - 1 in	no 4 - ¾ in	no 16 - ¾ in
mm	SNI	ASTM	inch	Gradasi No. 357	Gradasi No. 467	Gradasi No. 56	Gradasi No. 57	Gradasi No. 67	Gradasi No. 89
100,0	100	4 in	4,00						
90,0	90	3½ in	3,50						
75,0	76	3 in	3,00						
63,0	63	2½ in	2,50	100 - 100					
50,0	50	2 in	2,00	95 - 100	100 - 100				
37,5	38	1½ in	1,50		95 - 100	100 - 100	100 - 100		
25,0	25	1 in	1,00	35 - 70		90 - 100	95 - 100	100 - 100	
19,0	19	¾ in	0,75		35 - 70	40 - 85		90 - 100	
12,5	12,5	½ in	0,50	10 - 30		10 - 40	25 - 60		100 - 100
9,50	9,6	¾ in	0,3750		10 - 30	0 - 15		20 - 55	90 - 100
4,75	4,8	no. 4	0,1870	0 - 5	0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 10	20 - 55
2,36	2,4	no. 8	0,0937				0 - 5	0 - 5	5 - 30
1,18	1,2	no. 16	0,0469						0 - 10

Tabel Gradasi Kombinasi Agregat Kasar (ASTM C-33)

#### 2.7.3.4 Uji Abrasi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles. Keausan agregat tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan no.12 terhadap berat semula, dalam persen.

#### 2.7.3.5 Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air ( Absorpsi )

Pengujian berat jenis dan absorpsi dari agregat halus bertujuan untuk Menentukan *bulk* dan *apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat kasar menurut standart SNI 03-1969-1990, menentukan volume agregat dalam beton. Bahan yang digunakan adalah 10000 gram ( 2 x 5000 gram) agregat kasar dalam kondisi SSD, diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat. Bahan benda uji lewat saringan no.4 dibuang.

Persamaan – persamaan yang digunakan dalam perhitungan berat jenis dan penyerapan(absorbsi) air adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{Bj-Ba} \dots\dots\dots 2.12$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{Bj}{Bj-Ba} \dots\dots\dots 2.13$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk-Ba} \dots\dots\dots 2.14$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Bj-Bk}{Ba} \times 100\% \dots\dots\dots 2.15$$

Keterangan :

Bk = berat benda uji kering oven, dalam gram

B j = berat benda uji kering permukaan, jenuh dalam gram

Ba = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh didalam air, dalam gram

## 2.8 Perencanaan Campuran Beton Normal Metode SNI-03-2834-2000

Perencanaan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunannya. Karena bahan penyusun tersebut akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan. Pada dasarnya perencanaan campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proposi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum. Pengertian optimal adalah penggunaan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria standar dan ekonomis dilihat dari biaya keseluruhan untuk membuat struktur beton tersebut.

Penentuan proporsi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode yang dikenal, antara lain :

1. Metode *American Concrete Institute*
2. *Porland Cement Association*

3. *Road note No. 4*
4. *British Standard Departement Of Enginering,*
5. Departemen Pekerjaan Umum (SK.SNI.T-15-1990-03) dan
6. Cara coba-coba.

Metode *American Concrete Institute (ACI)* mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonominya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudahan pekerjaan, serta keawetan dan kekuatan pekerjaan beton. Cara ACI melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu, jumlah air perkubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran beton yang pada akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan (*workability*)

Menurut SNI T.15-1990-03 beton yang digunakan pada rumah tinggal atau untuk penggunaan beton dengan kekuatan tekan tidak melebihi 10 MPa sesuai dengan teori perencanaan proporsi campuran adukan beton, pembuatan beton boleh menggunakan campuran dengan perbandingan volume 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil dengan *slump* tidak lebih dari 100 mm.

