

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Beton

Beton adalah bahan yang diperoleh dari mencampur semen, agregat dan air yang mengeras menjadi benda padat. Beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f^c) pada usia 28 hari. Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh faktor air semen dan suhu selama perawatan. Beton sebagai material komposit dapat dikatakan baik apabila memenuhi persyaratan yang baik yaitu harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton segar serta menghasilkan beton keras yang sempurna. Beton segar adalah beton yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan serta tidak terjadi kecenderungan pemisahan dari semen, agregat, dan air. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo 1996 : 2).

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun kuat tarik yang lemah. Kuat tekan di Indonesia sering menggunakan satuan N/mm^2 . Kuat hancur dari beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor (Mulyono, 2004) :

1. Jenis dan kualitas semen
2. Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat tekan dan kuat tarik lebih besar daripada penggunaan kerikil halus dari sungai.
3. Perawatan. Kehilangan kekuatan sampai dengan sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.

4. Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
5. Umur. Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya.

Terdapat beberapa faktor yang paling mempengaruhi kekuatan beton antara lain sebagai berikut (Nawi, 1990) :

- Kualitas semen,
- Faktor air semen,
- Proporsi semen terhadap campuran,
- Kekuatan dan kebersihan agregat,
- Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat,
- Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton,
- Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton,
- Perawatan beton

2.1.1 Keunggulan Beton

Dari pemakaiannya begitu luas, struktur beton mempunyai banyak keunggulan diantaranya (Nugraha, 2007) :

- a. Beton dapat menambah gaya tekan, tetapi beton tidak mampu menahan gaya tegangan yang tinggi, karena elastisitas yang rendah.
- b. Ketersediaan (*availability*) material dasar. Agregat dan air pada umumnya bisa didapat dari lokasi setempat. Semen pada umumnya juga dapat dibuat didaerah setempat, bila tersedia dengan demikian, biaya pembuatan relatif

lebih murah karena semua bahan bisa didapat di dalam negeri dan di daerah setempat.

- c. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*). Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut secara terpisah. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, fondasi, jalan, landasan bandara udara, pipa, perlindungan dari radiasi, insulator panas, beton ringan bisa dipakai untuk blok dan panel. Beton arsitektur bisa untuk keperluan dekorasi. Beton bertulang bisa dipakai untuk berbagai struktur yang lebih berat, seperti jembatan, gedung dan bangunan lainnya.
- d. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*). Beton bersifat monolit sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja. Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran bervariasi. Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar.
- e. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal. Ketahanan (*durability*) beton cukup tinggi, lebih tahan karat sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja, dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran. (Paul Nugraha, 2007:4-5).

2.1.2 Kekurangan Beton dan Cara Mengatasinya

Disamping keunggulan, beton sebagai struktur juga mempunyai beberapa kelemahan antara lain (Nugraha, 2007) :

- a. Kekuatan tariknya rendah
- b. Beton cenderung mengalami keretakan
- c. Kualitasnya sangat tergantung oleh cara pengerjaannya di lapangan. Beton yang baik maupun buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.

- d. Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur ulang sulit dan tidak ekonomis. Dalam hal ini struktur baja lebih unggul. Misalnya tinggal melepas sambungannya saja.

Beberapa kelemahan beton yang telah diuraikan di atas dapat diatasi dengan berbagai cara. Berikut adalah cara yang dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut yaitu :

- a. Menggunakan beton bertulang atau beton pratekan untuk memperoleh kuat tarik yang lebih tinggi.
- b. Melakukan perawatan (*curing*) yang baik untuk mencegah terjadinya keretakan, memakai beton pratekan, atau memakai bahan tambahan yang mengembang (*expansive admixture*).
- c. Mempelajari teknologi beton, melakukan pengawasan dan control kualitas yang baik. Bila perlu bisa memakai beton jadi (*ready mix*) atau beton pracetak.
- d. Beberapa elemen struktur dibuat pracetak (*precast*) sehingga dapat dilepas per elemen seperti baja. Kemungkinan untuk melakukan beton *recycle* (daur ulang) sedang dioptimalkan.

2.2 Sifat-sifat Beton

Untuk keperluan perancangan dan pelaksanaan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat-sifat adukan beton maupun sifat-sifat beton yang telah mengeras perlu diketahui.

2.2.1 Sifat-sifat Beton Segar

Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi segregasi (pemisahan kerikil

dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). Hal ini karena segregasi maupun bleeding mengakibatkan beton yang diperoleh akan kurang baik. Sifat penting yang perlu di ketahui dari sifat-sifat beton segar, diantaranya adalah (Nugraha, 2007) :

1. Kemudahan Pengerjaan (*Workability*)

Workability adalah salah satu sifat beton yang dikehendaki pada setiap perencanaan adukan beton. Kemudahan pengerjaan beton untuk dicampur, dicor, dan diangkut, dituang dan dipadatkan sesuai dengan tujuan pekerjaannya tanpa mengurangi homogenitas beton. Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan atau kesulitan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan. Unsur-unsur yang mempengaruhi workabilitas yaitu jumlah air pencampur, kandungan semen dan gradasi campuran pasir dan kerikil. Berikut ini adalah unsur – unsur yang mempengaruhi *workability* :

- Jumlah air yang dicampur

Semakin banyak air yang digunakan maka semakin mudah beton tersebut dikerjakan

- Kandungan Semen

Semen mempermudah pengadukan beton, semakin banyak semen maka semakin banyak kebutuhan air yang digunakan dalam campuran beton untuk memperoleh nilai FAS (Faktor Air Semen) tetap.

- Gradasi campuran pasir dan kerikil

Apabila gradasi campuran pasir dan kerikil memenuhi syarat dan sesuai dengan standar maka akan lebih mudah pengerjaannya.

- Bentuk agregat kasar

Agregat kasar yang berbentuk bulat akan lebih mudah untuk dikerjakan.

- Cara pemadatan dan alat pemadat

Kelecekan/*workability* pada adukan beton dapat diperiksa dengan pengujian slump yang didasarkan pada SK SNI 1972:2008. Percobaan ini menggunakan corong baja yang berbentuk konus berlubang pada kedua ujungnya, yang disebut kerucut Abrams. Bagian atas berdiameter 10 cm, bagian bawah berdiameter 20 cm dan tinggi 30 cm.

2. Pemisahan Kerikil (*Segregation*)

Kecenderungan butir-butir agregat kasar untuk terlepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton, segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya: kurang semen, terlalu banyak air, besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm dan permukaan butir agregat kasar. Untuk mengurangi kecenderungan segregasi maka usahakan air yang diberikan sedikit mungkin, adukan beton jangan dijatuhkan dengan ketinggian yang terlalu besar dan cara pengangkutan, penuangan maupun pemadatan harus mengikuti cara-cara yang betul.

3. Pemisahan Air (*Bleeding*)

Kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan bleeding. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput. Bleeding dipengaruhi oleh: susunan butir agregat, banyaknya air, kecepatan hidrasi, dan proses pemadatan. Bleeding dapat

dikurangi dengan cara memberi lebih banyak semen, menggunakan air sedikit mungkin dan menggunakan pasir lebih banyak.

