

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Istilah beton digunakan untuk menyatakan campuran antara semen, air, pasir dan kerikil yang mengeras menyerupai batu. Air dan semen membentuk pasta yang akan mengisi rongga-rongga di antara butir-butir pasir dan kerikil. Semen dan air berinteraksi secara kimiawi untuk mengikat partikel-partikel agregat menjadi suatu massa yang padat. Departemen Pekerjaan Umum (DPU) memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat (*Pedoman Beton 1989:hal 4*).

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

a). kualitas semen, b). proporsi semen terhadap air dalam campuran, c). kekuatan dan kebersihan agregat, d). interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat, e). pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton. f). penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton segar, g). perawatan beton, dan h). kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang tidak diekspos dan 1% bagi beton yang tidak di ekspos (*E.G.Nawy, 1990:hal 24*).

3.2 Material Penyusun Beton

3.2.1 Semen

a. Semen *Portland*

Joseph Aspdin dari Leeds, menggunakan istilah semen *Portland* pada tahun 1824 untuk menerangkan suatu paten dari semen yang dibentuk dengan memanaskan campuran tanah liat halus dengan batu kapur atau kapur di dalam suatu tungku sampai pada suatu suhu yang cukup tinggi untuk membuang seluruh Karbon Di-oksida. Ini disebut semen *Portland* karena beton yang dihasilkan menyerupai batu *Portland* (Murdock 1986 : hal 2).

Semen *Portland* dibuat dengan cara menghaluskan silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan dicampur bahan gips. Bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari batu kapur, silika (SiO_2) dari lempung dan alumina (Al_2O_3) dari lempung. (E.G.Nawy 1990 : hal 9). Pedoman Beton 1989 (SKBI.1.4.53.1988) dalam ulasannya dihalaman 1, membagi semen *Portland* menjadi lima jenis yaitu :

1. Tipe I, semen *Portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
2. Tipe II, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Tipe III, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.

5. Tipe V, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Semen *Portland* yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 “Mutu dan Cara Uji Semen *Portland*”, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut (*Pedoman Beton 1989:3.2-8*).

b. Susunan Kimia Semen *Portland*

Bahan dasar semen *Portland* terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina dan oksida besi. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan. Walaupun kompleks, namun pada dasarnya dapat disebutkan 4 senyawa yang paling penting. Keempat senyawa tersebut adalah :

1. Trikalsium silikat (C_3S) atau $3CaO.SiO_2$
2. Dikalsium silikat (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$
3. Trikalsium aluminat (C_3A) atau $3CaO.Al_2O_3$
4. Tetrakalsium aluminoforit (C_4AF) atau $3CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

(huruf-huruf dalam tanda kurung hanyalah simbol dari komponen tersebut)

Dua unsur yang pertama (C_3S dan C_2S) biasanya merupakan 70 sampai 80 % dari semen sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen. Bila semen terkena air, C_3S segera mulai berhidrasi, dan menghasilkan panas. Selain itu juga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Sebaliknya C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen

setelah berumur lebih dari 7 hari, dan memberikan kekuatan akhir. Kedua unsur pertama ini membutuhkan air berturut-turut sekitar 24 dan 21 % dari masing-masing beratnya untuk terjadi reaksi kimia, namun saat hidrasi C_3S membebaskan kalsium hidroksida hampir 3 kali lebih banyak daripada yang dibebaskan oleh C_2S . Unsur C_3A berhidrasi secara *exothermic*, dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam. C_3A bereaksi dengan air sebanyak kira-kira 40 % beratnya, namun karena jumlah unsur ini hanya sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air hanya sedikit. Unsur yang keempat yaitu C_4AF kurang begitu besar pengaruhnya pada kekerasan semen atau beton.

