

BAB II

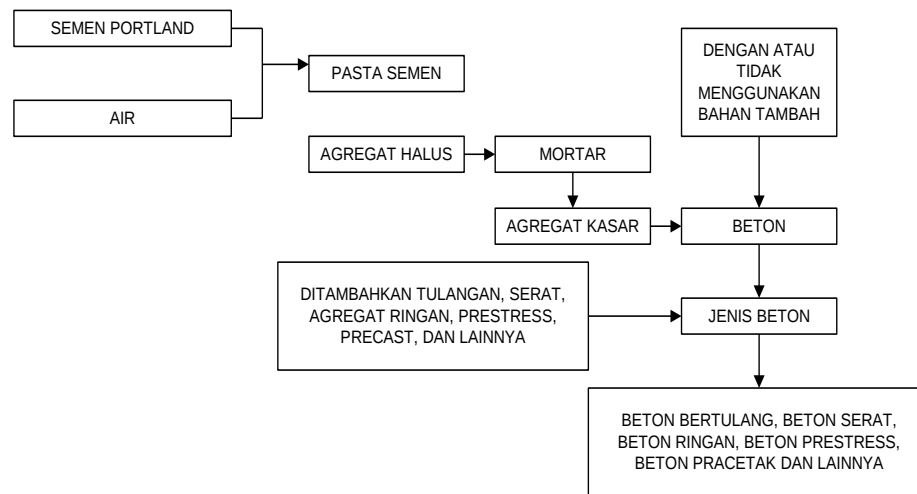
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Beton adalah bahan gabungan yang terdiri dari agregat kasar dan halus yang di campur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan halus, sering kali di tambahkan *admixture* atau *additive* bila di perlukan. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras, dan akan mencapai kekuatan rencana (f_c) pada usia 28 hari. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton ini sangat dipengaruhi oleh faktor air semen dan suhu selama perawatan. Sebagai materi komposit, keberhasilan penggunaan beton tergantung pada perencanaan yang baik, pemilihan dan pengadaan masing masing material yang baik, proses penanganan dan proses produksinya (Teknologi Beton, Paul Nugraha, 2007). Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39.

Penambahan material lain akan membedakan jenis beton, misalnya yang ditambahkan tulangan baja akan terbentuk beton bertulang. Proses terbentuknya beton dapat dilihat pada Gambar 2.1.

\



Gambar 2.1 Proses Terbentuknya Beton

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

- a. Kualitas semen,
- b. Proporsi semen terhadap campuran,
- c. Kekuatan dan kebersihan agregat,
- d. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat,
- e. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton,
- f. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton,
- g. Perawatan beton,
- h. Kandungan klorida tidak melebihi 0,15 % dalam beton yang diekspos dan 1 % bagi beton yang tidak diekspos (Nawy, 1985 : 24).

Dalam keadaan yang mengeras, beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat diberi bermacam bentuk, sehingga dapat digunakan untuk membentuk seni arsitektur atau semata-mata untuk tujuan dekoratif. Beton juga akan memberikan hasil akhir yang bagus jika

pengolahan akhir dilakukan dengan cara khusus, umpamanya diekspos agregatnya (agregat yang mempunyai bentuk yang bertekstur seni tinggi diletakkan di bagian luar, sehingga nampak jelas pada permukaan betonnya). Kelebihan beton lainnya yaitu tahan terhadap korosi, mampu memikul beban yang berat dan biaya pemeliharaan yang relatif kecil. Beton juga memiliki kekurangan-kekurangan lain, diantaranya yaitu : bentuk yang telah dibuat sulit diubah, pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi, berat dan daya pantul suara yang besar.

Selain itu kekurangan-kekurangan lain dari beton dan hal-hal yang membatasi pemakaiannya ialah :

- (1) Kekuatan tarik yang rendah. Bagian konstruksi yang menderita gaya tarik harus diperkuat dengan batang baja atau anyaman batang baja.
- (2) Rambatan suhu. Selama pengikatan dan pengerasan suhu beton naik. Hal ini disebabkan oleh hidrasi dari semen dan kemudian secara berangsur-angsur turun kembali. Perubahan suhu ini dapat mengakibatkan muai-susut akibat suhu yang cukup besar dan retak-retak ringan. Beton yang telah mengeras dapat memuai dan menyusut sesuai dengan suhu pada kecepatan yang sama dengan baja. Sambungan untuk pemuaian dan penyusutan harus disediakan agar bangunan tidak rusak.
- (3) Penyusutan kering dan perubahan kadar air. Beton menyusut bilamana mengalami kekeringan dan bahkan ketika terjadi pengerasan, memuai dan menyusut bilamana basah dan kering. Perubahan-perubahan ini mengharuskan untuk disediakan suatu sambungan-kontraksi pada suatu interval-interval agar tidak terjadi retak-retak yang tidak terlihat.

- (4) Rayapan. Beton mengalami perubahan bentuk secara berangsur-angsur bilamana mengalami pembebanan, perubahan bentuk yang ditimbulkan oleh rayapan-beton ini tidak dapat kembali seperti semula bilamana beban ditiadakan. Rayapan ini hal yang sangat penting terutama yang berhubungan dengan beton pra-tekan. Rayapan dan penyusutan sukar dipisahkan didalam pengukuran perubahan bentuk selama pengujian.
- (5) Kerapatan terhadap air. Beton yang paling baik tidak dapat secara sempurna rapat terhadap air dan kelembaban serta mengandung senyawa-senyawa yang mudah larut serta terbawa keluar oleh air yang jumlahnya berubah-ubah. Bilamana diperlukan perhatian khusus terhadap konstruksi ini, perlu adanya sambungan yang bisa membentuk semacam saluran untuk aliran air tersebut. Kerapatan terhadap air merupakan hal yang sangat penting pada beton bertulang dimana perhatian utama adalah perlindungan terhadap karat pada baja tulangan.

2.2 Sifat dan Karakteristik Beton

Sifat dan karakter mekanik beton secara umum :

1. Beton sangat baik menahan gaya tekan (*high compressive strength*), tetapi tidak begitu pada gaya tarik (*low tensile strength*). Bahkan kekuatan gaya tarik beton hanya sekitar 10% dari kekuatan gaya tekannya.
2. Beton tidak mampu menahan gaya tegangan (tension) yang tinggi, karena elastisitasnya yang rendah.
3. Konduktivitas termal beton relatif rendah. Dalam keadaan yang mengeras, beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar,

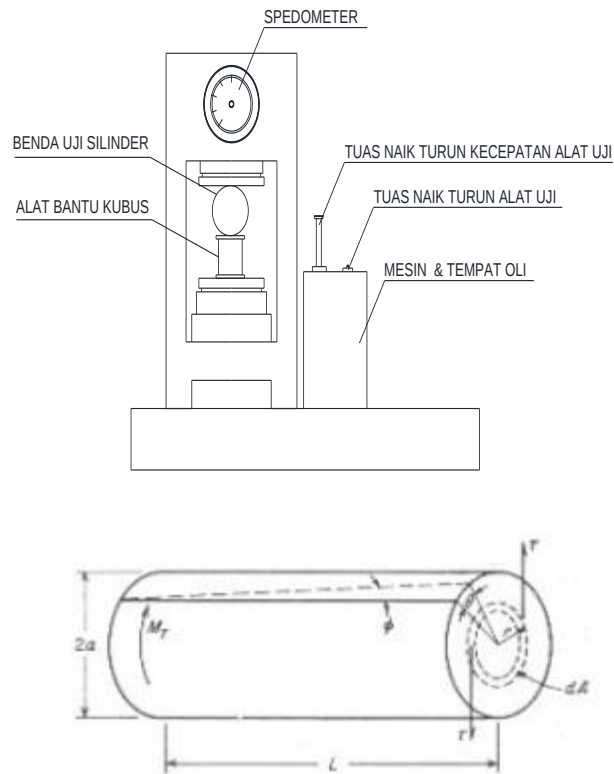
beton dapat diberi bermacam bentuk, sehingga dapat digunakan untuk membentuk seni arsitektur atau semata - mata untuk tujuan dekoratif. Beton juga akan memberikan hasil akhir yang bagus jika pengolahan akhir dilakukan

4. Dengan cara khusus umpamanya diekspos agregatnya (agregat yang mempunyai bentuk yang bertekstur seni tinggi diletakkan di bagian luar, sehingga nampak jelas pada permukaan betonnya)

2.2.1 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik Belah merupakan bagian penting didalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu. Pengujian kuat tarik diadakan untuk pembuatan beton konstruksi jalan raya dan lapangan terbang.

