

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

Dalam bidang struktur, beton merupakan bahan yang paling umum dan banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Hal ini dikarenakan beton tersusun dari bahan-bahan yang mudah didapat dan harganya relatif cukup murah.

Teknologi beton terus berkembang seiring dengan tuntutan kebutuhan konstruksi yang semakin meningkat. Salah satu hal yang penting dan perlu mendapat perhatian adalah mengetahui pengertian beton dan bahan-bahan penyusun beton, yaitu semen, air dan agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar.

3.2 Pengertian Beton

Beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh suatu bahan ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus, kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Singkatnya dapat dikatakan bahwa pasta semen mengikat pasir dan bahan-bahan agregat lain (batu kerikil, basalt, dan sebagainya).

Komposit tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras. Proses terjadinya pengerasan tersebut disebabkan oleh reaksi kimia antara air dan semen, dan dalam hal ini tingkat kekerasan beton sesuai dengan umurnya. Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi berbagai faktor diantaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan

susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur dan kondisi perawatan pengerasan (Dipohusodo, 1994).

Beton adalah merupakan bahan yang memiliki kuat tekan yang tinggi, bila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekan akan menyamai batu alami (Kardiyono, 1992). Tetapi beton mempunyai kuat tarik yang rendah. Maka dari itu untuk mengimbangi kondisi beton yang lemah terhadap kuat tarik, maka beton diperkuat dengan baja tulangan, yang biasanya disebut dengan beton bertulang.

Kemudian dalam mudahnya memperoleh bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan beton menyebabkan beton banyak digunakan masyarakat. Dengan adanya hal tersebut dan seiring dengan perkembangan pembuatan beton, maka tidak tertutup kemungkinan adanya penggunaan bahan limbah yang sekiranya dapat digunakan sebagai alternatif dalam pembuatan campuran beton dengan tanpa mengabaikan persyaratan yang ditetapkan.

Adapun sifat-sifat beton yang baik adalah sebagai berikut (Kardiyono 1992) :

1. Mempunyai kuat tekan tinggi / kuat tekannya hampir sama dengan batu alami.
2. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun maupun sebesar apapun.
3. Mempunyai kuat lekat yang tinggi.
4. Beton segar dapat dipompakan sehingga dapat dituang pada tempat yang sesulit apapun.

5. Beton termasuk tahan aus, tahan cuaca (panas - dingin, sinar matahari, hujan), tahan terhadap zat-zat kimia (terutama sulfat), maupun tahan bakar sesuai yang disyaratkan.
6. Susutan pengerasannya kecil.

Agar sifat-sifat tersebut diatas dapat tercapai, maka ada beberapa parameter yang harus diperhatikan antara lain (Nawy, 1990) :

1. Sifat - sifat bahan campuran untuk beton serta prinsip-prinsip perencanaan campurannya.
2. Kualitas dari bahan-bahan campuran beton.
3. Menggunakan semen nilai tinggi.
4. Penggunaan air yang tidak terlalu banyak (fas serendah mungkin).
5. Kekuatan dan kebersihan agregat.
6. Cara-cara perhitungan proporsi perbandingan dalam campuran beton.
7. Cara-cara perawatan beton.
8. Cara-cara pengangkutan beton muda, pengecoran dan pematatannya.

3.3 Bahan-Bahan Campuran Beton Dalam Penelitian

Campuran beton harus mempunyai perbandingan yang optimal antara agregat. Campuran yang dibentuknya berbeda-beda agar pembentukan beton dapat dimanfaatkan oleh seluruh material.

3.3.1 Semen Portland

Semen Portland adalah bahan hidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang mengandung silikat-silikat

kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982), gips disini berfungsi sebagai penghambat pengikatan antara semen dan air. Semen Portland dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550°C dan menjadi klinker (Kardiyono, 1992).

Bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari batu kapur, Silika (SiO_2) dari lempung dan alumina (Al_2O_3) dari lempung (Nawy, 1990).

Fungsi semen adalah merekatkan butir-butir agregat kasar maupun halus agar terjadi suatu massa yang kompak padat. Selain itu semen juga berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Reaksi antara semen dan air akan membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai pengikat, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis (Kardiyono, 1992).

Menurut Murdock, 1986, ada 4 (empat) oksida utama pada semen akan membentuk senyawa-senyawa kimia yaitu :

1. Trikalsium Silikat (C_3S) atau $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam, dengan melepas sejumlah panas. Merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen, bila semen terkena air unsur ini akan segera terhidrasi dan menghasilkan panas serta berpengaruh besar terhadap pengerasan semen terutama sebelum mencapai umur 14 hari.