4. *Kohesifnes*

Yaitu sifat-sifat untuk saling melekat antara agregat dengan semen. Sifat ini termasuk sifat positif dari beton segar. Hal ini terjadi saat bahan-bahan beton dicampur dengan air, terutama semennya. Hal tersebut dipengaruhi oleh :

- Kehalusan semen
- Kadar air pengaduk
- Bahan tambah (*admixture*)

5. *Setiing time* (waktu pengikatan beton)

Setting time atau waktu pengikatan pada beton adalah sifat beton atau semen pada waktu mengikat atau mengeras. Waktu standar pengikatan awal adalah 1-2 jam pada saat beton dicetak dan dipadatkan. Hal tersebut dapat dihindari dengan membuat factor air yang sedikit tetapi tidak mengurangi workability, yaitu dengan penggunaan bahan tambah (*admixture*). *Setting time* ini dipengaruhi oleh :

- Jenis semen yang digunakan. Karena semen memiliki beberapa tipe yang mempunyai waktu pengikatan yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan.
- Faktor air semen. Apabila faktor air semen terlalu tinggi atau besar, maka beton semakin encer, dan waktu pengikatanpun akan menjadi semakin lama.

- Suhu lingkungan juga mempengaruhi waktu pengikatan dengan suhu yang rendah, proses pengikatan awal akan semakin lama.
- Bahan tambah (*admixture*).

2.2.2 Sifat-sifat Beton Keras

Perilaku mekanik beton keras merupakan kemampuan beton di dalam memikul beban pada struktur bangunan. Kinerja beton keras yang baik ditunjukkan oleh kuat tekan beton yang tinggi, kuat tarik yang lebih baik, kedap air dan udara, ketahanan terhadap sulfat dan klorida, penyusutan rendah dan keawetan jangka panjang.

Sifat-sifat beton setelah mengeras, biasanya ditinjau dari beberapa hal sebagai berikut :

1. Kekuatan (*Strength*)

Kekuatan merupakan sifat terpenting dari beton karena berkaitan dengan struktur beton dan memberikan gambaran terhadap mutu beton. Kekuatan beton meliputi kekuatan tekan, kekuatan tarik, dan kekuatan geser.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan beton antara lain :

- Faktor air semen (FAS)
- Mutu semen Portland.
- Perbandingan adukan beton
- Umur beton
- Perawatan (*curing*)

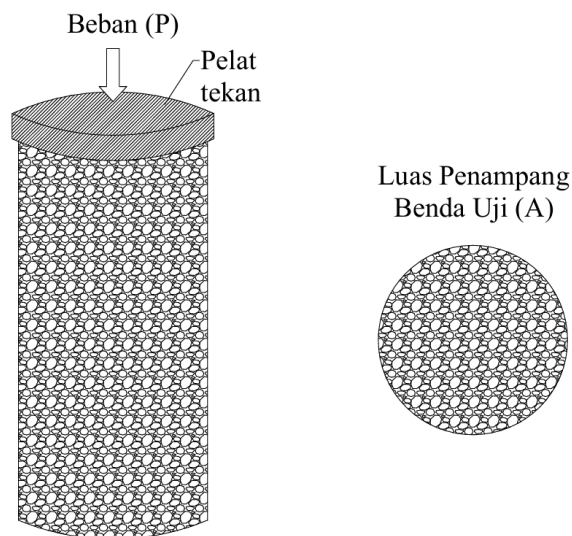
2. Ketahanan (*Durability*)

Beton dikatakan mempunyai daya tahan yang baik bila dapat bertahan dalam berbagai kondisi tanpa mengalami kerusakan selama bertahun-tahun.

Kondisi yang dapat mengurangi daya tahan beton dapat disebabkan dari faktor luar maupun dari faktor dalam beton itu sendiri. Faktor luar yang berpengaruh antara lain; cuaca, suhu, erosi, dan pengaruh bahan kimia. Sedangkan salah satu faktor dari dalam adalah akibat adanya reaksi agregat dengan senyawa alkali.

2.2.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan (Wang & Salmon, 1990). Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air. Air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan (Wang dan Salmon, 1990).



Gambar 2. 1 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton

Besarnya kuat tekan benda uji dapat dihitung dengan rumus :

$$f_c = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

$f'c$ = kuat tekan beton, (N/mm²).

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

Tabel 2. 1 Klasifikasi Mutu Beton Sesuai dengan Penggunaannya

Jenis beton	$f'c$ (MPa)	σ_{bk}' (Kg/cm ²)	Uraian
Mutu tinggi	35-65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya
Mutu sedang	20 - <35	K250 - <K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti plat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb, beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu rendah	15 - <20	K175 - <K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 - <15	K125 - <K175	Umumnya sebagai lantai kerja, penimbunan kembali beton.

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2002)

Perbandingan dari air terhadap semen merupakan faktor utama didalam penelitian kekuatan beton. Semakin rendahnya perbandingan air-semen, semakin tinggi kekuatan tekan. Jumlah air tertentu diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi didalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pengerjaan (mudahnya beton untuk dicorkan) akan tetapi menurunkan kekuatan. suatu ukuran dari pengerjaan beton ini diperoleh dengan percobaan *slump*.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air semen dan tingkat kepadatannya, faktor penting lainnya yaitu:

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
2. Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat tarik yang lebih besar dibandingkan penggunaan kerikil halus dari sungai.
3. Efisiensi dari perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji
4. Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kut hancur akan tetapakan tetap rendah untuk waku yang lama.
5. Umur, pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya. kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai bertahun-tahun.

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis:

1. Beton sederhana, dipakai untuk pembuatan bata beton atau bagian-bagian non struktur. Misalnya, dinding bukan penahan beban.
2. Beton normal, dipakai untuk beton bertulang dan bagian-bagian struktur penahan beban. Namun untuk struktur yang berada di daerah gempa, kuat tekannya minimum 20 MPa. Misalnya kolom, balok, dinding yang menahan beban dan sebagainya.
3. Beton prategang, dipakai untuk balok prategang yaitu balok dengan baja tulangan ditarik dulu sebelum diberi beban.
4. Beton kuat tekan tinggi dan sangat tinggi, dipakai pada struktur khusus misalnya gedung bertingkat sangat banyak.

Bertambahnya umur beton akan meningkatkan kuat tekan beton tersebut (umur dihitung sejak beton dicetak). Laju kenaikan kuat tekan beton awalnya cepat, semakin lama laju kenaikan tersebut akan semakin lambat. Setelah beton berumur 28 hari laju kenaikan kuat tekannya menjadi sangat kecil dan secara umum dianggap tidak naik lagi, sehingga sebagai standar kuat tekan beton ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari. Berikut adalah perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur (PBI 1971) :

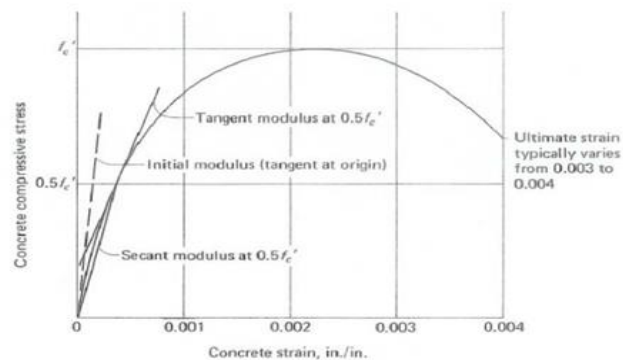
Tabel 2. 2 Perbandingan Kuat Tekan Beton di Berbagai Umur (PBI 1971, NI -2)

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

(Sumber : PBI 1971, NI -2)

