

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Tinjauan Umum**

Beton didapat dari percampuran bahan aktif dan bahan pasif pada perbandingan tertentu. Bahan aktif yaitu semen dan air, sedangkan bahan pasif adalah pasir dan kerikil atau biasa disebut agregat halus dan agregat kasar. Kelompok yang aktif sebagai perekat dan kelompok yang pasif sebagai bahan pengisi. Campuran kedua bahan diatas bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan yang memiliki kekuatan desak tinggi. Oleh karena itu, beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan.

Teknologi beton tidaklah statis saja namun terus berkembang sejalan dengan perkembangan pembangunan khususnya dibidang konstruksi. Penelitian untuk mendapatkan suatu alternatif baru dalam teknologi beton perlu sekali dilaksanakan. Tujuannya untuk mendapatkan suatu beton dengan kuat desak tinggi menggunakan semen yang seefisien mungkin. Penambahan bahan pozzolan merupakan salah satu alternatif untuk mendapatkan kuat desak beton yang baik. Bahan pozzolan yang bisa dipakai antara lain bubuk keramik.

Komponen yang paling utama dikandung keramik adalah Oksida Silika  $[\text{SiO}_2]$ .  $[\text{SiO}_2]$  jika dicampur dengan air  $[\text{H}_2\text{O}]$  tidak menghasilkan zat perekat seperti semen.  $[\text{SiO}_2]$  akan bereaksi secara kimia dengan Kalsium hidroksida

[Ca(OH)<sub>2</sub>] pada temperatur ruang yang akan membentuk senyawa baru yaitu Kalsium silikat hidrat [CaO.SiO<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O] yang mempunyai sifat seperti semen (zat perekat).

Kalsium hidroksida merupakan sisa hasil reaksi antara semen dan air. Air bersih mengalir mengenai beton, lama kelamaan akan melarutkan Kalsium hidroksida [Ca(OH)<sub>2</sub>]. Air yang mengandung CO<sub>2</sub> bereaksi dengan [Ca(OH)<sub>2</sub>] menghasilkan senyawa Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> merupakan salah satu senyawa yang mudah larut dan proses reaksinya akan berulang pada lapisan lebih dalam. Senyawa ini sedikit demi sedikit akan menyerang dan merusak senyawa-senyawa lain dari semen dalam betonnya atau sering disebut korosi beton. Pelarutan dari Kalsium hidroksida dapat dicegah dengan diusahakan betonnya rapat dan Kalsium hidroksida diubah menjadi senyawa yang tidak larut. Dalam penelitian ini dipakai bubuk keramik untuk mengubah Kalsium hidroksida menjadi Kalsium silikat hidrat (senyawa tidak larut).

Kaitannya dengan perawatan beton, ada beberapa macam cara perawatan beton yaitu :

- a. Perawatan beton pada proses pengerasan di lapangan :
  1. Menyirami permukaan beton dengan air segar.
  2. Menggenangi permukaan beton dengan air.
  3. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah.
  4. Penggunaan senyawa kimia.

b. Perawatan beton pada proses pengerasan di laboratorium :

1. Menaruh beton segar di dalam ruangan lembab.
2. Menaruh beton segar dalam air (di rendam).
3. Menaruh beton segar di atas genangan air.

(Triono Budi Astanto,2001)

### **3.2 Material Penyusun**

#### **3.2.1 Semen Portland**

Semen Portland merupakan 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.

Menurut SNI 15-2049-1994, semen portland diklasifikasikan dalam lima jenis sebagai berikut:

1. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

4. Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalori hidrasi rendah.
5. Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen portland terutama terdiri dari oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO<sub>2</sub>), oksida alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Kandungan dari keempat oksida kurang lebih 95% dari berat semen dan biasanya disebut "*major oxides*", sedangkan sisanya sebanyak 5% terdiri dari oksida magnesium (MgO) dan oksida lain. Komposisi spesifik semen portland tergantung pada jenis semen dan komposisi bahan baku yang dipergunakan. Komposisi kimia semen portland mempunyai limitasi seperti pada tabel 3.1 :