Pengerjaan beton dengan kekuatan tekan hingga 20 Mpa boleh menggunakan penakaran volume, tetapi pengerjaan beton dengan kekuatan beton akan lebih besar dari 20 Mpa harus menggunakan campuran berat. Sebelum melakukan perancangan, data-data yang dibutuhkan harus dicari. Jika data-data yang dibutuhkan tidak ada atau tidak memenuhi ketentuan yang telah disyaratkan, dapat diambil data yang telah ada pada penelitian sebelumnya atau menggunakan data dari tabel-tabel yang telah dibuat untuk membantu penyelesaian perancangan campuran beton.

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk merancang suatu campuran beton adalah metode Departemen Pekerjaan Umum (SNI 03-2834-2000).Berikut langkah-langkah perancangan beton normal Metode Departemen pekerjaan Umum (SNI 03-2834-2000).

### 2.8.1 Kuat Tekan Beton Yang di Syaratkan

Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur yang direncanakan dan kondisi setempat pada umur 28 hari. Berikut ini merupakan mutu suatu beton dan penggunaannya :

Tabel 2 4 Tabel Mutu Beton dan Penggunaannya

Jenis Beton	$f'_c$ (MPa)	$bk'$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Uraian
Mutu Tinggi	$x \geq 45$	$x \geq K500$	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang, beton prategang, gelar beton prategang, plat beton prategang dan sejenisnya
Mutu Sedang	$20 \leq x < 45$	$K250 \leq x < 500$	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti plat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kereb beton pracetak, gorong – gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan, perkerasan beton semen.
Mutu Rendah	$15 \leq x < 20$	$K175 \leq x < K250$	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar, dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	$10 \leq x < 15$	$K125 \leq x < K175$	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

### 2.8.2 Deviasi Standart

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai

deviasi standarnya. Penetapan nilai deviasi standar (s) ini berdasarkan hasil pengalaman praktek pelaksanaan pada waktu yang lalu, untuk membuat beton mutu yang sama dan menggunakan bahan dasar yang sama pula.

a. Jika pelaksanaan mempunyai catatan data hasil pembuatan beton serupa pada masa yang lalu, maka persyaratan (selain yang tersebut diatas) jumlah data hasil uji minimum 30 buah. (Satu data hasil uji kuat tekan adalah hasil rata-rata dari uji tekan dua silinder yang dibuat dari contoh beton yang sama dan diuji pada umur 28 hari atau umur pengujian lain yang ditetapkan. Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka, dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali, seperti tampak pada tabel berikut :

Tabel 2 5 Tabel Faktor Pengali deviasi standar (s)

Jumlah Data : 30	25	20	15	<15
Faktor Pengali : 1,0	1,03	1,08	1,16	tidak boleh

b. Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan atau hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil uji kurang dari 15 buah), maka nilai margin langsung diambil sebesar 12 Mpa.

Untuk memberikan gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, dapat melihat tabel berikut :

Tabel 2 6 Tabel Deviasi Standar untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar (MPa)		
Sebutan	Vol Beton (m <sup>3</sup> )	Baik Sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 6,5	6,5 < S < 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 5,5	6,5 < S < 7,5
Besar	> 3000	2,5 < S < 3,5	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 6,5

### 2.8.3 Perhitungan Nilai Tambah

Jika nilai tambah ini sudah ditetapkan sebesar 12 Mpa (karena tidak mempunyai data sebelumnya), maka nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar ( $s_d$ ) maka dilakukan dengan rumus berikut:

$$M = k \times s_d \dots\dots\dots 2.16$$

Keterangan :

M : nilai tambah (Mpa)

K : 1,64

$s_d$  : deviasi standar (Mpa)

### 2.8.4 Kuat Tekan Rata-Rata

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus :

$$f'_{a} = f'_{c} + M \dots\dots\dots 2.17$$

Keterangan :

$f'_{a}$  : kuat tekan rata-rata(Mpa)

$f'_{c}$  : kuat tekan yangdisyaratkan (Mpa)

M : nilai tambah (Mpa)

### **2.8.5 Menentukan Jenis Semen Portland**

Menurut PUBI 1982 di Indonesia semen porland dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu jenis I, II, III, IV, dan V. Jenis I merupakan jenis semen biasa, adapun jenis III merupakan jenis semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi, atau dengan kata lain sering disebut semen cepat mengeras. Pada langkah ini ditetapkan apakah pakai semen biasa atau semen yang cepat mengeras.