2.2.4 Modulus Elastis

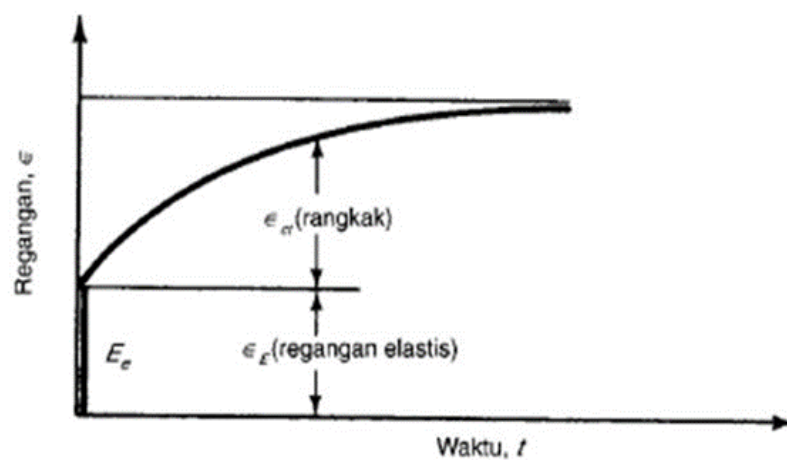
Modulus elastis beton adalah berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastis juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji. (Chu-kia wang dan Charles G. Salmon ,1986:14)



Gambar 2. 2 Grafik modulus Elastis terhadap kuat tekan beton

2.2.5 Rangkak dan Susut

Rangkak (*creep*) dan susut (*shrinkage*) adalah deformasi yang tergantung dari waktu, dengan retak menimbulkan kerisauan yang terbesar bagi perencana yang tergantung disebabkan kurang tepatnya dan kekurangan pengetahuan tentang rangkak dan susut". (Chu-kia wang dan Charles G. Salmon, 1986:18).



Gambar 2. 3 Grafik rangkak dan Susut terhadap waktu

- **Rangkak**

Rangkak (*creep*) atau *lateral material flow* adalah perubahan bentuk dibawah beban tetap. Pemberian beban pada beban pertama-tama akan menyebabkan deformasi elastis. Pemberian beban yang diperpanjang durasinya akan menyebabkan deformasi yang lambat yang disebut dengan rangkak. Besarnya deformasi ini tergantung pada faktor tegangan kekuatan pada waktu pembebanan tetapi dipengaruhi juga oleh faktor-faktor seperti proporsi campuran, ukuran spesimen dan bahkan kondisi iklim. Jika beban kemudian diangkat, beton akan mengalami *recovery* elastis yang langsung. Perpanjangan rangkak (*creep recovery*) adalah proses yang lebih lambat dan tidak akan secara penuh kembali pada dimensi semula.

- **Susut**

Penyusutan merupakan salah satu penyebab utama dari retak pada bangunan. Susut terjadi pada semua bahan yang memakai semen sebagai pengikat. Susut didefinisikan sebagai perubahan volume yang terjadi ketika air masuk atau keluar dari gel semen, atau ketika air mengubah keadaan fisik atau kimiawinya dalam pasta. Susut dari beton adalah jauh lebih kecil dibandingkan dengan susut dari pasta, karena pengaruh perlawanan dari agregat dan bagian lainnya yang tidak mengering. (Paul Nugraha, 2007:197)

Faktor-faktor yang mempengaruhi susut adalah:

1. Kadar agregat
2. Kadar air
3. Kadar semen dan bahan kimia pembantu
4. Kondisi perawatan dan penyimpanan

5. Pengaruh ukuran

Besarnya rangkai berbanding terbalik dengan kekuatan beton. Rangkai akan lebih besar jika faktor air semen semakin besar. Agregat memberi pengaruh penyusutan.

2.3 Karakteristik Campuran Beton

Karakteristik beton segar secara tidak langsung akan mempengaruhi beton yang telah mengeras. Karakteristik akan tercapai apabila memperhatikan beberapa faktor seperti berikut (Anggi, 2021):

1. Karakteristik bahan penyusun

Hal yang perlu menjadi perhatian selain campuran pasta adalah agregat. Proporsi campuran agregat dalam beton adalah 70-80%, sehingga pengaruh agregat akan menjadi besar, baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi teknik.

2. Metode pencampuran

a. Penentuan proporsi bahan

Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton dimaksudkan agar proporsi dari campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek ekonomis. Penentuan proporsi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode yang dikenal, antara lain :

1) *ACI (Metode American Concrete Institute)*

2) *Portland Cement Association*

3) *Road Note No 4*

4) *DoE (British Standard, Department of Engineering)*

5) Departemen Pekerjaan Umum, (SK, SNI 03-2834-2002)

b. Metode pencampuran (*mixing*)

Susunan beton itu harus dibuat sedemikian rupa agar kekuatan yang akan dicapai sebesar-besarnya, oleh karena itu perlu direncanakan komposisi campuran. Dalam pengambilan bahan penyusun beton yang memiliki ukuran butiran yang berbeda, sehingga terdapat suatu pori-pori yang minimum. Butiran halus harus mengisi pori antara bagian agregat yang lebih kasar. Campuran semen dengan air harus dapat mengisi lubang-lubang antara bagian dari agregat halus. Pengerjaan beton yang dibuat secara manual dan pabrikasi mutunya harus dapat dipertahankan terhadap kekuatan, keawetan, bentuk awal, dan kedap air. Adukan beton tidak hanya harus mengeras bagian-bagian pada kerikil atau batu pecah dengan sempurna tapi harus juga mengisi pori-pori antara bagian-bagian yang kasar seluruhnya. Diperlukan suatu perbandingan yang tepat antara semen, air, agregat kasar dan agregat halus beserta bahan tambahan lainnya. Penetapan komposisi campuran, hal yang perlu diperhatikan menyangkut cara pelaksanaan campuran, efisiensi, *bleeding*, dan segregasi yang akan terjadi bila pencampuran telah dilakukan.

c. Pengecoran (*palancing*)

Metode pengecoran akan mempengaruhi kekuatan beton. Pengerjaan pengecoran adalah pekerjaan menuangkan beton segar kedalam suatu cetakan elemen struktur.

d. Pemadatan (*vibrating*)

Dilakukan sesaat setelah beton dituang dengan tujuan untuk meminimalkan jumlah rongga terbentuk didalam beton mempunyai kekuatan yang tinggi dan menambah kedap air. Pemadatan yang

tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton, karena tidak terjadinya pencampuran bahan yang homogeny, Pemadatan yang berlebih akan menyebabkan bleeding.

3. Perawatan (*curing*)

Perawatan dimaksudkan untuk meghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama disebabkan oleh suhu. Perawatan perlu untuk mengisi pori-pori kapiler dengan air, karena hidrasi yang terjadi didalamnya. Cara dan bahan serta alat yang digunakan untuk perawatan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat terutama dari sisi kekuatannya. Ada tiga jenis metode perawatan yaitu dengan cara terus memberi air, dengan cara mencegah hilangnya air dari permukaan, dengan cara mempercepat dicapainya kekuatan dengan memberi panas dan kelengasan

4. Kondisi pada saat pengerjaan pengecoran

Kondisi pada saat pengerjaan pengecoran akan mempengaruhi kualitas beton yang dibuat. Antara lain: bentuk dan ukuran contoh, kadar air, suhu contoh, keadaan permukaan landasan contoh dan pembebanan.

2.4 Bahan Penyusun Beton

2.4.1 Semen

Arti kata semen adalah bahan yang mempunyai sifat *adhesive* maupun *kohesif*, yaitu bahan pengikat. Menurut standar indrustri Indonesia definisi semen Portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yag bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum. Semen yang dikenal sekarang ini disebut sebagai semen Portland, terbuat dari campuran kalsium, silika,

aluminium dan oksida besi. Kalsium bisa didapat dari bahan-bahan berbasis kapur, seperti batu kapur, marmer, batu karang dan cangkang keong. Silika, alumina dan zat besi dapat ditemukan pada lempung dan batuan serpih. Semen Portland dibagi menjadi lima jenis sebagai berikut (ASTM C150-92) :

1. Jenis Semen Portland Type I

Jenis semen portland type I mungkin yang paling familiar disekitar Anda karena paling banyak digunakan oleh masyarakat luas dan beredar di pasaran. Jenis ini biasa digunakan untuk konstruksi bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk hidrasi panas dan kekuatan tekan awal. Kegunaan Semen Portland Type I diantaranya konstruksi bangunan untuk rumah permukiman, gedung bertingkat, dan jalan raya. Karakteristik Semen Portland Type I ini cocok digunakan di lokasi pembangunan di kawasan yang jauh dari pantai dan memiliki kadar sulfat rendah.