**Tabel 3.1 Komposisi Limit Semen Portland**

Oksida	Komposisi (% berat)
Kapur [CaO]	60 - 67
Silika [SiO <sub>2</sub> ]	17 - 25
Alumina [Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ]	3 - 8
Besi [Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ]	0,5 - 6,0
Magnesium [MgO]	0,1 - 5,5
Soda / Potash [Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O]	0,5 - 1,3
TiO <sub>2</sub>	0,1 - 0,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1 - 0,2
SO <sub>3</sub>	1 - 3

Keempat oksida utama pada semen akan membentuk senyawa-senyawa yang biasa disebut:

1. *Trikalsium silikat,  $3CaO.SiO_2$  disingkat  $C_3S$*

Sifat  $C_3S$  hampir sama dengan sifat semen, yaitu apabila ditambahkan air akan menjadi kaku dan dalam beberapa jam saja pasta akan mengeras.  $C_3S$  menunjang kekuatan awal semen dan menimbulkan panas hidrasi  $\pm 500$  joule/gram. Kandungan  $C_3S$  pada semen portland bervariasi antara 35%-55% tergantung pada jenis semen portland.

2. *Dikalsium silikat,  $2CaO.SiO_2$  disingkat  $C_2S$*

Sifat  $C_2S$ , pada penambahan air segera terjadi reaksi, menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan sedikit panas yaitu  $\pm 250$  joule/gram. Pasta yang mengeras, perkembangan kekuatannya stabil dan lambat pada beberapa minggu, kemudian mencapai kekuatan tekan akhir hampir sama dengan  $C_3S$ . Kandungan  $C_2S$  pada semen portland bervariasi antara 15%-35% dan rata-rata 25%.

3. *Trikalsium aluminat,  $3CaO.Al_2O_3$  disingkat  $C_3A$*

Sifat  $C_3A$ , dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi yaitu  $\pm 850$  joule/gram. Perkembangan kekuatan terjadi pada satu sampai dua hari, tetapi sangat rendah. Kandungan  $C_3A$  pada semen portland bervariasi antara 7%-15%.

4. *Tetra kalsium alumino ferrite,  $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$  disingkat  $C_4AF$*

Sifat  $C_4AF$ , dengan air bereaksi dengan cepat dan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi  $\pm 420$  joule/gram. Warna abu-abu

pada semen dipengaruhi oleh  $C_4AF$ . Kandungan  $C_4AF$  pada semen portland bervariasi antara 5%-10% dan rata-rata 8%.

Keterangan mengenai kecmpat senyawa diatas dapat dilihat dalam tabel 3.2 :

**Tabel 3.2 Sifat Senyawa Semen**

Senyawa	Laju reaksi	Panas ikatan (tiap satuan)	Nilai ikatan (tiap satuan)	
			awal	pada optimum
$C_3S$	sedang	sedang	baik	baik
$C_2S$	lambat	kecil	kurang	baik
$C_3A$	besar	besar	baik	kurang
$C_4AF$	lambat	kecil	kurang	kurang

### 3.2.2 Bahan Tambah (bubuk keramik lantai)

Sesuai dengan namanya, bahan tambah merupakan bahan tambahan pada suatu campuran beton yang bertujuan untuk kepentingan tertentu. Oleh karena itu, penggunaan bahan tambah harus benar-benar dipertimbangkan, misalnya: campuran yang kaku dapat diubah lebih plastis dan kohesif dengan penambahan bahan untuk menjadikan plastis (*plasticizer*). Karena suatu bahan campuran pada umumnya dimasukan dalam campuran beton dalam jumlah yang relatif kecil, maka tingkatan kontrolnya harus lebih besar dari pada pekerjaan beton biasa. Hal ini untuk menjamin agar tidak terjadi kelebihan dosis. Pada pelaksanaan selalu ada usaha untuk menambahnya sedikit, terutama bila operator menyangka bahwa keadaan campuran menyimpang dari keadaan normal. Kesukaran dan biaya yang

dialami dalam kontrol yang dibutuhkan, kadang-kadang lebih besar dari keuntungan yang didapat dari penggunaan bahan tambah. Bahan tambah yang berlebihan dapat menurunkan sekali kekuatan atau sifat-sifat beton yang lain (L.J. Murdock dan K.M.Brook).

