

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Definisi Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolis, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additivie*) (Mulyono, 2004).

Beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Dengan demikian, masing-masing komponen tersebut perlu dipelajari sebelum mempelajari beton secara keseluruhan. Campuran beton harus menghasilkan beton yang kuat, awet dan ekonomis (Mulyono, 2004).

Berdasarkan SNI 03-2834-2000 Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada sifat-sifat bahan yang akan digunakan dalam campuran beton ditentukan berdasarkan hubungan kuat tekan beton, umur beton dan nilai faktor air semen (fas) beton.

B. Jenis Beton

Pada umumnya beton sering digunakan sebagai struktur dalam konstruksi suatu bangunan. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk bangunan fondasi, kolom, balok dan pelat. Berdasarkan berat volumenya, beton dapat dibedakan menjadi 3 yaitu beton normal, beton ringan dan beton berat (Mulyono,2004). Berikut ini merupakan ketiga jenis beton.

1. Berdasarkan SNI 03-2834-2000 Beton normal merupakan beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/ menggunakan agregat alam yang dipecah.
2. Beton ringan merupakan beton yang menggunakan agregat ringan yang berasal dari hasil pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik (Mulyono, 2004).
3. Beton berat merupakan beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar dari berat beton normal atau lebih dari 2400 kg/. Beton yang mempunyai berat yang tinggi ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya (Mulyono, 2004).

Hasil ketentuan berat jenis dari ketiga jenis beton di atas dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Berat jenis beton dari ketiga jenis beton diatas :

Jenis Beton	Berat Jenis	Pemakaian
Beton Sangat Ringan	<1,00	Non struktur
Beton Ringan	1,00-2,00	Struktur ringan
Beton Normal	2,30-2,40	Struktur
Beton Berat	>3,00	Perisai sinar X

(Sumber : Tjokrodimulyo, 2010).

C. Material Penyusun Beton

Bahan penyusun dalam pembuatan beton *gypsum* adalah semen tipe 1, agregat halus, agregat kasar, limbah *gypsum* dan air. Material penyusun ini diambil dari penelitian sebelumnya yang telah ada dan diberikan beberapa perubahan variasi terhadap kadar materialnya dan kuat tekannya

1. *Gypsum*/ Kapur.

Gypsum merupakan bahan galian yang terbentuk dan air tanah yang mengandung ion-ion sulfat dan *sulfide*. *Sulfide* yang berasal dari batuan dan daerah perakaran akan berinteraksi dengan *kalsium* dari batuan gamping atau napal. *Gypsum* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) adalah bahan yang biasa yang ditambahkan pada proses pembuatan semen. Penggunaan bahan tambah berwarna putih ini diharapkan dapat menambah daya kuat tekan. (Nugroho, 2014) Berikut merupakan syarat-syarat *gypsum* atau kapur yang dapat digunakan.

a. *Gypsum* adalah mineral *hidrous kalium sulfat* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang terjadi di alam, berbentuk endapan sedimen mendatar dan dekat dengan permukaan bumi dan memiliki sebaran yang luas. *Gypsum* sering berasosiasi dengan batu kapur, batu serpih, batu pasir, marmer, dan lempung. Mineral lain lain yang selalu berasosiasi dengan *gypsum* ialah *anhidrit* (CaSO_4), mineral sulfat sejenis *gypsum* tetapi tidak mengandung kristal H_2O . Sebagian besar endapan *gypsum* terbentuk dari air laut dan hanya sedikit yang berasal dari endapan danau yang mengandung garam. *Gypsum* juga dapat terjadi dari hasil kegiatan vulkanik, gas H_2S dari fumarol bereaksi dengan kapur dan hasil pelapukan batuan.

b. Endapan *gypsum* dapat ditemukan dalam lima jenis bentuk yaitu :

1) Batuan pembawa *gypsum* yang berbentuk granular dan buram serta mengandung sedikit *dolomit*, batu kapur dan kadar $CaSO_4$ sebesar 76%. *Gypsit* yang bersifat lunak dan kurang murni.

2) *Alabaster* mempunyai bentuk padat, berbutir halus, berwarna putih dan agak bening. *Satinspar* berbentuk serat dan berkilap (*fiber*), seringkali ditemukan dalam lapisan tipis dengan bentuk kristal. Selenit yang berbentuk kristal dan transparan.

c. Secara kimia *gypsum* mengandung SO_3 46,5%, CaO 32,6%, dan H_2O 20,9%. Kelarutan *gypsum* dalam air yaitu 2,1 gr/liter air pada suhu 40°C. 1,8 gr/liter air pada suhu 0°C, dan 1,9 gr/liter air pada suhu 70 hingga 90°C.