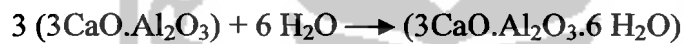
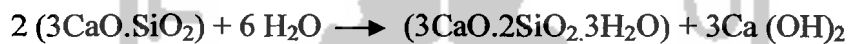
c. Hidrasi Semen

Bilamana semen bersentuhan dengan air maka proses hidrasi berlangsung. Proses ini berlangsung dari arah luar ke dalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi dibagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya mengecil. Proses permulaan hidrasi tersebut berlangsung lambat, antara 2 sampai 5 jam (*periode induksi atau tak aktif*)

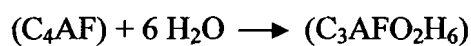
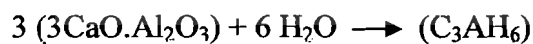
Pada tahap berikutnya, pasta semen menjadi gel (*suatu butiran sangat halus hasil hidrasi, memiliki luas permukaan yang amat besar*) dan sisa-sisa semen yang tidak bereaksi misalnya kalsium hidroksida $Ca(OH)_2$, air dan beberapa senyawa yang lain. Kristal-kristal dari berbagai senyawa yang dihasilkan membentuk suatu rangkaian tiga-dimensi yang saling melekat secara random dan kemudian sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang mula-mula ditempati air lalu menjadi kaku dan muncullah suatu kekuatan yang selanjutnya mengeras menjadi

benda yang padat dan kuat. Dengan demikian pasta semen yang telah mengeras memiliki struktur yang berpori, dengan ukuran pori bervariasi dari yang sangat kecil (4×10^{-7}) sampai yang lebih besar.

Setelah hidrasi berlangsung, endapan hasil hidrasi yang ada dipermukaan butiran semen memaksa air untuk berdifusi ke bagian dalam yang belum terhidrasi sehingga proses hidrasi semakin sulit dan laju hidrasi semakin lambat. Rumus proses kimia untuk reaksi hidrasi dari unsur C_3S dan C_2S dapat ditulis sebagai berikut :



Atau :



(Kardiyono 2004:hal II.2-II.5)

3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/betonna, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (*Kardiyono 2004:hal III.1*).

Dalam SNI T-15-1991-03 agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, krikil, batu pecah dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolis atau adukan. Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (*pecahan*). Agregat alam dan pecahan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (*gradasi*), dan tekstur permukaannya (*Tri Mulyono 2004:hal 76*).

Hal-hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan penggunaan agregat dalam campuran beton ada lima, yaitu (*Landgren 1994 dalam Tri Mulyono 2004:hal 76*):

1. Volume udara

Udara yang terdapat dalam campuran beton akan mempengaruhi proses pembuatan beton, terutama setelah terbutuknya pasta semen

2. Volume padat

Kepadatan volume agregat akan mempengaruhi berat isi dari beton jadi.

3. Berat jenis agregat

Berat jenis agregat akan mempengaruhi proporsi campuran dalam berat sebagai kontrol.

4. Penyerapan

Penyerapan berpengaruh pada berat jenis.

5. Kadar air permukaan agregat

Kadar air permukaan agregat berpengaruh pada penggunaan air saat pencampuran.

Jenis agregat berdasarkan beratnya terbagi menjadi tiga jenis agregat, yaitu agregat normal, agregat ringan dan agregat berat. Agregat normal ini biasanya dihasilkan dari pemecahan batuan atau langsung dari sumber alam dengan berat jenis rata-ratanya adalah 2,5 - 2,7 atau tidak boleh kurang dari 1,2. Beton yang dibuat dengan agregat normal adalah beton normal dengan berat isi 2200 – 2500 kg/m³ (SK.SNI.T-15-1991). Agregat ringan digunakan untuk menghasilkan beton yang ringan dalam sebuah bangunan yang memperhitungkan berat dirinya. Berat isi agregat ringan ini berkisar 350 - 880 kg/m³ untuk agregat kasarnya dan 750-1200 kg/m³ untuk agregat halus dan campuran kedua agregat tersebut mempunyai berat isi maksimum 1040 kg/m³. Agregat berat mempunyai berat jenis lebih besar dari 2800 kg/m³. Berat jenis beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat berat ini dapat mencapai 5 kali berat jenis bahannya (Tri Mulyono 2004:hal 77).