Pengujian dapat dilakukan dengan membelah benda uji berupa silinder oleh suatu desakan ke arah diameternya, untuk mendapatkan apa yang disebut kekuatan tarik belah. Pada mesin penguji ditambahkan suatu batangan agar dapat membagi beban merata pada panjang silinder. Dari beban maksimal yang diberikan, kekuatan tarik dapat dihitung sebagai berikut :



Gambar 2.2 Detail Silinder

$$f_1 = \frac{2P}{\pi d} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan,

f_1 = kekuatan tarik belah (N/mm²),

P = beban maksimal yang diberikan (N),

l = panjang dari silinder (mm),

d = diameter (mm)

2.2.1 Berat Jenis

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil biasa berat jenisnya antara 2,5 – 2,7) mempunyai berat jenis sekitar 2,3 – 2,4. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara maka

berat jenis beton dapat kurang dari 2,0. Jenis-jenis beton menurut berat jenisnya dan macam-macam pemakaiannya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Beberapa Jenis Beton Menurut Berat Jenis dan Pemakaiannya

Jenis beton	Berat jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1,00	Non struktur
Beton ringan	1,00 – 2,00	Struktur ringan
Beton normal (biasa)	2,30 – 2,50	Struktur
Beton berat	> 3,00	Perisai sinar X

(Sumber : IR. Kardiyo Tjokrodinuljo, M.E.)

Berat jenis beton secara teoritis (B_j)

Dimana :

W_A , B_{jA} = berat dan berat jenis air

W_k , B_{jk} = Berat dan Berat jenis Kerikil

W_S , B_{js} = berat dan Berat jenis Semen

W_P , B_{jP} = Berat dan Berat jenis Pasir

2.2.2 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Dalam perhitungan struktur boleh diambil modulus elastisitas beton sebagai berikut :

$$a) \quad E_c = (W_c)^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'c} \quad \text{untuk } W_c = 1,5 - 2,5 \dots \dots \dots (2.5)$$

b) $E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$ untuk beton normal.....(2.6)

dimana, E_c = modulus elastisitas beton, MPa.

W_c = berat jenis beton, Kg/dm³.

f'_c = kuat tekan beton, MPa.

2.2.3 Rangkak dan Susut

Rangkak (*creep*) atau *lateral material flow* didefinisikan sebagai penambahan regangan terhadap waktu akibat adanya beban yang bekerja. Deformasi awal akibat pembebanan disebut sebagai regangan elastis, sedangkan regangan akibat tambahan beban yang sama disebut regangan rangkak. Rangkak timbul dengan intensitas yang semakin berkurang setelah selang waktu tertentu dan kemungkinan berakhir setelah beberapa tahun. Nilai rangkak untuk beton mutu tinggi lebih kecil dibandingkan dengan beton mutu rendah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya rangkak dan susut dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Sifat bahan dasar beton (komposisi dan kehalusan semen, kualitas adukan, dan kandungan mineral dalam agregat),
- b. Rasio air terhadap jumlah semen (*water cement ratio*),
- c. Suhu pada saat pengerasan (*temperature*),
- d. Kelembaban nisbi pada saat proses penggunaan (*humidity*),
- e. Umur beton pada saat beban bekerja,
- f. Nilai *slump* (*slump test*),
- g. Lama pembebanan,

2.3 Sifat dan Karakteristik Campuran Beton

Sifat dan karakteristik campuran beton segar secara tidak langsung akan mempengaruhi beton yang telah mengeras. Pasta semen tidak bersifat elastis sempurna tetapi *viscoelastic-solid*.

1. Sifat dan Karakteristik Bahan Penyusun

Selain kekuatan pasta semen, hal lain yang perlu menjadi perhatian adalah agregat. Karena proporsi campuran agregat dalam beton adalah 70-80 %, sehingga pengaruh agregat akan menjadi besar, baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi teknikan. Semakin baik mutu agregat yang digunakan, secara linier dan tidak langsung akan menyebabkan mutu beton menjadi baik, begitu juga sebaliknya.

2. Metode Pencampuran

a. Penentuan Proporsi Bahan (*Mix Design*)

Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui perancangan beton (*mix design*). Hal ini dimaksudkan agar proporsi dari campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek ekonomis. Metode perancangan ini pada umumnya menentukan komposisi dari bahan-bahan penyusun beton untuk kinerja tertentu yang diharapkan. Penentuan proporsi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode yang dikenal, antara lain : (1). *Metode American Concrete Institute*, (2). *Portland Cement Association*, (3). *Road Note No.4*, (4). *British Standard, Departement of Engineering*, (5). Departemen Pekerjaan Umum (SNI 03-2834-1993) dan (6). Cara coba-coba.

b. Metode pencampuran (*Mixing*)

Metode pencampuran dari beton diperlukan untuk mendapatkan kelecakan yang baik sehingga beton mudah dikerjakan. Metode pengadukan atau pencampuran beton akan menentukan sifat kekuatan dari beton, walaupun rencana campuran baik dan syarat mutu bahan telah terpenuhi. Pengadukan yang tidak baik akan menyebabkan terjadinya *bleeding* dan hal-hal lain yang tidak dikehendaki.

c. Pengecoran (*Placing*)

Metode pengecoran akan mempengaruhi kekuatan beton. Jika syarat-syarat pengecoran tidak terpenuhi, kemungkinan besar kekuatan tekan yang direncanakan tidak akan tercapai.

d. Pemadatan (*Vibrating*)

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

3. Perawatan (*Curing*)

Perawatan dimaksudkan untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama disebabkan oleh suhu. Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedapannya terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi ukur. Cara dan bahan serta alat yang digunakan untuk perawatan akan menentukan sifat

dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Waktu-waktu yang dibutuhkan untuk merawat beton pun harus terjadwal dengan baik.

4. Kondisi pada saat pengerjaan pengecoran

Kondisi pada saat pekerjaan pengecoran akan mempengaruhi kualitas beton yang dibuat. Faktor-faktor tersebut antara lain : (1). Bentuk dan ukuran contoh, (2). Kadar air, (3). Suhu contoh, (4). Keadaan permukaan landasan dan (5). Cara pembebanan.

