

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Beton

1. Pengertian Beton

Menurut SNI-03-2847-2002, beton ialah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Beton sendiri sekarang banyak digunakan pada konstruksi bangunan gedung saat ini karena proses pengerjaannya yang cukup mudah.

Beton dibagi menjadi beberapa jenis salah satunya beton normal, beton normal diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat, adapun jenis beton khusus selain beton normal. Beton khusus biasanya beton yang ditambahkan dengan bahan khusus, misalnya pozolan, bahan kimia pembantu, serat, dan sebagainya. Tujuan pemberian bahan tambah ialah untuk menghasilkan beton khusus yang lebih baik daripada beton normal (Tjokrodimuljo, 2007).

2. Keunggulan dan Kelemahan Beton

Beton dibandingkan dengan bahan bangunan lain mempunyai beberapa kelebihan, antara lain yaitu (Tjokrodimuljo, 2007)

- a. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya tersedia di dekat lokasi pembangunan, kecuali semen portland. Hanya untuk daerah tertentu yang sulit mendapatkan pasir atau kerikil harga beton agak mahal.

- b. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan kebakaran, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan murah.
- c. Kuat tekannya cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan baja tulangan yang kuat tariknya tinggi dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat. Baja dan tulangan boleh dikatakan mempunyai koefisien muai yang hampir sama. Saat ini beton bertulang banyak dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, jalan raya, landasan pesawat udara, gedung, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya.
- d. Beton segar dapat dengan mudah diangkat maupun dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan dapat pula dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan beton juga memiliki beberapa kekurangan, menurut (Tjokrodimuljo, 2007) kekurangan beton dibagi menjadi tiga yaitu :

- a. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam pula.
- b. Beton keras mempunyai beberapa kelas kekuatan sehingga harus disesuaikan dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula.
- c. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat dan sebagainya.

3. Sifat Beton

Beberapa sifat beton yang dimiliki beton dan sering di pakai adalah (Tjokrodimuljo, 2007):

a. 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.

Tabel 3.1 Beton menurut kuat tekannya

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

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

b. Berat jenis

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

Tabel 3.2 Berat jenis beton

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 : Tjokrodimuljo, 2007

c. Modulus Elastisitas

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

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

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

Dengan :

E_e = Modulud Elastisitas Beton, MPa

W_e = Berat jenis beton

f_e = Kuat tekan beton,MPa

d. Susutan Pengerasan

Volume beton setelah keras sedikit lebih kecil daripada 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.

e. 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.

4. Bahan Penyusun Beton

Seperti yang diuraikan diatas bahan penyusun beton normal ialah semen portland, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah atau kerikil) dan air.

a. 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 di tahun 1824, seorang tukang batu kebangsaan Inggris. Dinamakan semen Portland, karena awalnya semen dihasilkan mempunyai warna serupa dengan tanah liat alam di Pulau Portland.

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 alumina) 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 (CaSO_4) kira-kira 2–4 % persen sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Bahan tambah lain kadang ditambahkan pula untuk membentuk semen khusus misalnya kalsium klorida untuk menjadikan semen yang cepat mengeras. Semen biasanya dikemas dalam kantong 40 kg/ 50 kg (Sutikno, 2003:2).

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

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

Semen *portland* yang digunakan disini adalah Semen Bima, Semen Garuda dan Semen Holcim, berikut adalah sejarah dan penjelasan mengenai Semen yang digunakan pada penelitian :

1. Semen Bima

PT. Sinar Tambang Arthalestari (PT. STAR) adalah pemilik dan produsen Semen Bima. Pabrik Semen Bima yang dibangun diatas lahan seluas 43 Hektar, dimana peletakan batu pertama (ground breaking) dilakukan oleh Gubernur Jawa Tengah H. Bibit Waluyo yang di dampingi oleh Bupati Banyumas Mardjoko berlokasi di Desa Tipar Kidul Kecamatan Ajibarang, Banyumas pada tanggal 8 Oktober 2012 berkomitmen untuk dapat memenuhi kebutuhan semen nasional secara merata.

Disamping itu PT. Sinar Tambang Arthalestari juga memiliki dan mengelola tambang Limestone dan Clay untuk kebutuhan sumber daya produksi. Pembangunan pabrik Semen Bima diawali dengan perencanaan yang matang serta perijinan yang lengkap sehingga pembangunan pabrik berjalan dengan lancar. PT. Sinar Tambang Arthalestari sudah mengantongi berbagai izin yang berkaitan dengan tata laksana penambangan maupun pembangunan pabrik, meliputi : rekomendasi teknis usaha pertambangan atau izin usaha pertambangan (IUP) eksplorasi mineral bukan logam dari Gubernur Jateng, IUP eksplorasi dari Bupati Banyumas, serta izin prinsip penanaman modal dari Badan Koordinasi Penanaman Modal; perubahan izin lokasi pembangunan pabrik dari BPMPP Kabupaten Banyumas, dan dokumen-dokumen lain yang diperlukan.

PT. STAR sebagai pengelola dan investor juga sudah mengantongi izin kelayakan lingkungan hidup kegiatan pembangunan pabrik semen terpadu dan izin lingkungan atas kegiatan pembangunan pabrik semen terpadu yang paling penting keberadaan pabrik tersebut sudah sesuai dengan Rencana Pengelolaan Lingkungan Hidup, Rencana Pemantauan Lingkungan Hidup (RKL-RPL) serta RTRW Kabupaten Banyumas.