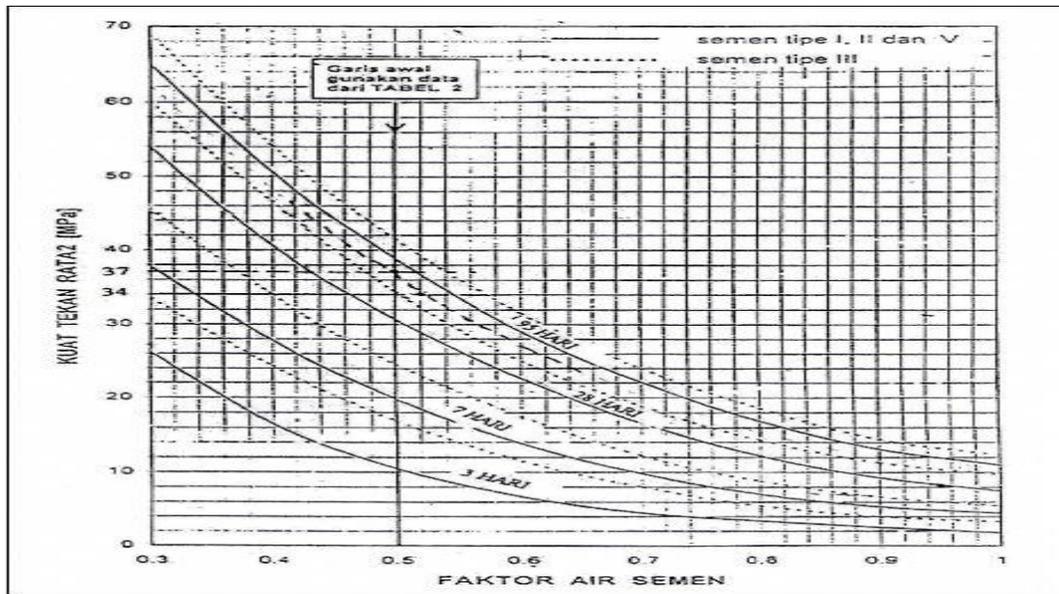
### **2.8.6 Penetapan Jenis Agregat**

Jenis kerikil dan pasir ditetapkan, apakah berupa agregat alami (tidak dipecahkan) atau agregat jenis batu pecah (*crushed aggregate*)

### **2.8.7 Faktor Air Semen Bebas**

Faktor Air semen dapat dicari dengan dua cara , yaitu sebagai berikut :

1. Cara pertama, berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan melihat grafik berikut :



Gambar 2 11 Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Kekuatan Tekan Beton Untuk Benda Uji Silinder

2. Cara kedua, berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan tabel deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu Pekerjaan dan gambar hubungan faktor air semen dan kuat kekuatan tekan beton untuk benda uji silinder

Tabel 2 7 Tabel Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) Dengan Faktor Air Semen 0,50

Jenis Semen	Jumlah agregat kasar	Umur (hari)			
		3	7	28	91
I, II, III	Alami	17	23	33	40
	Batu Pecah	19	27	37	45
III	Alami	21	28	38	44
	Batu Pecah	25	33	44	48

(Sumber : Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton ;73)

### 2.8.8 Faktor Air Semen Maksimum

Agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak, maka perlu ditetapkan nilai faktor air semen maksimum. Penetapan nilai faktor air semen maksimum dapat dilakukan dengan melihat tabel perkiraan kuat tekan beton (MPa) dengan faktor air semen 0,50 . Jika nilai fas maksimum ini lebih rendah dari pada nilai fas dari langkah 2.9, maka nilai fas maksimum ini yang dapat dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 2 8 Tabel Persyaratan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan Khusus.