Jenis agregat berdasarkan ukuran butir nominal dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus (Ulasan PB 1989:hal 9)

1. Agregat Halus adalah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4,8mm (SII.0052,1980) atau 4,75mm (ASTM C33,1982) atau 5,0mm (BS.812,1976).
2. Agregat kasar adalah agregat yang semua butirnya tertinggal diatas ayakan 4,8mm (SII.0052,1980) atau 4,75mm (ASTM C33,1982) atau 5,0mm (BS.812,1976).

Ukuran nominal butir agregat terbesar tidak boleh melebihi nilai berikut ini :

- a. Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan
- b. sepertiga tebal pelat
- c. tiga perempat jarak bersih minimum antar batang tulangan, berkas batang tulangan ataupun kabel prategang atau tendon prategang.

Jenis agregat berdasarkan gradasi atau distribusi ukuran agregatnya dapat dibedakan menjadi tiga yaitu : (Tri Mulyono 2004:hal 83)

1. Gradasi sela (*gap gradation*)

Jika salah satu atau lebih dari ukuran butir atau fraksi pada satu set ayakan tidak ada, maka gradasi ini akan menunjukkan satu garis horizontal dalam grafiknya.

2. Gradasi menerus

Adalah agregat yang semua ukuran butirnya ada dan terdistribusi dengan baik Agregat ini lebih sering dipakai dalam campuran beton. Untuk mendapat angka pori yang kecil dengan kemampuan yang tinggi sehingga terjadi *interlocking* yang baik, campuran beton

mempunyai variasi ukuran butir agregat. Gradasi ini merupakan yang paling baik.

3. Gradasi seragam

Agregat yang mempunyai ukuran yang sama didefinisikan sebagai agregat seragam. Agregat ini biasanya dipakai untuk beton ringan, atau mengisi agregat dengan gradasi sela, atau untuk campuran agregat yang kurang baik atau tidak memenuhi syarat

Agregat untuk beton harus memenuhi ketentuan dari mutu dan cara uji agregat beton dalam SII 0052-80 ataupun persyaratan dari ASTM C330 tentang spesifikasi untuk agregat beton (*Ulasan PB 1989:hal 14*).

Kekuatan beton dipengaruhi oleh kualitas agregat, proporsi campuran, serta kebersihan air dan agregatnya. Oleh karena itu, selain harus memiliki kekuatan dan daya tahan baik, butir agregat disyaratkan harus bersih dari Lumpur atau material organis lainnya yang dapat mengurangi kekuatan beton. Bila banyaknya lumpur atau material organis yang dikandung dalam agregat lebih dari 5% maka agregat tersebut harus dicuci (*Ulasan PB 1989:hal 16*).

3.2.3 Air

Dalam pembuatan beton air diperlukan untuk bereaksi dengan semen *Portland* dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan (*diaduk, dituang dan dipadatkan*) Untuk bereaksi dengan semen *Portland*, air yang diperlukan hanya sekitar 25-30 % saja dari berat semen, namun dalam kenyataannya jika nilai Faktor Air-Semen (*berat air dibagi berat semen*)

kurang dari 0,35 adukan beton sulit untuk dikerjakan, sehingga umumnya nilai faktor air-semen lebih dari 0,4 (*berarti terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen*). Kelebihan air ini diperlukan sebagai pelumas agar adukan beton dapat mudah dikerjakan.

Air yang akan digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu untuk menghindari kerusakan beton/baja akibat penggunaan air yang bersifat merusak. Persyaratan mengenai penggunaan air sebagai bahan bangunan di Indonesia tertuang dalam Standar SK.SNI-S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (*Kardiyono 2004 : hal IV-1*).

3.2.4 Limbah Nikel (*Slag*)

Definisi *slag* dalam ASTM.C.989, "*Standart Spesification For Ground Granulated Blast-Furnace Slag For Use In Concrete And Mortar*", (*ASTM,1995:494*) adalah produk non-metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkannya dalam air (*Tri Mulyono 2004:hal 126*).