2.4 Sifat-sifat Beton Segar

Dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat penting yang harus selalu diperhatikan adalah *workability* (kemudahan pengerjaan), *segregation* (pemisahan kerikil) dan *bleeding* (naiknya air).

a. *Workability* (kemudahan pengerjaan)

Kemudahan pekerjaan dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Percobaan slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan. Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain : jumlah air pencampur, kandungan semen, gradasi campuran pasir dan kerikil, bentuk butiran agregat kasar, butir maksimum, cara pemadatan dan alat pemadatan.

b. *Segregation* (pemisahan kerikil)

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan *segregasi*. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. *Segregasi* ini disebabkan oleh beberapa hal,

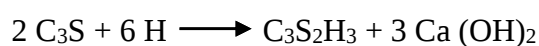
diantarnya : (1). Campuran kurus atau kurang semen, (2). Terlalu banyak air, (3). Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm dan (4). Permukaan butir agregat kasar. Semakin kasar permukaan butir agregat, semakin mudah terjadi *segregasi*. Kecenderungan *segregasi* ini dapat dicegah jika : (1). Tinggi jatuh diperpendek, (2). Penggunaan air sesuai syarat, (3). Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan, (4). Ukuran agregat sesuai dengan syarat, dan (5). Pemadatan baik.

c. *Bleeding* (naiknya air).

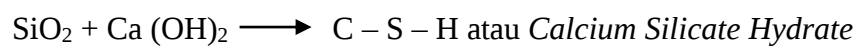
Kecenderungan air untuk naik ke permukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laintance*). *Bleeding* ini dipengaruhi oleh : susunan butir agregat, banyaknya air, kecepatan hidrasi dan proses pemadatan. *Bleeding* dapat dikurangi dengan cara : (1). Memberi banyak semen, (2). Menggunakan air sesedikit mungkin, (3). Menggunakan butir halus lebih banyak dan (4). Memasukkan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus.

2.5 Bahan-bahan Penyusun Beton

Proses pengerasan beton dimulai dengan terjadinya proses hidrasi semen yang merupakan pembentukan *Calcium Silicate Hydrate* ($C_3S_2H_3$) dari *Tricalcium Silicate*, *Dicalcium Silicate* dan air.



$C_3S_2H_3$ merupakan senyawa yang memperkuat beton, sedangkan $Ca(OH)_2$ (kapur mati) adalah senyawa yang porous yang memperlemah beton. Dengan adanya unsur silika tambahan dari bahan tambah semen diharapkan $Ca(OH)_2$ (kapur mati) akan bereaksi kembali dengan silika tersebut dan membentuk $C_3S_2H_3$ yang mengurangi terbentuknya $Ca(OH)_2$ sehingga dapat mempertinggi beton reaksi unsur silika dengan kapur bebas tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :



Perlu dipilih bahan-bahan yang sesuai, dicampur dan digunakan sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan sifat-sifat khusus yang diinginkan untuk tujuan tertentu dengan cara yang paling ekonomis.

2.5.1 Air

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

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

Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, tercemar, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ dan lainnya), air laut maupun air limbah juga dapat digunakan asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Tabel berikut ini memberikan

kriteria kandungan zat kimiawi yang terdapat dalam air dengan batasan tingkat konsentrasi tertentu yang dapat digunakan dalam adukan beton.

Tabel 2.2 Batasan maksimum kandungan zat kimia dalam air

Kandungan unsur kimiawi	Maksimum konsentrasi (ppm*)
Chloride, Cl :	
- Beton prategang	500
- Beton bertulang	1000
Sulfate, SO ₄	1000
Alkali (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O)	600
Total solids	50000

sumber : Paul Nugraha ;2007;Teknologi Beton;bab 6; 77;Tabel 6.2)

ppm* = parts per million

2.5.2 Semen Portland

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10 %, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Semen Portland diproduksi untuk pertama kalinya pada tahun 1824 oleh Joseph Aspdin, dengan memanaskan suatu campuran tanah liat yang dihaluskan dengan batu kapur atau kapur tulis dalam suatu dapur sehingga mencapai suatu suhu yang cukup tinggi untuk menghilangkan gas asam karbon. Proses kering dan proses basah merupakan dua cara produksi yang dipergunakan dalam pembuatan semen.

Semen yang satu dapat dibedakan dengan semen lainnya berdasarkan susunan kimianya maupun kehalusan butirnya. Perbandingan bahan-bahan utama penyusun semen Portland adalah kapur (CaO) sekitar 60 % - 65 %, silica (SiO_2) sekitar 20 % - 25 %, dan oksida besi serta alumina (Fe_2O_3) dan Al_2O_3) sekitar 7 % - 12 %. Sifat-sifat semen Portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

(1). Sifat fisika semen Portland

Sifat-sifat fisika semen portland meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, kekekalan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi dan hilang pijar.

(2). Sifat-sifat kimiawi.

Sifat-sifat kimiawidari semen Portland meliputi kesegaran semen, sisa yang tak larut (*insoluble residu*), panas hidrasi semen, kekuatan pasta semen dan faktor air semen. Secara garis besar, ada 4 (empat) senyawa kimia utama yang menyusun semen portland, yaitu :

- a. Trikalsium Silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C_3S .
- b. Dikalsium Silikat ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C_2S .
- c. Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_3A .
- d. Tertakalsium aluminoferrit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_4AF .

Kandungan senyawa yang terdapat dalam semen membentuk karakter dan jenis semen menjadi lima jenis, yaitu :

- 1) Tipe I, semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.

- 2) Tipe II, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3) Tipe III, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
- 4) Tipe IV, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- 5) Tipe V, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

2.5.3 Agregat

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya berkisar antara 60 % - 70 % dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat inipun menjadi penting dan sifat-sifat yang dimilikinya akan berpengaruh langsung terhadap keawetan (*durability*) dan kinerja struktur beton.

Sifat yang paling penting dari suatu agregat ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan. Agregat yang digunakan dalam campuran beton harus bersih, keras, bebas dari sifat penyerapan secara kimia, tidak bercampur dengan tanah liat/lumpur dan distribusi/gradasi ukuran agregat memenuhi ketentuan yang berlaku.

Gradasi yang baik dan teratur (*continous*) dari agregat halus kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45 % dan tertahan pada ayakan berikutnya. Kebersihan agregat juga akan mempengaruhi dari mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras.

Hal-hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan penggunaan agregat dalam campuran beton ada lima, yaitu :

1. Volume udara. Udara yang terdapat dalam campuran beton akan mempengaruhi proses pembuatan beton, terutama setelah terbentuknya pasta semen.
2. Volume padat. Kepadatan volume agregat akan mempengaruhi berat isi dari beton tadi.
3. Berat jenis agregat. Berat jenis agregat akan mempengaruhi proporsi campuran dalam berat sebagai kontrol.
4. Penyerapan. Penyerapan berpengaruh pada berat jenis.
5. Kadar air permukaan agregat. Kadar air permukaan agregat berpengaruh pada penggunaan air saat pencampuran.

Pada umumnya agregat digolongkan dalam tiga kelompok, yaitu :

- a. Batu, untuk 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.

2.5.3.1 Sifat-sifat agregat dalam campuran beton

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Untuk menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan seperti yang diinginkan, sifat-sifat ini harus diketahui dan dipelajari agar kita dapat mengambil tindakan yang positif dalam mengatasi masalah-masalah yang timbul. Sifat-sifat tersebut adalah : (1). Serapan air dan kadar air agregat, (2). Berat jenis dan daya serap agregat, (3). Gradasi agregat, (4). Modulus halus butir, (5). Ketahanan kimia, (6). Kekekalan, (7). Perubahan volume, (8). Karakteristik panas (sifat thermal agregat), dan (9). Bahan-bahan lain yang mengganggu.