Diharapkan keberadaan pabrik Semen Bima dapat memberikan dampak lanjutan (*multiplayer effect*) terhadap perkembangan perekonomian daerah dan kesejahteraan masyarakat khususnya di wilayah Kecamatan Ajibarang dan Kabupaten Banyumas serta meningkatkan peran pembangunan nasional pada umumnya. Pembangunan pabrik Semen Bima merupakan proyek nasional yang sangat didukung oleh Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI). (sumber : <http://www.semenbima.com/history>) Di pasaran daerah sekitar yogyakarta semen bima dengan kemasan 40 kg dijual dengan harga Rp. 47,000.00. – Rp. 55,000.00. Untuk Gambar Semen Bima dapat dilihat pada Gambar 3.1. :



Gambar. 3.1 Semen Bima

2. Semen Garuda

Pada tahun 2011 PT Jui Shin Indonesia mendirikan pabrik semen di Bekasi Jawa Barat, untuk memenuhi kebutuhan semen pada pasar industri,

pembangunan rumah tinggal, gedung, dan jaringan infrastruktur fisik (seperti jalan raya, jembatan, waduk, dll) di Indonesia yang berkembang semakin pesat. Di pasaran daerah sekitar yogyakarta Semen Bima dengan kemasan 40 kg dijual dengan harga antara Rp. 45,000.00. - Rp. 50,000.00. Untuk Gambar Semen Garuda dapat dilihat pada Gambar 3.2. :



Gambar 3.2 Semen Garuda

3. Semen Holcim

Semen holcim adalah salah satu produk dari Lafarger Holcim Group yang sudah beroperasi lebih dari 90 negara di seluruh dunia dengan pengalaman lebih dari 180 tahun. Di Indonesia terdapat empat pabrik di Lhoknga – Aceh, Narogong – Jawa Barat, Cilacap – Jawa Tengah dan Tuban – Jawa Timur. Semen Holcim merupakan semen lama yang banyak digunakan oleh masyarakat karena sudah lama berada di pasaran dibandingkan Semen Bima dan Semen garuda.

Semen Holcim sendiri di pasaran daerah sekitar Yogyakarta dijual dengan harga kisaran antara Rp. 50,000.00 – Rp. 60,000.00, Untuk Gambar Semen Holcim dapat dilihat pada Gambar 3.3. :



Gambar. 3.3 Semen Holcim

b. Agregat

Agregat pada beton adalah sebagai bahan pengisi, walaupun hanya bahan pengisi akan tetapi agregat sangat berpengaruh pada sifat-sifat beton sehingga pemilihan agregat sangat penting dalam pembuatan beton. Agregat sendiri menempati 70 % volume beton. Pada umumnya agregat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu :

- a. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm,
- b. Kerikil untuk butiran antara 5 mm dan 40 mm,
- c. Pasir untuk butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

Untuk beton normal sendiri agregat yang digunakan adalah agregat halus dan agregat kasar. Menurut standar SK SNI S-04-1989-F, agregat untuk bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

A. Agregat Halus

- a. Butir-butirnya tajam dan keras, dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$
- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12 %, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18 %,
- c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5 %
- d. Tidak mengandung zat organis terlalu banyak, yang dilakukan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap daripada warna standar
- e. Modulus butir antara 1,50-3,80 dan dengan variasi butiran sesuai standar gradasi
- f. Khusus untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat harus reaktif terhadap alkali,
- g. Agregat halus dari laut atau pantai, boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

B. Agregat Kasar

- a. Butir-butirnya keras dan tidak berpori, indeks kekerasan $\leq 5\%$ bila diuji dengan goresan batang tembaga. Bila diuji dengan bejana Rudeloff atau Los seperti Tabel 3.3
- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12 %, jika diuji dengan larutan garam Magnesium Sulfat maksimum 18 %,
- c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 1 %,
- d. Tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali,
- e. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20 %

- f. Modulus halus butir antara 6-7,10 dengan variasi butir sesuai standar gradasi,
- g. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari: $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antar bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat beton, $\frac{3}{4}$ antar tulangan atau berkas tulangan.

Tabel 3.3. Persyaratan kekerasan/kekuatan agregat kasar untuk beton normal

Kelas dan mutu beton	Bejana rudeloff maksimum bagian yang hancur		Mesin Los Angeles 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 ($f_c' = 20$ MPa)	22	24	40
Kelas III Mutu diatas K-225 ($f_c' = 20$ Mpa)	14	16	27

Sumber : Tjokrodinuljo, 2007

c. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Dalam pembuatan beton air diperlukan untuk (Tjokrodimuljo, 2007) :

- a. Bereaksi dengan semen portland
- b. Menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat, agar mudah dikerjakan.

Menurut SK SNI S-04-1989 F spesifikasi bahan bangunan A, air sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Air harus bersih
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram/liter.
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter,
- d. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter. Khusus untuk beton pra-tegang kandungan klorida tidak boleh 0,05 gram/liter,
- e. Tidak boleh mengandung senyawa sulfat SO_3 lebih dari 1 gram/liter.

Kualitas beton akan berkurang jika air yang digunakan mengandung kotoran, pengaruh lainnya pada saat pengikatan awal adukan beton.

5. 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 :

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 :

a. 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.

b. Pembukaan Cetakan

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

c. 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 AASTHO 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.

d. 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 :

- 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 :

- 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

B. Perancangan 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 : 03-2834-2002 (Tjokrodimuljo, 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 :
 - 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. 3.4.
 - 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.

