

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton adalah salah satu jenis konstruksi bangunan yang sangat banyak dipakai disamping konstruksi baja dan kayu. Beton tersebut dapat diperoleh dengan cara membuat suatu komposisi campuran yang terdiri dari semen portland, pasir dan kerikil yang ditambah air dengan perbandingan tertentu, dan kadang-kadang juga dipakai bahan tambah.

Campuran bahan-bahan tersebut akan menghasilkan campuran yang plastis, sehingga dapat dituangkan ke dalam cetakan dengan bentuk dan ukuran sesuai dengan yang diinginkan. Campuran tersebut bilamana dibiarkan, maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan itu terjadi karena adanya peristiwa reaksi kimia antara air dan semen.

Sedangkan agregat kasar dan agregat halus tidak mengalami proses hidrasi, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi atau bahan yang diikat oleh semen setelah proses pengerasan. Dan hal ini berlangsung selama waktu yang panjang, akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya.

Beton yang sudah mengeras dapat dianggap sebagai batu tiruan dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil atau batu pecah) diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus atau pasir), dan

pori-pori antara agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen).

Kekuatan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan dasar pembentuknya, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan, cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan.

Campuran beton yang baik harus memenuhi faktor sebagai berikut :

1. Kekuatan ("*strength*") tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan (mempunyai kuat tarik tinggi) dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat.
2. Tahan lama ("*durability*"), yakni sifat tahan terhadap pengkaratan / pembusukan oleh kondisi lingkungan.
3. Kemudahan pengerjaan ("*workability*"), sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan. Perbandingan maupun sifat bahan-bahan itu secara bersama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton (Kardiyono, 1995) antara lain :

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan. Makin banyak air yang dipakai makin mudah beton dikerjakan tetapi mengurangi kekuatan desaknya.
2. Penambahan semen ke dalam campuran, juga memudahkan cara pengerjaannya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air untuk memperoleh nilai fas tetap.

3. Gradasi campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, sehingga adukan beton mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempengaruhi cara pengerjaan dan kekuatan beton.
5. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai, juga berpengaruh pada tingkat kemudahan pengerjaan .
6. Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila dilakukan dengan alat penggetar maka diperlukan tingkat keenceran yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan.

Material-material penyusun yang digunakan dalam pembuatan campuran adukan beton adalah sebagai berikut :

2.1.1. Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan dan mencampurkan silikat-silikat kalsium yang *calcareous* seperti *lime stone* atau *chalk*, dan material *argillaceous* serta *silica* dan *alumina* yang terdapat sebagai lempung atau *shale*, dan juga besi oksida.

Karena bahan dasarnya terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina dan oksida besi maka bahan-bahan ini menjadi unsur pokok pembentuk semen. Sebagai hasil perubahan susunan kimia yang terjadi, diperoleh susunan kimia yang kompleks. Walaupun demikian pada dasarnya dapat disebutkan 4 unsur yang paling penting

pembentuk semen, yaitu :

1. Trikalsium Silikat (C_3S) atau $3CaO.SiO_2$
2. Dicalcium Silikat (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$
3. Trikalsium Aluminat (C_2A) atau $3CaO.SiO_2$
4. Tetrakalsium Aluminoforit (C_4AF) atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$.

Di Indonesia terdapat 5 jenis semen portland, yaitu : S-325, S-400, S-475, S-550, S-S. Pengelompokan tersebut menurut kehalusan butir dan kuat desak adukannya.

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah prosentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia (PUBLI-1982) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

1. Tipe I (*Normal Portland Cement*)

Semen yang dipakai untuk penggunaan umum dan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

2. Tipe II (*Modified Portland Cement*)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

3. Tipe III (*High Early Strength Portland Cement*)

Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.

4. Tipe IV (*Low Heat Portland Cement*)

Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut per-

syarat panas hidrasi yang rendah.

5. Tipe V (*Sulfat Resisting Portland Cement*)

Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam pengikatan semen adalah :

- a. Kehalusan semen, semakin halus butiran akan semakin cepat waktu pengikatan.
- b. Jumlah air, pengikatan semen akan semakin cepat bila jumlah air berkurang.
- c. Temperatur, waktu pengikatan akan semakin cepat jika temperatur makin tinggi.
- d. Penambahan zat kimia.

2.1.2. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 30 % berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini yang dipakai sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous.

Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal dengan *laitance* (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah

Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton, tetapi tidak berarti air pencampuran beton harus memenuhi standar persyaratan air minum. Secara umum, air yang dapat dipakai untuk bahan pencampuran beton ialah air yang apabila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % kekuatan beton yang memakai air suling.

Kekuatan beton dan daya tahannya berkurang jika air yang digunakan mengandung kotoran. Pengaruh pada beton antara lain pada lamanya waktu ikatan awal adukan beton, serta kekuatan betonnya setelah mengeras. Adanya butiran melayang atau lumpur dalam air diatas 2 gram/liter dapat mengurangi kekuatan beton. Air yang berlumpur terlalu banyak dapat diendapkan dulu sebelum dipakai, dalam kolam pengendap.

Dalam pemakaian air untuk beton, sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram / liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak

beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram / liter.

3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram / liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram / liter.

Untuk air perawatan, dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang dapat merusak warna permukaan hingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organik dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan cukup lama.

2.1.3. Agregat

Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen. Dalam struktur beton biasanya agregat menempati kurang lebih 70 - 75% dari volume massa yang telah mengeras. Agregat pada umumnya diklasifikasikan sebagai agregat halus dan agregat kasar (Arthur H. Nilson dan George Winter, 1993).

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan didasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kecil disebut agregat halus.

Dalam bidang teknologi beton nilai batas ukuran

Agre
 memenuhi
 1. Butir-
 tan
 aus ('
 atau
 yang l
 2. Tidak
 ayakar
 kotor
 agrega
 sampai
 batas-
 sebelu
 3. Tidak
 4. Tidak
 5. Mempur
 sehing
 butir
 memerl
 6. Bersih
 7. Untuk
 gat l
 alkali
 8. Untuk
 butire
 berat

agregat tersebut umumnya ialah 4,75 mm atau 4,8 mm. Agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar dan agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus.

Secara umum agregat kasar sering disebut sebagai kerikil, kericak, batu pecah atau split. Adapun agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu.

Agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 1,20 mm kadang-kadang disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut *silt* dan yang lebih kecil dari 0.002 mm disebut *clay*.

Dalam praktek agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

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

Agregat harus mempunyai bentuk yang baik (bulat atau mendekati kubus), bersih, keras, kuat dan gradasinya baik. Agregat harus pula mempunyai kestabilan kimiawi, dan dalam hal-hal tertentu harus tahan aus dan tahan cuaca.

Pada agregat untuk pembuatan mortar atau beton diinginkan butiran yang kemampatannya tinggi, karena volume porinya sedikit dan ini berarti hanya membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula.

Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut (Kardiono, 1993) :

1. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dapat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus ("abration test") menggunakan mesin uji Los Angeles atau bejana Rudellof, dimana syarat maksimum bagian yang hancur lolos ayakan 1,7 mm adalah 50 %.
2. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0.075 mm. Pada agregat halus jumlah kandungan kotoran ini harus tidak lebih dari 5 %, sedangkan pada agregat kasar kandungan kotoran ini dibatasi sampai 1 %. Jika agregat mengandung kotoran lebih dari batas-batas maksimum maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum dipakai.
3. Tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.
4. Tidak mengandung zat organik.
5. Mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik sehingga rongganya sedikit. Untuk pasir modulus halus butir (MHB) berkisar antara 1,5 - 3,8 , sehingga hanya memerlukan pasta semen yang sedikit.
6. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca.
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, agregat harus punya tingkat reaktif yang negatif terhadap alkali.
8. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20 % dari berat keseluruhan.

2.1.3.1. Agregat Halus atau Pasir

3. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 5 mm (Kusuma Gideon dan WC. Vis, 1993).

Umumnya pasir yang digali dari dasar sungai cocok digunakan untuk pembuatan beton. Pasir ini terbentuk ketika batu-batu dibawa arus sungai dari sumber air ke muara sungai. Akibat tergulung dan terkikis (pelapukan / erosi) akhirnya membentuk butir-butir halus.

Arus sungai membawa pecahan, butiran-butiran yang besar (kerikil) diendapkan pada hulu sungai sedangkan yang kecil-kecil di muara sungai. Karena alur sungai sering berpindah tempat sehingga banyak dangkalan pasir dan kerikil terletak di luar jalur sungai seperti sekarang ini.

2. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam (Kardi-yono Tjokrodimulyo, 1993) yaitu :

1. Pasir Galian

5 Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Tapi biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

1.

2. Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang

pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butiran agak kurang karena bentuk butir yang bulat.

3. Pasir Laut

Pasir laut ialah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek, karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Oleh karena itu pasir laut sebaiknya jangan dipakai.

Sedangkan agregat halus atau pasir buatan diperoleh dengan cara memecah batu menjadi berukuran butiran yang diinginkan.

2.1.3.2. Agregat Kasar (Kerikil / split)

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batuh pecah yang diperoleh dari pemecah batu dan mempunyai ukuran 5 - 40 mm (Kusuma Gideon dan WC. Vis, 1993).

Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dapat dibedakan atas 3 golongan (Kardiono Tjokromulyo, 1993), yaitu :

1. Agregat Normal

Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 - 2,7 gr/cm^3 , agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt,

granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar $2,3 \text{ gr/cm}^3$.

2. Agregat Berat

Agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari $2,8 \text{ gr/cm}^3$, misalnya magnetik (Fe_3O_4), barytes (BaSO_4) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan juga mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm^3 , digunakan sebagai dinding pelindung radiasi sinar X.

3. Agregat Ringan

Agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2 gr/cm^3 yang biasanya dibuat untuk beton non struktural, tetapi dapat pula untuk beton struktural atau blok dinding tembok. Pada umumnya beton dari agregat ringan, selain bobotnya rendah juga mempunyai sifat lebih tahan api dan sebagai bahan isolasi panas yang lebih baik. Agregat ringan umumnya mempunyai daya serap air yang tinggi, sehingga dalam pengadukan beton cepat keras hanya dalam beberapa menit saja setelah pencampuran, untuk itu perlu diadakan pembasahan agregat terlebih dahulu sebelum pengadukan.

Pada agregat kasar harus terpenuhi gradasi yang baik. Apabila butir-butir agregat mempunyai gradasi yang sama atau seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya apabila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar.

2.2. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai nilai yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi.

Pada agregat untuk pembuatan mortar atau beton diinginkan butiran yang kemampatannya tinggi, karena volume porinya sedikit, dan ini berarti hanya membutuhkan bahan ikat sedikit saja (bahan ikat mengisi pori antara butir-butir agregat, bila volume pori sedikit berarti bahan ikat sedikit pula).

Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai persentase dari berat butiran yang tertinggal atau lewat di dalam suatu ayakan. Susunan ayakan itu ialah ayakan dengan lubang : 38 mm, 19 mm, 9,6 mm, 4,80 mm, 2,40 mm, 1,20 mm, 0,60 mm, 0,30 mm dan 0,15 mm.

Secara teoritis gradasi agregat yang terbaik adalah yang didasarkan pada karakteristik butir-butir agregatnya. Menurut peraturan di Inggris (British Standard) yang juga dipakai di Indonesia saat ini, kekasaran butiran dapat dibagi menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar, sebagai mana tampak pada tabel 2.1.

Adapun gradasi kerikil yang baik sebaiknya masuk di dalam batas-batas yang tercantum dalam tabel 2.2.

Tabel 2.1. Gradasi pasir menurut British Standard

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	84 - 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

Keterangan : Daerah I = pasir kasar
 Daerah II = pasir agak kasar
 Daerah III = pasir agak halus
 Daerah IV = pasir halus

Tabel 2.2. Gradasi kerikil menurut British Standard

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan Besar butir maksimum		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
40	95 - 100	100	100
20	30 - 70	90 - 100	100
12,5	---	---	90 - 100
10	10 - 35	25 - 55	40 - 85
4,8	0 - 5	0 - 10	0 - 10

Pada peraturan tersebut juga telah ditetapkan bahwa untuk campuran beton dengan diameter maksimum agregat sebesar 40 mm, 30 mm, 20 mm, 10 mm, gradasi agregatnya (campuran pasir dan kerikil) harus berada di dalam batas-batas yang tertera pada tabel berikut.