2.5.3.2 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. Oleh karena itu, pasir dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu :

- a. Pasir galian. Diperoleh langsung dari permukaan tanpa atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Tetapi biasanya dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara dicuci.
- b. Pasir sungai. Diperoleh dari dasar sungai yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan, daya lekat antar butir agak kurang, karena butirannya bulat. Karena butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok.

- c. Pasir laut. Diambil dari pantai, butiran-butirannya halus dan bulat. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman yang menyerap kandungan air dan udara. Hal ini menyebabkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan.

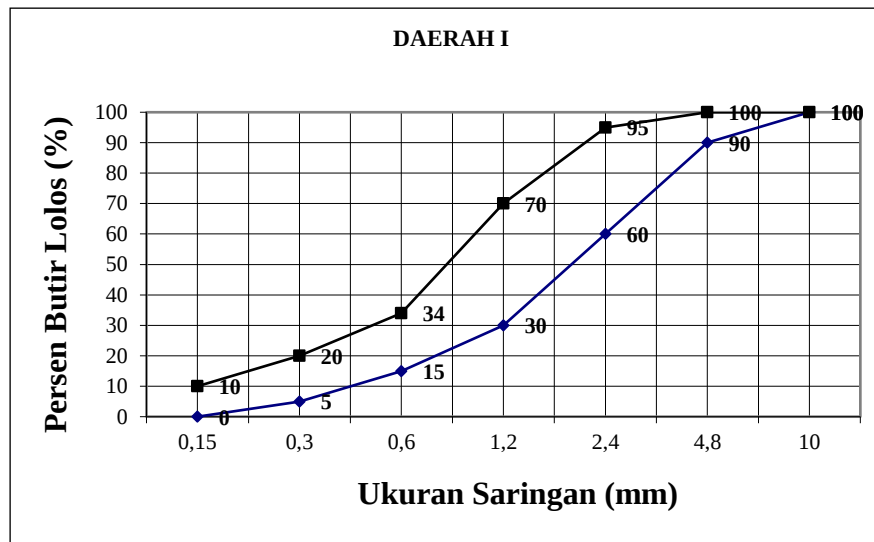
SNI 03-2834-1993 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat *zone*(daerah) seperti dalam Tabel 2.3. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.3.a sampai 2.3.d untuk mempermudah pemahaman.

Tabel 2.3.Batas Gradasi Agregat Halus (*British Standard*)

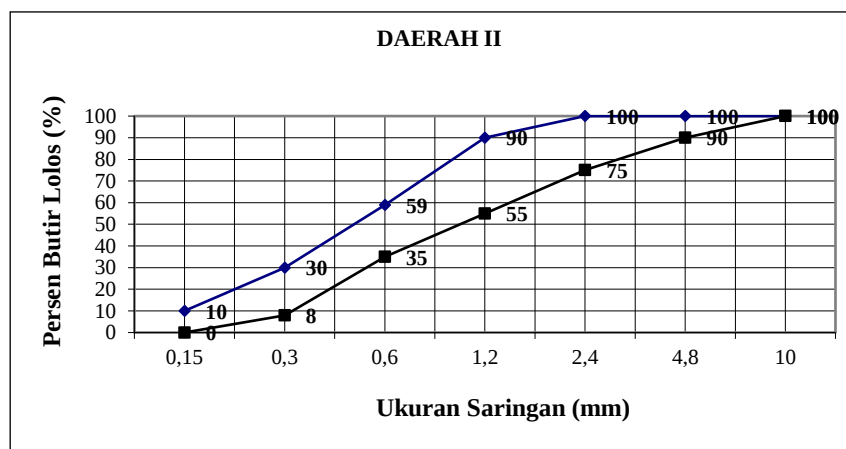
Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang lewat ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2.4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1.2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0.6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0.3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0.15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

(Sumber : SNI 03-2834-1993., *Metode, Spesifikasi dan Tata Cara* ;233, Tabel 6)

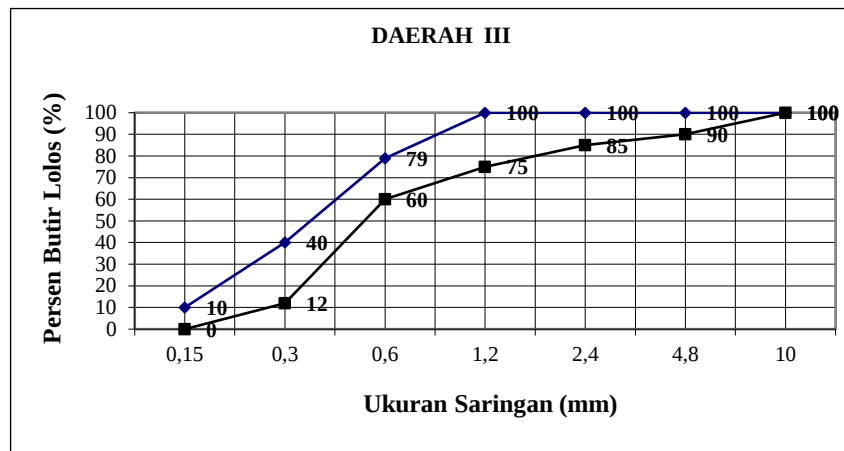
- Keterangan :
- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
 - Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar
 - Daerah Gradasi III = Pasir Halus
 - Daerah Gradasi IV = Pasir Agak Halus



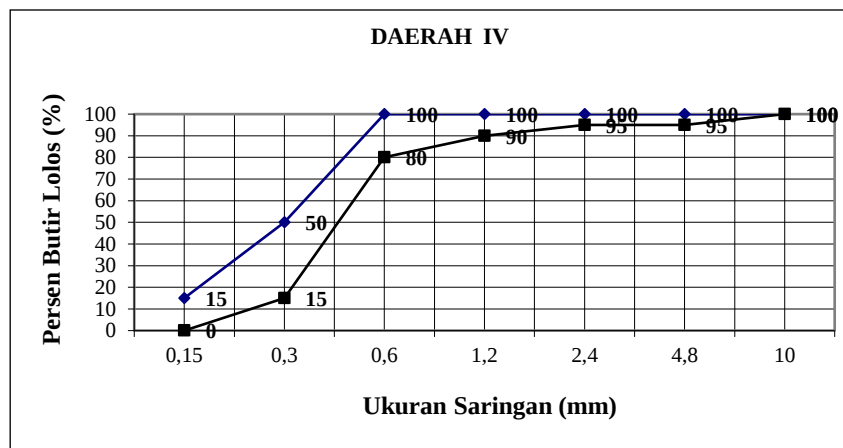
Gambar 2.3.a Daerah Gradasi Pasir Kasar



Gambar 2.3.b Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar



Gambar 2.3.c Daerah Gradasi Pasir Halus



Gambar 2.3.dDaerah Gradasi Pasir Agak Halus

ASTM C.33-86 dalam “Standard Spesification for Concrete Aggregates” memberikan syarat gradasi agregat halus seperti yang tercantum dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Syarat Mutu Agregat Halus Menurut ASTM C.33-86

Ukuran lubang ayakan (mm)	Persen lolos kumulatif
9.5	100
4.75	95 – 100
2.36	80 – 100
1.18	50 – 85
0.6	25 – 60
0.3	10 – 30
0.15	2 – 10

(Sumber : Ir, Tri Mulyono, MT., 2003, *Teknologi Beton* ; 93, Tabel 4.8)

2.5.3.3 Agregat kasar (kerikil)

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

Menurut *British Standard* (B.S), gradasi agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik sebaiknya masuk dalam batas, batas yang tercantum dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Syarat Agregat Kasar Menurut *British Standard*

Lubang Aayakan (mm)	Persen butir lewat ayakan, besar butir maks		
	40 mm	20 mm	12.5 mm
40	95 – 100	100	100
20	30 – 70	95 – 100	100
12.5	-	-	90 – 100
10	10 – 35	25 – 55	40 - 85
4.8	0 – 5	0 – 10	0 – 10

(Sumber : Ir, Tri Mulyono, MT., 2003, *Teknologi Beton* ; 94, Tabel 4.9)

2.5.4 Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah (*Admixture*) adalah bahan-bahan serbuk atau cairan yang ditambahkan kedalam campuran beton pada saat atau selama proses pencampuran berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton agar menjadi lebih cocok untuk suatu pekerjaan tertentu atau untuk menghemat biaya. Manfaat dari penggunaan bahan tambah ini perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang dipakai di lapangan.