2. Dikalsium Silikat (C_2S) atau $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$

Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat dibandingkan dengan C_3S . Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi pada umur beton

dari 14 sampai 28 hari dan seterusnya. Semen yang mempunyai Dikalsium Silikat banyak mempunyai ketahanan terhadap agresi-kimia yang relatif tinggi, penyusutan kering yang relatif rendah.

3. Trikalsium Aluminat (C_3A) atau $3 CaO \cdot Al_2O_3$

Dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam tetapi kekuatannya sangat rendah.

4. Tetrakalsium Aluminat (C_4A) atau $4 CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$

Kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau kekerasan beton itu sendiri, warna abu-abu pada semen disebabkan oleh senyawa ini.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen Portland di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak menggunakan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.

Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah.

Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

3.3.2. Air dan Udara

3.3.2.1 Air

Air merupakan bahan dasar dalam pembuatan beton yang penting. Air dalam campuran beton diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi menurun. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30 % dari berat semennya. Dalam praktiknya nilai f_{as} yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Selain itu air juga berguna dalam metode perawatan beton yaitu dengan cara membasahi terus menerus beton atau beton yang baru, direndam di dalam air (Kardiyono, 1992).

Air inipun harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam SK - SNI No S-04-1989-F, yaitu :

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda-benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung bahan - bahan tersuspensi lebih dari 2 g/lit.
4. Tidak mengandung garam - garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik, dsb) lebih dari 15 g/lit. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 ppm, dan senyawa sulfat tidak lebih dari 100 ppm sebagai SO_3 .

5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
6. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya.
7. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat tersebut diatas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

Secara umum air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton adalah air yang keasamanannya tidak boleh (pH) > 6, juga tidak diperbolehkan terlalu sedikit mengandung kapur (R. Sagel dkk, 1993).

3.3.2.2 Udara

Sebagai akibat terjadinya penguapan air secara perlahan-lahan dari campuran beton, mengakibatkan terjadinya rongga-rongga pada beton keras yang dihasilkan. Adanya rongga ini akan memudahkan pengerjaan beton, mengurangi *bleeding*, *segregasi* dan mengurangi jumlah pasir yang diperlukan dalam campuran beton. Kandungan udara optimum ini adalah 9 % dari friksi mortar dalam beton.

3.3.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran alami yang mempunyai ukuran butir-butir kecil kurang dari 4,80 mm atau lolos dari lobang ayakan standart No. 4 (Nawy, 1990).

Secara umum agregat halus sering disebut dengan pasir, baik itu pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau hasil pecahan

batu. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu dan dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai, atau dari tepi laut. Oleh karena itu agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 macam (Kardiyono, 1992) :

1. Pasir galian, pasir golongan ini didapat langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam, tetapi harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara di cuci.
2. Pasir sungai, pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesakan. Daya lekat antar butiran agak kurang karena bentuknya yang bulat.
3. Pasir laut, pasir ini diambil langsung dari pantai, yang memiliki butir-butir halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam.

3.3.4 Agregat Kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukuran butirannya lebih besar dari 4,76 mm atau tertahan pada ayakan No. 4. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Jenis agregat kasar pada umumnya adalah (Nawy, 1990) :

1. Batu pecah alami, didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf. Batu ini memberikan kekuatan yang tinggi tetapi kurang memberikan

kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan agregat kasar lainnya.

2. Kerikil alami, didapat dari proses alami yaitu pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil mempunyai kekuatan lekat lebih rendah dari batu pecah.
3. Agregat kasar buatan, terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat, agregat jenis ini misalnya : baja pecah, magnetit dan limonit.

3.3.5 Bahan Serat (Kawat Bendrat)

Menurut Kadir Aboe (2004) dalam Jurnal Teknisia Volume IX No. 2, Agustus 2004, kawat bendrat termasuk dalam kelompok serat baja (*steel fibers*) yang digunakan untuk mengikat rangkaian baja tulangan, berdiameter ± 1 mm, terbuat dari campuran besi baja tanpa pelapis alumunium maupun seng. Kawat bendrat dapat diperoleh dengan mudah, memiliki kekuatan dan modulus elastisitas yang tinggi.