2. Jenis Semen Portland Type II

Kondisi letak geografis ternyata menyebabkan perbedaan kadar asam sulfat dalam air dan tanah dan juga tingkat hidrasi. Oleh karena itu, keadaan tersebut mempengaruhi kebutuhan semen yang berbeda. Kegunaan Semen Portland Type II pada umumnya sebagai material bangunan yang letaknya dipinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi, dan bendungan. Karakteristik Semen Portland Type II yaitu tahan terhadap asam sulfat antara 0,10 hingga 0,20 persen dan hidrasi panas yang bersifat sedang.

3. Jenis Semen Portland Type III

Lain halnya dengan tipe I yang digunakan untuk konstruksi tanpa persyaratan khusus, kegunaan semen portland type III memenuhi syarat

konstruksi bangunan dengan persyaratan khusus. Karakteristik Semen Portland Type III diantaranya adalah memiliki daya tekan awal yang tinggi pada permulaan setelah proses pengikatan terjadi, lalu kemudian segera dilakukan penyelesaian secepatnya. Jenis semen Portland type III digunakan untuk pembuatan bangunan tingkat tinggi, jalan beton atau jalan raya bebas hambatan, hingga bandar udara dan bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan asam sulfat. Ketahanannya Portland Type III menyamai kekuatan umur 28 hari beton yang menggunakan Portland type I.

4. Jenis Semen Portland Type IV

Karakteristik Semen Portland IV adalah jenis semen yang dalam penggunaannya membutuhkan panas hidrasi rendah. Jenis semen portland type IV diminimalkan pada fase pengerasan sehingga tidak terjadi keretakan. Kegunaan Portland Type IV digunakan untuk dam hingga lapangan udara.

5. Jenis Semen Portland Type V

Karakteristik Semen Portland Type V untuk konstruksi bangunan yang membutuhkan daya tahan tinggi terhadap kadar asam sulfat tingkat tinggi lebih dari 0,20 persen. Kegunaan Semen Potrtland Type V dirancang untuk memenuhi kebutuhan di wilayah dengan kadar asam sulfat tinggi seperti misalnya rawa-rawa, air laut atau pantai, serta kawasan tambang. Jenis bangunan yang membutuhkan jenis ini diantaranya bendungan, pelabuhan, konstruksi dalam air, hingga pembangkit tenaga nuklir.

2.4.2 Agregat

Agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil dan batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan satu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolik atau adukan. Dalam struktur beton biasanya agregat menempati kurang lebih 70 % – 75 % dari volume beton yang telah mengeras, karakteristik kimia dan fisik dan mekanik agregat yang digunakan dalam pencampuran sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton yang dihasilkan. Seperti kuat tekan, kekuatan, durabilitas, berat biaya produksi dan lain-lain.

Umumnya semakin padat agregat-agregat tersebut tersusun, semakin kuat pula beton yang dihasilkannya, daya tahannya terhadap cuaca dan nilai ekonomis dari beton tersebut. Gradasi dari ukuran-ukuran partikel dalam agregat mempunyai peranan yang sangat penting untuk menghasilkan susunan beton yang padat.

Faktor penting yang lainnya ialah bahwa permukaannya haruslah bebas dari kotoran seperti tanah liat, lumpur dan zat organik yang akan memperoleh ikatannya dengan adukan semen dan juga tidak boleh terjadi reaksi kimia yang tidak diinginkan diantara material tersebut dengan semen.

Agregat sebagai pengisi utama dalam campuran beton dibagi menjadi 2, antara lain sebagai berikut :

- Agregat halus (pasir)

Agregat halus ialah agregat yang semua butir menembus ayakan 4,8 mm (5 mm). Agregat tersebut dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu karena beberapa sebab. Pasir dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai atau dari tepi laut.

SNI 03-2834-1993 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari British Standard di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zone (daerah) seperti dalam tabel berikut :

Tabel 2. 3 Batas gradasi agregat halus

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	I	II	III	IV
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	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : SNI 03-2834-2000.)

Keterangan :

- a. Daerah gradasi I = pasir kasar
- b. Daerah gradasi II = pasir agak kasar
- c. Daerah gradasi III = pasir halus
- d. Daerah gradasi IV = pasir agak halus

Tabel 2. 4 Spesifikasi gradasi agregat halus

Ukuran saringan (mm)		% yang lolos	
BS	ASTM	BS	ASTM
3/8	9,5	100	100
3/16	4,75	89-100	95-100

8	2,36	60-100	80-100
16	1,18	30-100	50-85
30	0,6	15-100	25-60
50	0,3	5-70	10-30
100	0,15	0-15	2-10

(Sumber : Iswandi Imran, 2003).

- Agregat Kasar

Agregat kasar yaitu agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar dan semua butir diatas ayakan 4,8 mm (5mm). Agregat ini dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, beton semen hidrolis yang pecah.

Menurut *British Standart* (BS), gradasi agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik sebaiknya masuk dalam batas yang tercantum dalam tabel berikut:

Tabel 2. 5 Syarat agregat kasar

Lubang ayakan (mm)	Persen butir lewat ayakan, besar butir maks		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
75,0			100
40		100	95-100
20	100	95-100	35-70
10	50-85	30-60	10-40
4,8	0-10	0-10	0-5

(Sumber : Tri Mulyono, 2003)

2.4.3 Air

Air yang dimaksud disini adalah air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan, harus berupa air bersih dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas beton. Air yang dapat diminum biasanya mengandung bagian

solid kurang dari 1000 ppm, syarat ini sebenarnya tidak absolut, karena air minum tidak cocok digunakan sebagai air campuran apabila mengandung kadar sodium dan prostasium yang tinggi (umum dijumpai pada air tanah) hal ini dikarenakan air yang mengandung sodium dan prostasium yang tinggi dapat menimbulkan bahaya reaksi alkali agregat pada beton yang telah mengeras (Iswandi Imran, 2003).

Persyaratan dari air yang digunakan sebagai campuran bahan menurut SNI-7974-2013 adalah sebagai berikut :

- 1) Air untuk pengadukan (air yang ditimbang dan diukur di *batching plant*)
- 2) Es
- 3) Air yang ditambahkan operator truk
- 4) Air yang bebas pada agregat-agregat
- 5) Air yang masuk dalam bentuk bahan-bahan tambahan, apabila air ini dapat meningkatkan rasio air semen lebih dari 0,01

Air yang digunakan untuk proses pembuatan beton yang paling baik adalah air bersih yang memenuhi persyaratan air minum. Air yang digunakan dalam proses pembuatan beton jika terlalu sedikit maka akan menyebabkan beton akan sulit untuk dikerjakan, tetapi jika kadar air yang digunakan terlalu banyak maka kekuatan beton akan berkurang dan terjadi penyusutan setelah beton mengeras.

Didalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yaitu:

- 1) Untuk memungkinkan reaksi kimiawi semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- 2) Sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan dalam pencetakan atau pengerjaan beton.