Kondisi Lapangan	Nilai Faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling no korosif	0.60
b. Keadaan keliling korosif di sebabkan oleh kondensi atau uap-uap korosif	0.52
Beton di luar ruangan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0.55
b. Mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	Lihat tabel
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. air tawar	Lihat Tabel
b. air laut	

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimuljo, Teknologi Beton : 74 Tabel 7.12)

Tabel 2 9 Tabel Faktor Air-Semen Maksimum Untuk Beton Yang Berhubungan Dengan Air Tanah Yang Mengandung Sulfat

Konsentrasi sulfat (SO <sub>2</sub> )			Jenis Semen	Faktor air semen maksimum
Dalam Tanah		SO <sub>3</sub> dalam air tanah (gr/ltr)		
Total SO <sub>3</sub> %	SO <sub>3</sub> dalam campuran air : tanah = 2:1 (gr/ltr)			
<0.2	<1.0	<0.3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	0.50
0.2-0.5	1.0-1.9	0.3-1.2	Tipe I tanpa Pozolan	0.50
			Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen porland Pozolan	0.55
			Tipe II dan V	
0.5-1.0	1.9-3.1	1.2-2.5	Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen Porland Pozolan	0.45
			Tipe II dan V	
			Tipe II dan V	
1.0-2.0	3.1-5.6	2.5-5.0	Tipe II atau V dan lapisan Pelindung	0.45
> 2.0	>5.6	>5.0		0.45

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 75, Tabel 7.12.a)

Tabel 2 10 Tabel Faktor Air-Semen Untuk Beton Bertulang Dalam Air

Berhubungan dengan	Tipe Semen	Faktor air Semen
Air Tawar	Semua tipe I s.d V	0.50
Air Payu	Tipe I + Pozolan (15-40% ) atau semen porland Pozolan	0.45
	Tipe II atau V	0.50
Air Laut	Tipe II atau V	0.45

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 75, Tabel 7.12.b)

### 2.8.9 Nilai Slump ( Derajat Pengerjaan )

Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Cara pengangkutan adukan beton dengan aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai slump yang besar, adapun pemadatan adukan dengan alat getar (*triller*) dapat dilakukan dengan nilai slump yang agak kecil. Nilai slump yang diinginkan dapat diperoleh dari tabel 2.1 dibawah ini

Tabel 2 11 Tabel Penetapan Nilai Slump

Pemakaian Beton	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur di bawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 76, Tabel 7.13)

### 2.8.10 Ukuran Agregat Maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan hasil uji gradasi agregat kasar yang telah dilakukan, dan ditetapkan sesuai dengan spesifikasi yang telah memenuhi syarat.

### 2.8.11 Nilai Kadar Air Bebas

Penetapan Kadar Air Bebas/jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan dapat dilihat dari tabel berikut ini :

Tabel 2 12 Tabel Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m<sup>3</sup>)

Ukuran besar butir agregat maksimum (mm)	Jenis agregat	Nilai Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Dari tabel diatas apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \dots\dots\dots 2.18$$

Keterangan :

$W_h$  = Jumlah air untuk agregat halus

$W_k$  = Jumlah air untuk agregat kasar

**2.8.12 Jumlah Semen**

Jumlah atau Berat semen permeter kubik beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah 2.8.11) dengan faktor air semen yang paling kecil diantara minimum atau maksimum (langkah 2.8.7 dan 2.8.8) .

1. Jumlah Semen Maksimum

Nilai semen maksimum didapat apabila ditetapkan sebelumnya

## 2. Jumlah Semen Minimum

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau dan air laut. Kebutuhan semen minimum ditetapkan dengan menggunakan tabel di bawah ini

Tabel 2 13 Kebutuhan Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan Khusus.