3.4. Kekuatan Lekat Beton

Kuat lekat adalah kuat tarik antara beton dengan tulangan yang dijangkarkan/ditanamkan dalam beton. Benda uji berupa silinder beton dengan ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm.

kuat lekat beton $f_b = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot L_d} \dots\dots\dots(3.2)$

- dengan :
- f_b = Tegangan lekat (MPa)
 - P = Gaya tarik pada kawat (Nmm)
 - L_d = Panjang penyaluran (mm)
 - d = Diameter kawat (mm)

3.5. Kekuatan Beton

Pengukuran kuat tekan beton dilakukan dengan membuat benda uji pada saat pengadukan beton berlangsung. Benda uji berupa silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, benda uji ini kemudian ditekan dengan mesin penekan sampai pecah. Beban tekan maksimum yang memecahkan itu dibagi dengan luas penampang silinder maka diperoleh nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan dinyatakan dalam MPa atau kg/cm^2 dihitung dengan rumus sebagai berikut (Kardiyono, 1992) :

Kuat desak beton $f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.1)$

Dengan : P = beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Kuat tekan beton yang direncanakan (f'_{cr}) adalah kuat tekan beton yang ditetapkan dan dipergunakan oleh perencana struktur guna keperluan perencanaan struktur. Kuat hancur beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air semen (fas) dan tingkat kepadatannya. Faktor-faktor penting lainnya adalah :

a. Jenis semen dan jumlah semen

Mempengaruhi kekuatan rata-rata dari beton.

b. Jenis dan gradasi agregat

Penggunaan agregat kasar akan menghasilkan kuat desak maupun kuat tarik yang lebih besar daripada penggunaan kerikil halus dari sungai.

Selain itu gradasi menerus akan memberikan kekuatan yang besar dibandingkan dengan gradasi seragam karena dengan menggunakan gradasi menerus akan terjadi interlocking sehingga akan menghasilkan angka pori yang kecil dan kemampatan yang tinggi.

c. Perawatan

Perawatan beton juga akan mempengaruhi kuat tekan terutama pada saat masih berusia muda atau belum mencapai kekuatan maksimal (umur 2- 14 hari).

d. Suhu

Pada umumnya kecepatan pengerasan dari beton seiring dengan bertambahnya suhu.

e. Kekuatan batuan

Kekuatan ini baik dari kekerasan batuan itu dan juga nilai keausan agregat yang dilakukan test abrasi.

3.5.1 Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kekuatan Beton

Didalam campuran beton, fas mempunyai dua buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan yang kedua untuk pelicin campuran kerikil pasir

dan semen agar memudahkan pencetakan. Adapun faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan yaitu :

- ❖ Kehalusan semen
- ❖ Faktor air semen
- ❖ Temperatur suhu

Kehalusan penggilingan semen akan mempengaruhi kecepatan pengikatan. Kehalusan penggilingan penampang spesifik adalah total diameter penampang semen. Jika penampang lebih besar maka akan memperluas bidang kontak dengan air yang semakin besar. Semakin besar bidang persinggungan semakin cepat bereaksinya. Karena itu kekuatan awal dari semen yang lebih halus akan lebih tinggi, sehingga pengaruh akhirnya berkurang

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan antara berat air dan semen yang dapat ditulis sebagai berikut (R. Sagel dkk, 1993) :

$$fas = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat semen}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Pada beton biasa, faktor air semen dipakai antara 0,5 – 0,6 yang akan menghasilkan kuat tekan rata-rata sekitar 45 MPa dan 25 MPa (tergantung pada faktor-faktor lain).

Tabel 3.1 Faktor Air Semen Maksimum

Kondisi elemen	Nilai fas
Beton didalam ruang bangunan	
a. keadaan keliling non korosif	0,6
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi	0,52
Beton diluar bangunan	
a. tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
Beton yang masuk ke dalam tanah	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontinyu berhubungan dengan	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992.

3.5.2 Pengaruh Bentuk Butiran Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton

Bentuk butiran agregat lebih berpengaruh terhadap beton segar daripada setelah beton mengeras. Bentuk butiran agregat dapat dibedakan menjadi :

a) Agregat bulat

Mempunyai rongga udara minimum 33%. Hal ini berarti mempunyai rasio luas permukaan volume kecil sehingga memerlukan pasta semen yang sedikit untuk menghasilkan beton yang baik, tetapi ikatan antar butirannya kurang kuat sehingga lekatannya lemah. Agregat ini kurang cocok untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau beton mutu tinggi.