Air yang mengandung kotoran yang banyak akan mengganggu proses pengerasan dan ketahanan beton. Pengaruh kotoran pada air secara umum bias mengakibatkan:

- 1) Gangguan pada hidrasi dan pengikatan
- 2) Gangguan pada kekuatan dan ketahanan
- 3) Perubahan volume yang dapat menyebabkan retak
- 4) Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton
- 5) Bercak-bercak pada permukaan beton.

Tabel 2. 6 Batasan kimia untuk air campuran

Kandungan kimia	Konsentrasi maksimum (ppm)	Cara uji
Klorida, Cl		ASTM D512
Beton pratekan, beton untuk lantai jembatan	500	
Beton bertulang	1.000	
Sulfat, SO ₄	3.000	ASTM D516
Alkali (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O)	600	
Total solid	50.000	AASHTO T26

(Sumber : Paul Nugraha, 2007)

Air yang digunakan untuk campuran beton, bisa digunakan untuk perawatan beton. Kandungan besi dan bahan organik pada air yang digunakan untuk perawatan beton dapat menimbulkan noda pada beton seiring dengan menguapnya air. Perawatan beton harus bebas dari bahan-bahan yang dapat menyerang beton yang telah mengeras misalnya serangan oleh CO₂, perawatan dengan menggunakan air laut dapat memicu serangan korosi pada tulangan.

2.4.4 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah suatu bahan bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Bahan tambah ada 2 jenis yaitu *additive* dan *admixture*. Bahan Tambah (*Additive*) adalah bahan tambah yang ditambahkan pada saat proses pembuatan semen di pabrik, bahan tambah *additive* yang ditambahkan pada beton untuk meningkatkan kinerja kuat tekan beton. Beton yang kekurangan butiran halus dalam agregat menjadi tidak kohesif dan mudah *bleending*, untuk mengatasi kondisi ini biasanya ditambahkan bahan tambah *additive* yang berbentuk butiran padat yang halus. Penambahan *additive* dilakukan pada beton yang kekurangan agregat halus dan beton dengan kadar semen biasa tetapi perlu dipompa pada jarak yang jauh. Yang termasuk jenis *additive* adalah *pozzolan*, *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*. Adapun keuntungan penggunaan *additive* adalah (Mulyono T,2003) adalah dapat memperbaiki *workability* beton, mengurangi panas hidrasi beton, mengurangi biaya pekerjaan beton, mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat, meningkatkan usia beton, dan mengurangi penyusutan.

Bahan tambah (*Admixture*) adalah bahan atau material selain air, semen dan agregat ditambahkan ke dalam beton selama pengadukan. *Admixture* digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik beton. Tujuan penggunaan *admixture* pada beton segar adalah untuk memperbaiki *workability* beton, mengatur faktor air semen pada beton segar, mengatur waktu pengikatan aduk beton, meningkatkan kekuatan beton keras, meningkatkan sifat kedap air pada beton keras, dan meningkatkan sifat tahan lama pada beton keras termasuk terhadap zat-zat kimia dan tahan terhadap gesekan. Ketentuan dan syarat mutu bahan tambah *admixture*

sesuai dengan ASTM C 494-81 “*Standard Specification For Chemical Admixture For Concrete*”. Defenisi tipe dan jenis bahan tambah kimia tersebut dapat diterangkan sebagai berikut:

1. Tipe A, *Water Reducing Admixture*. Adalah bahan tambah yang bersifat mengurangi jumlah air pencampuran beton untuk menghasilkan beton yang konsentitensinya tertentu.
2. Tipe B, *Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi yang menghambat pengikatan beton.
3. Tipe C, *Accelerating Admixture*. Adalah bahan tambahan berfungsi mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D, *Water Reducing And Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan beton.
5. Tipe E, *Water Reducing And Accelerating Admixture*. Adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan memercepat pengikatan beton.
6. Tipe F, *Water Reducing And High Range Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12%.
7. Tipe G, *Water Reducing, High Range and Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang

diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12% atau lebih dan juga menghambat pengikatan beton.

2.5 Rancangan Campuran Beton Normal

Perencanaan campuran beton biasanya dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan komposisi campuran beton yang ekonomis dan memenuhi persyaratan kelecakan, kekuatan dan durabilitas. Dalam penelitian ini perencanaan campuran beton mengacu pada SNI 03-2834-2000. Berikut langkah-langkahnya:

- 1) Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan ($f'c$)

Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur yang direncanakan dan pada umur 28 hari. Mutu suatu beton dan penggunaannya dapat dilihat di Tabel 2.1 Jenis beton.

- 2) Deviasi standar (S)

Devisi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai devisi standarnya. Penetapan nilai deviasi standar (s) ini berdasarkan hasil pengalaman praktek pelaksanaan pada waktu yang lalu, untuk membuat beton mutu yang sama dan menggunakan bahan dasar yang sama pula.

- a. Jika pelaksanaan mempunyai catatan data hasil pembuatan beton serupa pada masa yang lalu, maka persyaratan (selain yang tersebut diatas) jumlah data hasil uji minimum 30 buah. (Satu data hasil uji kuat tekan adalah hasil rata-rata dari uji tekan dua silinder yang dibuat dari contoh beton yang sama dan diuji pada umur 28 hari atau umur pengujian lain yang ditetapkan. Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka,

dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali, seperti tampak pada tabel berikut :

Tabel 2. 7 Faktor Pengali deviasi standar (s)

Jumlah Data : 30	25	20	15	<15
Faktor Pengali : 1,0	1,03	1,08	1,16	tidak boleh

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

- b. Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan atau hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil uji kurang dari 15 buah), maka nilai margin langsung diambil sebesar 12 MPa.

Untuk memberikan gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, dapat melihat tabel berikut :

Tabel 2. 8 Deviasi Standar untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar (MPa)		
Sebutan	Vol Beton (m ³)	Baik Sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 6,5	6,5 < S < 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 5,5	6,5 < S < 7,5
Besar	> 3000	2,5 < S < 3,5	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 6,5

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

3) Perhitungan nilai tambah *margin* (M)

Jika nilai tambah ini sudah ditetapkan sebesar 12 MPa (karena tidak mempunyai data sebelumnya) maka langsung kelangkah (4). Jika nilai

tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar sd maka dilakukan dengan rumus berikut:

$$M = K \times sd \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan : M : nilai tambah (MPa)

K : 1,64

sd : deviasi standar (MPa)

4) Kuat tekan rata-rata

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus :

$$f' = F'c + M \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan : $f'a$: kuat tekan rata-rata(MPa)

$F'c$: kuat tekan yangdisyaratkan (MPa)

M : nilai tambah (MPa)

5) Menentukan jenis semen *Portland*

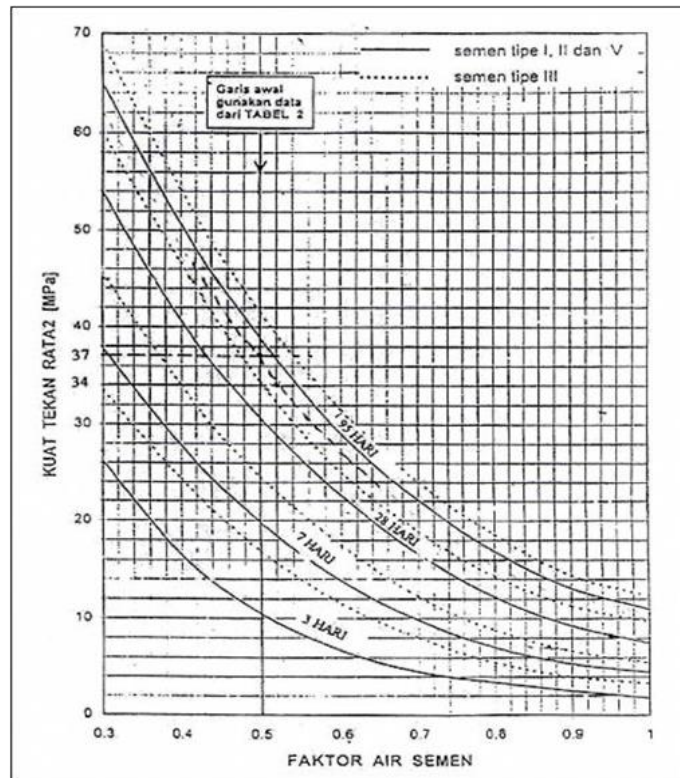
Menurut PUBI 1982 di Indonesia semen porland dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu jenis I, II, III, IV, dan V. Jenis I merupakan jenis semen biasa, adapun jenis III merupakan jenis semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi, atau dengan kata lain sering disebut semen cepat mengeras. Pada langkah ini ditetapkan apakah pakai semen biasa atau semen yang cepat mengeras.