Kondisi Lapangan	Jumlah semen minimum (kg/m <sup>3</sup> beton)
Beton di dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling no korosif	275
b. Keadaan keliling korosif di sebabkan oleh kondensi atau uap-uap korosif	325
Beton di luar ruangan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
b. Mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	Lihat tabel
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. air tawar	Tabel
b. air laut	

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 78, Tabel 7.15)

Tabel 2 14 Kandungan Semen Minimum Untuk Beton Yang berhubungan Dengan Air Tanah Yang mengandung Sulfat

Konsentrasi sulfat (SO <sub>2</sub> )			Jenis Semen	kandungan semen minimum (kg/m <sup>3</sup> ) Ukuran Maks. Agregat mm		
Dalam Tanah		SO <sub>3</sub> dalam air tanah (gr/ltr)		40	20	10
Total SO <sub>3</sub> %	SO <sub>3</sub> dalam campuran air : tanah = 2:1 (gr/ltr)					
<0.2	<1.0	<0.3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	280	300	350
0.2-0.5	1.0-1.9	0.3-1.2	Tipe I tanpa Pozolan	290	330	380
			Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen portland Pozolan			
			Tipe II dan V	250	290	430
0.5-1.0	1.9-3.1	1.2-2.5	Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen Portland Pozolan	340	380	430
			Tipe II dan V	290	330	380
1.0-2.0	3.1-5.6	2.5-5.0	Tipe II dan V	330	370	420
> 2.0	>5.6	>5.0	Tipe II atau V dan lapisan Pelindung	330	370	420

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 79, Tabel 7.15.a)

Tabel 2 15 Kandungan Semen Minimum Untuk Beton Bertulang Dalam Air

Berhubungan dengan	Tipe semen	kandungan semen min. Ukurn maks. Agregat (mm)	
		40	20
Air Tawar	Semen tipe I s.d V	280	300
AirPayu	Tipe I + Pozolan (15-40 ) atau semen porland pozolan	340	380
	Tipe II atau v	290	330
Air Laut	Tipe II atau v	330	370

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 80, Tabel 7.15.b)

### 2.8.13 Faktor Air Semen Yang Disesuaikan

Jika jumlah semen mengalami berubah karena pertimbangan kadar air semen maksimum atau kadar air semen minimum, maka tentukan nilai faktor air semen yang di sesuaikan ,didapat dengan melakukan dua cara sebagai berikut :

1. Faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum
2. Jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen

### 2.8.14 Susunan Besar Butir Agregat Halus

Berdasarkan gradasi (hasil analisa ayakan) agregat halus yang akan dipakai dengan klasifikasi menjadi 4 daerah (zona). Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan untuk tabel .

Dengan tabel tersebut agregat halus dapat dimasukan menjadi salah satu dari 4 daerah, yaitu daerah 1,2,3, dan 4.

