

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Berdasarkan SNI 03-2834-2000, beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Sifat-sifat yang dimiliki oleh beton tergantung pada sifat-sifat bahan penyusunnya, proporsi bahan-bahan penyusun, cara pengadukan, penuangan, pemadatan, dan perawatan selama proses pengerasannya. Seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan masyarakat, para ahli mengupayakan untuk meningkatkan sifat-sifat beton antara lain, *workability*, *placeability*, *strength*, *durability*, *permeability*, dan *corrosivity*.

Berbagai macam metode dan variasi digunakan untuk mendapatkan beton normal sesuai SNI 03-2834-2000, diantaranya dengan mengolah mutu material pembentuk beton yaitu agregat halus (bentuk, tekstur, modulus kehalusan, kebersihan, dan gradasi) dan agregat kasar (bentuk, ukuran maksimum, kebersihan, kuat hancur, dan gradasi), dan semen (kekuatan dan kehalusan butiran). Selain itu pada penelitian berkaitan dengan beton normal banyak menggunakan bahan material yang berasal dari limbah, maka untuk penelitian ini digunakan bahan pengganti agregat kasar dengan menggunakan beton limbah.

3.2 Bahan Penyusun Beton

Berdasarkan SNI 03-2834-2000 beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200 – 2500) kg/m^3 menggunakan agregat alam yang dipecah. Untuk memenuhi syarat nilai kuat tekan beton normal direncanakan $f^c = 25$ MPa dengan proporsi campuran didasarkan pada perbandingan berat badan. Komponen penyusun beton terdiri dari semen, agregat kasar, agregat kasar dari limbah beton, agregat halus, dan air.

1.2.1 Semen

Semen adalah bahan campuran kimiawi yang bereaksi setelah berhubungan dengan air. Semen memiliki sifat adhesi dan kohesi sehingga dapat digunakan sebagai bahan perekat. Jika semen ditambahkan air maka akan menjadi pasta semen. Jika pasta semen ditambahkan agregat halus akan menjadi mortar, yang jika ditambahkan agregat kasar maka mortar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras.

Menurut Mulyono (2003), bahan-bahan utama penyusun semen *portland* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Bahan-bahan Utama Penyusun Semen Portland

No.	Bahan Penyusun	Komposisi (%)
1.	Kapur (CaO)	60 – 65
2.	Silika (SiO ₂)	20 – 25
3.	Oksida Besi (Fe ₂ O ₃)	7 – 12
4.	Alumina (Al ₂ O ₃)	7 – 12

Sumber: Mulyono (2003)

Ketika unsur-unsur penyusun semen *portland* tersebut ditambahkan air maka, akan bereaksi membentuk senyawa -senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Menurut Murdock (1986), ada 4 senyawa kimia semen *portland* yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3. 2 Senyawa Kimia Semen Portland

No.	Senyawa Kimia	Kadar (%)
1.	Trikalsium Silikat (C3S)	40
2.	Dikalsium Silikat (C2S)	30
3.	Trikalsium Aluminate (C3A)	11
4.	Senyawa Besi (C4AF)	11

Sumber: Murdock (1986)

Menurut SNI 15-2049-2004 semen *portland* dibedakan menjadi 5 tipe, yaitu:

1. Tipe I, semen *portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis- jenis yang lainnya.
2. Tipe II, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi 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.

1.2.2 Air

Air dalam campuran beton diperlukan agar semen dapat bereaksi membentuk senyawa-senyawa kimia dan juga berguna sebagai bahan pelumas antara butiran agregat agar campuran beton mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air juga digunakan pada saat perawatan beton agar beton dapat mengeras dengan sempurna.

Penambahan air yang berlebihan pada campuran beton untuk kemudahan dalam pengerjaan dapat menyebabkan penurunan kekuatan beton, beton menjadi porus, dan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*. Terjadinya *bleeding* akan membentuk buih yang merupakan lapisan tipis disebut *laitance* (selaput tipis). *Laitance* yang terbentuk menyebabkan berkurangnya lekatan antara lapis-lapis beton sehingga menjadi bidang sambung yang lemah.