Agar dapat memahami kecocokan suatu bahan campuran, maka unsur-unsurnya yang aktif harus diketahui, ini karena beberapa sifat beton mungkin diperbaiki oleh salah satu unsur, tetapi pengaruh penurunan terhadap sifat-sifat lainnya mungkin disebabkan oleh unsur lainnya.

Bubuk keramik disini berasal dari penghancuran dengan penumbukkan sisa-sisa potongan keramik lantai bangunan pada seluruh lapisannya (keramik dan glazur email) sehingga diperoleh bentuk fisik akhir seperti bubuk/tepung keramik.

### **3.2.3 Agregat**

Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Ini karena agregat menempati kira-kira sebanyak 70% volume mortar atau beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan.

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain:

- a. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari  $\frac{3}{4}$  kali jarak bersih antar baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.

- b. Ukuran maksimum butir agregat jangan lebih besar dari  $1/3$  kali tebal pelat.
- c. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari  $1/5$  kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm.

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03, kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Batas-batas jenis pasir tercantum dalam tabel 3.3 :

**Tabel 3.3 Gradasi Pasir**

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah 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	0-10	0-15



Keterangan:

Daerah I : Pasir kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah IV : Pasir halus

Adapun agregat kerikil ditetapkan seperti yang tercantum dalam tabel 3.4 :

**Tabel 3.4 Gradasi Kerikil**

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan	
	Berat butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

Dalam peraturan ini juga ditetapkan gradasi agregat campurannya, yaitu campuran pasir dan kerikil dengan diameter maksimum 40 mm, 30 mm, 20 mm, 10 mm, masing-masing mempunyai kurva tersendiri. Gradasi campuran yang ideal adalah yang masuk dalam kurva 2 dan 3. Indek yang dipakai untuk ukuran kehalusan dan kekasaran butir agregat di tetapkan dengan modulus halus butir. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus 1,5 sampai 3,8 dan kerikil antara 5 dan 8. Modulus halus butir campuran dihitung dengan rumus:

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.1)$$

Dengan      W : Persentase berat pasir terhadap berat kerikil  
              K : Modulus halus butir kerikil  
              P : Modulus halus butir pasir  
              C : Modulus halus butir campuran.

### 3.2.4 Air

Air mempunyai pengaruh yang penting dalam pengikatan campuran serta sifat mudah dikerjakan (*workability*). Namun demikian pemakaian air tidak boleh berlebihan, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergarak keatas permukaan adukan beton segar yang baru saja di tuang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan sambung yang lemah. Dalam pemakaian air untuk beton, sebaiknya air memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/lt,
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gr/lt,
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/lt, dan
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/lt.

(Tjoikrodimuljo, 1992)

### 3.3 Ketentuan Pembuatan Benda Uji menurut SK SNI M-14-1989-F

Ketentuan menurut SK SNI M-14-1989-F merupakan penyempurnaan dari ketentuan pada PBI 1971. Ketentuan menurut SK SNI M-14-1989-F yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini antara lain:

1. Benda uji standar berupa silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Benda uji selain silinder sebagai alternatif yang memberikan kuat tekan yang berbeda, dibutuhkan faktor konversi seperti pada tabel 3.5 berikut ini:

**Tabel 3.5 Angka Konversi Benda Uji Beton**

Benda Uji	Faktor Konversi
Silinder 150 x 300 mm	1,00
Kubus 150 x 150 mm	0,80
Kubus 200 x 200 mm	.0,83

2. Hasil pemeriksaan diambil nilai rata-rata dari minimal 2 buah benda uji.

### 3.4 Pengendalian Pekerjaan Beton

Untuk menjaga agar mutu beton di lapangan tetap terjaga, seorang pengawas harus mengawasi pekerjaan dengan teliti. Pelaksanaan pengawasan mutu secara terus menerus selama pembuatan beton perlu dilakukan untuk mengetahui kuat desak rata-rata dan besar variasi kuat desak beton yang dibuat di lapangan secara lebih dini.