**Tabel 2.3. Persen butiran yang lewat ayakan (%).
Untuk agregat dengan butir maksimum 40 mm.**

Lubang (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
38	100	100	100	100
19	50	59	67	75
9,6	36	44	52	60
4,8	24	32	40	47
2,4	18	25	31	38
1,2	12	17	24	30
0,6	7	12	17	23
0,3	3	7	11	15
0,15	0	0	2	5

**Tabel 2.4. Persen butiran yang lewat ayakan (%).
Untuk agregat dengan butir maksimum 30 mm.**

Lubang (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3
38	100	100	100
19	74	86	93
9,6	47	70	82
4,8	28	52	70
2,4	18	40	57
1,2	10	30	46
0,6	6	21	32
0,3	4	11	19
0,15	0	1	4

**Tabel 2.5. Persen butiran yang lewat ayakan (%).
Untuk agregat dengan butir maksimum 20 mm.**

Lubang (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
19	100	100	100	100
9,6	45	55	65	75
4,8	30	35	42	48
2,4	23	28	35	42
1,2	16	21	28	34
0,6	9	14	21	27
0,3	2	3	5	12
0,15	0	0	0	2

**Tabel 2.6. Persen butiran yang lewat ayakan (%).
Untuk agregat dengan butir maksimum 10 mm.**

Lubang (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
9,6	100	100	100	100
4,8	30	45	60	75
2,4	20	33	46	60
1,2	16	26	37	46
0,6	12	19	28	34
0,3	4	8	14	20
0,15	0	1	3	6

Dalam praktek diperlukan suatu campuran pasir dan kerikil dengan perbandingan tertentu agar gradasi campuran dapat masuk dalam kurva standar di atas.

2.2.1. Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (*fineness modulus*) ialah suatu indek yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan dan kekasaran butir-butir agregat.

Modulus halus butir (Mhb) didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal diatas suatu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Susunan lubang ayakan itu adalah sebagai berikut : 38 mm, 19 mm, 9,60 mm, 4,80 mm, 2,40 mm, 1,20 mm, 0,60 mm, 0,30 mm dan 0,15 mm.

Makin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8. Adapun modulus halus untuk kerikil biasanya antara 5 dan 8. Modulus halus butir selain untuk ukuran kehalusan butir juga dapat dipakai untuk mencari nilai perbandingan

berat antara pasir dan kerikil, bila kita akan membuat campuran beton. Modulus halus butir agregat dari campuran pasir dan kerikil untuk bahan pembuat beton berkisar antara 5,0 dan 6,5.

Hubungan antara Mhb pasir, Mhb kerikil dan Mhb campurannya dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100 \%$$

Keterangan : W = Persentase berat pasir terhadap berat kerikil
 K = Modulus halus butir kerikil
 P = Modulus halus butir pasir
 C = Modulus halus butir campuran

2.2.2. Kadar Air Agregat

Air yang ada pada suatu agregat di lapangan perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang perlu dipakai dalam campuran adukan beton dan pula untuk mengetahui berat satuan agregat. Keadaan kandungan air di dalam agregat di bedakan menjadi beberapa tingkat :

a. Kering Tungku

Benar-benar tidak berair, dan ini berarti secara penuh dapat menyerap air.

b. Kering Udara

Butir-butir agregat kering permukaannya tetapi mengandung sedikit air di dalam porinya. Karena itu

dalam tingkat ini agregat masih sedikit mengisap air.

c. Jenuh Kering Muka

Pada tingkat ini tidak ada air di permukaan tetapi butir-butirnya berisi air sejumlah yang dapat diserap. Dengan demikian butir-butir agregat pada tahap ini tidak menyerap dan juga tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan beton.

d. Basah

Pada tingkat ini butir-butir mengandung banyak air, baik di permukaan maupun di dalam butiran, sehingga bila dipakai untuk campuran akan memberi air.

Dari keempat keadaan tersebut di atas, hanya dua keadaan yang sering dipakai dalam dasar hitungan, ialah kering tungku dan jenuh kering muka, karena konstan untuk agregat tertentu. Adapun kering udara dan basah sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh lingkungan dan merupakan keadaan sebenarnya di lapangan.

Keadaan jenuh kering muka (Saturated Surface Dry / SSD) lebih disukai sebagai standar, karena :

1. Merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah atau mengurangi air dari pastinya.
2. Kadar air di lapangan lebih banyak mendekati keadaan SSD daripada yang kering tungku.

2.2.3. Pengembangan Volume Pasir

Volume pasir biasanya mengembang bila sedikit mengandung air. Pengembangan volume itu disebabkan karena adanya lapisan tipis air di sekitar butir-butir pasir. Ketebalan lapisan itu bertambah dengan adanya kandungan air di dalam pasir, dan ini berarti pengembangan volume secara keseluruhan. Akan tetapi pada suatu kadar air tertentu, volume pasir mulai berkurang dengan bertambahnya kadar air. Pada suatu kadar tertentu pula, besar penambahan volume pasir itu menjadi nol, berarti volume pasir menjadi sama dengan volume pasir kering.