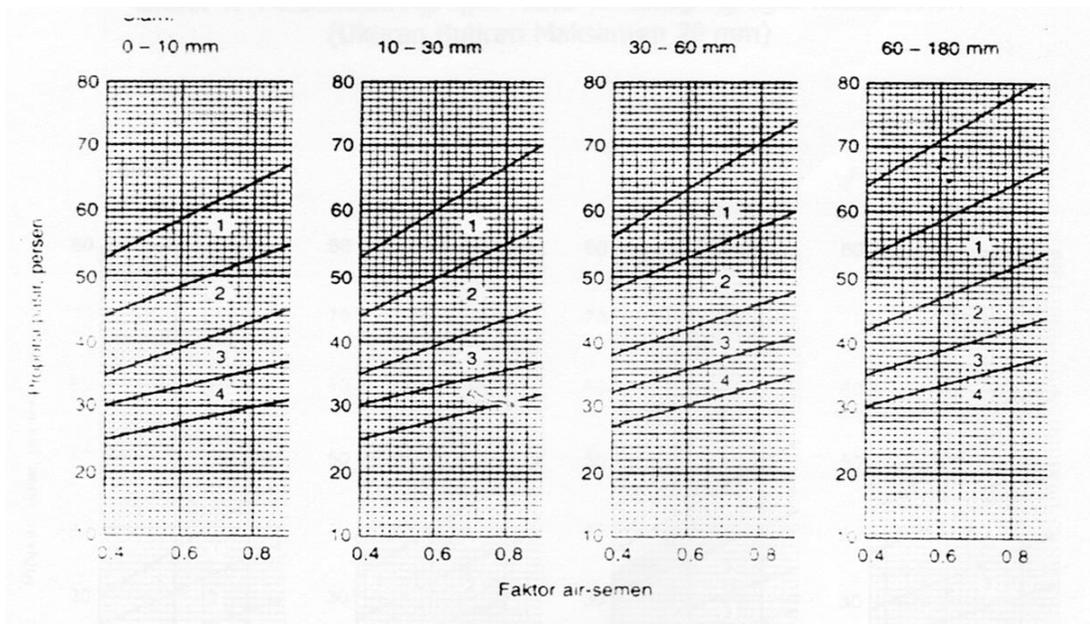
Tabel 2 16 Tabel Batas Gradasi Pasir

No Saringan (mm)	Persen berat butir yang lewat saringan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4.8	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	01-10	0-15

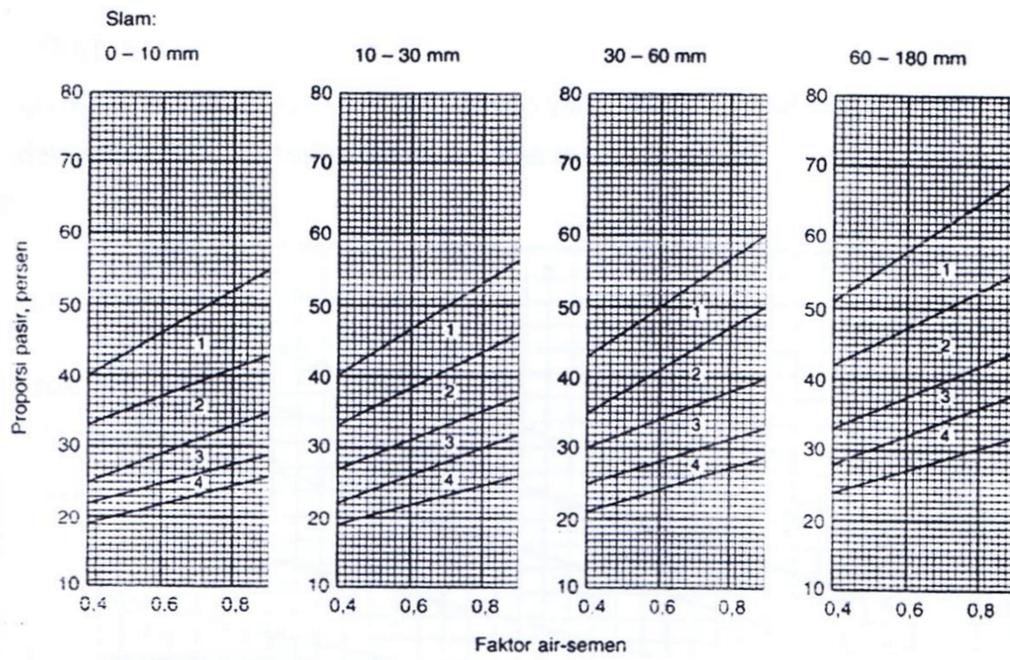
(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 81, Tabel 7.16)