Air yang dapat digunakan sebagai bahan pencampur beton adalah air yang bila digunakan akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang menggunakan air suling. Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum dapat digunakan sebagai bahan campuran beton. Adapun syarat-syarat yang harus dipenuhi untuk penggunaan air sebagai bahan campuran beton (Tjokrodimuljo, 1992).

1.2.3 Agregat

Agregat adalah butiran alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1992). Agregat dalam beton merupakan bahan isian yang memiliki persentase sebesar 70 – 75% dari massa beton, sehingga agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar dan beton.

Berdasarkan ukuran butir-butirnya, agregat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat yang memiliki butiran yang besar (lebih besar dari 4,8 mm) disebut agregat kasar dan agregat yang memiliki butiran kecil (lebih kecil dari 4,8 mm) disebut agregat halus. Kedua jenis agregat tersebut perlu dilakukan pengujian berat jenis – penyerapan air, analisa saringan, dan berat volume. Untuk agregat halus ada satu pengujian lagi yang perlu dilakukan, yaitu pengujian kandungan lumpur dalam agregat halus. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung hasil pengujian diatas.

1. Agregat Kasar

Dari hasil penimbangan dan pengukuran berat jenis – penyerapan air, analisa saringan, dan berat volume agregat kasar yang telah dilakukan dapat dihitung menggunakan persamaan-persamaan berikut.

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\text{Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan:

B_k = berat benda uji kering oven (gram),

B_j = berat benda uji jenuh kering permukaan (gram),

B_a = berat benda uji jenuh kering permukaan dalam air (gram).

Dari hasil penimbangan pengujian agregat kasar lolos saringan dapat dihitung menggunakan persamaan (3.5).

$$\text{MHB} = \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \dots\dots\dots(3.5)$$

Dari hasil penimbangan dan pengukuran berat volume agregat kasar yang telah dilakukan dapat dihitung menggunakan persamaan (3.6).

$$\text{Berat Volume} = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan:

W = berat agregat dalam cetakan (gram),

V = volume tabung (m³).

2. Agregat Halus

Dari hasil penimbangan dan pengukuran berat jenis – penyerapan air, analisa saringan, dan berat volume agregat halus yang telah dilakukan dapat dihitung menggunakan persamaan-persamaan berikut.

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{B+500-Bt} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\text{Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan} = \frac{500}{B+500-Bt} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan:

Bk = berat benda uji kering oven (gram),

B = berat piknometer berisi air (gram),

Bt = berat piknometer berisi benda uji dan air (gram),

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

Dari hasil penimbangan yang sudah dilakukan kemudian dihitung menggunakan persamaan (3.11).

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1-W_2}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.11)$$

Keterangan:

W₁ = berat agregat kering oven (gram),

W₂ = berat agregat kering oven setelah dicuci (gram).

Untuk perhitungan analisa saringan agregat halus dapat menggunakan persamaan (3.5) dan untuk perhitungan berat volume agregat halus juga dapat menggunakan persamaan (3.6).

Agregat yang digunakan sebagai bahan pengisi beton harus mempunyai bentuk yang baik (bulat atau mendekati kubus), bersih, kuat, keras, ulet, dan gradasinya baik. Berikut syarat-syarat dari agregat kasar dan agregat halus yang harus dipenuhi.

1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton biasanya berupa kerikil dari batuan alam atau dapat berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dengan ukuran butiran lebih dari 4,8 mm. Dalam penggunaannya agregat kasar harus memenuhi syarat-syarat seperti Tabel 3.3 berikut ini (Tjokrodimuljo, 1992).