Limbah nikel (*slag*) dihasilkan melalui proses pemisahan mineral menggunakan suhu tinggi. Limbah ini berwarna hitam keperak-perakan dan memiliki kekerasan menyerupai batu. Dari hasil pemeriksaan analisa unsur, limbah nikel memiliki susunan kimia yang terdiri atas :

1. SiO_2 (*silika*)

Kandungan senyawa ini merupakan yang terbanyak dalam slag.

2. CaO (*kapur*)

Merupakan salah satu bahan pembentuk semen.

3. Al_2O_3 (*alumina*)

Merupakan salah satu bahan pembentuk semen.

4. MgO, Fe, Ni, S

Merupakan unsur-unsur yang terdapat dalam slag.

3.3 Perencanaan Campuran Beton

Berbagai metode dapat dipakai untuk mendapatkan perbandingan campuran dari semen, agregat dan air sehingga beton memiliki sifat-sifat sesuai dengan yang diinginkan. Dalam penelitian ini menggunakan metode dari ACI (*American Concrete Institute*) sebagai dasar perhitungan proporsi campuran beton. *The American Concrete Institute (ACI)* menyarankan suatu cara perancangan campuran dengan memperhatikan nilai ekonomis, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan dan kekuatan yang diinginkan.

Langkah-langkah perencanaan campuran metode ACI adalah sebagai berikut : (*Kardiyono, 1992 : hal 7.9*)

1. Hitung kuat tekan rata-rata beton, berdasarkan kuat tekan rencana dan nilai margin yang lerganlung lingkak pengawasan mutunya.

$$f'_{cr} = f'_c + m, \quad m = 1,64 \cdot Sd$$

dengan :

f'_{cr} = kuat tekan rata-rata (MPa).

f'_c = kuat tekan rencana atau yang disyaratkan (MPa).

m = nilai margin (MPa).

Sd = nilai deviasi standar.

Tabel 3.1 Nilai Deviasi Standar

Volume pekerjaan (m ³)		Mutu Pekerjaan		
		Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil	< 1000 m ³	4,5 < sd ≤ 5,5	5,5 < sd ≤ 6,5	6,5 < sd ≤ 8,5
Sedang	1000 – 3000 m ³	3,5 < sd ≤ 4,5	4,5 < sd ≤ 5,5	5,5 < sd ≤ 7,5
Besar	> 3000 m ³	2,5 < sd ≤ 3,5	3,5 < sd ≤ 4,5	4,5 < sd ≤ 6,5

2. Tetapkan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki (*lihat tabel 3.2*) dan keawetannya (*berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan ; lihat tabel 3.3*). Dari dua hasil dipilih yang paling rendah.

Tabel 3.2 Hubungan Faktor Air-Semen dan f'_{cr} silinder beton pada umur 28 hari

Kekuatan Tekan 28 hari (MPa)	FAS	
	Beton	Beton
	Air-Entrained	Non Air-Entrained
41,4	0,41	-
34,5	0,48	0,4
27,6	0,57	0,48
20,7	0,68	0,59
13,8	0,62	0,74

Tabel 3.3 Faktor Air Semen Maksimum

Jenis struktur dan kondisi lingkungan	FAS
Beton didalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
Beton diluar ruang bangunan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan air :	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

3. Berdasarkan jenis strukturnya, tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregatnya (*dari tabel 3.4 dan tabel 3.5*)

Tabel 3.4 Nilai Slump (mm)

Jenis Kontruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding penahan dan pondasi	76,2	25,4
Pondasi sederhana, sumuran dan dinding substruktur	76,2	25,4
Balok dan dinding beton	101,6	25,4
Kolom struktural	101,6	25,4
Perkerasan dan slab	76,2	25,4
Beton massal	50,8	25,4

Tabel 3.5 Ukuran Maksimum Agregat

Dimensi minimum, mm	Balok / Kolom	Pelat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

4. Tetapkan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan (*lihat tabel 3.6*)

Tabel 3.6 Perkiraan kebutuhan air campuran dan persyaratan kandungan udara untuk berbagai nilai *slump* dan ukuran nominal agregat maksimum