6) Penetapan jenis agregat

Jenis kerikil dan pasir ditetapkan, apakah berupa agregat alami (tidak dipecahkan) atau agregat jenis batu pecah (*crushed aggregate*)

7) Faktor air bebas semen (fas)

Faktor Air semen dapat dicari dengan dua cara , yaitu sebagai berikut :



Gambar 2. 4 Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Kekuatan Tekan Beton Untuk Benda Uji Silinder
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

- a. Cara pertama, berdasarkan jenis setmen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan melihat grafik berikut :
- b. Cara kedua, berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan tabel Deviasi Standar untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan dan gambar Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Kekuatan Tekan Beton Untuk Benda Uji Silinder

Tabel 2. 9 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) Dengan Faktor Air Semen 0,50

Jenis Semen	Jumlah agregat kasar	Umur (hari)			
		3	7	28	91
I, II, III	Alami	17	23	33	40
	Batu Pecah	19	27	37	45
III	Alami	21	28	38	44
	Batu Pecah	25	33	44	48

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

8) Faktor air semen maksimum

Agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak, maka perlu ditetapkan nilai faktor air semen maksimum. Penetapan nilai faktor air semen maksimum dapat dilakukan dengan melihat tabel Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) Dengan Faktor Air Semen 0,50 . Jika nilai f_{as} maksimum ini lebih rendah dari pada nilai f_{as} dari langkah (7), maka nilai f_{as} maksimum ini yang dapat dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 2. 10 Persyaratan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan Khusus.

Kondisi Lapangan	Nilai Faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0.60
b. Keadaan keliling korosif di sebabkan	0.52
Beton di luar ruangan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60

Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0.55
b. Mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	Lihat tabel
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. air tawar dan air laut	Lihat Tabel

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Tabel 2. 11 Faktor Air-Semen Maksimum Untuk Beton Yang Berhubungan Dengan Air Tanah Yang Mengandung Sulfat

Kadar gangguan sulfat	Konsentrasi Sulfat Sebagai SO ₃			Tipe semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³)			Factor air semen
	Dalam tanah		Sulfat (SO ₃) Dalam air Tanah g/l		40 mm	20 mm	10 mm	
	Total SO ₃ (%)	SO ₃ dalam campuran Air : Tanah =						
1	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe 1 dengan atau tanpa Pozolan	80	300	350	0,50
2	0,2-0,5	1,0-1,9	0,3-1,2	Tipe 1 dengan atau tanpa Pozolan	290	330	350	0,50
				Tipe 1 Pozolan (15-40%) atau Semen Portland	270	310	360	0,55
				Tip ell atau Tipe	250	290	340	0,55
3	0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe 1 Pozolan (15-40%) atau Semen Portland	340	380	430	0,45
				Tip ell atau Tipe	290	330	380	0,50

4	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tip ell atau Tipe	330	370	420	0,45
5	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tip ell atau Tipe V Lapisan	330	370	420	0,45

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Tabel 2. 12 Faktor Air-Semen Untuk Beton Bertulang Dalam Air

Berhubungan dengan	Tipe Semen	Faktor air Semen
Air Tawar	Semua tipe I s.d V	0.50
Air Payu	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau semen porland Pozolan	0.45
Air Laut	Tipe II atau V	0.50
	Tipe II atau V	0.45

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

9) Nilai *slump*

Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Cara pengangkutan adukan beton dengan aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai slump yang besar, adapun pemadatan adukan dengan alat getar (*triller*) dapat dilakukan dengan nilai slump yang agak kecil. Nilai slump yang diinginkan dapat diperoleh dari tabel 2.13 dibawah ini.

Tabel 2. 13 Penetapan Nilai Slump

Pemakaian Beton	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tak bertulang, struktur di bawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

(Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007)

10) Ukuran agregat maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan hasil uji gradasi agregat kasar yang telah dilakukan, dan ditetapkan sesuai dengan spesifikasi yang telah memenuhi syarat.

11) Nilai kadar air bebas

Penetapan Kadar Air Bebas/jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan dapat dilihat dari tabel berikut ini :

Tabel 2. 14 Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m^3)

Ukuran besar butir agregat maksimum (mm)	Jenis agregat	Nilai Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Dari tabel diatas apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$\frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

Wh = Jumlah air untuk agregat halus

Wk = Jumlah air untuk agregat kasar

12) Jumlah semen

Jumlah atau Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan membagi nilai kadar air bebas (dari langkah 11) dengan faktor air semen yang paling kecil diantara minimum atau maksimum (langkah 7 dan 8) .

13) Jumlah semen maksimum

Nilai semen maksimum didapat apabila ditetapkan sebelumnya.

14) Jumlah semen minimum

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau dan air laut. Kebutuhan semen minimum ditetapkan dengan menggunakan tabel dibawah ini:

Tabel 2. 15 Kebutuhan Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan Khusus.

Kondisi Lapangan	Jumlah semen minimum (kg/m ³ beton)
Beton di dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling no korosif	275
b. Keadaan keliling korosif di sebabkan oleh kondensi atau uap-uap korosif	325
Beton di luar ruangan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
b. Mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	Lihat tabel 2.11
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. air tawar	Tabel 2.12
b. air laut	

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 78, Tabel 7.15)

15) Faktor air semen yang disesuaikan

Jika jumlah semen mengalami berubah karena pertimbangan kadar air semen maksimum atau kadar air semen minimum, maka tentukan nilai faktor air semen yang di sesuaikan ,didapat dengan melakukan dua cara sebagai berikut :

- a. Faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum
- b. Jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen

16) Susunan besar butir agregat halus

Berdasarkan gradasi (hasil analisa ayakan) agregat halus yang akan dipakai dengan klasifikasi menjadi 4 daerah (zona). Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan untuk tabel .

Dengan tabel tersebut agregat halus dapat dimasukkan menjadi salah satu dari 4 daerah, yaitu daerah 1,2,3, dan 4.

