

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Pengertian Beton

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen *hidrolik* yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI-03-2847-2002). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan.

Beton terdiri dari $\pm 15\%$ semen, $\pm 8\%$ air, $\pm 3\%$ udara, selebihnya pasir dan kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya. Perbandingan campuran, cara pencampuran, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat-sifat beton (Wuryati, 2001).

B. Keunggulan dan Kelemahan Beton

Menurut (Tjokrodinuljo, 2007) beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut ini.

1. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah
3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya
4. Pengerjaan atau *workability* mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton jua memiliki beberapa kekurangan, menurut (Tjokrodimuljo, 2007) kekurangan beton adalah sebagai berikut ini.

1. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.

C. Sifat Beton

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton memiliki beberapa sifat yang dimiliki beton dan sering di pergunakan untuk acuan adalah sebagai berikut ini.

1. Kekuatan

Beton bersifat getas sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Oleh karena itu kuat tekan beton sangat berpengaruh pada sifat yang lain. Beton menurut kuat tekannya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Beton menurut kuat tekannya (Tjokrodimuljo, 2007)

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana	Sampai 10 MPa
Beton normal	15 – 30 MPa
Beton pra tegang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 MPa

2. Berat jenis

Tabel 3.2 menjelaskan mengenai berat jenis beton yang digunakan untuk kontruksi bangunan.

Tabel 3.2 Berat jenis beton (Tjokrodinuljo, 2007)

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

3. Modulus Elastisitas Beton

Modulus Elastisitas Beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Persamaan modulus elastisitas beton dapat diambil sebagai berikut (Tjokrodinuljo,2007:77)

$$E_e = (W_e)^{1,5} \times 0,043 \sqrt{f'_c} \quad \text{untuk } W_e = 1,5-2,5 \dots \dots \dots (3.1)$$

$$E_e = \sqrt{4700/f'_c} \quad \text{untuk beton normal} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana:

E_e = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

W_e = Berat jenis beton

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

4. Susutan Pengerasan

Volume beton setelah keras sedikit lebih kecil dari pada volume beton waktu masih segar, karena pada waktu mengeras beton mengalami sedikit penyusutan karena penguapan air. Bagian yang susut adalah pastanya karena agregat tidak merubah volume. Oleh karena itu semakin besar pastanya semakin besar penyusutan beton. Sedangkan pasta semakin besar faktor air semennya maka semakin beasar susutannya.

5. Kerapatan Air

Pada bangunan tertentu sering beton diharapkan rapat air atau kedap air agar tidak bocor, misalnya : plat lantai, dinding basement, tandon air, kolam renang dan sebagainya.

D. 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. Menurut Mulyono (2005) dalam Komaruddin (2013) terdapat beberapa jenis beton yang dipakai dalam konstruksi suatu bangunan yaitu sebagai berikut ini.

1. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat normal
2. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja secara bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja
3. Beto pracetak adalah beton yang elemen betonnya tanpa atau dengan tulangan yang dicetak di teMPat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam strukur
4. Beton pratekan dalah beton dimana telah diberikan tegangan dalam bentuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja.
5. Beton ringan adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran antara agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti ageragat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melaMPau berat isi maksimum beton 1850 kg/m^3 kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik beton ringan untuk tujuan struktural.

E. Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton meliputi air, semen *portland*, agregat kasar dan halus serta bahan tambah, di mana setiap bahan penyusun mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Sifat yang penting pada beton adalah kuat tekan, bila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain pada umumnya juga baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton terdiri dari kualitas bahan penyusun, nilai faktor air semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) serta umur beton (Tjokrodimuljo, 2007). Berikut adalah bahan penyusun beton yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

1. Semen *Portland*

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*.

Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan ke dalam empat bagian yaitu : *trikalsium silikat* (C_3S), *dikalsium silikat* (C_2S), *trikalsium aluminat* (C_3A), dan *tetrakalsium aluminoforit* (C_4AF). Selain itu, pada semen juga terdapat unsur-unsur lainnya dalam jumlah kecil, misalnya : MgO , TiO_2 , Mn_2O_3 , K_2O dan Na_2O . Soda atau potasium (Na_2O dan K_2O) merupakan komponen minor dari unsur-unsur penyusun semen yang harus diperhatikan, karena keduanya merupakan alkalis yang dapat bereaksi dengan silika aktif dalam agregat, sehingga menimbulkan disintegrasi beton (Neville dan Brooks, 1987).

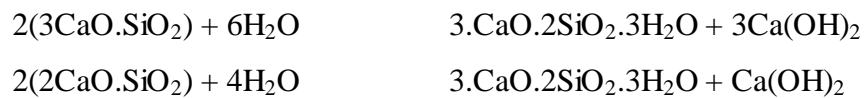
Unsur C_3S dan C_2S merupakan bagian terbesar (70% - 80%) dan paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodinuljo, 1996). Bila semen terkena air, maka C_3S akan segera berhidrasi dan memberikan pengaruh yang besar dalam proses pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Unsur C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh setelah beton berumur 7 hari. Unsur C_3A bereaksi sangat cepat dan memberikan kekuatan setelah 24 jam. Semen yang mengandung unsur C_3A lebih dari 10% akan berakibat kurang tahan terhadap sulfat. Unsur yang paling sedikit dalam semen adalah C_3AF , sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan pasta semen atau beton.

Indonesia [Spesifikasi Bahan Bangunan Bukan Logam, (SK SNI S-04- 1989F)] semen *portland* dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut ini.