Slump (mm)	Air (lt/m ³)							
	9,5 mm	12,7 mm	19,1 mm	25,4 mm	38,1 mm	50,8 mm	76,2mm	152,4mm
25,4 s/d 50,8	210	201	189	180	165	156	132	114
76,2 s/d 127	231	219	204	195	180	171	147	126
152,4 s/d 177,8	246	231	216	204	189	180	162	-
Mendekati jumlah Kandungan Udara dalam Beton Air Entrained (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
25,4 s/d 50,8	183	177	168	162	150	144	123	108
76,2 s/d 127	204	195	183	177	165	159	135	120
152,4 s/d 177,8	219	207	195	186	174	168	156	-
Kandungan Udara total rata-rata yang disetujui (%)								
Dickspose sedikit	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Diekspose menengah	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Sangat diekspose	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

5. Hitung semen yang dibutuhkan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) diatas.

6. Tetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus kehalusan agregatnya. (*lihat tabel 3.7*)

Tabel 3.7 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per satuan meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirnya

Ukuran Agregat Maks (mm)	Volume Agregat Kasar Kering oven persatuan volume untuk berbagai Modulus Halus Butir			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,50	0,50	0,48	0,46	0,44
12,7	0,59	0,57	0,55	0,53
19,1	0,66	0,64	0,62	0,60
25,4	0,71	0,69	0,67	0,65
38,1	0,75	0,73	0,71	0,69
50,8	0,78	0,76	0,74	0,72
76,2	0,82	0,80	0,78	0,76
152,4	0,87	0,85	0,83	0,81

7. Hitung volume agregat halus yang dibutuhkan berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang dibutuhkan, serta kandungan udara yang terperangkap dalam adukan (*tabel 3.6*)

3.4 Nilai Slump

Pengujian slump adalah salah satu cara untuk mengukur kelecakan beton segar, yang dipakai pula untuk memperkirakan tingkat kemudahan dalam pengerjaannya (Kardiyono 2004 : hal VII-4).

Jumlah air dalam campuran mempengaruhi kekuatan dan kemudahan pengerjaan beton. Pada dasarnya pengujian slump dilapangan bertujuan untuk menghasilkan beton yang seragam, untuk mempertahankan faktor air semen yang tetap dan menentukan jumlah air dalam adukan.

3.5 Tingkat Kemudahan Pengerjaan beton (*Workability*)

Kelecakan (*sifat plastis, consistency, yaitu sifat kekentalan beton segar, antara cair dan padat*) pada beton segar merupakan ukuran kemudahan beton segar (*adukan beton*) untuk dikerjakan (Kardiyono 2004 : hal VII-1). Percobaan *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan beton melalui nilai *slump*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kelecakan beton segar antara lain :

1. **Jumlah air** yang dipakai dalam campuran adukan beton. Makin banyak air dipakai makin encer beton segar. Penambahan air sangat efektif untuk menambah keenceran adukan beton, namun karena nilai FAS bertambah (*karena jumlah semen tetap*) maka berakibat kuat tekan betonnya menurun.
2. **Jumlah pasta** (*semen dan air*) dalam campuran adukan beton. Makin banyak pasta makin encer adukan beton segar. Penambahan pasta (*dengan*

FAS tetap) biasanya dilakukan agar adukan bertambah encer namun nilai FAS tetap sehingga kuat tekan betonnya tidak turun. Oleh karena itu, maka penambahan jumlah pasta dengan FAS tetap lebih baik daripada penambahan air yang merubah FAS.

3. **Gradasi agregat** (*campuran agregat halus dan kasar*). Bila gradasi campuran agregat halus dan agregat kasar mengikuti gradasi agregat campuran yang telah disarankan oleh standar maka adukan beton akan mempunyai kelecakan yang baik sehingga relatif mudah untuk dikerjakan.
4. **Bentuk butiran agregat**. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat (*kerikil*) tampak lebih encer sehingga lebih mudah dikerjakan daripada butir agregat yang bersudut (*batu pecah*).
5. **Besar butir maksimum agregat**. Pemakaian butir maksimum agregat yang lebih besar tampak lebih encer sehingga lebih mudah dikerjakan daripada butir maksimum yang lebih kecil.