Karena pada umumnya bahan tambah dimasukkan pada campuran beton dalam jumlah yang relatif kecil, maka tingkatan kontrolnya harus lebih besar daripada pekerjaan beton biasa. Hal ini untuk menjamin agar tidak terjadi kelebihan dosis.

2.5.4.1 Limbah plastik

Limbah plastik adalah senyawa polimer yang terbentuk dari polimerisasi molekul-molekul kecil (monomer) hidrokarbon yang membentuk rantai yang panjang dengan struktur yang kaku. Plastik salah satu jenis sampah anorganik yang mana tidak semua dari material jenis ini dapat didaur ulang. Botol plastik bekas / polyethylene terephthalate (PET) merupakan salah satu jenis plastik yang dapat didaur ulang dengan mudah. Penggunaannya sebagai bahan tambah beton merupakan salah satu alternatif untuk menanggulangi limbah/sampah plastik yang ada. Pemanfaatan limbah botol plastik bekas dalam teknologi beton disamping dapat menambah kekuatan pada beton juga dapat mengurangi limbah/sampah botol plastik bekas. Masing-masing plastik memiliki sifat-sifat yang berbeda, berikut beberapa karakteristik sifat plastik.

1. PET atau PolyEthylene Terephthalate

Adalah jenis plastik yang hanya bisa sekali pakai, seperti botol air mineral dan hampir semua botol minuman yang lainnya. PET bersifat jernih, kuat, tahan bahan kimia dan panas, serta mempunyai sifat elektrik baik yang jika pemakaiannya dilakukan secara berulang, terutama menampung air panas, lapisan polimer botol meleleh mengeluarkan zat karsinogenik dan dapat menyebabkan kanker. Penggunaan PET sangat luas antara lain : Botol-botol untuk air mineral, soft drink, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan.

2. HDPE atau High Density PolyEtylene

Merupakan jenis plastik yang aman jika dibandingkan dengan jenis plastik PET karena memiliki sifat tahan terhadap suhu tinggi. Sering dipakai untuk botol susu yang berwarna putih susu, tupperware, botol galon air minum, dan lain-lain. Meski demikian, jenis plastik disarankan untuk tidak dipakai berulang.

3. PVC atau PolyVinyl Chloride

Merupakan jenis plastik yang sulit didaur ulang, seperti botol-botol plasik dan plastik pembungkus makanan karena jenis plastik ini memiliki kandungan PVC atau DEHA yang berbahaya untuk Ginjal dan Hati.

4. LDPE atau Low Density PolyEthylene

Merupakan jenis plastik yang bisa didaur ulang, baik dipakai untuk tempat minuman maupun makanan.

5. PP atau PolyPropylene

Merupakan jenis plastik yang memiliki sifat tahan terhadap bahan kimia (Chemical Resistance) yang baik tetapi ketahanan terhadap pukul (Impact Strength) rendah. Juga baik digunakan untuk tempat minuman maupun makanan. Jenis plastik semacam ini lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah dan biasanya digunakan untuk botol minum bayi.

6. PS atau PolyStyrene

Merupakan jenis plastik yang digunakan untuk tempat minum atau makanan sekali pakai. Mengandung bahan-bahan styrene yang berbahaya untuk kesehatan otak, mengganggu hormon estrogen pada wanita yang berakibat pada masalah reproduksi dan sistem saraf.

Limbah berupa cacahan botol plastik yang digunakan dengan variasi komposisi limbah cacahan botol plastik terhadap kerikil 0%, 10%, 20%.



Gambar 2.4 Limbah botol plastik



Gambar 2.5 Limbah botol plastik sesudah poses pencacahan

Bambang Mahendya (2008), melakukan penelitian dengan judul “Penggunaan Limbah Plastik Botol Plastik (PET) sebagai campuran beton untuk meningkatkan kapasitas tarik belah dan geser “, menunjukan bahwa dari hasil pengujian beton yang telah mengeras didapatkan hasil dengan penambahan cacahan botol plastik PET optimum sebesar 0,5% terjadi peningkatan kuat tarik belah sebesar 24,44% pada umur 7 hari, sedangkan umur 28 hari peningkatan optimum yaitu sebesar 19,39%.

2.6 Perancangan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton merupakan suatu hal yang komplek jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. Karena bahan penyusun tersebut akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan. Pada dasarnya perancangan campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proporsi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum. Pengertian optimal adalah penggunaan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria standar dan ekonomis dilihat dari biaya keseluruhan

untuk membuat struktur beton tersebut. Penentuan proporsi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode yang dikenal, antara lain : (1). *Metode American Concrete Institute*, (2). *Portland Cement Association*, (3). *Road Note No.4*, (4). *British Standard, Departement of Engineering*, (5). Departemen Pekerjaan Umum(SK.SNI.T-15-1990-03) dan (6). Cara coba-coba.

Metode *American Concrete Institute (ACI)* mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudahan pekerjaan, serta keawetan dan kekuatan pekerjaan beton. Cara ACI melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu, jumlah air perkubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran beton yang pada akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan (*workability*).

Menurut SNI T.15-1990-03 beton yang digunakan pada rumah tinggal atau untuk penggunaan beton dengan kekuatan tekan tidak melebihi 10 Mpa sesuai dengan teori perancangan proporsi campuran adukan beton, pembuatan beton boleh menggunakan campuran dengan perbandingan volume 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil dengan *slump* tidak lebih dari 100 mm. Pengerjaan beton dengan kekuatan tekan hingga 20 Mpa boleh menggunakan penakaran volume, tetapi pengerjaan beton dengan kekuatan tekan lebih besar dari 20 Mpa harus menggunakan campuran berat.

Sebelum melakukan perancangan, data-data yang dibutuhkan harus dicari. Jika data-data yang dibutuhkan tidak ada atau tidak memenuhi ketentuan yang telah disyaratkan, dapat diambil data yang telah ada pada penelitian sebelumnya

atau menggunakan data dari tabel-tabel yang telah dibuat untuk membantu penyelesaian perancangan campuran beton.

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk merancang suatu campuran beton adalah metode Departemen Pekerjaan Umum (SK.SNI.T-15-1990-03). Berikut langkah-langkah perancangan beton normal Metode Departemen Pekerjaan Umum (SK.SNI.T-15-1990-03).

1. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan (f'_c) pada umur tertentu.

Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat.

2. Penetapan nilai deviasi standar (s)

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Penetapan nilai deviasi standar (s) ini berdasarkan pada 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 di atas) 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 2.6. berikut :

Tabel 2.6 Faktor pengali deviasi standar (s)

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

*) Untuk nilai antara dipakai interpolasi.