Pasir yang halus mengembang lebih banyak daripada pasir yang kasar. Besar pengembangan volume pasir itu dapat sampai 25 atau 40 %.

Untuk menghindari kesalahan hitung (perbedaan antara hitungan dengan pelaksanaan) pada pencampuran pasir dalam adukan beton / mortar akibat pengaruh pengembangan pasir tersebut, maka perlu diadakan sedikit koreksi bila mencampur pasir untuk mortar atau beton dengan meninjau kandungan air dalam pasirnya.

Jika pasir diukur menurut volume dan tidak diberikan koreksi terhadap pengembangan volume, maka campuran adukan beton akan kekurangan pasir seperti yang ditetapkan, karena pasir yang basah menempati volume yang lebih besar daripada pasir kering. Dalam kasus ini penambahan volume pasir diperlukan sebesar persentase pengembangan volumenya, agar jumlah pasir yang dimasukkan ke dalam

adukan sama dengan yang direncanakan. Karena itu campuran beton dengan perbandingan volume tidak boleh dipakai untuk beton mutu lebih dari 20 Mpa. Dalam penelitian ini, mutu beton rencana adalah K-225 (22,5 Mpa), maka campuran adukan beton menggunakan perbandingan berat.

2.3. Kuat Desak Beton

Campuran beton harus dipilih sedemikian rupa hingga menghasilkan kekuatan tekan karakteristik (σ'_{bk}) yang disyaratkan untuk mutu beton yang bersangkutan. Yang dimaksud kekuatan tekan karakteristik ialah kekuatan tekan yang diperoleh dari pemeriksaan benda uji kubus yang berukuran 15 x 15 x 15 cm pada umur 28 hari.

Apabila kekuatan tekan beton tidak ditentukan dengan benda uji kubus yang bersisi 15 cm, tetapi dengan benda uji kubus yang berukuran 20 x 20 x 20 cm atau dengan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, maka perbandingan antara kekuatan desak yang didapat dengan benda uji terakhir ini dengan benda uji kubus yang berukuran 15 x 15 x 15 cm diambil menurut tabel 2.7.

Tabel 2.7. Perbandingan kekuatan desak beton pada berbagai benda uji.

Benda Uji	Perbandingan Kuat Desak
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1,0
Kubus 20 x 20 x 20 cm	0,95
Silinder \varnothing 15 x 30 cm	0.83

Apabila pemeriksaan benda uji tidak dilakukan pada umur 28 hari, maka perbandingan kekuatan desak beton pada berbagai umur dapat diambil menurut tabel 2.2. (PBI '71 NI-2, 1979).

Tabel 2.8. Perbandingan kuat desak beton pada berbagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen portland biasa	0,4	0,65	0,88	0,95	1	1,2	1,35
Semen portland dengan kekuatan awal tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1	1,15	1,20

Pada dasarnya beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat desak tinggi, kuat lekat tinggi, rapat air, susutnya kecil, tahan aus, tahan terhadap pengaruh cuaca dan tahan terhadap serangan zat-zat kimia yang akan merusak mutu beton. Apabila kuat desak tinggi, maka sifat-sifat yang lainnya cenderung baik, maka peninjauan secara kasar mutu beton biasanya hanya ditinjau kuat desaknya saja.

Kuat desak beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air semen dan tingkat pematatannya, faktor-faktor tersebut antara lain (Chu-Kla Wang dan Charles G. Salmon, 1993) :

1. Jenis semen dan kualitasnya

Jenis semen dan kualitasnya sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.

2. Jenis dan bentuk bidang permukaan agregat

Penggunaan agregat dengan permukaan kasar akan menghasilkan beton dengan kuat desak yang lebih tinggi daripada penggunaan agregat kasar permukaan halus.

3. Efisiensi Peralatan (*curing*)

Kehilangan kekuatan sampai sekitar 40 % dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya.

4. Faktor umur

Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah sesuai dengan umurnya. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun.

5. Mutu agregat

Pada kenyataannya kekuatan atau ketahanan aus (abrasi) agregat, besar pengaruhnya terhadap kuat desak beton.

Untuk mendapatkan kuat desak beton karakteristik harus diperhatikan faktor bentuk dan umur benda uji. Oleh karena benda uji yang digunakan adalah kubus berukuran 15x15x15 cm, maka faktor bentuk adalah satu.