Tabel 3. 3 Gradasi kerikil

No.	Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan	
		Maksimum 40 (mm)	Maksimum 20 (mm)
1.	40	95 – 100	100
2.	20	30 – 70	95 – 100
3.	10	10 – 35	25 – 55
4.	4,8	0 – 5	0 – 10

Sumber: Tjokrodimulyo (1992)

Ukuran maksimal butir-butir agregat kasar yang digunakan tidak boleh melebihi:

- a. seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari acuan beton,
- b. sepertiga tebal pelat beton, dan
- c. tiga-perempat dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai maupun dari tanah galian, atau pasir yang dihasilkan dari proses pemecahan batu. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butiran lebih kecil dari 4,8 mm. Agregat yang memiliki butiran lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, jika lebih kecil dari 0,075 mm disebut *silt*, dan jika lebih kecil dari 0,002 mm disebut *clay* berdasarkan tabel tekstur tanah (Saefudin, 1989). Menurut Tjokrodimulyo (1992), agregat halus harus memenuhi syarat-syarat seperti Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3. 4 Gradasi pasir

No.	Lubang Ayakan (mm)	Persentase bahan butiran yang lewat ayakan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
1.	10	100	100	100	100
2.	4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
3.	2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
4.	1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
5.	0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
6.	0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
7.	0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber: Tjokrodimulyo (1992)

Keterangan:

Daerah I : Pasir kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah IV : Pasir halus

3. Limbah Beton

Limbah beton merupakan hasil dari proses olahan limbah yang telah dipilah dan dihancurkan menggunakan mesin *stone crusher* dengan ukuran 2-3 cm sesuai dengan yang diinginkan. Limbah beton yang digunakan berasal dari bekas penelitian beton mutu tinggi dengan menggunakan bahan tambah *Superplasticizer Viscocrete 3115N*, Arya (2017) dengan hasil kuat tekan rerata sebesar 45 MPa. Hasil dari limbah beton yang telah diproses sesuai ukuran yang diinginkan maka dapat dijadikan sebagai agregat kasar untuk campuran beton baru. Penggunaan agregat kasar dari limbah beton yang telah diproses harus memenuhi ukuran 2-3 cm

untuk digunakan dalam campuran beton. Kekuatan dari limbah beton dapat dikatakan hampir sama dengan agregat kasar batu alam mengingat limbah beton pada dasarnya menggunakan bahan dari batu alam. Untuk penggunaan hasil dari proses olahan limbah beton tersebut harus memenuhi syarat-syarat yang sesuai dengan agregat kasar, antara lain: (Tjokrodinuljo, 1992).

- a. butir-butir keras agar menghasilkan beton yang bersifat keras;
- b. tidak berpori, karena agregat kasar yang berpori mudah menghasilkan beton yang tidak kedap air;
- c. butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, yang dimaksud kekal adalah tidak mudah pecah atau hancur akibat perubahan cuaca, seperti terik matahari dan hujan;
- d. tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, jika lebih dari 1% maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan;
- e. tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan, seperti zat-zat yang bersifat reaktif terhadap alkali;
- f. agregat kasar dengan bentuk pipih hanya boleh digunakan dengan jumlah yang tidak lebih dari 20% dari berat agregat kasar keseluruhan. Karena butiran yang berbentuk demikian kurang baik untuk mendukung beban, memiliki rongga dan gesekan yang besar sehingga memerlukan pasta semen dalam jumlah yang banyak dan,
- g. Gradasi agregat kasar harus memenuhi syarat seperti Tabel 3.3.

3.3 Faktor Yang Mempengaruhi Mutu Beton

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan berhubungan dengan mutu beton agar sesuai dengan yang diinginkan dan direncanakan. Beberapa faktor yang harus diperhatikan, meliputi faktor air semen (fas), kualitas agregat halus, kualitas agregat kasar, dan penggunaan bahan tambah. Perencanaan campuran beton (*mix design*) juga harus diperhatikan agar perbandingan yang digunakan dapat mencapai mutu beton normal. Apabila dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) terjadi kesalahan, maka akan berpengaruh langsung terhadap hasil pengujian kuat tekannya.