b) Agregat bulat sebagian atau tidak teratur

Mempunyai rongga udara sekitar 35% - 38% sehingga lebih banyak memerlukan pasta semen agar mudah dikerjakan. Agregat ini masih belum cukup baik untuk beton mutu tinggi karena ikatan antar agregat belum cukup baik (masih kurang kuat).

c) Agregat bersudut

Agregat ini mempunyai sudut-sudut yang tampak jelas yang terbentuk ditempat-tempat perpotongan bidang-bidang dengan permukaan kasar. Mempunyai rongga udara antara 38% - 40% sehingga membutuhkan pasta semen yang lebih banyak agar mudah mengerjakan. Agregat ini cocok untuk pembuatan beton mutu tinggi karena ikatan antar agregatnya baik.

d) Agregat Panjang

Agregat ini dikatakan panjang bila ukuran terbesar (yang paling panjang) lebih dari $\frac{9}{5}$ dari ukuran rata-rata. Agregat ini mempunyai pengaruh yang jelek terhadap daya tahan dan keawetan beton, karena agregat ini cenderung berkedudukan pada bidang rata air (horizontal) sehingga terdapat rongga dibawahnya.

e) Agregat pipih

Agregat ini adalah agregat yang ukuran terkecil butirannya kurang dari $\frac{3}{5}$ ukuran rata-rata. Agregat ini dikatakan pipih jika ukuran terkecil butirannya lebih kecil dari $\frac{3}{5} \times 15 \text{ mm} = 9 \text{ mm}$. Agregat ini mempunyai pengaruh yang jelek terhadap daya tahan dan keawetan beton, karena agregat ini cenderung berkedudukan pada bidang rata air (horizontal) sehingga terdapat rongga dibawahnya.

Dari berbagai macam bentuk agregat diatas, bentuk dan tekstur agregat kasar akan mempengaruhi kekuatan dan sifat-sifat struktural beton. Karena itu, agregat kasar harus cukup kuat dan keras, bebas dari retakan atau bagian yang

lemah, bersih, dan bebas dari lapisan permukaan. Sifat agregat juga akan mempengaruhi sifat ikatan agregat dengan mortar juga kadar air yang diperlukan. Agregat harus mempunyai bentuk yang baik (bersudut dan atau menyerupai kubus), bersih, keras, kuat, dan gradasinya baik. Agregat juga harus mempunyai bentuk kestabilan terhadap bahan kimiawi dan harus tahan terhadap cuaca dan keausan.

Sifat- sifat agregat yang mempengaruhi kualitas beton :

1. Bentuk dan tekstur

Bentuk agregat yang bersudut mempunyai luas permukaan yang lebih luas dari pada agregat yang bulat (kerikil) sehingga mempunyai daya lekat dengan pasta semen yang lebih kuat. Selain itu batu pecah juga mempunyai tekstur permukaan yang kasar, sehingga lekatan dengan pasta semen juga kuat. Dengan lekatan yang baik dengan pasta semen maka kekuatan beton menjadi lebih tinggi. Tetapi agregat yang bulat lebih mudah dikerjakan daripada agregat batu pecah dan penggunaan pasta semen menjadi lebih hemat.

2. Berat jenis agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara massa padat agregat dan massa air dengan volume yang sama pada suhu yang sama. Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Hubungan antara berat jenis dengan

daya resap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut. Karena butiran agregat mengandung pori-pori yang ada dalam butiran dan tertutup atau saling tidak berhubungan, maka berat jenis dibedakan menjadi dua yaitu :

- a. Berat jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori
- b. Berat jenis semu, jika volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutupnya.

Agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya yaitu :

- a. Agregat normal

Mempunyai berat jenis antara 2,5 – 2,7 biasanya berasal dari agregat granit, kuarsa, basalt. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar 2,3 dengan kuat tekan antar 15 – 40 MPa.

- b. Agregat berat

Mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 misalnya magnetic (Fe_3O_4), serbuk besi dll. Beton yang dihasilkan berberat jenis tinggi sampai 5, yang efektif digunakan sebagai dinding pelindung sinar radiasi sinar X.

- c. Agregat ringan

Mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 yang biasanya digunakan untuk non-struktural. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih kecil. Agregat ini mempunyai daya serap yang tinggi sehingga pengadukan beton cepat keras dan

mempunyai kuat tarik yang rendah, modulus elastisitasnya rendah serta resapan dan susutan lebih tinggi.

3. Kadar air agregat

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat. Air yang ada pada suatu agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang perlu dipakai dalam campuran adukan beton dan untuk mengetahui berat satuan agregat. Kadar air agregat dapat dibedakan menjadi empat jenis yaitu :

1. Kadar air kering tungku

Yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair dan berarti dapat secara penuh menyerap air.