- a. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk konstruksi umum yang penggunaan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain
- b. Jenis II, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang

- c. Jenis III, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi
- d. Jenis IV, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah
- e. Jenis V, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Proses hidrasi yang terjadi pada semen portland dapat dinyatakan dalam persamaan kimia sebagai berikut :



Hasil utama dari proses hidrasi semen adalah $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ (*tobermorite*) yang berbentuk gel dan menghasilkan panas hidrasi selama reaksi berlangsung. Hasil yang lain berupa kapur bebas $\text{Ca}(\text{OH})_2$, yang merupakan sisa dari reaksi antara C_3S dan C_2S dengan air. Kapur bebas ini dalam jangka panjang cenderung melemahkan beton, karena dapat bereaksi dengan zat asam maupun sulfat yang ada di lingkungan sekitar, sehingga menimbulkan proses korosi pada beton.

Semen *portland* yang digunakan disini adalah Semen Gresik, Semen Tiga Roda dan Semen Holcim, berikut adalah sejarah dan penjelasan mengenai Semen yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut ini.

a. Semen Gresik

Semen Gresik adalah perusahaan yang memproduksi semen. Berdiri pada 7 Agustus 1957 oleh Presiden Soekarno di Gresik. Di tahun 1991 perusahaan ini tercatat di Bursa Efek Jakarta dan Bursa Efek Surabaya serta menjadi perusahaan BUMN pertama yang *go public*. Semen Gresik mempunyai cadangan bahan baku dalam jumlah besar dan kualitas terbaik. Tentunya dapat menjamin kelangsungan produksi semen dalam jangka waktu panjang.

Perusahaan ini memiliki empat merek yakni Semen Gresik, Semen Padang, Semen Tonasa dan *Thang Long Cement* yang diproduksi di Vietnam. Semen Gresik mempunyai 30 unit gudang

penyangga, pengoperasian 20 *packing plant* di seluruh Indonesia dan 361 distributor nasional. Sampai tahun 2016, rencananya akan menambah 12 unit *packing plant* yang bertujuan untuk efisiensi biaya transportasi, distribusi dan pengantongan, menjamin kelanjutan pasokan semen dan perluasan pasar.

Pada Januari 2013, nama PT. Semen Gresik (Persero) Tbk berubah menjadi PT. Semen Indonesia. Pergantian nama itu juga diiringi pergantian logo. Perubahan nama ini diharapkan bisa menyatukan seluruh potensi grup. Di tahun 2013, perusahaan ini memulai pembangunan dua pabrik baru berkapasitas masing-masing tiga juta ton, yakni di Padang, Sumatera Barat, dan Rembang, Jawa Tengah. Selain melakukan ekspansi dalam negeri, Semen ini akan melakukan ekspansi ke luar negeri terutama di kawasan Asia Tenggara. ((sumber : <http://profil.merdeka.com/indonesia/s/semen-gresik/>), diakses tanggal 1 Maret 2017). Di pasaran daerah sekitar Yogyakarta semen Gresik dengan kemasan 40 kg dijual dengan harga Rp. 38,000.00. sampai dengan Rp. 40,000.00. Untuk Gambar semen Gresik dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Semen Gresik

b. Semen Tiga Roda

Semen Tiga Roda merupakan produk semen yang diproduksi oleh PT. Indocement Tungal 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 Semen Acian Putih. Melalui inovasinya, Indocement menjadi satu-satunya

produsen Semen Putih di Indonesia. ((sumber <http://www.sementigaroda.com/sejarah>. diakses tanggal 1 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. Untuk Gambar semen Tiga Roda dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Semen Tiga Roda

c. Semen Holcim

Kehadiran Holcim di Indonesia ditandai dengan beroperasinya empat pabrik di Lhoknga – Aceh, Narogong – Jawa Barat, Cilacap – Jawa Tengah dan Tuban – Jawa Timur. Kegiatan produksi kami juga ditunjang dengan adanya fasilitas penggilingan & terminal distribusi yang tersebar hingga ke Kalimantan dan Sumatra. Semen Holcim merupakan semen lama yang banyak digunakan oleh masyarakat karena sudah lama berada di pasaran. ((sumber <http://www.holcim.co.id/id/tentang-kami/profil-perusahaan.html>. diakses tanggal 1 Maret 2017). Di pasaran daerah sekitar Yogyakarta semen Holcim dengan kemasan 40 kg dijual dengan harga Rp. 38,000.00. sampai dengan Rp. 40,000.00. Untuk Gambar semen Holcim dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Semen Holcim

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira meneMPati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Pemilihan agregat merupakan bagian yang sangat penting karena karakteristik agregat akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 2007).

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah gradasi atau distribusi ukuran butir agregat, karena bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang seragam berakibat volume pori lebih besar tetapi bila ukuran butirnya bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini disebabkan butir yang lebih kecil akan mengisi pori di antara butiran yang lebih besar. Agregat sebagai bahan penyusun beton diharapkan mempunyai kemaMPatan yang tinggi, sehingga volume pori dan bahan pengikat yang dibutuhkan lebih sedikit.