Berikut merupakan sifat fisik dan karakteristik limbah *gypsum* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Sifat fisik dan karakteristik limbah *gypsum*

Sifat fisik dan karakteristik limbah <i>gypsum</i>	
Warna	Pada umumnya putih
Kilap	Kilap bukan logam melainkan kilap sutera yang pada umumnya terdapat pada mineral yang memiliki serat seperti asbes, alkanit, dan <i>gypsum</i>

Tabel 3.2 Lanjutan Sifat fisik dan karakteristik limbah *gypsum*

Sifat fisik dan karakteristik limbah <i>gypsum</i>	
Kandungan kimia	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Pecahan mineral	<i>Splintery/fibrous</i> yaitu apabila menunjukkan gejala seperti serat, misalnya asbestos, augit, hipersten, dan <i>gypsum</i>
Irisan	Dapat diiris dengan menggunakan pisau hasil irisan rapuh, misalnya <i>gypsum</i> .
Kelistrikan	Non konduktor yaitu tidak dapat menghantarkan arus listrik

(Nugroho, 2014)

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat halus menempati sekitar 70% volume mortar atau beton. Agregat yang butirnya lebih kecil dari 1.20 mm disebut

pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0.075 mm disebut silt dan yang lebih kecil dari 0.002mm disebut *clay*. (Tjokrodimuljo, 2010)

Pasir alam digolongkan menjadi 3 macam, diantaranya :

- a. Pasir galian adalah pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam.
- b. Pasir sungai adalah pasir yang diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat-bulat akibat proses gesekan.
- c. Pasir pantai adalah pasir yang diperoleh dari pantai dan mengendap di muara sungai (di pantai) atau hasil gerusan air di dasar laut yang terbawa arus air laut dan mengendap di pantai.

Agregat halus untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut (kecuali agregat khusus misalnya agregat ringan dan sebagainya) (Tjokrodimulyo, 2010).

- 1) Butir-butirnya tajam, dan keras, dengan indeksi kekerasan $\leq 2,2$
- 2) Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12 persen, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18 persen.
- 3) Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,006 mm) lebih dari 5 persen.
- 4) Tidak mengandung zat organis terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap daripada warna standart atau pembanding.
- 5) Modulus halus butir antara 1,50-3,80 dan dengan variasi butir sesuai standart gradasi.
- 6) Khusus untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus harus tidak reaktif terhadap alkali.

7) Agregat halus dari laut/pantai, boleh dipakai asalkan ada petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Berikut ini adalah batas-batas gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Lubang (mm)	% Berat Butir Lolos Saringan			
	Daerah 1	Daerah 2	daerah 3	Daerah 4
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	0-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Tabel 3.3 Batas-batas gradasi agregat halus

(Sumber : Tjokrodimulyo, 2010)

3. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan pecahan kasar berupa batuan berbutir halus atau kasar yang mengandung bahan-bahan berkrystal dan tidak dapat terlihat dengan jelas melalui pemeriksaan visual. Agregat ini juga merupakan agregat yang semua ukuran butirnya tertinggal di atas ayakan 4.8 mm atau 4.75 mm atau 5.0 mm (Mulyono, 2004).

Agregat kasar untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut (kecuali agregat khusus misalnya agregat ringan dan sebagainya). (Tjokrodimulyo, 2010).

- a. Butir-butir nya keras dan tidak berpori. Indeks kekerasan $\leq 5\%$ (diuji dengan goresan batang tembaga). Bila diuji dengan bejana *Rudeloff* atau *Loss Angeles*

Berikut merupakan Persyaratan kekerasan/kekuatan agregat kasar untuk beton normal dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Persyaratan kekerasan/kekuatan agregat kasar untuk beton normal

Kelas dan mutu beton	Bejana <i>Rudeloff</i> maksimum bagian hancur, menembus ayakan 2 mm (persen)		Mesin <i>Los Angeles</i> maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 1,7 mm (persen)
	Ukuran butir 19-30 (mm)	Ukuran butir 9,5-19 (mm)	
Kelas I mutu B0 dan B1	30	32	50
Kelas II mutu K-125 ($f_c' = 10$ MPa) sampai K-225 ($f_c' = 20$ MPa)	22	24	40
Kelas III mutu di atas K-225 ($f_c' = 20$ MPa)	14	16	27

(Sumber : Tjokrodimulyo, 2010)

- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12% dan jika garam Magnesium Sulfat bagian yang hancur maksimum 18%.
- c. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,006 mm) >1%.
- d. Tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
- e. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh dari 20%.
- f. Modulus halus butir antara 6-7,10 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- g. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari : $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $1/3$ tebal pelat beton, $3/4$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.