3.4 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dimaksudkan untuk mengetahui komposisi dan proporsi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perencanaan campuran beton (*mix design*). Perencanaan campuran beton (*mix design*) terdiri dari beberapa tahap perhitungan. Dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) ada beberapa macam metode yang dapat dilakukan, antara lain:

1. Metode DOE (*Department of Environment*),
2. SNI 03-2834-2000,
3. Metode ACI (*American Concrete Institute*),
4. Metode *British Standard*,
5. Metode *Dreux*.

Penelitian ini menggunakan metode SNI 03-2834-2000 “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”. Adapun tahapan-tahapan dalam perencanaan campuran beton tersebut sebagai berikut ini.

3.4.1 Kuat Tekan Beton yang Direncanakan ($f'c$)

Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari ($f'c$) harus sesuai dengan persyaratan perencanaan campuran beton (*mix design*). Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton disbanding dengan sifat-sifat lain. Banyak sifat fisik konstruksi beton dinyatakan dalam kuat tekan karakteristik beton ($f'c$), karena itu baik perencanaan maupun pengendalian mutu beton berfokus pada nilai $f'c$ ini. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan agregat halus dalam perencanaan campuran beton (*mix design*). Dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) digunakan nilai kuat tekan rencana sebesar 25 MPa. Kuat tekan beton rencana digunakan 25 MPa merupakan nilai standar untuk kuat tekan beton dengan mutu beton normal. Pada penelitian ini menggunakan kuat tekan beton rencana 25 MPa karena belum diketahui nilai optimum campuran beton dengan agregat kasar dari beton limbah.

3.4.2 Nilai Faktor Air Semen (fas)

Untuk menentukan nilai faktor air semen (fas) dapat dilihat pada Tabel 3.8 dan Gambar 3.1. Tabel tersebut menunjukkan hubungan jenis semen, jenis agregat kasar, dan bentuk benda uji terhadap umur beton, sehingga dapat ditentukan kuat tekan yang dapat dihasilkan. Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Penggunaan air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (Tjokrodimulyo, 2007):

1. tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
2. tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.

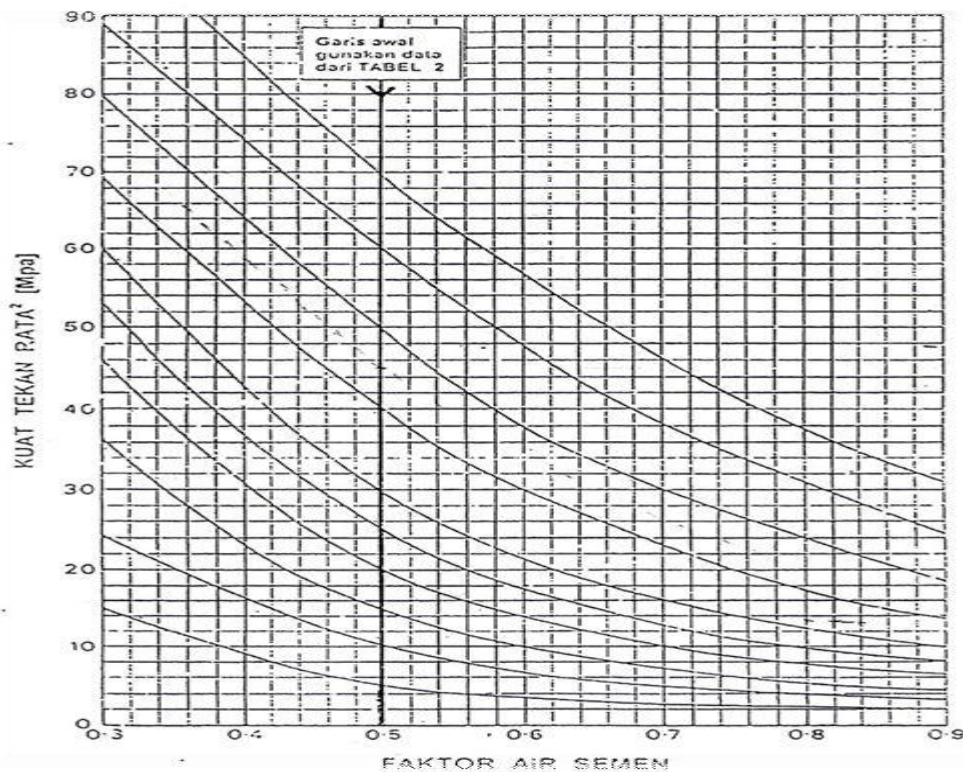
Tabel 3. 5 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia = 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)					Bentuk Benda Uji
		Umur (hari)					
		3	7	28	91		
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	3	7	28	40	Silinder	
	Batu pecah	17	23	37	45		
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus	
	Batu pecah	23	32	45	54		
Semen Portland Tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder	
	Batu pecah	25	33	44	48		
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus	
	Batu pecah	30	40	53	60		