3. Menghitung nilai tambah

Perhitungan nilai tambah (m) dihitung dengan cara berikut :

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

$$m = 1,34 \cdot S \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

$$m = 2,33S - 3,5 \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

2. Jika produksi beton tidak mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah diambil dari Tabel. 3.4.

Tabel 3.4. nilai tambah m jika pelaksanaan tidak mempunyai pengalaman

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

Sumber : Tjokrodinuljo, 2007

4. Menghitung nilai kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

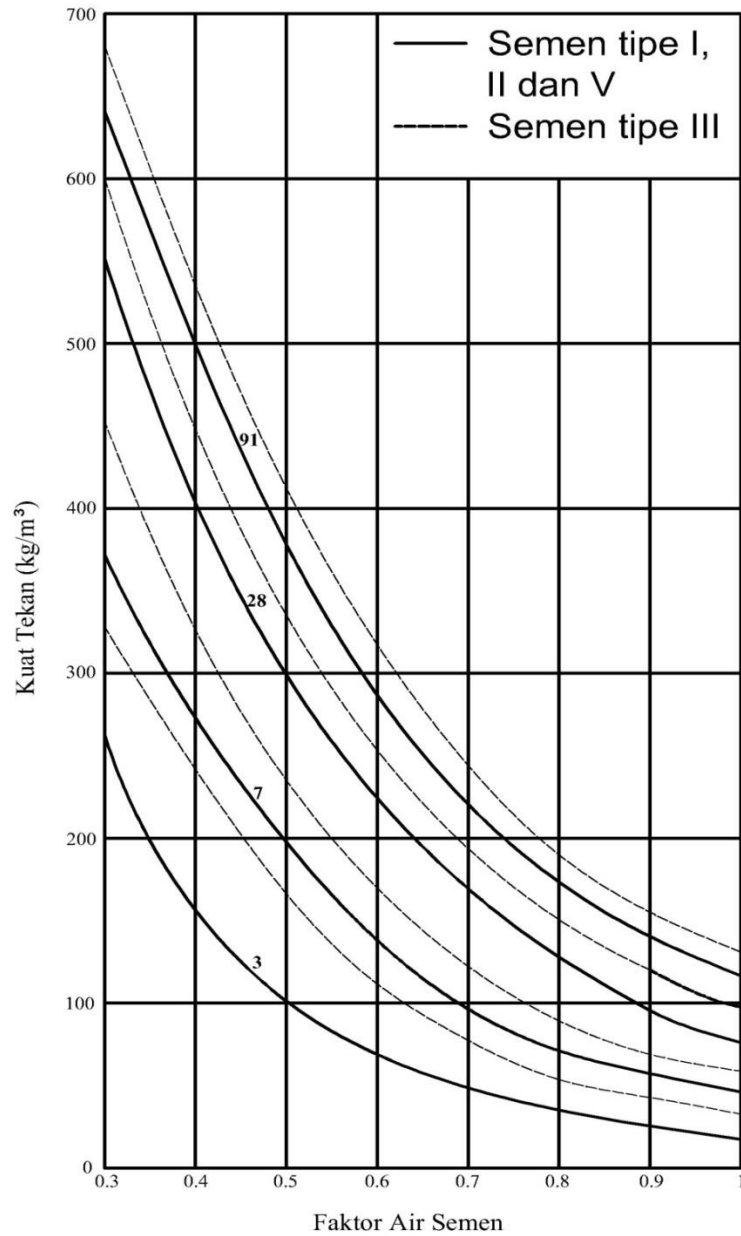
$$f'_{cr} = f_c' + m \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana : f'_{cr} = kuat tekan rata-rata MPa

f_c' = kuat tekan yang direncanakan Mpa

5. Memilih jenis semen yang akan digunakan.
6. Memilih jenis agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan, agregat ini dalam bentuk alami atau di pecahkan.

7. 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

8. Menetapkan nilai faktor air semen maksimum dari Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dalam lingkungan khusus

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 :	325	0,60
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,62
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung		
Beton yang masuk kedalam tanah :	325	0,55
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti		Lihat Tabel 3.5.b
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		
Beton yang kontinue berhubungan :		Lihat Tabel 3.5.c
a. Air tawar		
b. Air laut		

Sumber : SNI-T-15-1991-03:7 dalam Mulyono, 2004

9. Menetapkan nilai slump, dapat diperoleh dari Tabel 3.6.

Tabel 3.6. Nilai Slump beton segar

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

Sumber : Tjokrodinuljo, 2007

10. Menetapkan ukuran agregat maksimum
11. Menentukan kebutuhan air, jika jenis agregat sudah ditentukan dipecah atau alami dan ukuran maksimum agregat sudah di tentukan, maka kebutuhan air dapat lihat Tabel 3.7 dan dihitung menurut Rumus 3.6.