Dalam konsep tata cara perancangan dan pelaksanaan konstruksi beton 1989, tercantum bahwa pekerjaan beton dapat dinyatakan memenuhi syarat jika kedua persyaratan berikut terpenuhi :

1. Nilai rata-rata dari semua pasangan hasil uji (yang masing-masing pasangan terdiri dari tiga hasil uji desak) tidak kurang dari  $f'c + 0,82 \text{ sd}$
2. Tidak satupun dari hasil uji desak (rata-rata dari dua silinder / kubus) kurang dari  $0,85 f'c$ .

Jika persyaratan pertama tidak terpenuhi, maka harus diambil langkah-langkah untuk meningkatkan kuat desak rata-rata betonnya. Adapun jika persyaratan kedua yang tidak dipenuhi maka harus diambil langkah-langkah untuk memastikan bahwa kapasitas daya dukung struktur terhadap beban akan di tahan masih tidak membahayakan.

### 3.5 Perencanaan Campuran Beton

Dalam penelitian kali ini digunakan metode "*The British Mix Design Method*" atau lebih dikenal di Indonesia dengan cara DOE (*Department of Environment*). Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari ( $f'c$ )

Kuat tekan beton ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat dilapangan. Kuat beton yang disyaratkan adalah kuat tekan kemungkinan lebih rendah hanya 5% saja dari nilai tersebut.

- b. Menetapkan nilai deviasi standar (sd)

Standar deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya, makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standar.

1. Jika pelaksana tidak mempunyai data pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 buah benda uji, maka nilai deviasi standar diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan seperti tabel 3.6 di bawah ini :

**Tabel 3.6 Tingkat Pengendalian Pekerjaan**

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2.8
Sangat baik	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.6
Jelek	7.0
Tanpa kendali	8.4

2. Jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton serupa minimal 30 buah silinder yang diuji kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka jumlah data dikoreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali (tabel 3.7) :

**Tabel 3.7 Faktor Pengali Deviasi Standar**

Jumlah data	30,0	25,00	20,00	15,00	<15
Faktor pengali	1,0	1,03	1,08	1,16	Tidak boleh

- c. Menghitung nilai tambah margin (M)

$$M = K \cdot Sd \dots\dots\dots(3.2)$$

*Keterangan :*

M = nilai tambah

K = 1,64

Sd = standar deviasi

Rumus diatas berlaku jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton yang diuji kuat tekannya pada umur 28 hari. Jika tidak mempunyai data pengalaman Pembuatan beton atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji, nilai N langsung diambil 12 Mpa.

- d. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan.

$$f'_{cr} = f'_c + M \dots\dots\dots(3.3)$$

*Keterangan :*

$f'_{cr}$  = kuat tekan rata-rata

$f'_c$  = kuat tekan yang disyaratkan

M = nilai tambah

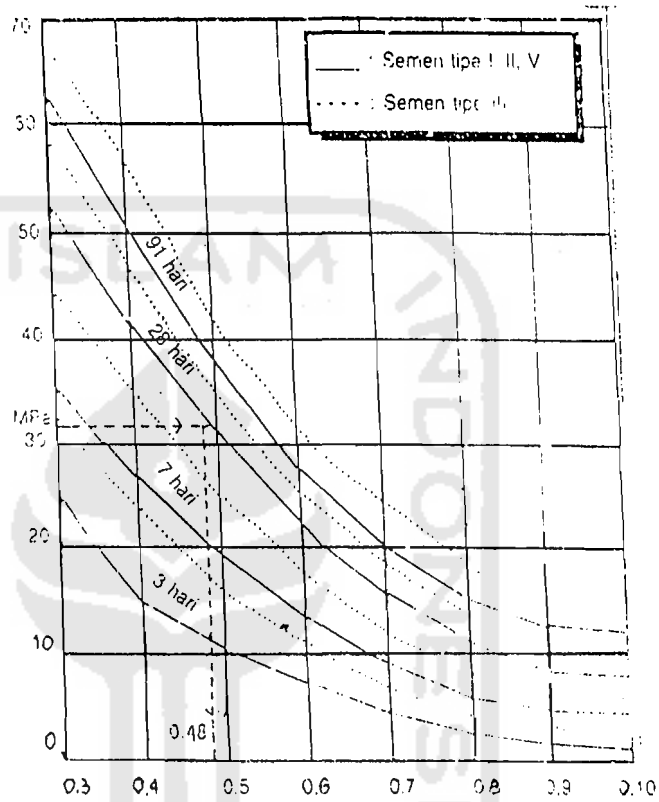
- e. Menetapkan jenis semen

- f. Menetapkan jenis agregat ( pasir dan kerikil )