3.6 Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton diperoleh melalui pengujian standar menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton hingga hancur. Beban tekan maksimum yang memecahkan itu dibagi dengan luas penampang tekan silinder diperoleh nilai kuat tekan, atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f_c = P/A$$

keterangan :

P = Gaya Tekan Maksimum (N) → Mesin uji menggunakan satuan KN

A = Luas bidang tekan benda uji (mm²)

f_c = Kuat tekan dari masing-masing benda uji (MPa)

(Kardiyono 2004 : hal VIII-7)

Selanjutnya untuk keperluan analisis terhadap kuat desak karakteristiknya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f_c = f_{cr} - 1,64 \cdot S_d$$

$$f_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}}{n}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (f_{ci} - f_{cr})^2}{n - 1}}$$

keterangan :

f _{cr}	=	Kuat tekan beton rata-rata (MPa)
f _c	=	Kuat tekan karakteristik beton (MPa)
f _{ci}	=	Kuat tekan masing-masing benda uji (MPa)
n	=	Jumlah benda uji
S _d	=	Deviasi standar

3.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton

Pada dasarnya kuat tekan beton tergantung pada 3 hal, yaitu (Kardiyono 2004:hal VIII-2) :

1. Kekuatan pasta semen (*air dan semen*).
2. Daya rekat antara pasta dan permukaan butir-butir agregat, dan
3. Kuat tekan agregat.

Dari ketiga butir diatas, secara lebih rinci diuraikan bahwa kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Umur beton
2. Faktor air-semen

3. Kepadatan
4. Jumlah pasta semen
5. Jenis semen
6. Sifat agregat

3.7.1 Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu semakin lambat, dan laju kenaikan tersebut menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari, sehingga secara umum dianggap tidak naik lagi setelah berumur 28 hari. Beberapa hasil penelitian (*dan pedoman*) tentang hubungan antara umur dan kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel-tabel berikut (*Kardiyono 2004:VIII-2*).

Tabel 3.8 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur (*PBI 1971*)

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan Kekuatan awal tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Tabel 3.9 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur (*Kardiyono 1987*)

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90
Kuat Tekan Beton (suhu sekitar 28°C)	0,49	0,68	0,84	0,93	1,00	1,27

Tabel 3.10 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur (*Randing dan Lasino 1994*)

Umur Beton (hari)	3	7	21	28
Kuat Tekan Beton (pada suhu 17° - 23°C)	0,40	0,65	0,95	1,00

3.7.2 Faktor Air-Semen

Faktor Air Semen (FAS) adalah perbandingan berat air dan berat semen *Portland* didalam campuran adukan beton. Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh FAS yang dipakai (*Kardiyono 1992:Hal 4.3*).

Semakin besar nilai faktor air-semen semakin rendah kuat tekan betonnya. Namun demikian nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi, ada batas-batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah (*yaitu* $< 0,4$) akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan sehingga dapat berakibat kekuatan beton menjadi rendah karena beton kurang padat. Umumnya nilai Faktor Air-Semen minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65.