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

Dengan : A = jumlah air yang dibutuhkan , liter/m³

A_h = jumlah air yang dibutuhkan untuk agregat halusnya

A_k = jumlah air yang dibutuhkan untuk agregat kasarnya

Tabel 3.7. Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton

Besarnya ukuran maks agregat (mm)	Jenis agregat	Kebutuhan air per meter kubik beton (liter)			
		Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	196
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : Tjokrodinuljo, 2007

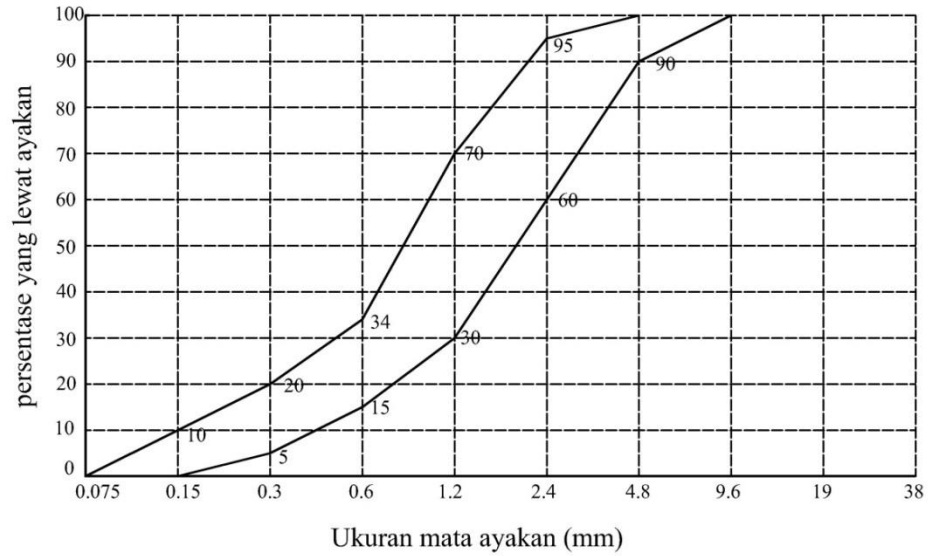
12. Menghitung kebutuhan yang dibutuhkan dengan cara jumlah kebutuhan air (dari langkah ke-11) dibagi nilai faktor air semen.
13. Menentukan jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan dapat diabaikan

14. Menentukan jumlah semen minimum, dapat dilihat pada Tabel. 3.6 di atas, kemudian pilih semen yang terbesar dari kedua semen tersebut.
15. 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.
16. 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 3.8. atau Gambar 3.5.a. untuk gradasi pasir daerah 1, Gambar 3.5.b. untuk gradasi pasir daerah 2 dan berurutan unrtuk daerah 3 dan 4, dan Tabel 3.9. atau Gambar 3.6. untuk agregat kasar.