Sumber: SNI 03-2834-2000

Setelah kuat tekan beton ditentukan dari tabel di atas, maka dapat dicari nilai faktor air semen menggunakan grafik pada Gambar 3.1. Untuk langkah awal,

ditarik dari titik X pada Gambar 3.1 dengan fas 0,5 sebagai absis dan kuat tekan beton yang diperoleh dari Tabel 3.7 sebagai ordinat. Setelah itu, dari titik X dibuat grafik baru yang bentuknya sama dengan dua grafik yang sudah ada didekatnya. Selanjutnya ditarik garis mendatar dari sumbu tegak kiri pada kuat tekan rata-rata yang dikehendaki sampai memotong grafik baru tersebut, kemudian ditarik kebawah untuk mendapatkan fas yang dicari.



**Gambar 3. 1 Hubungan antara kuat tekan rata-rata dan Faktor Air Semen
(Benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)**

Sumber: SNI 03-2834-2000 hal. 6

Dapat dilihat dari penjelasan cara untuk menentukan nilai faktor air semen (fas) dengan cara melihat jenis semen, jenis agregat, kandungan semen dan air yang digunakan. Dari gambar hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen (fas) dengan benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dapat dilihat garis yang menunjukkan umur beton dalam hari. Setelah menentukan nilai faktor air semen (fas) dari cara di atas, maka dilanjutkan dengan menentukan faktor air semen (fas) maksimum yang dapat ditentukan dari Tabel 3.7.

**Tabel 3. 6 Persyaratan fas dan Jumlah Semen Minimum Untuk
Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus**

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen Minimum per m ³ beton (Kg)	Nilai fas Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 3.7
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 3.8

Sumber: SNI 03-2834-2000.

Tabel 3. 7 Fas Maksimum Untuk Beton yang Berhubungan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

Kadar gangguan sulfat	Konsentrasi Sulfat		Sulfat (SO ₃) dalam air tanah	Tipe Semen	Kandungan Semen minimum (kg/m ³)			fas
	Dalam Tanah				Ukuran Agregat maksimum (mm)			
	Total SO ₃ (%)	SO ₃ dalam campuran air : tanah = 2,1 (g/L)			40	20	10	
1	<0,2	<1,0	< 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozzolan (15 – 40%)	280	300	350	0,5
2	0,2 – 0,5	1,0 – 1,9	0,3 – 1,2	Tipe I dengan atau tanpa Pozzolan (15 – 40%)	350	330	350	0,5
				Tipe I Pozzolan (15 – 40%) atau Semen Portland Pozzolan	270	310	360	0,55
				Tipe II atau tipe V	250	290	340	0,55
3	0,5 – 1,0	1,9 – 3,1	1,2 – 2,5	Tipe I Pozzolan (15 – 40%) atau Semen Portland Pozzolan	340	380	430	0,45
				Tipe II atau tipe V	290	330	380	0,50
4	1,0 – 2,0	3,1 – 5,6	2,5 – 5,0	Tipe II atau tipe V	330	370	420	0,45
5	> 2,0	> 5,6	> 5,0	Tipe II atau tipe V dan lapisan pelindung	330	370	420	0,45

Sumber: SNI 03-2834-2000.