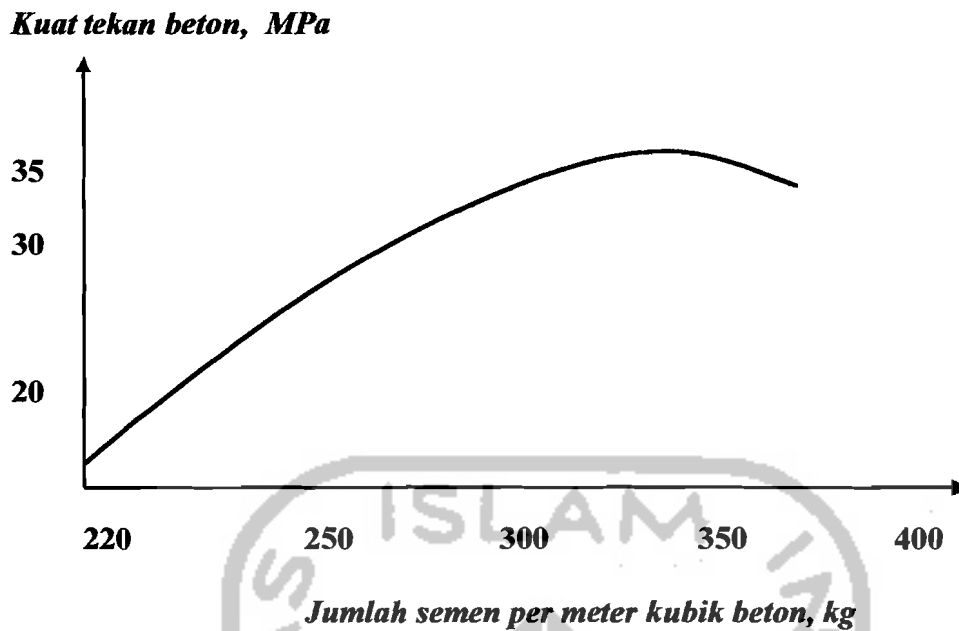
Pada dasarnya semen membutuhkan air sekitar 30% - 40% berat semen untuk bereaksi secara sempurna. Akan tetapi apabila berat air kurang dari 30% - 40% berat semen maka reaksi kimia tersebut tidak dapat selesai dengan sempurna, lagi pula adukan beton menjadi sulit untuk dipadatkan. Kurang sempurnanya reaksi maupun kurang padatnya adukan ini mengakibatkan beton yang terjadi lemah dan berongga sehingga kekuatan beton menjadi berkurang. Jadi, air dibutuhkan untuk bereaksi dengan semen dan untuk memudahkan pemadatan beton sehingga beton tidak keropos (*Kardiyono 1992:Hal 4.3*).

3.7.3 Kepadatan

Kuat tekan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang. Pemadatan yang tidak sempurna dapat menyebabkan terjadinya rongga pada beton. Adanya rongga pada beton dapat mengurangi nilai kuat tekan betonnya.

3.7.4 Jumlah Pasta Semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir agregat terisi penuh dengan pasta semen, serta seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen. Jika pasta semen sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori-pori antar butir agregat dan tidak seluruh permukaan butir agregat terselimuti oleh pasta semen, sehingga rekatan antar butir kurang kuat, dan berakibat kuat tekan beton rendah. Akan tetapi, jika jumlah pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton lebih didominasi oleh pasta semen, bukan agregat. Karena umumnya kuat tekan pasta semen lebih rendah daripada agregat, maka jika terlalu banyak pasta semen kuat tekan beton menjadi lebih rendah.



Gambar 3.1 Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air-semen sama

3.7.5 Jenis Semen

Semen Portland untuk pembuatan beton terdiri dari beberapa jenis, sebagaimana dapat dilihat pada halaman 11, masing-masing jenis semen *Portland* (termasuk semen *Portland Pozollan*) mempunyai sifat tertentu, misalnya cepat mengeras, sehingga berpengaruh terhadap kuat tekan betonnya. .

3.7.6 Sifat Agregat

Agregat terdiri atas agregat halus (*pasir*) dan agregat kasar (*kerikil atau batu pecah*). Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain :

1. **Kekasaran permukaan**, karena permukaan agregat yang kasar dan tidak licin membuat rekatan antara permukaan agregat dan pasta semen lebih kuat daripada permukaan agregat yang halus dan licin.

2. **Bentuk agregat**, karena bentuk agregat yang bersudut misalnya pada batu pecah, membuat butir-butir agregat itu sendiri saling mengunci dan sulit untuk digeserkan, berbeda dengan batu kerikil yang bulat. Oleh karena itu maka beton yang dibuat dari batu pecah lebih kuat daripada beton yang dibuat dari kerikil.
3. **Kuat tekan agregat**, karena sekitar 70% volume beton terisi oleh agregat, sehingga kuat tekan beton didominasi oleh kuat tekan agregat. Jika agregat yang dipakai mempunyai kuat tekan rendah maka akan diperoleh beton yang kuat tekannya rendah pula.