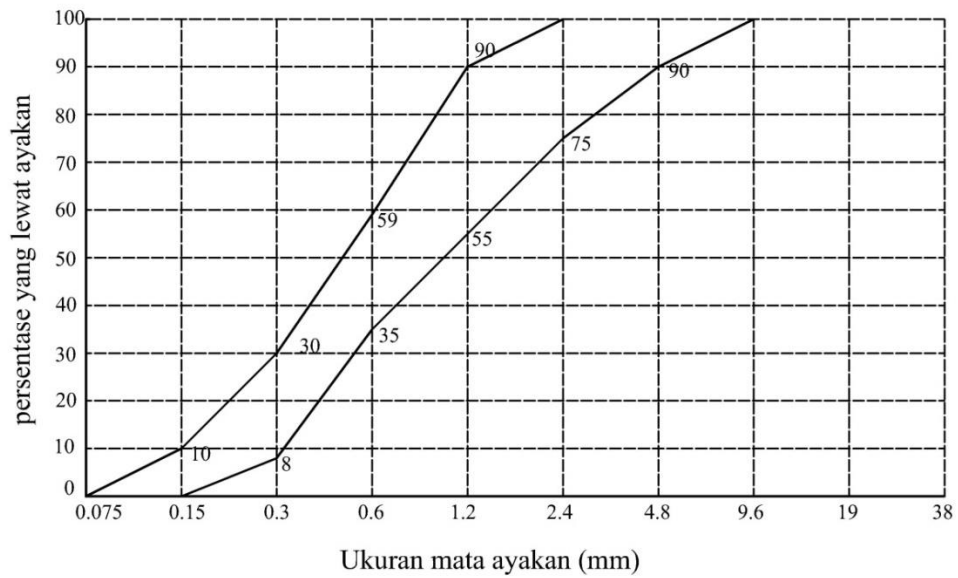
Tabel 3.8. Batas gradasi pasir

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

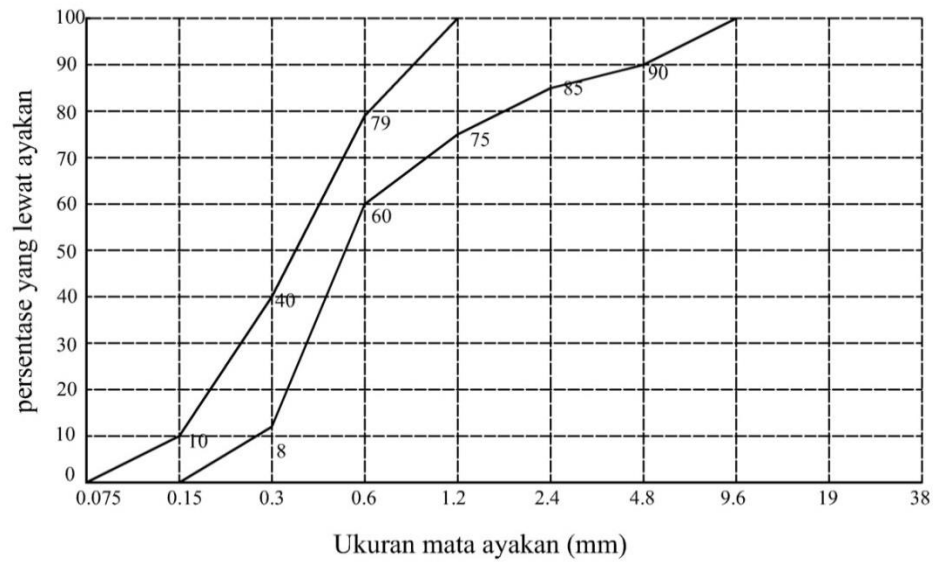
Sumber : Mulyono, 2004



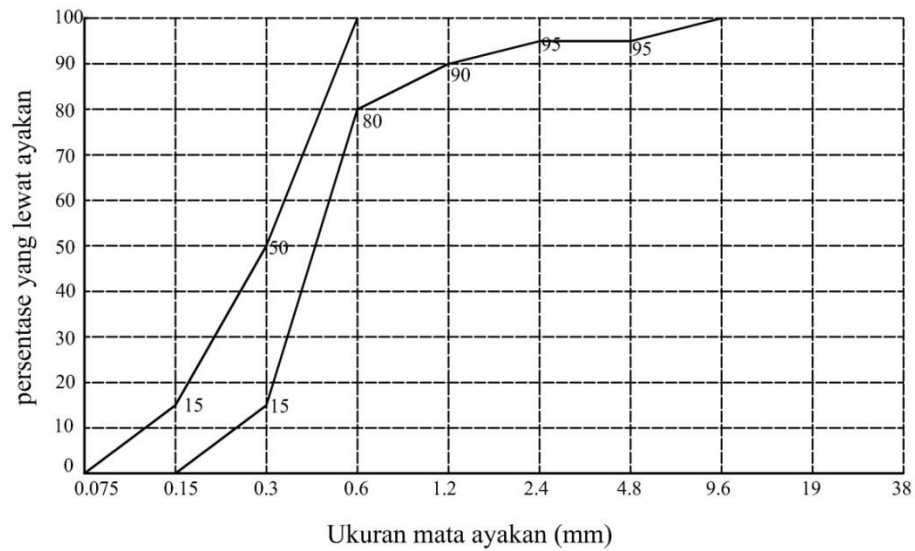
Gambar 3.5.a. Batas gradasi pasir pada daerah no.1