SNI 03-2834-1992 mengklasifikasikan distribusi ukuran butiran agregat halus menjadi eMPat daerah atau *zone* yaitu : *zone* I (kasar), *zone* II (agak kasar), *zone* III (agak halus) dan *zone* IV (halus) sebagaimana

ditunjukkan pada Tabel 3.3 dan distribusi agregat kasar yang ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Batas-batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834-1992)

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan			
	Gradasi Zone I	Gradasi Zone II	Gradasi Zone III	Gradasi Zone IV
9,60 mm	100	100	100	100
4,80 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15

Tabel 3.4 Batas-batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-1992)

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan	
	5 mm sampai 38 mm	5 mm sampai 18 mm
38,0 mm	90-100	100
19,0 mm	35-70	90-100
9,6 mm	10-40	50-85
4,8 mm	0-5	0-10

Ukuran agregat dalam prakteknya secara umum digolongkan ke dalam 3 kelompok yaitu :

- a. Batu, jika ukuran butiran lebih dari 40 mm.
- b. Kerikil, jika ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm.
- c. Pasir, jika ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Persyaratan pengujian agregat halus selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.5 sebagai berikut

Tabel 3.5 Persyaratan pengujian agregat halus

No	Pengujian	Acuan	Nilai	Satuan
1	Gradasi butir	SK SNI S-04-1989-F	1,50 – 3,80	%
2	Berat jenis dan penyerapan air	Tjokrodikuljo, 2007	2,5	-
3	Kadar air	Mulyono, 2004	1-2	%
4	Berat satuan	Tjokrodikuljo, 2007	1,50 – 1,80	gr/cm ³
5	Kandungan lumpur	SK SNI S-04-1989-F	< 5	%

Agregat kasar menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia perlu diuji ketahanannya terhadap keausan (dengan mesin *Los Angeles*). Persyaratan mengenai ketahanan agregat kasar beton terhadap keausan ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Persyaratan kekerasan agregat kasar (SNI 03-2834-1992)

Kekuatan Beton	Maksimum bagian yang hancur dengan Mesin Los Angeles, Lolos Ayakan 1,7 mm (%)
Kelas I (sampai 10 MPa)	50
Kelas II (10MPa - 20MPa)	40
Kelas III (di atas 20 MPa)	27

Berkaitan dengan pekerjaan konstruksi beton bertulang, ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi:

- a. 1/5 jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan, ataupun
- b. 1/3 ketebalan pelat lantai, ataupun
- c. 3/4 jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, bundel tulangan, atau tendon-tendon pratekan atau selongsong-selongsong.

Persyaratan pengujian agregat kasar selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.7 sebagai berikut

Tabel 3.7 Persyaratan pengujian agregat kasar

No	Pengujian	Acuan	Nilai	Satuan
1	Berat jenis dan penyerapan air	Tjokrodimuljo, 2007	2,5-2,7	-
2	Kadar air	Tjokrodimuljo, 2007	< 1	%
3	Berat satuan	Tjokrodimuljo, 2007	1,50 – 1,80	gr/cm ³
4	Kandungan lumpur	SK SNI S-04-1989-F	< 1	%
5	Keausan agregat	Tjokrodimuljo, 2007	< 40	%

3. Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen, yang juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang digunakan. Dalam kenyataan, jika nilai faktor air semen

kurang dari 35%, beton segar menjadi tidak dapat dikerjakan dengan sempurna, sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan menjadi keropos dan memiliki kekuatan yang rendah. Kelebihan air dari proses hidrasi diperlukan untuk syarat-syarat kekentalan (*consistency*), agar dapat dicapai suatu kelecakan (*workability*) yang baik. Kelebihan air ini selanjutnya akan menguap atau tertinggal di dalam beton yang sudah mengeras, sehingga menimbulkan pori-pori (*capillary poreous*).

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada air, yang akan digunakan sebagai bahan pencampur beton, meliputi kandungan lumpur maksimal 2 gr/lt, kandungan garam-garam yang dapat merusak beton maksimal 15 gr/lt, tidak mengandung klorida lebih dari 0,5 gr/lt, serta kandungan senyawa sulfat maksimal 1 gr/lt. Secara umum, air dinyatakan memenuhi syarat untuk dipakai sebagai bahan pencampur beton, apabila dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang menggunakan air suling (Tjokrodimuljo, 2007). Secara praktis, air yang baik untuk digunakan sebagai bahan campuran beton adalah air yang layak diminum, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa

4. Bahan tambah

Bahan tambah yaitu bahan selain unsur pokok pada beton (air, semen dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, baik sebelum, segera atau selama pengadukan beton dengan tujuan mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Fungsi-fungsi bahan tambah antara lain: mempercepat pengerasan, menambah kelecakan (*workability*) beton segar, menambah kuat tekan beton, meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya. Bahan tambah diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang berakibat memperburuk sifat beton (Tjokodimuljo, 2007). Bahan tambah menurut maksud penggunaannya dibagi menjadi dua golongan yaitu *admixture*s dan *additives*.

Admixtures ialah semua bahan penyusun beton selain air, semen hidrolis dan agregat yang ditambahkan sebelum, segera atau selama proses

pencampuran adukan di dalam batching, untuk merubah sifat beton baik dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Definisi *additive* lebih mengarah pada semua bahan yang ditambahkan dan digiling bersamaan pada saat proses produksi semen (Taylor, 1997).

Menurut Tjokrodimuljo (2007), bahan tambah dapat dibedakan menjadi 3 golongan, yaitu sebagai berikut ini.

- a. *Chemical Admixtures* merupakan bahan tambah bersifat kimiawi yang dicampurkan pada adukan beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang berbeda pada beton dalam keadaan segar maupun setelah mengeras, misalnya sifat pengerjaannya yang lebih mudah dan waktu pengikatan yang lebih lambat atau lebih cepat. Superplasticizer merupakan salah satu jenis *chemical admixture* yang sering ditambahkan pada beton segar. Pada dasarnya penambahan *superplasticizer* dimaksudkan untuk meningkatkan kelecakan, mengurangi jumlah air yang diperlukan dalam pencampuran (faktor air semen), mengurangi *slump*, mencegah timbulnya bleeding dan segregasi, menambah kadar udara (*air content*) serta memperlambat waktu pengikatan (*setting time*)
- b. Pozolan (*pozzolan*) merupakan bahan tambah yang berasal dari alam atau *buatan* yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang reaktif. Pozolan sendiri tidak mempunyai sifat semen, tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air. Pozolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton atau mortar (sampai batas tertentu dapat menggantikan semen), untuk memperbaiki kelecakan (*workability*), membuat beton menjadi lebih kedap air (mengurangi *permeabilitas*) dan menambah ketahanan beton atau mortar terhadap serangan bahan kimia yang bersifat agresif. Penambahan pozolan juga dapat meningkatkan kuat tekan beton karena adanya reaksi pengikatan kapur bebas (Ca(OH)_2) oleh silikat atau aluminat menjadi *tobermorite* ($3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Pozolan yang saat ini telah banyak diteliti dan digunakan antara lain *silca fume*, *fly ash*, *tras* alam dan abu sekam padi (*Rice Husk Ash*)