- 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 2.7. berikut :

Tabel 2.7 Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

Kondisi Pengerjaan	Standar Deviasi (MPa)	
	Lapangan	Laboratorium
Sempurna	< 3	<1,5
Sangat Baik	3 – 3,5	1,5 – 1,75
Baik	3,5 – 4	1,75 – 2
Cukup	4 – 5	2 – 2,5
Kurang Baik	> 5	>2,5

(Sumber : Ir. Iswandi imran; pengenalan rekayasa & bahan konstruksi ; 6-6)

3. Penghitungan nilai tambah “margin”(M),

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

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

$$M = k \times s_d \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan : M : nilai tambah (MPa),
 k : 1,64,
 s_d : deviasi standar (MPa).

4. Menentukan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

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

$$f'_{cr} = f'_c + M \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan : f'_{cr} : kuat tekan rata-rata (MPa),
 f'_c : kuat tekan yang disyaratkan (MPa),
 M : nilai tambah (MPa).

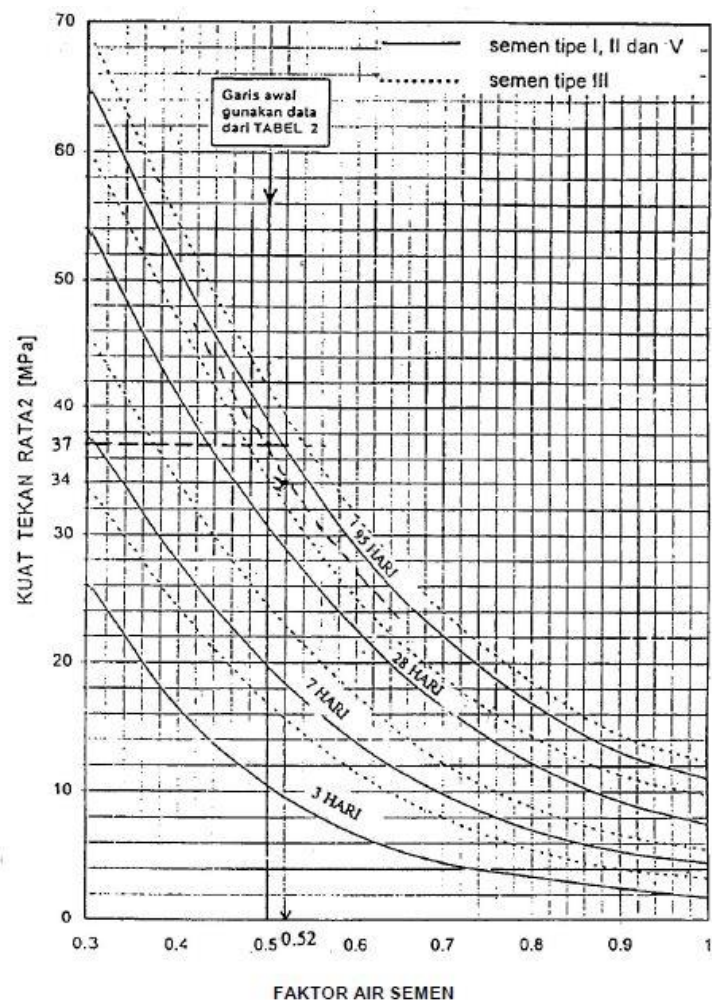
5. Menentukan jenis semen portland

Menurut PUBI 1982 di Indonesia semen portland 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 dipakai 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. Tetapkan faktor air semen, dengan salah satu dari kedua cara berikut :
- Cara pertama, berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen.
 - 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.



Gambar 2.6 Grafik Penentuan untuk mencari faktor air semen

8. Penetapan 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 2.8. Jika nilai fas maksimum ini lebih rendah daripada nilai fas dari langkah 7, maka nilai fas maksimum ini yang dapat dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 2.8 Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis pembetonan	Faktor air-semen maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non-korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton di luar ruang bangunan :	
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. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Tabel 2.8.a.
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar /payu/laut	Tabel 2.8.b.

(Sumber : SNI 03-2834-1993;Tabel 4)

Tabel 2.9.a Faktor air-semen maksimum untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat

Konsentrasi sulfat (SO ₃)			Jenis semen	Faktor air-semen maksimum
Dalam tanah		SO ₃ dalam air tanah (gr/ltr)		
Total SO ₃ %	SO3 dalam campuran air : tanah = 2 : 1 (gr/ltr)			
< 0,2	< 1,0	< 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15 – 40 %)	0,50
0,2 – 0,5	1,0 – 1,9	0,3 – 1,2	Tipe I tanpa Pozolan	0,50
			Tipe I dengan Pozolan (15 – 40 %) atau semen portland Pozolan	0,55
			Tipe II dan V	0,55
0,5 – 1,0	1,9 – 3,1	1,2 – 2,5	Tipe I denga Pozolan (15 – 40 %) atau semen portland Pozolan	0,45
			Tipe II atau V	0,45
1,0 – 2,0	3,1 – 5,6	2,5 – 5,0	Tipe II atau V	0,45
> 2,0	> 5,6	> 5,0	Tipe II atau V dan lapisan pelindung	0,45

(Sumber : SNI 03-2834-1993;Tabel 5)

Tabel 2.9.b 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 portland Pozolan	0,45
	Tipe II atau V	0,50
Air laut	Tipe II atau V	0,45

(Sumber : SNI 03-2834-1993;Tabel 6)

9. Penetapan 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 2.10.

Tabel 2.10 Penetapan nilai *slump* (cm)

Pemakaian beton	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan 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 : Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo, *Teknologi Beton* ; 76, Tabel 7.13)

10. Penetapan besar butir agregat maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan berikut :

- a. $\frac{3}{4}$ kali jarak bersih minimum antar baja tulangan, atau berkas baja tulangan, atau tendon prategang atau selongsong.
- b. Sepertiga kali tebal plat.
- c. Seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan.

11. Tetapkan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan *slump* yang diinginkan, lihat tabel 2.11

Tabel 2.11 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter)

Besar ukuran maks. Kerikil (mm)	Jenis batuan	<i>Slump</i> (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber :SNI 03-2834-2000)

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

$$A = 0,67A_h + 0,33A_k \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan :

A : Jumlah air yang dibutuhkan (liter/m³),

A_h : Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus,

A_k : Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasar.

12. Hitung berat semen yang diperlukan

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah 11) dengan faktor air semen yang diperoleh pada langkah 7 dan 8.

13. Kebutuhan semen minimum

Kebutuhan air 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 2.14. Di bawah ini.

Tabel 2.12. Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembeconan dan lingkungan khusus

Jenis pembeconan	Semen minimum (kg/m ³ beton)
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non-korosif	275
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	325
Beton di luar ruang bangunan :	
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. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Tabel 2.12.a.
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar /payau/laut	Tabel 2.12.b.