- g. Menetapkan faktor air semen

Cara menetapkan faktor air semen diperoleh dari nilai terendah ketiga cara.

*Cara Pertama:*



**Gambar 3.1** Grafik Faktor Air Semen

Misal, kuat tekan silinder ( $f'_{cr} = 32$  MPa) dan pada saat umur beton 28 hari. Jenis semen tipe I atau garis utuh. Caranya tarik garis lurus dan memotong 28 hari didapatkan faktor air semen (Gambar 3.1)

*Cara Kedua*

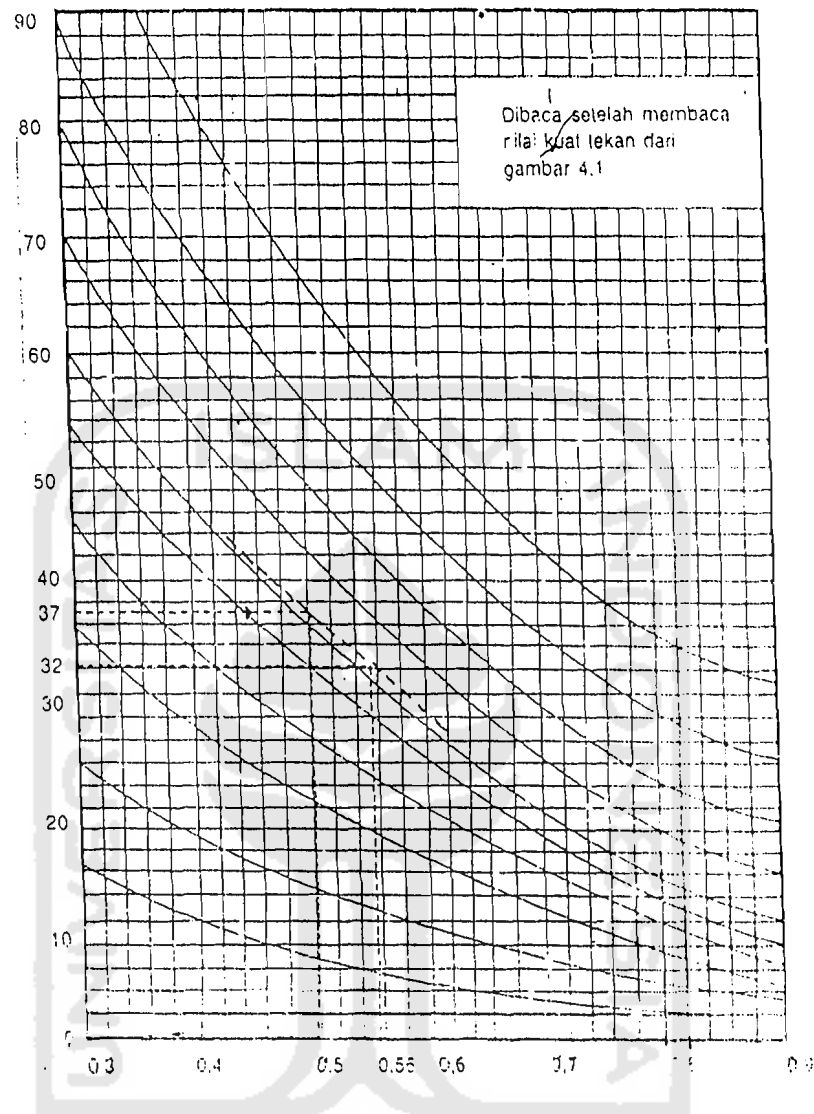
Diketahui jenis semen I, Jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka gunakan tabel 3.8 nilai kuat tekan beton.