Gambar 3.5.b. Batas gradasi pasir pada daerah no.2



Gambar 3.5.c. Batas gradasi pasir pada daerah no.3

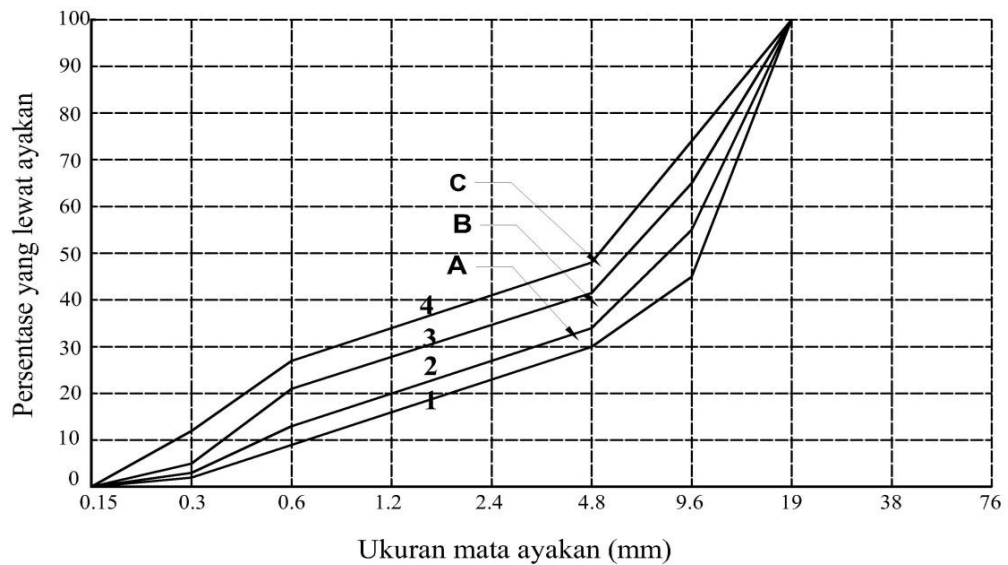


Gambar 3.5.d. Batas gradasi pasir pada daerah no.4

Tabel 3.9. Batas gradasi agregat dengan ukuran butir maksimum 20 mm

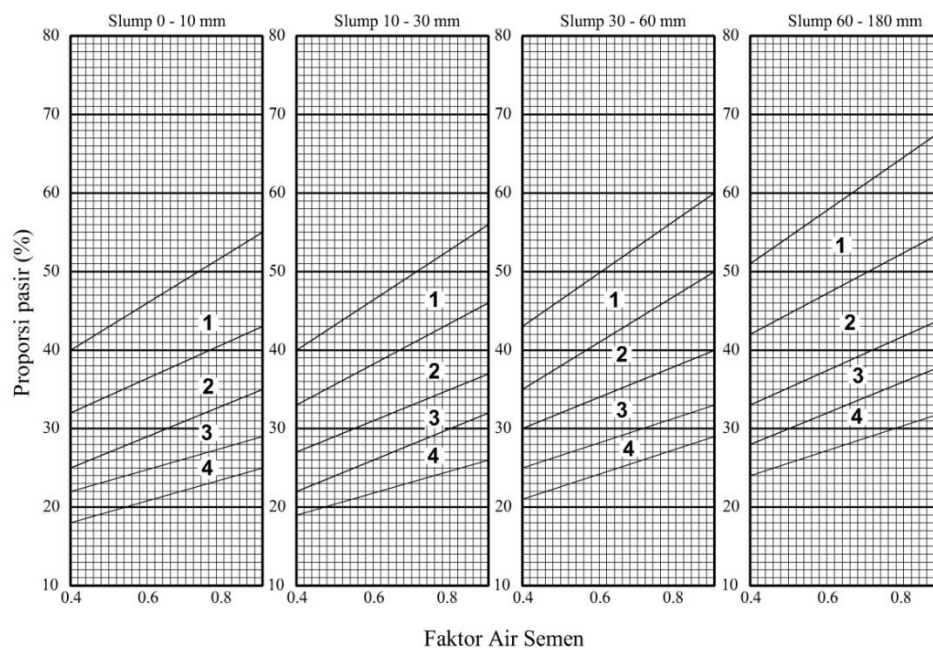
Lubang ayakan		Persen berat butir yang lewat ayakan (%)			
British (mm)	ASTM (No)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
19	¾	100	100	100	100
9,6	3/8	45	55	65	75
4,8	3/16	30	35	42	48
2,4	8	23	28	35	42
1,2	16	16	21	28	34
0,6	30	9	12	21	27
0,3	50	2	3	5	12
0,15	10	0	0	0	2

Sumber : Mulyono, 2004



Gambar 3.6. Batas gradasi kerikil dengan besar butir maksimum 20 mm

17. Menentukan prosentase pasir dengan menggunakan Gambar 3.7. dengan diketahuinya ukuran butir agregat maksimum (dari langkah ke-10), nilai slump (dari langkah ke-9), nilai faktor air semen (dari langkah ke-7), dan daerah susunan agregat (dari langkah ke-16), maka jumlah prosentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada Gambar 3.7. Dari prosentase jumlah pasir yang dibutuhkan maka dapat diketahui juga jumlah prosentase kebutuhan agregat kasar.



Gambar 3.7. Proporsi agregat halus pada agregat maksimum 20 mm

18. Menghitung berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$b_{j \text{ camp}} = \left(\frac{K_h}{100} \times b_{j h}\right) + \left(\frac{K_k}{100} \times b_{j k}\right) \dots\dots\dots(3.7)$$

dengan :

- $b_{j \text{ camp}}$ = 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

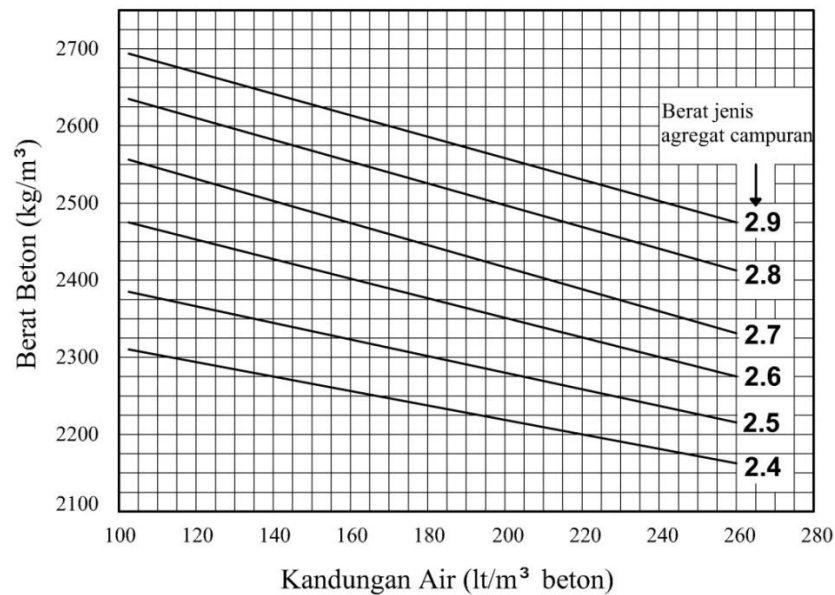
k_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

Berat jenis agregat halus dan berat jenis agregat kasar diperoleh dari pemeriksaan laboratorium, namun jika belum ada maka dapat diambil sebesar :

b_j = 2,60 untuk agregat tak dipecah/alami

b_j = 2,70 untuk agregat pecahan

19. Menentukan berat jenis beton menurut Gambar 3.8, sesuai dengan data kebutuhan air (dari langkah ke-11 atau ke-15) dan dari $b_{j \text{ camp}}$ yang di dapat dari langkah ke-18.



Gambar 3.8. Hubungan antara kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton

20. Menghitung kebutuhan agregat gabungan yang didapat dari berat jenis beton dikurangi jumlah kebutuhan semen dan di kurangi jumlah kebutuhan air.
21. Menghitung kebutuhan agregat halus yang besarnya adalah hasil kali presentasi pasir (langkah ke-17) dan agregat campuran (langkah ke-20).

22. Menghitung kebutuhan agregat kasar yang besarnya adalah kebutuhan agregat gabungan (langkah ke-20) dikurangi kebutuhan agregat halus (langkah ke-21).