(Sumber :SNI 03-2834-2000;Tabel 4)

Tabel 2.12.a. Kandungan semen minimum untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat

Konsentrasi sulfat (SO ₃)			Jenis semen	Kandungan semen minimum (kg/m ³)		
Dalam tanah		SO ₃ dalam air tanah (gr/ltr)		Ukursn maks. agregat (mm)		
Total SO ₃ %	SO ₃ dalam campuran air : tanah = 2 : 1 (gr/ltr)			40	20	10
< 0,2	< 1,0	< 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15 – 40 %)	280	300	350
0,2 – 0,5	1,0 – 1,9	0,3 – 1,2	Tipe I tanpa Pozolan	290	330	380
0,5 – 1,0	1,9 – 3,1	1,2 – 2,5	Tipe I dengan Pozolan (15 – 40 %) atau semen portland Pozolan			
			Tipe II dan V	250	290	430
			Tipe I denga Pozolan (15 – 40 %) atau semen portland Pozolan	340	380	430
1,0 – 2,0	3,1 – 5,6	2,5 – 5,0	Tipe II atau V	290	330	380
1,0 – 2,0	3,1 – 5,6	2,5 – 5,0	Tipe II atau V	330	370	420
> 2,0	> 5,6	> 5,0	Tipe II atau V dan lapisan pelindung	330	370	420

(Sumber :SNI 03-2834-2000; Tabel 5)

Tabel 2.12.b. Kandungan semen minimum untuk beton bertulang dalam air

Berhubungan dengan :	Tipe semen	Kandungan semen min.	
		Ukuran maks. agregat (mm)	
Air tawar	Semua tipe I s.d V	40 280	20 300
Air payu	Tipe I + Pozolan (15-40 %) atau semen portland Pozolan	340	380
	Tipe II atau V	290	330
Air laut	Tipe II atau V	330	370

(Sumber :SNI 03-2834-2000; Tabel 6)

14. Penyesuaian kebutuhan semen

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari langkah 12 ternyata lebih sedikit daripada kebutuhan semen minimum langkah 13 maka kebutuhan semen harus dipakai yang minimum (yang nilainya lebih tinggi).

15. Penyesuaian jumlah air dan faktor air semen

Jika jumlah semen ada perubahan akibat langkah (14) maka nilai faktor airsemen berubah.

Dalam hal ini, dapat dilakukan dengan dua cara 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. Penentuan daerah gradasi agregat halus

Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat halus yang akan dipakai dapat diklasifikasikan menjadi 4 daerah (zona). Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan dalam tabel 2.13. Dengan tabel 2.13. tersebut agregat halus dapat dimasukan menjadi salah satu dari 4 daerah, yaitu daerah 1, 2, 3, dan 4.

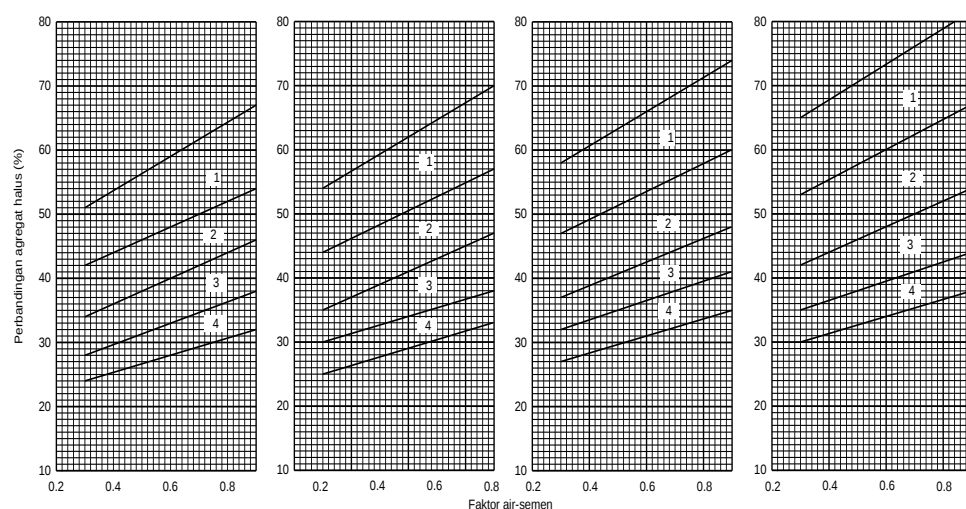
Tabel 2.13. Batas Gradasi Pasir

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	0-10	0-15

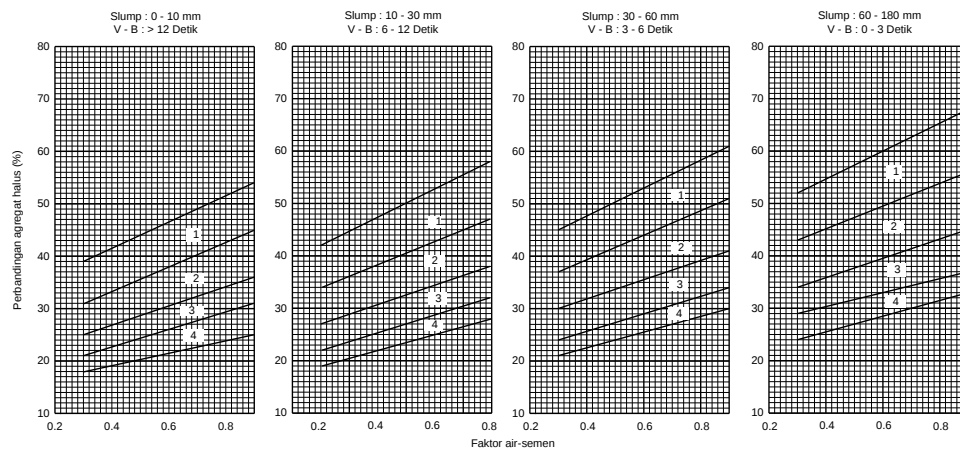
(Sumber : Rika Deni Susanti, ST., MT., Teknologi Beton Kontruksi ; 21, Tabel 2.5)

17. Perbandingan agregat halus dengan agregat kasar

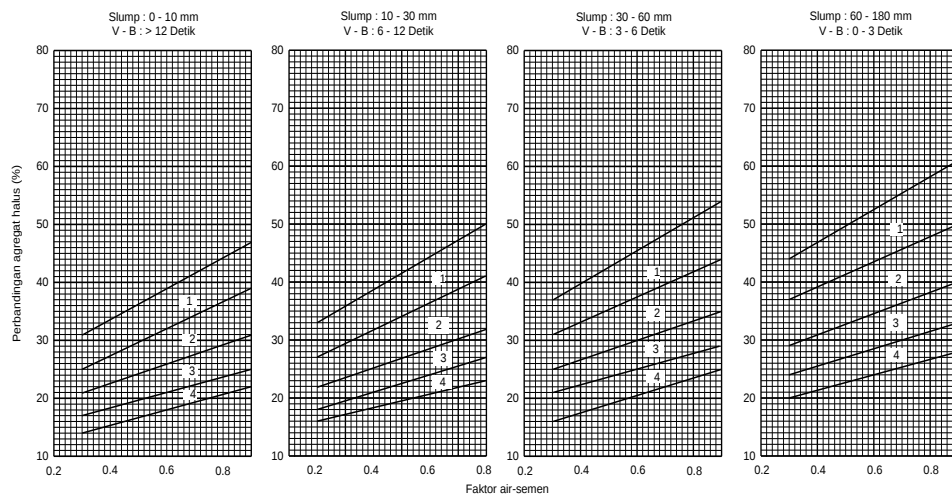
Nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Grafik 2.4.a, 2.4.b, 2.4.c. dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.