#### 2.8.14 Perbandingan Agregat Halus dan Kasar

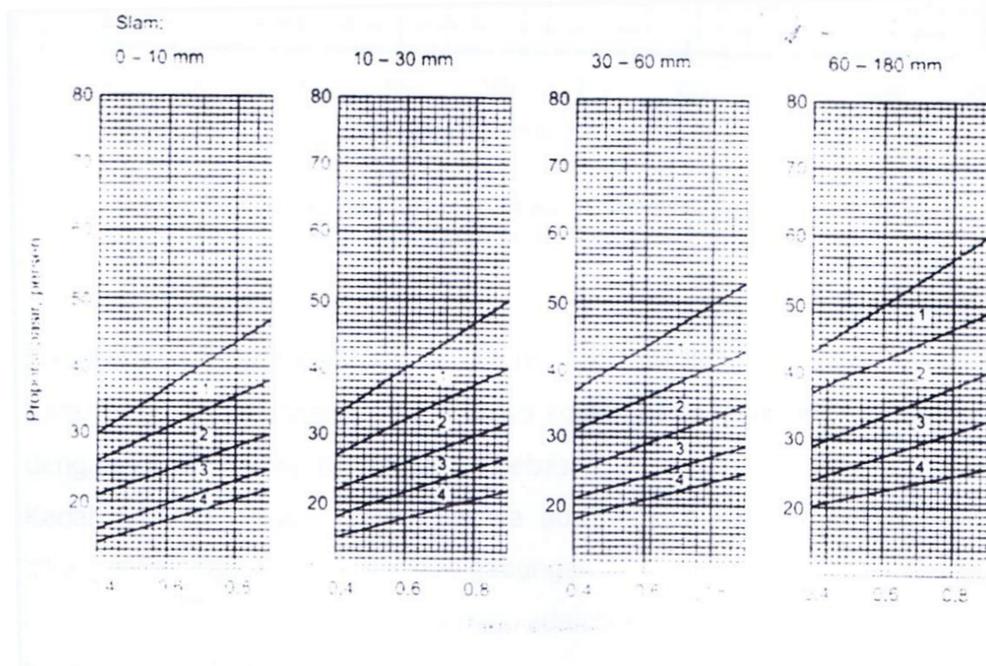
Nilai banding antara agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar campuran. Penetapan dilakukan dengan memperlihatkan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi halus. grafik 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.



Gambar 2 12 Grafik persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm



Gambar 2 13 Grafik Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 20mm



Gambar 2.14 Grafik Persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 40 mm

**2.8.15 Berat Jenis Relatif Agregat Campuran**

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$Bj_{camp} = \frac{P}{100} \times Bj_{ag.hls} + \frac{K}{100} \times Bj_{ag.ksr} \dots\dots\dots 2.19$$

Keterangan :

Bj camp : Berat jenis agregat campuran

Bj ag.hls : berat jenis agregat halus

Bj ag.ksr : berat jenis agregat kasar

P : Persentase ag.halus terhadap ag. Campuran

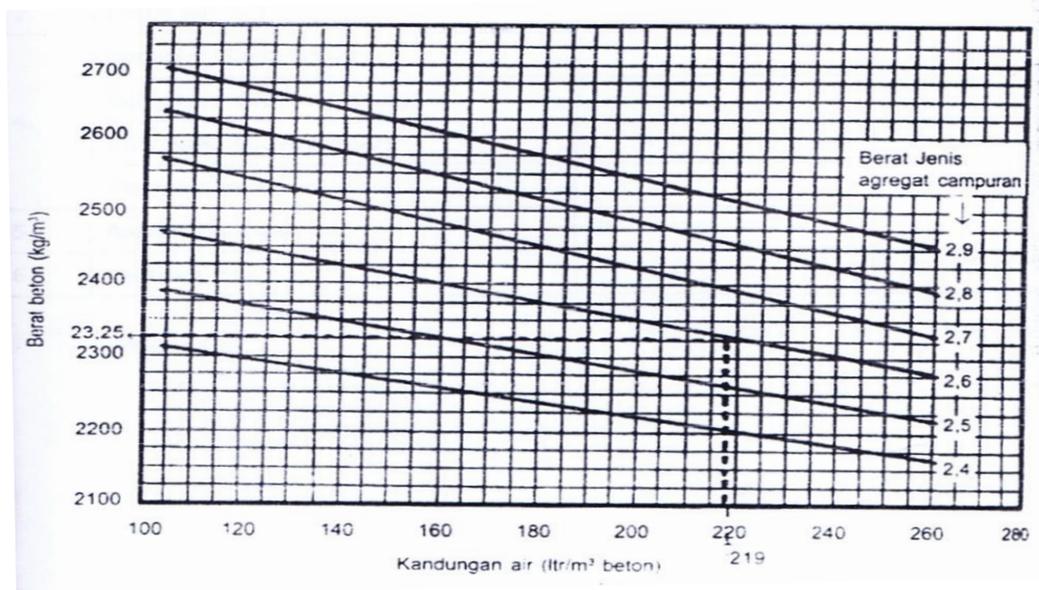
K : Persentase ag.kasar terhadap ag. Campuran