- c. Serat (*fibe*) merupakan bahan tambah yang berupa asbestos, gelas /kaca, plastik, baja atau serat tumbuh-tumbuhan (rami, ijuk). Penambahan serat ini dimaksudkan untuk meningkatkan kuat tarik, menambah ketahanan terhadap retak, meningkatkan daktilitas dan ketahanan beton terhadap beban kejut (*iMPact load*) sehingga dapat meningkatkan keawetan/durabilitas beton, misalnya pada perkerasan jalan raya atau lapangan udara, *spillway* serta pada bagian struktur beton yang tipis untuk mencegah timbulnya keretakan.

F. Perawatan Beton

Perawatan beton ialah suatu tahap akhir pekerjaan pembetonan, yaitu menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna (kira-kira selama 28 hari). Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga agar air didalam beton segar tidak keluar. Hal ini untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dan air) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, maka oleh udara panas akan terjadi proses penguapan air dari permukaan beton segar, sehingga air dari dalam beton segar mengalir keluar, dan beton segar kekurangan air untuk hidrasi, sehingga timbul retak-retak pada permukaan betonya. (Tjokrodinuljo, 2007).

Untuk menghindari terjadinya retak-retak pada beton karena proses hidrasi yang terlalu cepat, maka dilakukan perawatan beton dengan cara sebagai berikut ini.

1. Menaruh beton segar di dalam ruangan yang lembab
2. Menaruh beton segar di atas genangan air
3. Menaruh beton segar di dalam air.

Menurut SNI-2493-2011 perawatan benda uji beton di laboratorium dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Menutup setelah pekerjaan akhir

Untuk menghindari penguapan air dari beton yang belum mengeras, benda segera ditutup setelah pekerjaan akhir, lebih dipilih plat yang tak menyerap dan reaktif atau lembaran plastik yang kuat, awet dan kedap air. Goni basah dapat digunakan untuk menutup, tetapi harus diperhatikan

untuk menjaga goni tetap basah hingga benda uji dibuka dari cetakan. Letakan lembaran plastik di atas goni akan melindungi goni untuk tetap basah. Lindungi permukaan luar cetakan papan dari kontak dengan goni basah atau sumber air lainnya sedikitnya untuk 24 jam setelah silinder dicetak. Air dapat menyebabkan cetakan mengembang dan merusakkan benda uji pada umur awal.

2. Pembukaan Cetakan

Membuka benda uji dari cetakan 24 jam \pm 8 jam setelah pencetakan.

3. Lingkungan perawatan beton

Kecuali bila ada persyaratan lain, semua benda uji dirawat basah pada temperatur $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ mulai dari waktu pencetakan sampai saat pengujian, dengan catatan temperatur dalam pasir basah atau di bawah goni basah atau bahan yang serupa akan selalu lebih rendah dari atmosfer sekitarnya jika penguapan terjadi. Penyimpanan selama 48 jam pertama perawatan harus pada lingkungan bebas getaran. Seperti yang diberlakukan pada perawatan benda uji yang dibuka, perawatan basah berarti bahwa benda uji yang akan diuji harus memiliki air bebas yang dijaga pada seluruh permukaan pada semua waktu. Kondisi ini dipenuhi dengan merendam dalam air jenuh kapur dan dapat dipenuhi dengan penyimpanan dalam ruang jenuh air sesuai dengan (ASTM M 201). Benda uji tidak boleh diletakkan pada air mengalir atau air yang menetes. Rawat silinder beton struktur ringan sesuai dengan standar ini atau sesuai dengan (SNI 03-3402-1994).

4. Benda uji kuat lentur

Merawat benda uji kuat lentur sesuai dengan a dan b, kecuali selama dalam penyimpanan untuk masa minimum 20 jam segera sebelum pengujian benda uji direndam dalam cairan jenuh kapur pada $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ saat terakhir masa perawatan, antara waktu benda uji dipindahkan dan perawatan sampai pengujian diselesaikan. Pengeringan benda uji harus dihindarkan. Dengan catatan jumlah pengeringan yang relatif sedikit dari permukaan benda uji lentur akan menyebabkan tegangan tarik pada serat ekstrim yang akan mengurangi secara berarti kuat lentur yang seharusnya.

Lama pelaksanaan *curing*/perawatan beton sendiri berpengaruh pada beberapa hal antara lain sebagai berikut ini.

- a. Mutu / kekuatan beton (*Strength*)
- b. Keawetan struktur beton (*Durability*)
- c. Kekedapan air beton (*Water Tightness*)
- d. Ketahanan permukaan beton (*Wear Resistance*)
- e. Kestabilan volume yang berhubungan dengan susut atau pengembangan (*volume stability : shrinkage and expansion*)

Berikut adalah beberapa peraturan mengenai berapa lama pelaksanaan *curing*/perawatan beton sebagai berikut ini.