Penyebaran dari hasil kuat desak akan kecil atau besar tergantung pada tingkat kesempurnaan pelaksanaannya, dengan menganggap nilai-nilai dari hasil pemeriksaan tersebut juga merupakan indikator pelaksanaan, nilai penyebaran ini yang disebut deviasi standar.

$$\sigma'_{b} = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{1}^n (\sigma'_{b} - \sigma'_{bm})^2}{N - 1}} \quad (2.2)$$

dimana :

S_d = Deviasi standard (kg/cm^2).

$\sigma' b$ = Kuat tekan beton masing-masing benda uji (kg/cm^2).

$\sigma' b_m$ = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm^2).

P = Beban desak maksimum (kg)

A = Luas benda uji (cm^2)

$$\sigma' b_m = \frac{\sum_{1}^n \sigma' b}{N} \quad (2.3)$$

N = Jumlah benda uji

Sedangkan rumus tegangan karakteristik beton :

$$\sigma' b_k = \sigma' b_m - 1,64.S \quad (2.4)$$

2.4. Rencana Campuran Menurut Metode ACI

Untuk merencanakan perbandingan campuran beton umumnya didasarkan pada hubungan kuat desak dan faktor air semen (fas). Dari kuat tekan yang direncanakan diperoleh nilai faktor air semen. Disini membuktikan bahwa kuat desak beton tergantung pada perbandingan antara air dengan semen, serta agregat yang digunakan dalam campuran.

The American Concrete Institut (ACI) menyarankan suatu perencanaan yang memperhatikan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan serta kuat desak yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air per meter kubik adukan beton menentukan tingkat konsistensi atau kekentalan adukan tersebut (Kardiyono, 1993).

Dalam penelitian ini direncanakan jenis beton struktural, kuat desak beton yang direncanakan K-225. Tahapan perhitungan perancangan campuran beton dengan metode ACI adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kuat desak beton rata-rata berdasarkan kuat desak karakteristik beton dan nilai margin.

$$\sigma'_{bm} = \sigma'_{bk} + m$$

$$m = 1,64 \cdot Sd$$

dengan :

σ'_{bm} = kuat desak beton rata-rata (kg/cm^2)

σ'_{bk} = kuat desak beton karakteristik (kg/cm^2)

m = nilai margin (kg/cm^2)

Sd = deviasi standar

Tabel 2.9 Nilai deviasi standar (kg/cm^2)

Volume Pekerjaan (M^3)	Mutu Pelaksanaan		
	Baik sekali	Baik	Cukup
kecil : < 1000	45<Sd<=55	55<Sd<=65	65<Sd<=85
Sedang: 1000-3000	35<Sd<=45	45<Sd<=55	55<Sd<=75
Besar : > 3000	25<Sd<=35	35<Sd<=45	45<Sd<=65

2. Menentukan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur beton rencana (tabel 2.11) dan keawetan berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan (tabel 2.12). Dari keduanya dipilih yang terkecil.

Tabel 2.11 Hubungan faktor air semen dan kuat desak beton pada umur 28 hari.

Fas	Kemungkinan Kuat Desak Beton Pada Umur 28 hari (kg/cm ²)
0,35	420
0,44	350
0,53	280
0,62	224
0,71	175
0,80	140

Tabel 2.12 Faktor air semen maksimum

Beton di dalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif atau kondensasi atau uap air	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 alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan air :	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

3. Menentukan nilai slump berdasarkan jenis struktur dan ukuran agregat maksimum (tabel 2.13 dan tabel 2.14).

Tabel 2.13 Nilai Slump (cm)

Pemakaian beton	Maksimum	Minimum
Dinding, Plat fondasi dan fondasi bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Tabel 2.13A. Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi minimum	Balok/Kolom	Plat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

4. Menentukan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump (Tabel 2.14).

Tabel 2.14 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump

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

5. Menghitung berat semen yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) diatas.
6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton berdasarkan ukuran agregat maksimum dan nilai modulus halus agregat halus (Tabel 2.15).

Tabel 2.15. Volume agregat tiap satuan volume adukan beton

Ukuran Maks. (mm)	Volume Agregat SSD Untuk Berbagai Nilai MHB			
	2,4	2,6	2,8	3
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	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen dan agregat kasar yang diperlukan serta udara terperangkap dalam adukan, dengan cara perhitungan volume absolut.
8. Menghitung berat masing-masing bahan penyusun beton.