Tabel 2. 16 Susunan Butir Agregat Halus

No Saringan (mm)	Persen berat butir yang lewat saringan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
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	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	01-10	0-15

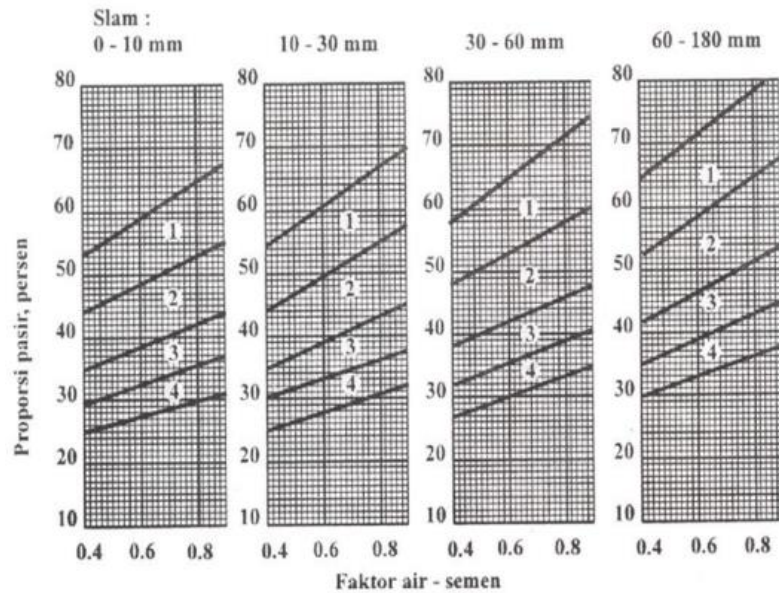
(Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007)

Ket : -Zona I = pasir kasar
 -Zona II = pasir agak kasar
 -Zona III = pasir halus
 -Zona IV = pasir agak halus

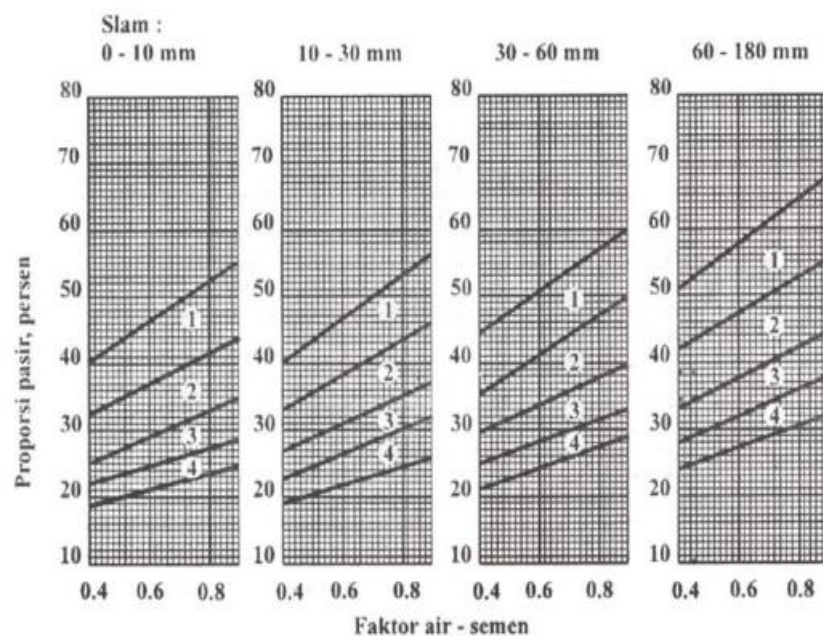
17) Perbandingan agregat halus dan agregat kasar

Nilai banding antara agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik.pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar campuran. Penetapan dilakukan dengan memperlihatkan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi halus

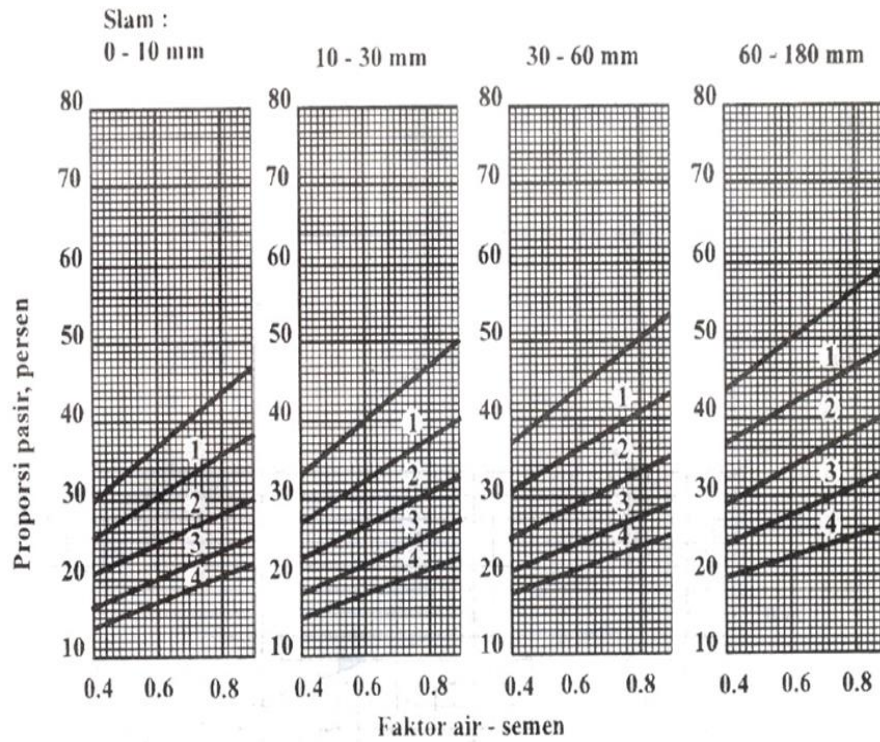
didapat dari grafik 2.9 , 2.10 , 2.11 dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.



Gambar 2. 5 Grafik Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 10mm
(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 2. 6 Grafik Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 20mm
(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 2. 7 Grafik Persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 40 mm
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

18) Berat jenis relatif agregat campuran/gabungan

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$Bj \text{ camp} = \frac{P}{100} \times Bj \text{ ag. hls} + \frac{K}{100} \times Bj \text{ ag. ksr} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

Bj camp : Berat jenis agregat campuran

Bj ag.hls : berat jenis agregat halus

Bj ag.ksr : berat jenis agregat kasar

P : Persentase ag.halus terhadap ag. Campuran

K : Persentase ag.kasar terhadap ag. Campuran

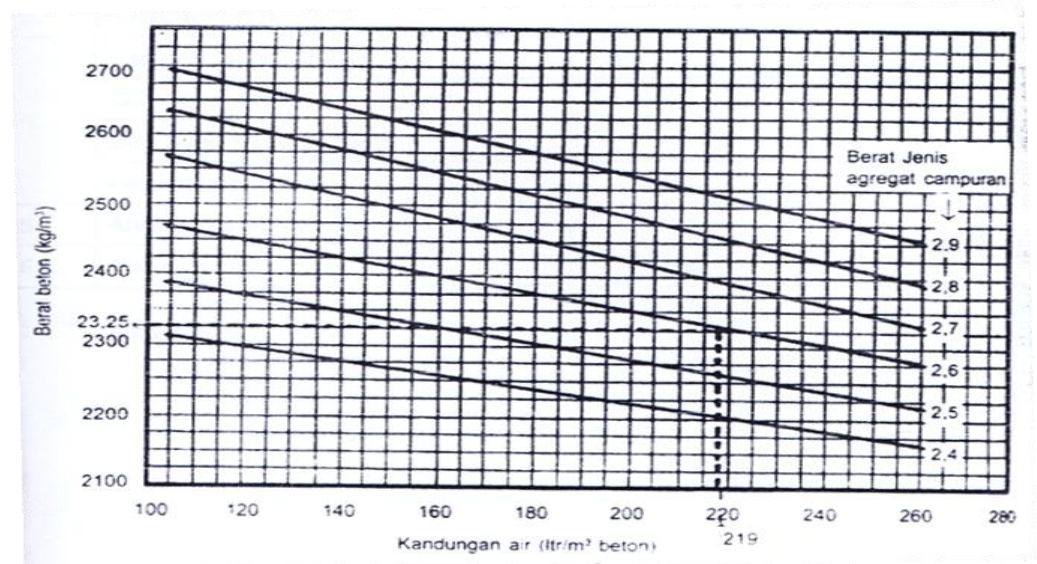
Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan labolatorium, namun jika tidak ada dapat diambil sebesar 2,5

untuk agregat tidak dipecahatau alami, untuk agregat pecahan diambil 2,60 dan 2,70

19) Berat isi beton

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah 18 dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka dengan grafik 2.12 dapat diperkirakan berat jenis betonnya. Caranya adalah sebagai berikut:

- Dari berat jenis agregat campuran pada langkah 17 dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada grafik 2.12
- Kebutuhan air yang diperoleh padalangkah (11) dimasukkan dalam grafik 2.12, kemudian dari nilai ini ditarik vertikal ke atas sampai mencapai garis kurva yang dibuat diatas.
- Dari titik potong ini kemudian ditarik garis horizontal ke kiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.