- a. SNI 03-2847-2002 mensyaratkan *curing* selama :
 - 1) 7 hari untuk beton normal
 - 2) 3 hari untuk beton dengan kuat tekan awal tinggi
- b. ASTM C – 150 mensyaratkan *curing* selama
 - 1) Semen tipe I, waktu minimum *curing* selama 7 hari
 - 2) Semen tipe II, waktu minimum *curing* selama 10 hari
 - 3) Semen tipe III, waktu minimum *curing* selama 3 hari
 - 4) Semen tipe IV, waktu minimum *curing* selama 14 hari

G. Perencanaan Campuran Adukan Beton

Perancangan campuran adukan beton bertujuan untuk mengetahui komposisi atau proporsi jumlah bahan yang dibutuhkan untuk suatu campuran adukan beton. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan campuran beton adalah kuat tekan yang direncanakan pada umur 28 hari, sifat mudah dikerjakan (*workability*), sifat awet dan ekonomis. Adapun perancangan campuran adukan beton ini menggunakan SK SNI : 03-2834-2000 (Tjokrodinuljo, 2007), dengan langkah- langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Memilih kuat tekan beton yang direncanakan f_c pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar menurut ketentuan berikut ini.
 - a. Bila suatu produksi beton tidak mempunyai data hasil uji yang memenuhi persyaratan : mewakili bahan-bahan, prosedur pengawasan mutu dan kondisi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan, dan

hanya ada sebanyak 15 sampai 29 buah hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali Tabel 3.8.

- b. Bila suatu produksi beton tidak mempunyai data hasil uji yang memenuhi persyaratan : mewakili bahan-bahan, prosedur pengawasan mutu dan kondisi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f'_{cr} harus diambil tidak kurang dari $(f'_c + 12)$ MPa.
- c. Menghitung nilai tambah

1) Perhitungan nilai tambah (m) dihitung dengan cara berikut :

- a) Jika produksi beton mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar S dengan 2 rumus berikut dan diambil yang terbesar :

$$m = 1,64 \times S \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

- M = Nilai tambah
- 1,64 = Tetapan *statistic* yang nilainya tergantung pada presentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%
- S_r = Deviasi standar rencana

- b) Jika produksi beton tidak mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah diambil dari Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Nilai tambah m jika pelaksanaan tidak mempunyai pengalaman (Tjokrodinuljo, 2007)

Kuat tekan yang direncanakan, f'_c (MPa)	Nilai tambah (MPa)
Kurang dari 21	7,0
21 s.d 35	8,5
Lebih dari 35	10,0

2) Menghitung nilai kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

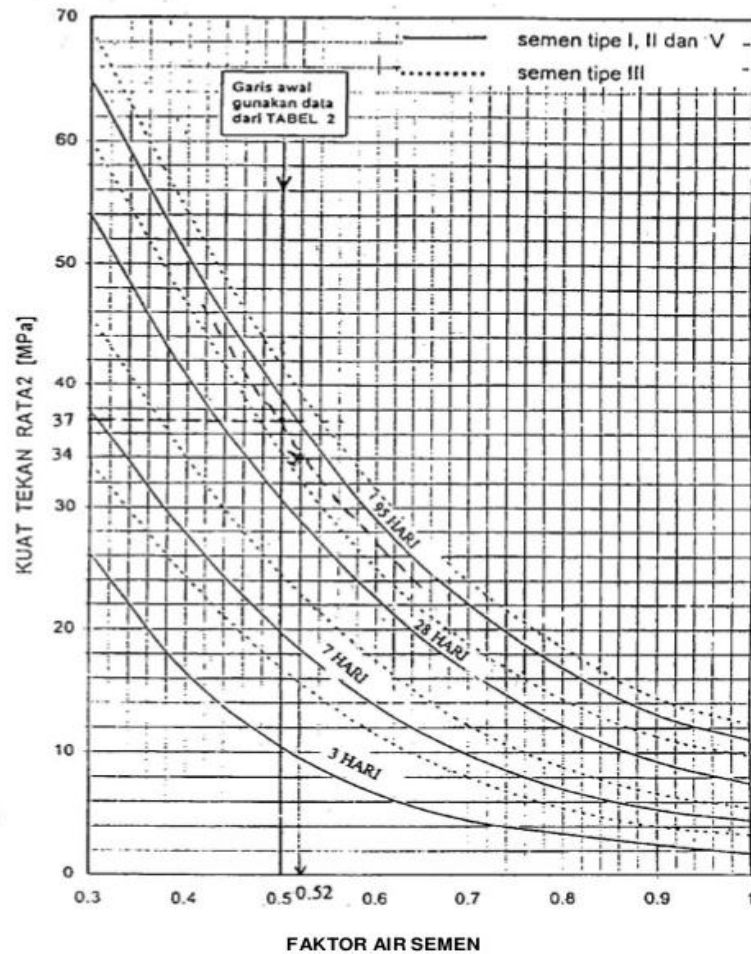
$$f'_{cr} = f'_c + m \dots\dots\dots (3.4)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 1,64S_r \dots\dots\dots (3.5)$$

dimana:

- f'_{cr} = kuat tekan rata-rata MPa
- f'_c = kuat tekan yang direncanakan MPa
- 1,64 = Tetapan *statistic* yang nilainya tergantung pada presentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%
- S_r = Deviasi standar rencana

- 3) Memilih jenis semen yang akan digunakan.
- 4) Memilih jenis agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan, agregat ini dalam bentuk alami atau di pecahkan.
- 5) Memilih nilai faktor air semen. Untuk benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dipergunakan seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (SNI 03-2834-2000)

- 6) Menentukan Kadar Air Bebas

Untuk menentukan kadar air bebas dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834-2000)