Berikut ini adalah batas-batas gradasi agregat kasar yang dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Batas-batas gradasi agregat kasar

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan Besar 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

(Sumber : Tjokrodimulyo, 2010)

4. Syarat Umum Air

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh kotor, tidak mengandung minyak, asam alkali dan zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pra-tekan dan beton yang ditanami logam aluminium (termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan (Mulyono, 2004)

5. Semen *Portland* (menggunakan semen tiga roda)

Portland Cement (PC) atau semen adalah bahan yang bertindak sebagai bahan pengikat agregat, jika dicampur dengan air semen menjadi pasta. Dengan proses waktu dan panas, reaksi kimia akibat campuran air dan semen menghasilkan sifat perkerasan pasta semen. Penemu semen (*Portland Cement*) adalah Joseph Aspdin pada tahun 1824, seorang tukang batu kebangsaan Inggris. Dinamakan semen *portland*, karena awalnya semen dihasilkan mempunyai warna serupa dengan tanah liat alam di Pulau *portland*. (Mulyono, 2004).

Semen *portland* dibuat melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesif maupun kohesif. Semen diperoleh dengan membakar karbonat atau batu gamping dan *argillaceous* (yang mengandung *aluminia*) dengan perbandingan tertentu. Bahan tersebut dicampur dan dibakar dengan suhu 1400°C - 1500°C dan menjadi *klinker*. Setelah itu didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat (CaSO₄) kira-kira 1-5% sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Bahan tambah lain kadang ditambahkan pula untuk membentuk semen khusus misalnya kalsium klorida untuk menjadikan

semmen yang cepat mengeras. Semen biasanya dikemas dalam kantong 40 kg dan 50 kg (Mulyono, 2004).

Jenis-jenis semen *portland* yang terdapat di Indonesia.

1. Jenis I adalah semen *portland* untuk konstruksi umum yang penggunaan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II adalah semen *portland* untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III adalah semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV adalah semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V adalah semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Semen *portland* memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda, diantaranya berupa sifat fisika dan sifat kimia. Sifat fisika semen *portland* meliputi kehalusan butir, kepadatan, waktu pengikatan dan panas hidrasi. Sifat kimia semen *portland* meliputi keseragaman semen, kecepatan reaksi dan panas hidrasi (Mulyono, 2004) Sifat fisika dan sifat kimia semen *Portland* dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7.

Tabel 3.6 Sifat dan karakteristik secara fisika pada semen *portland*

Sifat fisika	Nilai
Kehalusan butir	Semakin halus semen yang dihasilkan, maka akan semakin baik untuk campuran beton
Kepadatan	3,05 Mg/m ³ -3,25 Mg/m ³
Waktu pengikat	Baik pada temperatur 30°C
Panas hidrasi	Cepat

(Mulyono, 2004)

Tabel 3.7 Sifat dan karakteristik secara kimia pada semen *portland*

Nilai	Trikalsium silikat $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ atau C_3S	Dikalsium silikat $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ atau C_2S	Trikalsium aluminat $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ atau C_3A	Tetrakalsium aluminoferrit $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ atau C_4AF
Keseragaman semen	Baik	Baik	Buruk	Buruk
Kecepatan reaksi	Sedang	Lambat	Cepat	Lambat
Panas hidrasi	Sedang	Sedikit	Cepat	Sedikit

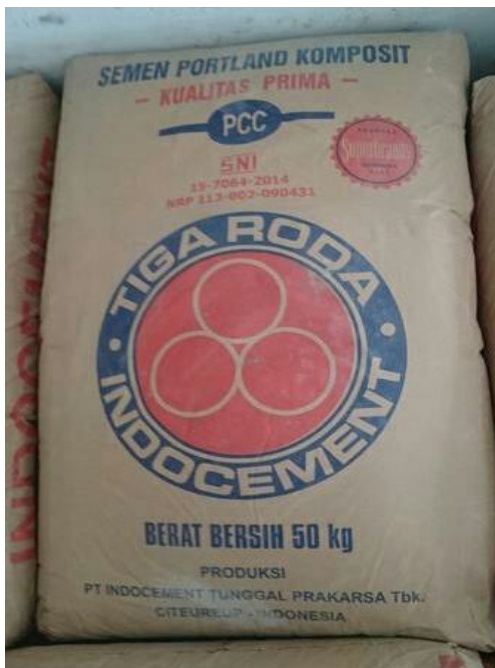
(Mulyono, 2004)

Semen *portland* yang digunakan disini adalah semen tiga roda, berikut ini adalah sejarah dan penjelasan mengenai semen yang digunakan pada penelitian.