Gambar 2. 8 Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Beton.

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

20) Berat agregat campuran

Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen

$$W_{\text{campuran}} = W_{\text{beton}} - A - S \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan : W_{campuran} : kebutuhan agregat campuran (kg)

W_{beton} : berat beton (kg/m^3)

A : Kebutuhan Air (litr)

S : kebutuhan semen (kg)

21) Kebutuhan agregat halus (pasir)

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan cara mengalikan kebutuhan agregat campuran dengan persentase berat agregat halusnya.

$$W_{\text{pasir}} = \frac{P}{100} \times W_{\text{campuran}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan : W_{pasir} : kebutuhan agregat pasir(kg)

W_{campuran} : kebutuhan agregat campuran (kg)

P : persentase pasir terhadap campuran

22) Kebutuhan agregat kasar (split)

Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan cara mengurangi kebutuhan agregat campuran dengan kebutuhan agregat halus.

$$W_{\text{kerikil}} = W_{\text{campuran}} - W_{\text{pasir}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan : W_{kerikil} : kebutuhan agregat kerikil (kg)

W_{pasir} : kebutuhan agregat pasir (kg)

W_{campuran} : kebutuhan agregat campuran (kg)

23) Koreksi proporsi campuran beton

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran halus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat dan dihitung menurut rumus sebagai berikut :

$$1) \text{ Air} \quad = \quad B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100 \dots (2.9)$$

$$2) \text{ Agregat halus} \quad = \quad C + (C_k - C_a) \times C/100 \dots \dots \dots (2.10)$$

$$3) \text{ Agregat kasar} \quad = \quad D + (D_k - D_a) \times D/100 \dots \dots \dots (2.11)$$

Dengan :

B : jumlah air (liter/m³)

C : jumlah agregat halus (kg/m³)

D : jumlah agregat kasar (kg/m³)

C_a : absorpsi/penyerapan air pada agregat halus (%)

D_a : absorpsi/penyerapan air pada agregat kasar (%)

C_k : kadar air dalam agregat halus (%)

D_k : kadar air dalam agregat kasar (%)

Untuk mempermudah pelaksanaan, berikut ini diberikan Tabel 2.17 formulir perencanaan adukan beton di bawah ini:

Tabel 2. 17 Formulir Perencanaan Campuran Beton

No. ---	Uraian ---	Tabel/Grafik/ Perhitungan	Nilai ---
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder/kubus)	Ditetapkan	... MPa pada 28 hari Bagian cacat 5 persen, $k=1,64$
2	Deviasi Standar	Butir 4.3.2.1.1).(2 tabel 1)	... MPa atau tanpa data ... Mpa
3	Nilai tambah (margin)	Butir 4.2.3.1.2)	$1,64 \times \dots = \dots$ MPa
4	Kekuatan rata-ata yang ditargetkan	Butir 4.2.3.1.3)	$\dots + \dots =$ MPa
5	Jenis semen	Ditetapkan	...
6	Jenis agregat : - kasar - halus		...
7	Faktor air semen bebas	Tabel 2 Grafik 1 atau 2	Ambil nilai yang terendah ...
8	Faktor air semen maksimum	Butir 4.2.3.2. 2)	
9	Slump	Ditetapkan Butir 4.2.3.3	... mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan Butir 4.2.3.4	... mm
11	Kadar air bebas	Tabel 3 Butir 4.2.3.4	... kg/m^3
12	Jumlah semen	11 : 8 atau 7	... kg/m^3
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	... kg/m^3
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan Butir 4.2.3.2 Tabel 4,5,6	... kg/m^3 (pakai bila lebih besar dari 12, lalu hitung 15)
15	Faktor air semen yang disesuaikan	-	...
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 s/d 6	Daerah gradasi susunan butir 2
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Grafik 7, 8, 9 atau Tabel 7 Grafik 10, 11, 12	
18	Persen agregat halus	Grafik 13 s/d 15 atau perhitungan	... persen
19	Berat jenis relative, agregat (kering permukaan)	Diketahui/dianggap	...
20	Berat isi beton	Grafik 16	... kg/m^3
21	Kadar agregat gabungan		
22	Kadar agregat halus	$20 - (12 + 11)$	$\dots - \dots = \dots \text{kg}/\text{m}^3$
23	Kadar agregat kasar	18×21	$\dots \times \dots = \dots \text{kg}/\text{m}^3$
24	Proporsi campuran:	21-22	$\dots - \dots = \dots \text{kg}/\text{m}^3$
25	- tiap m3 - tiap campuran uji m3 Koreksi proporsi campuran	Semen Air (kg/lt) (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan Halus Kasar (kg) (kg)

2.6 Sika Fume

Sika fume adalah zat aditif beton dalam bentuk bubuk halus yang digunakan untuk menghasilkan beton kualitas tinggi. Sika fume merupakan generasi terbaru *additive* yang didasarkan pada Teknologi Silica Fume. Sika fume diperlakukan sebagai bahan tambah beton. Menurut standar “*Spesification for Silica Fume for Use in Hydraulic Cement Concrete and Mortar*” (ASTM.C.1240,1995: 637-642) silica fume adalah material pozzolan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau alloy besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara microsilika dengan silika fume). Pozzolan adalah bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat (SiO_2) dan atau (Al_2O_3) yang reaktif (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F).

Penggunaan silica fume dalam campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi. Silica fume merupakan bahan pengisi (filler) dalam beton yang mengandung kadar silica yang tinggi mencapai lebih dari 90%.. Kandungan pada Silica fume akan bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen pada saat pembentukan senyawa calcium silica hidrat (CSH) yang berpengaruh pada proses pengerasan semen (Sebayang, 2011).

Sika fume merupakan bahan tambahan beton generasi baru dalam bentuk bubuk, berdasarkan teknologi Sika silikafume, pengaplikasian dosis sika fume yaitu 2-10 % dari berat semen. Sika fume mengandung silikat dioksida reaktif yang sangat halus. Kehadiran zat ini memberikan peningkatan kohesi internal dan retensi air yang sangat baik dalam beton segar. Beton menjadi sangat lentur dan kemampuan pompa meningkat secara substansial. Dalam beton yang mengeras,

asap silika yang reaktif secara laten membentuk ikatan kimia dengan kapur bebas (CaOH_2). Pembentukan tambahan produk hidrasi menghasilkan matriks semen yang jauh lebih padat. Dengan penggunaan sika fume beton akan menunjukkan sifat-sifat berikut :

- a) Kekuatan awal dan akhir yang sangat tinggi
- b) Permeabilitas air beton berkurang
- c) Sangat meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi

Sika fume tidak mengandung klorida atau zat pemicu korosi baja lainnya, dan oleh karena itu dapat digunakan tanpa batasan apa pun untuk konstruksi beton bertulang dan prategang.



Gambar 2. 9 Sika Fume