<i>Slump</i> (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
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

7) Menetapkan nilai faktor air semen maksimum dari Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834-2000)

Keadaan beton	Jumlah semen minimum Per m^3 beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		
Beton yang kontinue berhubungan :		
a. Air tawar		Lihat Tabel 5 Lihat Tabel 6
b. Air laut		

- 8) Menetapkan nilai *slump*, dapat diperoleh dari Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Nilai *Slump* beton segar (Tjokrodinuljo, 2007)

Pemakaian	Maksimum (cm)	Minimum (cm)
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur di bawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5
Pembetonan massal (beton massa)	7,5	2,5

- 9) Menetapkan ukuran agregat maksimum
- 10) Menentukan kebutuhan air, jika jenis agregat sudah ditentukan dipecah atau alami dan ukuran maksimum agregat sudah ditentukan, maka kebutuhan air dapat lihat Tabel 3.12 dan dihitung menurut Rumus 3.6.

$$A = 0,67A_h + 0,33A_k \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana:

A = Jumlah air yang dibutuhkan , liter/m³

A_h = Jumlah air yang dibutuhkan untuk agregat halus nya

A_k = Jumlah air yang dibutuhkan untuk agregat kasarnya

Tabel 3.12 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (Tjokrodinuljo, 2007)

Besarnya ukuran maks agregat (mm)	Jenis agregat	Kebutuhan air per meter kubik beton (liter)			
		<i>Slump</i> (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	196
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

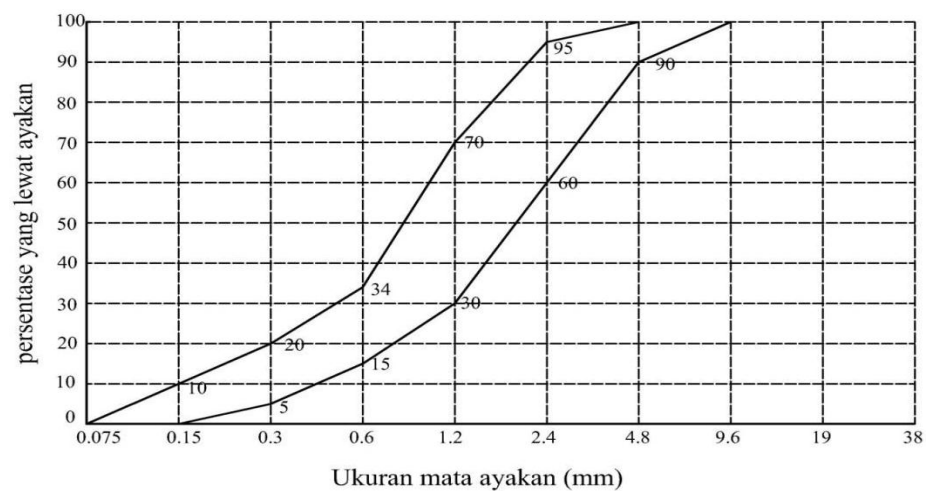
- 11) Menghitung kebutuhan air yang dibutuhkan dengan cara jumlah kebutuhan air (dari langkah ke-10) dibagi nilai faktor air semen.
- 12) Menentukan jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan dapat

diabaikan

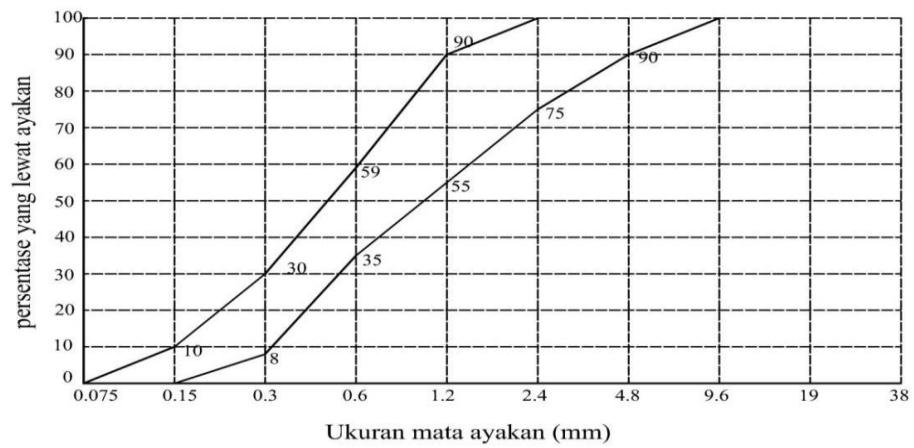
- 13) Menentukan jumlah semen minimum, dapat dilihat pada Tabel. 3.10 di atas, kemudian pilih semen yang terbesar dari kedua semen tersebut.
- 14) Menentukan kebutuhan air dan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan, namun jika tidak dapat diabaikan atau tidak ada.
- 15) Menentukan susunan besar butir agregat halus (pasir) kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayaknya menurut standar yang berlaku, kurva dari pasir dapat dibandingkan dengan kurva yang tertera dalam Tabel 3.13 atau Gambar 3.5 untuk gradasi pasir daerah 1, Gambar 3.6 untuk gradasi pasir daerah 2 dan berurutan unrtuk daerah 3 dan 4.