Semen tiga roda merupakan produk semen yang diproduksi oleh *PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk (Indocement)*. Dengan mengedepankan kualitas terbaik dan inovasi yang berbaur dengan alam, Semen Tiga Roda diproduksi guna memenuhi kebutuhan pembangunan didalam dan luar negeri. Produksi Semen Tiga Roda bermula sejak *Indocement* mengoperasikan pabrik pertamanya secara resmi pada Agustus 1975. Perseroan atas nama Indocement secara resmi didirikan pada 16 Januari 1985 melalui penggabungan enam perusahaan semen yang pada saat itu memiliki delapan pabrik. Seiring berjalannya pembangunan dan bertambahnya kebutuhan, *Indocement* terus menambah jumlah pabriknya hingga dua belas pabrik. Pada 22 Februari 2013, Perseroan telah memulai perluasan Kompleks Pabrik Citeureup dengan penambahan lini produksi yang disebut Pabrik ke-14.

Dengan penambahan Pabrik ke-14 maka jumlah pabrik *Indocement* saat ini adalah 13 pabrik. Sebagian besar pabrik berada di Pulau Jawa, 10 diantaranya berlokasi di Citeureup, Bogor, Jawa Barat, yang menjadikannya salah satu kompleks pabrik semen terintegrasi terbesar di dunia. Sementara dua pabrik lainnya ada di Palimanan, Cirebon, Jawa Barat, dan satu lagi di Tarjun, Kotabaru, Kalimantan Selatan. *Indocement* mencatatkan sahamnya pertama kali di Bursa Efek Indonesia (*BEI*) pada 5 Desember 1989 dengan kode saham "INTP".

Sejak 2001, *Heidelberg Cement Group*, yang berbasis di Jerman, menjadi pemilik mayoritas saham Perseroan. *Heidelberg Cement* adalah pemimpin pasar global dalam bisnis agregat dan merupakan pemain terkemuka di bidang semen, beton siap-pakai (*RMC*), dan kegiatan hilir lainnya, menjadikannya salah satu produsen bahan bangunan terbesar di dunia. Dengan merek dagang Tiga Roda, *Indocement* menjual sekitar 18,7 juta ton semen di 2014, yang menjadikannya perusahaan entitas tunggal penjual semen terbanyak di Indonesia. Produk semen Perseroan adalah *Portland Composite Cement (PCC)*, *Portland Cement (PC Tipe I, II, dan V)*, *Oil Well Cement (OWC)*, Semen Putih, and TR-30 Acian Putih. Melalui inovasinya, *Indocement* menjadi satu-satunya produsen Semen Putih di Indonesia. ((sumber :<http://www.sementigaroda.com/sejarah>. diakses tanggal 7 Maret 2017). Di pasaran daerah sekitar Yogyakarta semen Tiga Roda dengan kemasan 40 kg dijual dengan harga Rp. 38,000.00. sampai dengan Rp. 40,000.00. Semen dengan merk “Tiga Roda” dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar : 3.1 Semen Tiga Roda

D. Umur Beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton, kuat tekan beton akan naik secara cepat (*linear*) hingga umur beton 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan tekan beton pada kasus-kasus tertentu akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki kekuatan awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia tetap menggunakan jenis tipe 1 (OPC-1). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya. (Mulyono, 2004).

Kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur, yang dimaksudkan di sini sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, jenis semen Portland, suhu sekeliling beton, faktor air semen, dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Sehingga menyebabkan laju kenaikan kuat tekan beton menjadi *relative* sangat kecil setelah berumur 28 hari dan secara umum dianggap tidak naik lagi setelah umur 28 hari. Oleh karena itu, sebagai standart kuat tekan beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari (Tjokrodimulyo, 2010).

Hasil penelitian hubungan antara umur dan kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 3.8, Tabel 3.9, Tabel 3.10 dan Tabel 3.11.