2. Kadar air kering udara

Kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air.

3. Kadar air jenuh kering permukaan

Kondisi dimana tidak ada air di permukaan agregat tetapi agregat tersebut masih dapat menyerap air tetapi air dalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton.

4. Kadar air basah

Kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air, sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton.

Dari keempat kondisi tersebut hanya dua yang sering dipakai dalam dasar hitungan yaitu kering tungku dan jenuh kering muka. Kadar air biasanya dinyatakan dalam prosen dan dapat dihitung sebagai berikut :

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

w = Kadar air

W_1 = berat agregat basah

W_2 = agregat yang dikeringkan dalam oven pada suhu 105° C sampai beratnya tetap.

4. Ukuran maksimum butir agregat

Adukan beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang sama, atau beton dengan kekuatan yang sama, akan membutuhkan semen yang lebih sedikit apabila dipakai butir-butir kerikil yang besar-besar. Oleh karena itu, untuk mengurangi jumlah semen sehingga biaya pembuatan beton berkurang maka dibutuhkan ukuran butir-butir maksimum agregat yang sebesar-besarnya. Pada umumnya ukuran maksimum agregat yang dipakai adalah 10 mm, 20 mm, 30 mm, atau 40 mm.

5. Gradasi agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) maka volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir agregatnya bervariasi maka pori-porinya menjadi sedikit karena terisi dengan ukuran agregat yang lebih kecil. Dengan kata lain kemampuan yang dihasilkan akan tinggi, karena dalam pembuatan beton sangat

dibutuhkan nilai kemampatan yang tinggi. Dengan gradasi agregat yang baik akan menghasilkan beton yang kuat karena volume ruang kosong diantara butiran menjadi minimal, sehingga beton menjadi padat dan kompak.

6. Modulus halus butir agregat (MHB)

Modulus halus butir adalah suatu indek yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. MHB didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butiran agregat yang tertinggal diatas satu set ayakan, kemudian nilai tersebut dibagi dengan seratus. Semakin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butir agregatnya.

7. Keausan agregat

Keausan suatu agregat dapat dilakukan dengan cara test abrasi dengan menggunakan alat uji *Los Angeles*. Persentasi jumlah agregat yang hancur selama pengujian merupakan ukuran dari sifat-sifat agregat yaitu kekuatan, kekerasan, ketahanan aus.

3.5.3 Pengaruh Pemadatan Beton Terhadap Kekuatan Beton

Tujuan pemadatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga-rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan yang tinggi akan menghasilkan kekuatan yang tinggi. Pemadatan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara manual (dengan tenaga manusia) dan dengan cara menggunakan mesin pemadat bergetar (*vibrator*). Pemadatan dengan menggunakan *vibrator* akan memiliki kekuatan beton yang lebih baik dari pada

pemadatan dengan cara manual atau tenaga manusia. Hal ini juga tergantung dengan metode pematatannya dan kepiawaian dari pelaksananya. Selain itu *vibrator* juga dapat digunakan pada campuran yang memiliki *workability* yang rendah.

3.5.4 Pengaruh Perawatan Beton Terhadap Kekuatan Beton

Maksud dari perawatan beton yaitu berupa reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton yang tergantung dari pengadaan airnya selain itu berguna sebagai pengendalian proses hidrasi yang berlangsung pada campuran beton tersebut. Air yang tersedia harus memadai untuk proses hidrasi selama pencampuran sehingga memungkinkan terjadinya reaksi kimia yang berkelanjutan. Penguapan air dapat menyebabkan terhentinya proses hidrasi sehingga peningkatan kekuatan beton akan berkurang. Oleh karena itu direncanakan suatu cara perawatan beton untuk mempertahankan berlangsungnya proses hidrasi agar kekuatan beton dapat meningkat.

Beberapa cara perawatan beton yaitu :

- a. Menaruh beton segar di dalam ruangan yang lembab.
- b. Menaruh beton segar di dalam air (terendam air).
- c. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah.
- d. Menyirami permukaan beton.
- e. Perawatan dengan penguapan.
- f. Perawatan dengan membran.

Membran yang digunakan untuk perawatan merupakan penghalang fisik untuk menghalangi penguapan air. Lembaran plastik atau lembaran lain yang

kedap air dapat digunakan dengan sangat efisien. Cara ini harus dilaksanakan sesegera mungkin setelah waktu pengikatan beton. Perawatan dengan cara ini dapat juga dilakukan setelah atau sebelum perawatan dengan pembasahan (Tri Mulyono, 2004).