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

C. 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 (Tjokrodumuljo) :

- a. Jumlah air yang dipakai dalam adukan beton
- b. Jumlah pasta dalam campuran adukan,
- c. Gradasi agregat
- d. Bentuk butiran agregat
- e. Besar butir maksimum agregat.

Sebagai pedoman awal , besarnya nilai slump untuk berbagai macam pekerjaan pembetonan disarankan sebagai berikut (Tjokrodumuljo, 2007) :

Tabel 3.10. Nilai Slump beton segar

Pemakaian	Maksimum (cm)	Minimum (cm)
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison 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

Sumber : Tjokrodumuljo, 2007

D. 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). 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. Kuat desak beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Nilai kuat tekan beton seringkali menjadi parameter utama untuk mengenali kinerja beton, karena kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan maksimum f'_c dengan satuan kg/cm^2 atau MPa (*Mega Pascal*). 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 (Tjokrodinuljo, 2007).

Kuat tekan Silinder beton dapat dihitung dengan Persamaan 3.8 (SNI 031974-1990). Adapun Gambar uji kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.9. berikut :



Gambar 3.9. Kuat tekan beton benda uji Silinder

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

Dengan:

- f'_c = Kuat tekan Silinder beton (MPa)
- P = Beban tekan maksimum (kg)
- A = Luas bidang tekan (cm^2)

Pengukuran kuat tekan beton dilakukan dengan membuat contoh benda uji berbentuk silinder atau kubus. Namun dalam penelitian ini benda uji yang digunakan berbentuk Silinder sehingga harus dikonversikan kedalam bentuk silinder untuk mengetahui kuat tekan yang sebenarnya. Dari hasil percobaan diperoleh bahwa karena pengaruh bentuk maka kuat tekan beton dengan benda uji silinder menghasilkan kuat tekan sekitar 7,6156 (Tjokrodinuljo, 2007).

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa jenis sebagaimana terdapat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya

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

Sumber: (Tjokrodinuljo, 2007).

Beton relatif kuat menahan tekan. Keruntuhan beton sebagian disebabkan karena rusaknya ikatan pasta dan agregat. Besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, antara lain (Tjokrodinuljo,2007) :

a. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur beton. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan semakin lambat. Laju kenaikan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : faktor air semen, suhu sekeliling beton, semen portland dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton.

Tabel 3.12. Rasio kuat tekan beton berbagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
-------------------	---	---	----	----	----	----	-----

Semen <i>portland biasa</i>	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen <i>portland</i> dengan mutu tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Sumber : PBI 1971, NI-2, dalam Tjokrodimuljo, 2007:73

b. Faktor Air Semen

Faktor air semen (FAS) atau *water cement ratio* (*wcr*) adalah indikator yang penting dalam perancangan campuran beton karena FAS merupakan perbandingan jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Jadi dapat dikatakan, Fungsi FAS, yaitu:

1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton.

Peningkatan jumlah air akan meningkatkan kemudahan pengerjaan dan pemadatan, tetapi akan mereduksi kekuatan beton, menimbulkan segregasi dan bleeding. Pada umumnya tiap partikel membutuhkan air supaya plastis sehingga dapat dengan mudah dikerjakan. Harus ada cukup air terserap pada permukaan partikel, yang kemudian air tersebut akan mengisi ruang antar partikel. Partikel halus memiliki luas permukaan yang besar sehingga butuh air yang banyak. Dilain pihak tanpa partikel halus beton tidak akan mencapai plastisitas. Jadi faktor air semen (FAS) tidak dapat dipisahkan dengan grading agregat.

Faktor Air Semen juga sangat berhubungan dengan kuat tekan beton seperti yang dijelaskan oleh L. J. Murdock dan K. M. Brook (1986), bahwa pada bahan beton dalam pengujian tertentu, jumlah air semen yang dipakai akan menentukan kuat tekan beton, asalkan campuran beton tersebut cukup plastis dan mudah untuk dikerjakan.

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Jika FAS semakin rendah, maka beton akan semakin sulit untuk dipadatkan. Dengan demikian, ada suatu nilai FAS yang optimal yang dapat

menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal. Menurut Tjokrodimulyo (2007) umumnya nilai FAS yang diberikan dalam praktek pembuatan beton min. 0,4 dan max. 0,65.

Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis menurut Duff Abrams (1919,dalam Shetty, 1997) sebagai berikut (lihat pula Gambar 3.10.)

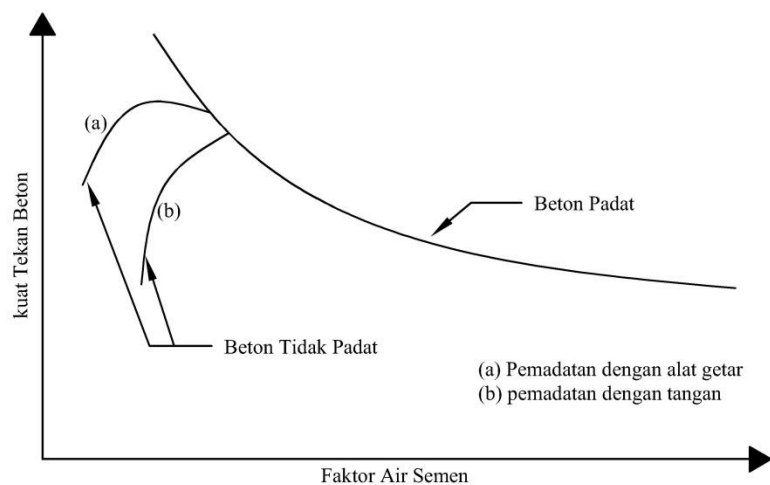
$$f_c = \frac{A}{B^x} \dots\dots\dots(3.9)$$