Tabel 3.8 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur menurut PBI 1971, NI-2

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 yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

(Sumber : Tjokrodimulyo, 2010)

Tabel 3.9 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur menurut Randing dan Lasino, 1994

Umur beton (hari)	3	7	21	28
Semen Portland pada suhu 17-23°C	0,40	0,65	0,95	1,00

(Sumber : Tjokrodimulyo, 2010)

Tabel 3.10 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur menurut 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

(Sumber : Tjokrodimulyo, 2010)

Tabel 3.11 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur menurut Suroso,H dan Kardiyono, 2003

Umur beton (hari)	3	7	14	28	90
Kuat tekan beton (tanpa pasir pantai)	0,51	0,75	0,91	1,00	1,05
Kuat tekan beton (dengan pasir pantai)	0,52	0,84	0,90	1,00	1,03

(Sumber : Tjokrodimulyo, 2010)

E. Kekuatan Tekan Beton (f'_c)

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, maka akan semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan. Kuat tekan beton dapat dinotasikan sebagai berikut.

f'_c = Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa).

= Kuat tekan beton yang didapatkan dari hasil uji kubus 15 cm atau silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (MPa).

= Kuat tarik dari hasil uji belah silinder beton (MPa).

= Kuat tekan beton rata-rata yang dibutuhkan, sebagai dasar pemilihan perancangan campuran beton (MPa).

= Deviasi standart (s) (MPa).

Beton harus dirancang proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kuat tekan rata-rata yang disyaratkan. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, beton yang telah dirancang campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memperkecil frekwensi terjadinya beton dengan kuat tekan yang lebih rendah dari $f'c$ seperti yang telah disyaratkan. Kriteria penerimaan beton tersebut harus sesuai standart yang berlaku. Berdasarkan SNI 03-2834-2000 kuat tekan harus memenuhi $0,85 f'c$ untuk kuat tekan rata-rata dua silinder dan memenuhi $f'c + 0,82s$ untuk rata-rata empat buah benda uji yang berpasangan. Jika tidak memenuhi syarat maka akan diuji dan mengikuti ketentuan selanjutnya (Mulyono, 2004)

Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji dengan silinder yang memiliki dimensi dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil perhitungan nilai A (luas penampang) dapat dilihat pada Persamaan 3.1.

.....3.1

.....3.1

Berdasarkan persamaan 3.1 di atas, maka didapatkan nilai luas ($A =$ Luas penampang silinder sebesar $176,78\text{cm}^2$)

Besarnya P dapat diketahui dengan pembacaan jarum yang ditunjukkan oleh mesin kuat tekan yaitu angka tertinggi yang ditunjukkan sebelum sampel berupa silinder yang pecah atau hancur, sehingga besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus Persamaan 3.2.

.....3.2

dengan :

$P =$ beban tekan (N)

$A =$ Luas bidang tekan (mm^2)

F. Berat Jenis dan Daya Serap Agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur yang ditentukan. Nilai-nilainya adalah tanpa dimensi (Mulyono, 2004).

Berat jenis curah kering merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk rongga yang *permeable* dan di dalam butir partikel, tetapi tidak termasuk rongga antara butiran partikel) pada suatu temperatur tertentu terhadap berat diudara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu. Berat jenis curah kering dirumuskan pada Persamaan 3.3 (Mulyono, 2004).

$$\text{Berat jenis curah kering} = \dots\dots\dots 3.3$$

Dengan :

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = Berat benda uji dalam air

Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) adalah perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk berat air yang terdapat di dalam rongga akibat perendaman selama (24 ± 4) jam, tetapi tidak termasuk rongga antara butiran partikel) pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dirumuskan pada Persamaan 3.4 (Mulyono, 2004).

$$\text{Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)} = \dots\dots\dots 3.4$$

Dengan :

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = Berat benda uji dalam air

Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat dari satuan volume suatu bagian agregat yang *impermeable* pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu. Berat jenis semu dirumuskan pada Persamaan 3.5 (Mulyono, 2004).

$$\text{Berat jenis semu} = \dots\dots\dots 3.5$$

Dengan :

A = Berat benda uji kering oven (gram)

C = Berat benda uji dalam air

Penyerapan air yaitu penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap ke dalam pori-pori, tetapi belum termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel, dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya, agregat dikatakan “kering” ketika telah dijaga pada suatu temperatur $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ dalam rentang waktu yang cukup untuk menghilangkan seluruh kandungan air yang ada (sampai beratnya tetap). Penyerapan air dapat dirumuskan pada Persamaan 3.6 (Mulyono, 2004)

Penyerapan air =3.6

Dengan :

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan banyaknya berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dari campuran beton. Hubungan antara berat jenis agregat dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka akan semakin kecil daya serap air agregat tersebut (Mulyono, 2004).