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika tidak ada dapat diambil sebesar 2,5 untuk agregat tidak dipecah atau alami, untuk agregat pecahan diambil 2,60 dan 2,70

### 2.8.16 Berat Isi Beton ( Basah )

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah 2.8.15 dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka dengan grafik 2.15 dapat diperkirakan berat jenis betonnya. Caranya adalah sebagai berikut :

1. Dari berat jenis agregat campuran pada langkah 2.8.15 dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada grafik 2.15
2. Kebutuhan air yang diperoleh pada langkah 2.8.7 dimasukkan dalam grafik 2.15, kemudian dari nilai ini ditarik vertikal ke atas sampai mencapai garis kurva yang dibuat diatas.
3. Dari titik potong ini kemudian ditarik garis horizontal ke kiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.



Gambar 2 15 Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Beton.

### 2.8.17 Berat Agregat Campuran

Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen

$$W_{\text{campuran}} = W_{\text{beton}} - A - S \dots\dots\dots 2.20$$

Keterangan :

$W_{\text{campuran}}$  : kebutuhan agregat campuran (kg)

$W_{\text{beton}}$  : berat beton ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

A : Kebutuhan Air (litr)

S : kebutuhan semen (kg)

### 2.8.19 Kebutuhan Agregat

#### 1. Agregat halus

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan cara mengalikan kebutuhan agregat campuran dengan persentase berat agregat halusnya.

$$W_{\text{pasir}} = \frac{P}{100} \times W_{\text{campuran}} \dots\dots\dots 2.21$$

Keterangan :

$W_{\text{pasir}}$  : kebutuhan agregat pasir(kg)

$W_{\text{campuran}}$  : kebutuhan agregat campuran (kg)

P : persentase pasir terhadap campuran

#### 2. Agregat Kasar

Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan cara mengurangi kebutuhan agregat campuran dengan kebutuhan agregat halus.

$$W_{\text{krk}} = W_{\text{campuran}} - W_{\text{pasir}} \dots\dots\dots 2.22$$

Keterangan :

$W_{\text{kerikil}}$  : kebutuhan agregat kerikil (kg)

$W_{\text{pasir}}$  : kebutuhan agregat pasir (kg)

$W_{\text{campuran}}$  : kebutuhan agregat campuran (kg)

Dalam perhitungan diatas agregat halus dan agregat kasar dianggap dalam keadaan jenuh kering-muka, sehingga di lapangan yang pada umumnya keadaan agregatnya tidak jenuh kering-muka maka dilakukan koreksi terhadap kebutuhan bahannya. Koreksi harus dilakukan minimum satu kali sehari.

Hitungan koreksi dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

1. Air :  $A - \frac{Ah - A_1}{100} \times B - \frac{Ak - A_2}{100} \times C$  .....2.22

2. Agregat Halus  $B + \frac{Ah - A_1}{100} \times B$  .....2.23

3. Agregat Kasar  $C + \frac{Ak - A_2}{100} \times C$  .....2.24

Keterangan :

A : jumlah kebutuhan air (liter/m<sup>3</sup>)

B : jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m<sup>3</sup>)

C : jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m<sup>3</sup>)

$A_b$  : kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%)

$A_k$  : kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%)

$A_1$  : kadar air pada agregat halus jenuh muka (%)

$A_2$  : kadar air pada agregat kasar jenuh kering muka (%)