Tabel 3. 8 Ketentuan minimum untuk Beton Bertulang dalam Air

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan yang berhubungan dengan	fas maksimum	Tipe Semen	Kandungan Semen minimum (kg/m ³)	
				Ukuran maksimum Agregat (mm)	
				40	20
Bertulang atau Prategang	Air tawar	0,50	Tipe V	280	300
	Air payau	0,45	Tipe I + Pozzolan (15-40%) atau Semen Portland Pozzolan	340	380
	Air laut	0,45	Tipe II atau V	330	370

Sumber: SNI 03-2834-2000

Dari beberapa tabel di atas, nilai fas yang digunakan adalah nilai fas yang terkecil.

3.4.3 Nilai *Slump*

Nilai *slump* dapat ditentukan berdasarkan pemakaian beton yang dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3. 9 Penetapan Nilai *Slump* (mm)

Pemakaian Beton	Nilai <i>Slump</i> (mm)	
	maksimum	minimum
Dinding, pelat pondasi, dan pondasi telapak	125	50
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur di bawah tanah	90	25
Pelat, balok, kolom, dan dinding	150	75
Pengerasan jalan	75	50
Pembetonan masal	75	25

Sumber: SNI 03-2834-2000

3.4.4 Kadar Air Bebas

Kadar air bebas adalah kebutuhan air per meter kubik beton. Nilai kadar air bebas dapat ditentukan dari Tabel 3.10, kemudian dihitung menggunakan persamaan (3.12) (SNI 03-2834-2000).

Tabel 3. 10 Perkiraan Kebutuhan Air per Meter Kubik Beton

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834-2000

$$W = \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \dots \dots \dots (3.12)$$

Keterangan: W = jumlah air yang dibutuhkan (liter/m³)

W_h = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

3.4.5 Kebutuhan Semen

Semen adalah perekat hidraulis bahan bangunan, perekatan terjadi bila bercampur dengan air. Sebagai bahan perekat dalam campuran beton, maka perlu dihitung kebutuhan semen untuk menghasilkan beton yang baik sesuai yang diinginkan.

Kebutuhan semen dapat ditentukan dengan dua cara berikut ini.

1. Menghitung Kebutuhan Semen

Untuk menghitung jumlah kebutuhan semen, maka digunakan persamaan (3.13).

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{f_{as}} \dots \dots \dots (3.13)$$