Tabel 3.13 Batas gradasi pasir (Mulyono, 2004)

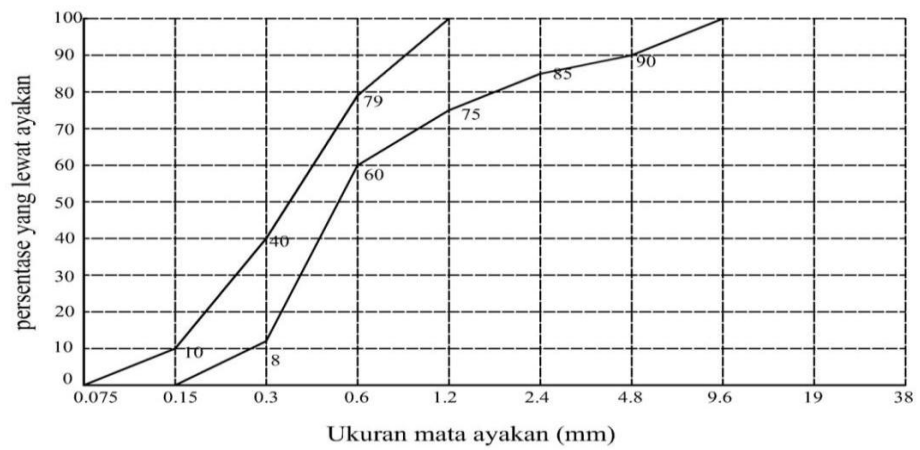
Lubang ayakan		Persen berat butir yang lewat ayakan (%)			
British (mm)	ASTM (No)	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
4,75	3/16 in.	90-100	90-100	90-100	95-100
2,36	8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,18	16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	100	0-10	0-10	0-10	0-15



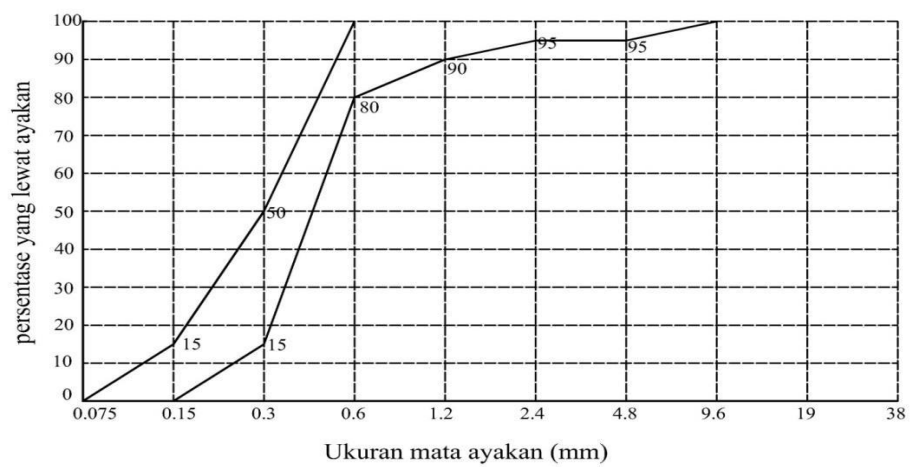
Gambar 3.5 Batas gradasi pasir pada daerah no.1 (SNI 03-2834-2000)



Gambar 3.6 Batas gradasi pasir pada daerah no.2 (SNI 03-2834-2000)

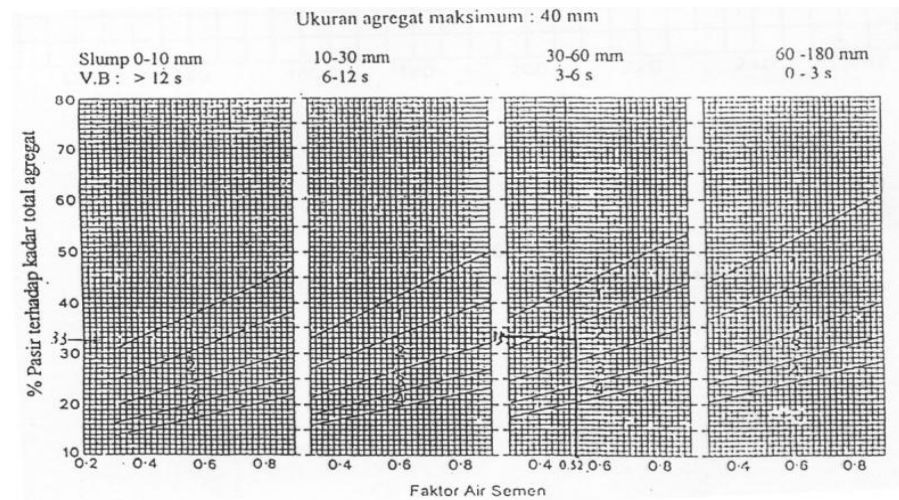


Gambar 3.7 Batas gradasi pasir pada daerah no.3 (SNI 03-2834-2000)



Gambar 3.8 Batas gradasi pasir pada daerah no.4 (SNI 03-2834-2000)

- 16) Menentukan persentase pasir dengan menggunakan Gambar 3.9 dengan diketahuinya ukuran butir agregat maksimum (dari langkah ke-h), nilai *slump* (dari langkah ke-g), nilai faktor air semen (dari langkah ke-e), dan daerah susunan agregat (dari langkah ke-n), maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada Gambar 3.9 dari persentase jumlah pasir yang dibutuhkan maka dapat diketahui juga jumlah persentase kebutuhan agregat kasar.