Dengan :

f_c = kuat tekan beton

X = perbandingan volume antara air dan semen (faktor air semen)

A,B = konstansta



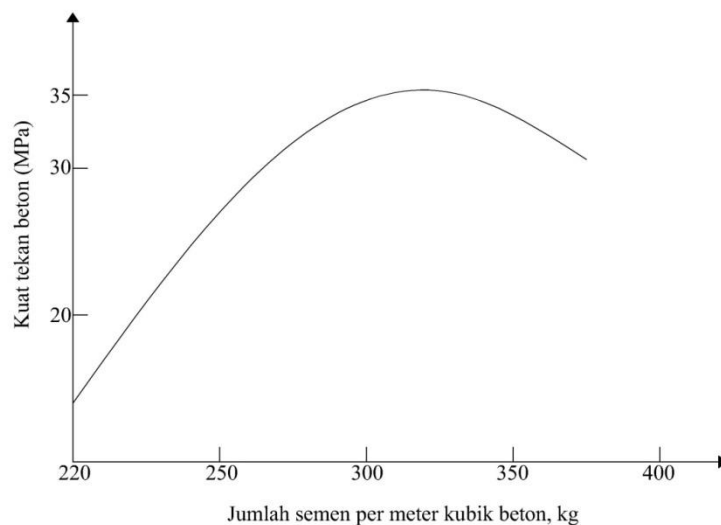
Gambar 3.10. pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton

c. Kepadatan beton

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang. Beton yang kurang padat berarti berisi rongga sehingga kuat tekannya berkurang. Pengaruh kepadatan beton terhadap kuat tekan bisa dilihat pada Gambar 3.10.

d. Jumlah pasta semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir agregat terisi penuh dengan pasta semen, serta seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen. Jika pasta semen sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori-pori antar butir agregat dan tidak seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen, sehingga rekatan antar butir kurang kuat dan berakibat kuat tekan beton rendah. Akan tetapi, jika jumlah pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton lebih didominasi oleh pasta semen, bukan agregat. Karena pada umumnya kuat tekan pasta semen lebih rendah daripada agregat, maka jika terlalu banyak pasta semen kuat tekan beton menjadi lebih rendah. Pengaruh jumlah pasta semen terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air semen sama (Tjokrodinuljo, 2007)

e. Jenis semen

Semen portland untuk pembuatan beton terdiri beberapa jenis. Masing-masing jenis semen portland mempunyai sifat tertentu, misalnya cepat mengeras dan sebagainya, sehingga mempengaruhi juga terhadap kuat tekan betonnya.

f. Sifat agregat

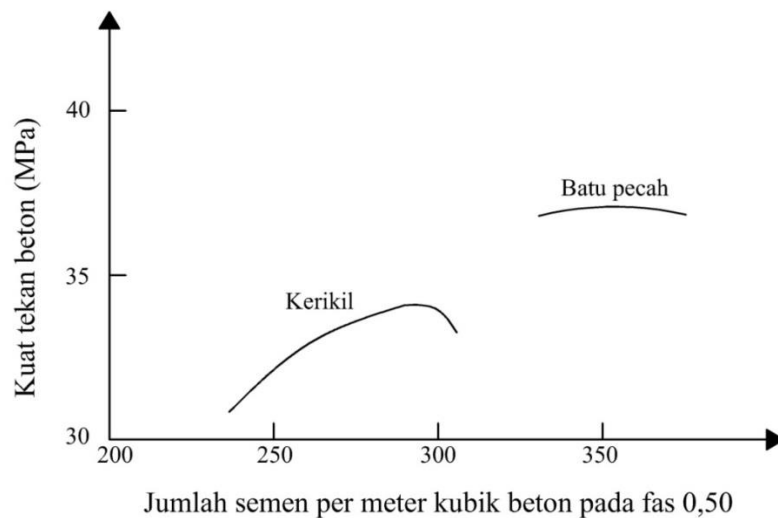
Agregat terdiri atas agregat halus dan agregat kasar. Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain (Tjokrodimuljo, 2007:75) :

1. Kekerasan permukaan

Karena permukaan agregat yang kasar dan tidak licin membuat retakan antara permukaan agregat dan pasta semen lebih kuat daripada permukaan agregat yang halus dan licin.

2. Bentuk agregat

Karena bentuk agregat yang bersudut misalnya pada batu pecah, membuat butir-butir agregat itu sendiri saling mengunci dan digeserkan berbeda dengan batu kerikil yang bulat. Oleh karena itu beton yang dibuat dari batu pecah lebih kuat daripada beton yang dibuat dari kerikil seperti pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Hubungan jumlah semen dan kuat tekan beton pada faktor air semen 0,5 (Tjokrodimuljo, 2007)

3. Kuat tekan agregat

Karena sekitar 70 % volume beton terisi oleh agregat, sehingga kuat tekan beton didominasi oleh kuat tekan agregat. Jika agregat yang dipakai mempunyai kuat tekan yang rendah akan diperoleh beton yang kuat tekannya rendah pula.