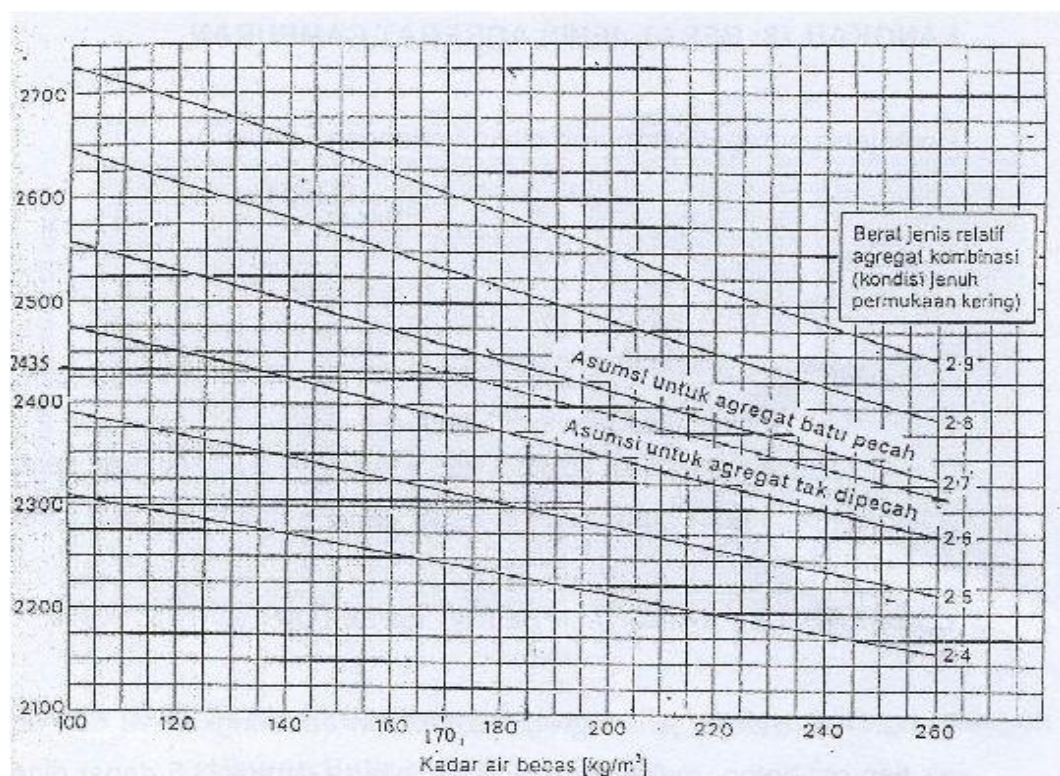
2. Menentukan Kebutuhan Semen Minimum

Kebutuhan semen minimum dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.8, Tabel 3.9, atau Tabel 3.10.

Jika kebutuhan semen yang diperoleh dari cara pertama ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum (cara kedua), maka kebutuhan semen yang diambil adalah yang terbesar dari kedua cara tersebut. Jika kebutuhan semen yang digunakan adalah kebutuhan semen minimum (cara kedua), maka nilai faktor air semen juga akan berubah.

3.4.6 Berat Isi Beton Basah

Beton isi basah adalah berat dari campuran beton (agregat kasar, agregat halus, semen, dan air) dalam perbandingan tertentu, yang telah diaduk dan selesai dipadatkan. Untuk menentukan berat isi beton basah dapat digunakan grafik pada Gambar 3.2 dengan memasukkan berat jenis gabungan agregat dan kadar air bebas yang sudah ditentukan sebelumnya.



Gambar 3. 2 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

Sumber: SNI 03-2834-2000

3.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kekuatan tekan beton merupakan sifat yang paling penting yang harus dimiliki oleh beton dari pada sifat-sifat lain. Perbandingan antara air dan semen merupakan faktor utama dalam menghasilkan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air semen maka semakin tinggi kekuatan tekannya.

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar SNI 03-1974-1990 menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan secara bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu. Benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kemudian benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan beton dapat dilihat pada persamaan (3.14).

$$f'c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3.14)$$

Keterangan: $f'c$ = kuat tekan beton
 P = beban maksimum
 A = luas penampang benda uji

Tjokrodimulyo (1995) menyebutkan bahwa kekuatan tekan beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

1. pengaruh mutu semen portland,
2. pengaruh dari perbandingan adukan beton,
3. pengaruh air untuk membuat adukan,
4. pengaruh umur beton,
5. pengaruh waktu pencampuran,
6. pengaruh perawatan dan,
7. pengaruh bahan campuran tambahan.

3.6 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah adalah salah satu parameter penting kekuatan beton, nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian di laboratorium dengan membebani setiap benda uji secara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya. Kuat tarik beton mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak di dalam struktur. Oleh karena itu, sifat ini juga penting dimiliki oleh beton untuk mencegah terjadinya keretakan akibat susut dan perubahan panas. Kekuatan tarik beton ditentukan menggunakan percobaan pembebanan pada silinder menurut SNI 03-2491-2002 silinder yang digunakan memiliki ukuran yang sama seperti yang digunakan pada pengujian kuat tekan beton. Benda uji diletakkan di atas mesin uji kemudian dibebani oleh beban P secara merata dalam arah diameter sepanjang benda uji. Benda uji akan terbelah menjadi dua pada saat dicapainya kekuatan tarik.

Nilai kuat tarik beton hanya berkisar antara 8% - 15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton dapat dihitung dengan persamaan (3.15).

$$f'_{ct} = \frac{2P}{\pi L D} \dots\dots\dots(3.15)$$

Keterangan: f'_{ct} = kuat tarik beton
 P = beban maksimum
 L = tinggi benda uji
 D = lebar benda uji