Gambar 3.9 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000)

- 17) Menghitung berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$B_j \text{ camp} = \left(\frac{k_h}{100} \times b_{j_h} \right) + \left(\frac{k_k}{100} \times b_{j_k} \right) \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana:

$b_j \text{ camp}$ = Berat jenis agregat campuran

$b_j h$ = Berat jenis agregat halus

$b_j k$ = Berat jenis agregat kasar

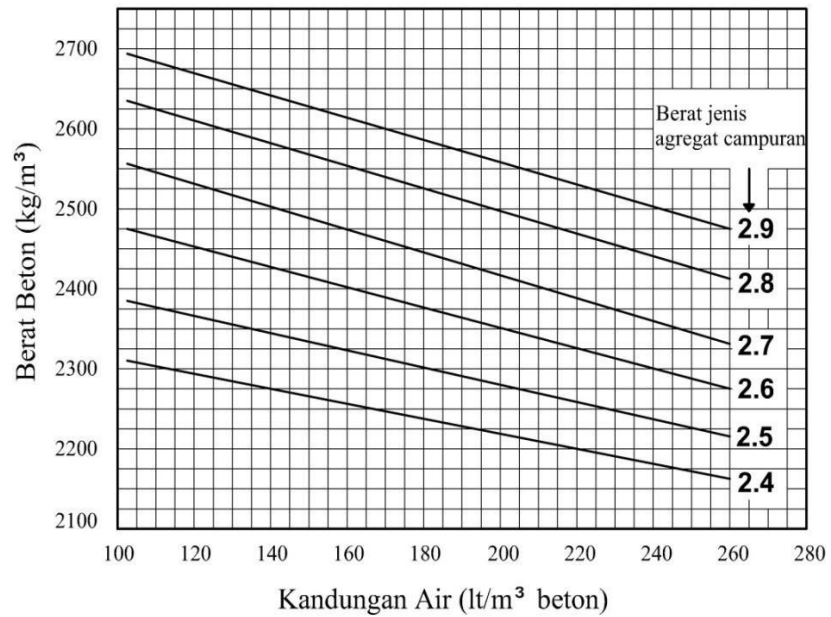
k_h = Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

k_k = Persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran
Berat jenis agregat halus dan berat jenis agregat kasar diperoleh dari pemeriksaan laboratorium

b_j = 2,60 untuk agregat tak dipecah/alami

b_j = 2,70 untuk agregat pecahan

- 18) Menentukan berat jenis beton menurut Gambar 3.10, sesuai dengan data kebutuhan air (dari langkah ke-13 atau ke-14) dan dari $b_j \text{ camp}$ yang di dapat dari langkah ke-17.



Gambar 3.10 Hubungan antara kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton (SNI 03-2834-2000)

- 19) Menghitung kebutuhan agregat gabungan yang didapat dari berat jenis beton dikurangi jumlah kebutuhan semen dan di kurangi jumlah kebutuhan air.
- 20) Menghitung kebutuhan agregat halus yang besarnya adalah hasil kali presentasi pasir (langkah ke-16) dan agregat campuran (langkah ke-19).
- 21) Menghitung kebutuhan agregat kasar yang besarnya adalah kebutuhan agregat gabungan (langkah ke-19) dikurangi kebutuhan agregat halus (langkah ke-20).

Dari langkah-langkah tersebut diatas dapat diketahui kebutuhan bahan campuran adukan beton 1 m³ beton.

H. Penyerapan Air

Menurut (Zhang dan Zong, 2014) spesimen berbeda dalam penyerapan air permukaan, ada sedikit selisih perbedaan dalam penyerapan air bagian dalam beton. Selain itu, penyerapan air permukaan yang tinggi hanya mengurangi kuat tekan selimut beton. Seluruh kekuatan tekan beton tergantung pada kedua permukaan dan struktur dalam beton. Hal tersebut dapat disimpulkan kekuatan beton tidak dapat dievaluasi oleh penyerapan air.

I. *Slump*

Pada setiap pengerjaan beton, ada hal-hal yang penting yang harus diperhatikan salah satu diantaranya adalah kelecakan beton segar. Kelecakan beton biasanya di periksa dengan uji *slump* untuk dapat memperoleh nilai *slump* yang kemudian dipakai sebagai tolak ukur kelecakan beton segar untuk kemudahannya dalam mengerjakan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelecakan beton antara lain (Tjokrodimuljo, 2007) sebagai berikut ini.

1. Jumlah air yang dipakai dalam adukan beton
2. Jumlah pasta dalam campuran adukan
3. Gradasi agregat
4. Besar butir maksimum agregat.

Sebagai pedoman awal , besarnya nilai *slump* untuk berbagai macam pekerjaan pembetonan dapat dilihat pada Tabel 3.13. Biasanya untuk beton struktur digunakan nilai *slump* yang sering digunakan yaitu sebesar 8-12 cm.

J. **Kuat Tekan Beton**

Kinerja dalam sebuah beton dapat dibuktikan dengan nilai kuat tekan beton. Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima beban persatuan luas (Mulyono, 2004). Benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Nilai kuat tekan beton seringkali menjadi parameter utama untuk mengenali mutu sebuah konstruksi, karena kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan maksimum f_c dengan satuan kg/cm^2 atau MPa (*Mega Pascal*) yang bisa didapatkan pada Persamaan 3.8 (SNI 031974-1990). Nilai kuat tekan beton umumnya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, oleh karena itu untuk meninjau mutu beton biasanya secara kasar hanya ditinjau kuat tekannya saja (Tjokrodimuljo, 2007). Kuat tekan beton mengalami kenaikan seiring bertambahnya hari sampai umur 28, Menurut (Mulyono 2004) kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana:

$f'c$ = Kuat tekan Silinder beton (MPa)

P = Beban tekan maksimum (kg)

A = Luas bidang tekan (cm³)

Tabel 3.14 Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya.
(Tjokrodimuljo, 2007)

Jenis Beton	Kuat Tekan
Beton Sederhana (<i>plain Concrete</i>)	Sampai 10 MPa
Beton Normal (Beton Biasa)	15-30 MPa
Beton Pra Tegang	30-40 MPa
Beton Kuat Tekan Tinggi	40-80 MPa
Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	>80 MPa