Gambar 2.7.a. Grafik Persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 10 mm



Gambar 2.7.b Grafik Persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm



Gambar 2.7.c Grafik Persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

18. Berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$B_{j,camp} = \frac{P}{100} \times B_{j,ag.hls} + \frac{K}{100} \times B_{j,ag.ksr} \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan :

$B_{j,camp}$: berat jenis agregat campuran,

$B_{j,ag.hls}$: berat jenis agregat halus,

$B_{j_{ag, ksr}}$: berat jenis agregat kasar,

P : persentase ag.halus terhadap ag.campuran,

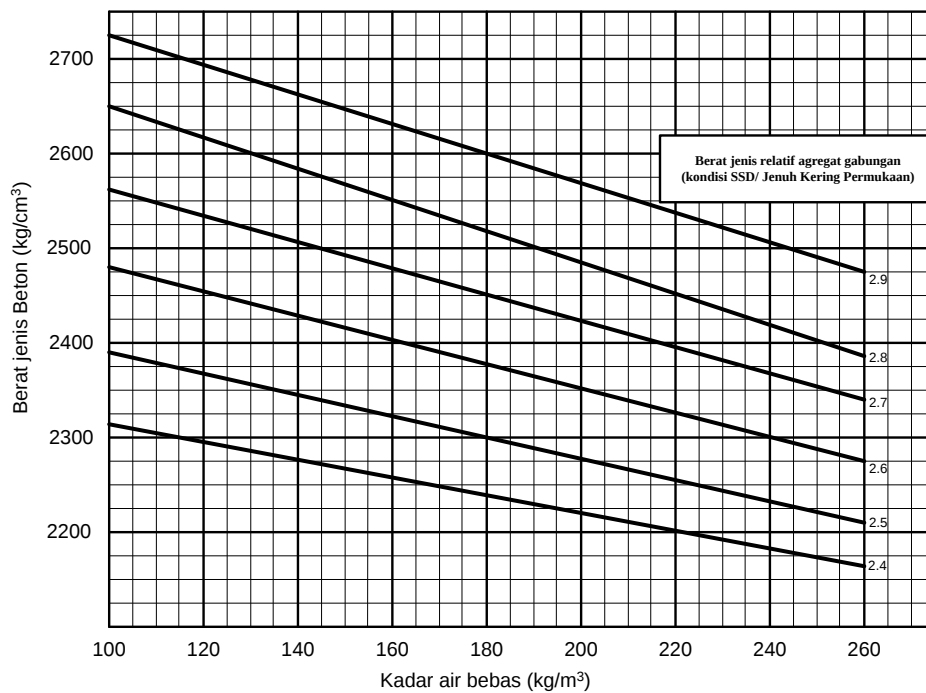
K : persentase ag.kasar terhadap ag.campuran.

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika tidak ada dapat diambil sebesar 2,5 untuk agregat tidak dipecah atau alami, untuk agregat pecahan diambil 2,60 dan 2,70.

19. Penentuan berat jenis beton

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah 18 dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka dengan grafik 2.4. Dapat diperkirakan berat jenis betonnya. Caranya adalah sebagai berikut :

- a. 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 2.4.
- b. Kebutuhan air yang diperoleh pada langkah (11) dimasukkan dalam grafik 2.4., kemudian dari nilai ini ditarik garis vertikal ke atas sampai mencapai garis kurva yang dibuat di atas.
- c. Dari titik potong ini kemudian ditarik garis horizontal ke kiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.



Gambar 2.8 Grafik Perkiraan berat isi beton yang telah selesai dipadatkan.

20. Kebutuhan agregat campuran

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

$$W_{campuran} = W_{beton} - A - S \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

dengan : $W_{campuran}$: kebutuhan agregat campuran (kg),

W_{beton} : berat beton (kg/m³),

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.

$$W_{pasir} = \left(\frac{P}{100} \right) \times W_{campuran} \dots\dots\dots(2.12)$$

dengan : W_{pasir} : kebutuhan agregat pasir (kg),

$W_{campuran}$: kebutuahn agregat campuran (kg),

P : persentase pasir terhadap campuran.

22. Kebutuhan agregat kasar (kerikil)

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

$$W_{krk} = W_{campuran} - W_{pasir} \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan : $W_{kerikil}$: kebutuhan agregat kerikil (kg),

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

$W_{campuran}$: kebutuahn agregat campuran (kg),

Dalam perhitungan di atas agregat halus dan agregat kasar dianggap dalam keadaan jenuh kering-muka, sehingga di lapangan yang pada umumnya keadaan agregatnya tidak jenuh kering-muka maka dilakukan koreksi terhadap kebutuhan bahannya. Koreksi harus dilakukan minimum satu kali per hari.

Hitungan koreksi dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$1. \quad \text{Air} \quad : A - \left[\frac{(A_h - A_1)}{100} \right] \times B - \left[\frac{(A_k - A_2)}{100} \right] \times C \dots\dots\dots(2.14)$$

$$2. \quad \text{Agregat halus} \quad : B + \left[\frac{(A_h - A_1)}{100} \right] \times B \dots\dots\dots(2.15)$$

3. Agregat kasar : $C + \left[\frac{(A_k - A_2)}{100} \right] \times C$ (2.16)

dengan :

A : jumlah kebutuhan air (liter/m³),

B : jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m³),

C : jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m³),

A_h : kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%),

A_k : kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%),

A₁ : kadar air pada agregat halus jenuh kering-muka (%),

A₂ : kadar air pada agregat kasar jenuh kering muka (%).

Untuk mempermudah pelaksanaan, berikut ini diberikan Tabel 2.12.

Formulir Perancangan Adukan Beton di bawah ini

Tabel 2.14 Formulir Perancangan Campuran Beton Menurut Standar Pekerjaan Umum (SK-SNI-T-15-1990-03)

No	Uraian	Tabel / Reverensi Perhitungan		Nilai	Satuan
1.	Kuat tekan yang disyaratkan, pada umur 28 hari	:	Ditetapkan	.....	MPa
2.	Deviasi standar (s)	:	(Tabel 2.7)	.....	MPa
3.	Nilai tambah / Margin (m)	:	Ditetapkan	.....	MPa
4.	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'_{cr})	:	(1) + (3)	.....	MPa
5.	Jenis semen	:	Ditetapkan	.....	
6.	Jenis agregat kasar	:	Ditetapkan	.....	
7.	Faktor air-semen	:	(Gambar 2.3)	.....	
8. a.	Faktor air-semen maksimum	:	(Tabel 2.8)	.....	
b.	Digunakan faktor air-semen yang rendah	:	(7) atau (8)	.....	
9.	Nilai slump	:	(Tabel 2.10)	.....	mm
10.	Ukuran maksimum butiran agregat kasar	:	(Tabel 2.11)	.....	mm
11.	Kebutuhan air	:	Ditetapkan	.....	ltr
12.	Kebutuhan semen Portland	:	(Tabel 2.11)	.....	kg
13. a.	Kebutuhan semen portland minimum	:	(11)/(8.b)	.....	kg
b.	Digunakan kebutuhan semen Portland	:	(12) atau (13)	....	kg
14. a.	Penyesuaian jumlah air	:	Tetap	.....	ltr
b.	Penyesuaian jumlah faktor air-semen	:	Tetap	.....	
15.	Zona / Daerah gradasi agregat halus	:	(Tabel 2.13)	.....	
16.	Persentase agregat halus terhadap campuran	:	(Gambar 2.4.b)	.....	%
17.	Berat jenis agregat campuran	:	Ditetapkan	....	
18.	Berat beton	:	(Gambar 2.5)	.....	kg/m ³
19.	Kebutuhan campuran pasir dan split	:	(18)-(11)-(13.b)	.....	kg/m ³
20.	Kebutuhan agregat halus (pasir)	:	((16)/100) x (19)	.....	kg/m ³
21.	Kebutuhan agregat kasar (split)	:	(19)-(20)	.....	kg/m ³
Kesimpulan :					
Volume	Berat beton	Air	Semen	Agr. halus	Agr. kasar
... m ³	kg	 ltr	kg	kg	kg