G. Serapan Air dan Kadar Air Agregat

Pada saat terbentuknya kemungkinan ada terjadinya udara yang terjebak dalam lapisan agregat atau terjadi karena dekomposisi mineral pembentuk akibat perubahan cuaca, maka terbentuklah lubang atau rongga kecil di dalam butiran agregat (pori). Pori dalam agregat mempunyai variasi yang cukup besar dan menyebar diseluruh tubuh butiran. Pori-pori mungkin menjadi reservoir air bebas di didalam agregat. Presentase berat air yang mampu diserap agregat di dalam air disebut sebagai resapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam agregat disebut kadar air (Mulyono, 2004).

H. Serapan Air

1. Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering (JPK) atau *Saturated Surface Dry (SSD)*, (Mulyono, 2004).

a. Keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pasta nya (Mulyono, 2004).

b. Kadar air di lapangan lebih banyak mendekati kondisi SSD daripada kondisi kering tungku (Mulyono, 2004).

2. Resapan efektif (ρ) dipakai untuk menghitung berat air yang akan diserap (ρ) oleh agregat (ρ) dalam adukan beton, yaitu dengan Persamaan 3.7.

$$= \dots\dots\dots 3.7$$

3. Sehingga kelebihan air dalam campuran beton yang merupakan kontribusi dari agregat dapat dihitung dengan Persamaan 3.8.

$$\dots\dots\dots 3.8$$

4. Air kelebihan ini dipakai untuk menghitung berat tambahan (ρ) terhadap campuran adukan beton, dapat dihitung dengan Persamaan 3.9.

$$= \dots\dots\dots 3.9$$

5. Kelebihan (ρ) dan berat pada kondisi SSD (ρ) dapat digunakan untuk menghitung banyaknya kandungan air (ρ) dalam agregat yang dinyatakan dengan Persamaan 3.10.

$$\dots\dots\dots 3.10$$

I. Kadar Air

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat.

1. Kadar air dapat dibedakan menjadi 4 jenis yaitu :

a. Kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair.

b. Kadar air kering udara, yaitu kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air.

- c. Jenuh kering permukaan (SSD), yaitu keadaan dimana tidak ada air dipermukaan agregat, tetapi agregat tersebut masih mampu menyerap air. Pada kondisi ini, air dalam agregat, agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton.
- d. Kondisi basah, yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air, sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton.

Dari keempat kondisi tersebut hanya dua kondisi yang sering dipakai yaitu kering tungku dan kondisi (SSD). .Kadar air biasanya dinyatakan dalam persen dan dapat dihitung pada Persamaan 3.11.

$$\dots\dots\dots(3.11)$$

Jika agregat basah ditimbang beratnya (W_1) , kemudian dikeringkan dalam tungku dengan suhu $100^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya konstan (biasanya selama 16-24jam), kemudian ditimbang beratnya (W_2) , maka kadar airnya dapat diketahui (Mulyono, 2004).

J. Persyaratan Keawetan Beton

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 rasio air-semen yang disyaratkan pada tabel 3.10 persyaratan untuk pengaruh lingkungan khusus harus dihitung menggunakan berat semen, sesuai dengan ASTM C 150, ASTM C 595 M, atau ASTM C 845, ditambah dengan berat abu terbang dan bahan pozzolan lainnya sesuai dengan ASTM C 618, kerak sesuai dengan ASTM C 989, dan *silica fume* sesuai dengan ASTM C 1240.

Beton akan mengalami pengaruh lingkungan seperti yang diberikan pada Tabel 3.12 harus memenuhi rasio air-semen dan persyaratan kuat tekan karakteristik beton yang ditetapkan.

Tabel 3.12 Persyaratan untuk pengaruh lingkungan khusus

Kondisi Lingkungan	Rasio air-semen maksimum	F'c minimum Mpa
Beton dengan permeabilitas rendah yang terkena pengaruh lingkungan air	0,50	28
Untuk perlindungan tulangan terhadap korosi pada beton yang terpengaruh lingkungan yang mengandung klorida dari garam, atau air laut	0,40	35
<p>CATATAN</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dihitung terhadap berat dan berlaku untuk beton normal 2. Untuk beton berat normal dan beton berat ringan 		