**Tabel 3.8 Nilai Kuat Tekan Beton**

Jenis semen	Jenis agregat kasar(kerikil)	Umur Beton			
		3	7	28	91
I, II, III	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
IV	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

Dari tabel di atas diperoleh nilai kuat tekan = 37 Mpa, yaitu jenis semen I, kerikil batu pecah dan umur beton 28 hari. Kemudian, dengan faktor air semen 0,5 dan  $f'_{cr} = 37$  Mpa, digunakan grafik penentuan faktor air semen dibawah ini. Caranya, tarik garis ke kanan mendatar 37, tarik garis ke atas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya.





*Gambar 3.2 Grafik Mencari Faktor Air Semen*

*Cara Ketiga :*

Dengan melihat persyaratan untuk berbagai pementan dan lengkungan khusus, beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat dan untuk beton bertulang terendam air. Dengan cara ini diperoleh :

1. Untuk pembetonan di dalam ruang bangunan dan keadaan keliling non korosif = 0,60.
2. Untuk beton yang berhubungan dengan air tanah, dengan jenis semen tipe I tanpa pozzolan untuk tanah mengandung  $SO_3$  antara 0,3 – 1,2 maka FAS yang diperoleh = 0,50.
3. Untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu faktor air semennya = 0,50.

Dari ketiga cara di atas ambil nilai yang terendah.

h. Menetapkan faktor air semen maksimum

Cara ini didapat dari ketiga cara di atas ambil nilai faktor air semen yang terbesar.

i. Menetapkan nilai slump

Nilai slump didapat sesuai dari pemakaian beton, hal ini dapat diketahui dari tabel 3.9 :

**Tabel 3.9 Penetapan Nilai Slump (cm)**

Pemakaian Beton	maks	min
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12.5	5.0
Pondasi telapak tidak bertulang koison, struktur dibawah tanah	9.0	2.5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15.0	7.5
Pengerasan jalan	7.5	5.0
Pembetonan masal	7.5	2.5

- j. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum (kerikil).
- k. Menetapkan jumlah kebutuhan air

Untuk menetapkan kebutuhan air per meter<sup>3</sup>/kubik beton digunakan tabel 3.10 di bawah ini dan dilanjutkan dengan perhitungan :

**Tabel 3.10 Kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton**

Besar ukuran maks kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Dalam tabel di atas, bila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai memiliki jenis yang berbeda (Alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakandiperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k \dots\dots\dots(3.4)$$

Dengan :  $A$  = jumlah air yang dibutuhkan, liter/m<sup>3</sup>

$A_h$  = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya

$A_k$  = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

l. Menetapkan kebutuhan semen

Berat semen per meter kubik dihitung dengan =

Jumlah air yang dibutuhkan (langkah 11) ✓

Faktor air semen maksimum (langkah 28)

m. Menetapkan kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ditetapkan berdasar tabel 3.11 :

**Tabel 3.11 Kebutuhan Semen Minimum**

Berhubungan dengan	Tipe semen	Kandungan semen min.	
		Ukuran maks agregat(mm)	
		40	20
Air tawar	Semua tipe	280	300
Air payau	Tipe + pozolan (15-40%)	340	380
	atau S.P pozolan tipe II dan V	290	330
Air laut	Tipe II dan V	330	370

n. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai

Untuk menetapkan kebutuhan semen, lihat langkah 12, (kebutuhan semen dan kebutuhan semen minimumnya), maka yang dipakai harga terbesar diantara keduanya.

o. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen

Jika jumlah semen pada langkah 13 dan 14 berubah, maka faktor air semen berubah yang ditetapkan dengan :

1. Jika akan menurunkan faktor air semen, maka faktor air semen dihitung lagi dengan cara jumlah air dibagi jumlah semen minimum.
2. Jika akan menaikkan jumlah air lakukan dengan cara jumlah semen minimum dikalikan faktor air semen.

p. Menentukan golongan pasir

Golongan pasir ditentukan dengan caramenghitung hasil ayakan hingga dapat ditemukan golongannya.

q. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil.

r. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

1. Jika tidak ada data, maka agregat alami (pasir) diambil 2,7 dan untuk kerikil (pecahan) diambil 2,7.
2. Jika mempunyai data, dihitung dengan rumus :

$$B_j \text{ campuran} = (P/100) \times B_j \text{ pasir} + (K/100) \times B_j \text{ kerikil} \dots\dots\dots(3.5)$$

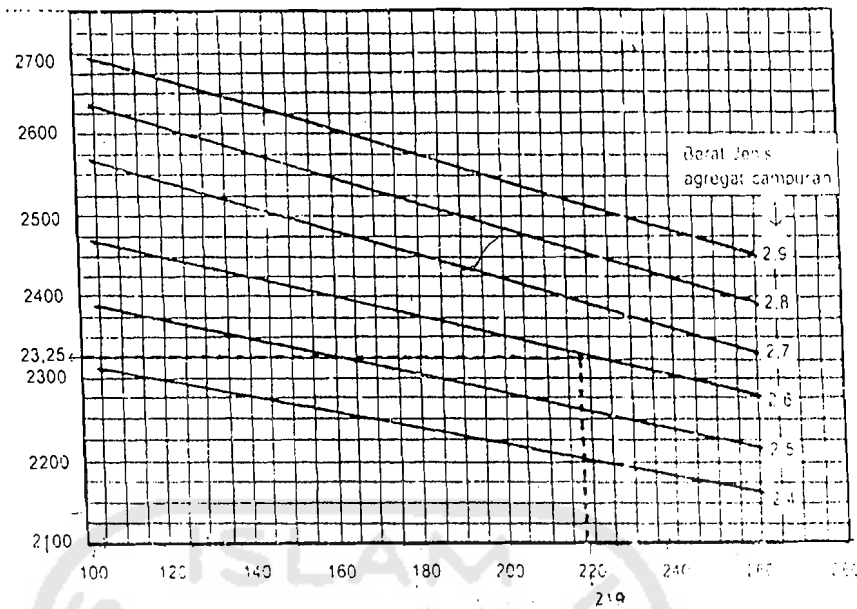
diketahui :  $B_j \text{ campuran} = \text{berat jenis campuran}$

$P = \text{persentase pasir terhadap agregat campuran}$

$K = \text{persentase kerikil terhadap agregat campuran}$

s. Menentukan berat beton

Untuk menentukan berat beton digunakan data berat jenis campuran dan kebutuhan air tiap meter kubik, setelah ada data, kemudian dimasukkan kedalam gambar 3.3 :



**Gambar 3.3** Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Beton

Misalnya, jika berat jenis campuran 2,6.

kebutuhan air tiap meter kubik = 219

Caranya, tentukan angka 219 dan tarik garis keatas memotong garis berat jenis 2,6 dan tarik garis ke kiri, dan temukan berat jenis betonnya 2325 kg/m<sup>3</sup>.

t. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

Berat pasir + berat kerikil = berat beton – kebutuhan air – kebutuhan semen

= langkah 19 – langkah 11 – langkah 12

u. Menentukan kebutuhan pasir

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan pasir} &= \text{kebutuhan pasir dan kerikil} \times \text{persentase berat pasir} \\ &= \text{langkah 20} \times \text{langkah 17}\end{aligned}$$

v. Menentukan kebutuhan kerikil

$$\text{Kebutuhan kerikil} = \text{kebutuhan pasir dan kerikil} - \text{kebutuhan pasir.}$$

### 3.6 Pengadukan Beton

Untuk mencapai mutu beton yang baik maka bahan-bahan penyusun beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus yang kemudian diikat dengan semen lalu berinteraksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan di aduk dengan benar dan rata. Pengadukan beton dapat dilakukan dengan cara :

- a. Tangan, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat sedikit, dan tidak diinginkan suara berisik yang ditimbulkan oleh mesin.
- b. Mesin, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat dalam jumlah yang banyak. Lamanya waktu pengadukan tergantung pada kapasitas isi mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan susun, dan slump beton, pada umumnya tidak kurang dari 1,5 menit semenjak dimulainya pengadukan, dan hasil adukannya menunjukkan susunan dan warna yang merata.