Semua jenis perawatan di atas dilakukan selama periode waktu tertentu sehingga didapatkan kekuatan beton yang maksimal.

3.6 Metode Perencanaan Adukan Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton dengan metode ACI (*American Concrete Institute*). Salah satu tujuan peneliti menggunakan metode ACI ini, karena beton dengan menggunakan metode ACI ini, menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Ukuran derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari pengujian nilai slump.

Adapun tata cara urutan perencanaan campuran adukan beton menurut standart ACI adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan kuat desak rata-rata beton

Perhitungan kuat desak rata-rata beton memiliki syarat terhadap nilai margin akibat pengawasan dan jumlah sample yang ditambahkan pada penjumlahan kuat desak rencana beton sesuai dengan rumus berikut :

$$f'_{cr} = f'_c \times k \times S \dots\dots\dots(3.5)$$

Dengan :

$$f'_{cr} = \text{Kuat desak rata-rata beton} \dots\dots\dots(\text{MPa})$$

$$f'_c = \text{Kuat desak rencana beton} \dots\dots\dots(\text{MPa})$$

k = Tetapan statistik Untuk Indonesia memakai 5%
kegagalan maka faktor $k = 1,64$ (tabel 3.3).

S = deviasi standart (tabel 3.4).

Tabel 3.2 Nilai k Untuk Beberapa Keadaan

No	Keadaan	Nilai k
1	Untuk 10% defektif	1,28
2	Untuk 5% Defektif	1,64
3	Untuk 2,5% Defektif	1,96
4	Untuk 1% Defektif	2,33

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

Tabel 3.3 Nilai Deviasi Standart (kg/cm^2)

Volume pekerjaan (m^3)	Mutu pekerjaan		
	Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil < 1000	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 6,5$	$6,5 < S < 8,5$
Sedang 1000 – 3000	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 7,5$
Besar > 3000	$2,5 < S < 4,5$	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 6,5$

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

2. Menentukan faktor air semen

Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak beton rata-rata (tabel 3.4) dan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan (tabel 3.5) dari dua tersebut dipilih yang paling rendah sebagai berikut :

Tabel 3.4 Hubungan Fas dan Kuat Tekan Silinder Beton Umur 28 Hari

Faktor air semen	Perkiraan kuat tekan (MPa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

Tabel 3.5 Faktor Air Semen Maksimum Berdasarkan Pengaruh Tempat Elemen

Kondisi elemen	Nilai fas
Beton didalam ruang bangunan	
a. keadaan keliling non korosif	0,6
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi	0,52
Beton diluar bangunan	
a. tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
Beton yang masuk ke dalam tanah	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontiyu berhubungan dengan	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

3. Menentukan besar nilai slump

Nilai slump ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan penggunaan elemen struktur. Nilai slump berdasarkan penggunaan jenis elemen dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.6 Nilai Slump Berdasarkan Penggunaan Jenis Elemen

Pemakaian jenis elemen	Max (cm)	Min (cm)
Dinding pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur bawah pondasi	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan missal	7,5	2,5

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

4. Menetapkan jumlah air yang dibutuhkan

Jumlah kebutuhan air yang diperlukan dalam campuran adukan beton dalam setiap 1 m³ dapat ditentukan berdasarkan diameter maksimum agregat dan dari nilai slump (tabel 3.7)

Tabel 3.7 Perkiraan Nilai Slump Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat

Slump	Ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25 – 50	206	182	162
75 – 100	226	203	177
150 175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

5. Menghitung kebutuhan semen berdasarkan hasil penentuan langkah ke-dua (didapat nilai fas) dan ke-empat (didapat jumlah air) dengan membagi rasio kebutuhan air dengan nilai fas

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas} \dots\dots\dots(3.6)$$

6. Menetapkan volume agregat kasar

Menentukan jumlah agregat kasar yang digunakan dalam campuran adukan beton berdasarkan pada tabel 3.8 dibawah ini :

Tabel 3.8 Perkiraan Kebutuhan Agregat Kasar Per m³ Beton Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat dan Modulus Halus Butir Pasir (m³)

Ukuran max agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,84	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan

Perhitungan agregat halus dapat berdasarkan pada pengurangan volume absolute terhadap volume agregat kasar, volume semen, volume air serta prosentasi udara yang terperangkap dalam adukan.