

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Pendahuluan

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan utama struktur bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan mencampurkan semen portland, air dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah yang bervariasi macamnya, mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non kimia) dengan perbandingan tertentu. Campuran tersebut apabila dituangkan kedalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi oleh suatu reaksi kimia antara air dan semen, dan berjalan selama waktu yang panjang, sehingga berakibat campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya. Beton yang telah mengeras dapat dianggap sebagai batu tiruan dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar yang berupa kerikil), diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus yang berupa pasir). Pori-pori antara agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen). Pasta semen tersebut disamping mengisi pori-pori diantara butiran agregat halus, juga berfungsi sebagai perekat selama proses pengerasan, sehingga butiran agregat saling terekat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak atau padat.

Luasnya pemakaian beton disebabkan beton terbuat dari bahan-bahan yang umumnya mudah diperoleh dan mudah diolah. Hal tersebut menyebabkan beton

mempunyai sifat yang dituntut sesuai dengan keadaan situasi pemakaian tertentu. Sifat menguntungkan lainnya, beton mempunyai kuat desak yang tinggi, anti korosi, dan jika dipadukan dengan baja tulangan akan memiliki kuat tarik yang tinggi.

Pengerjaan beton sebenarnya tidaklah sesedehana hanya sekedar mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk suatu campuran yang plastis. Membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, harus diperhitungkan dengan teliti cara-cara memperoleh adukan beton segar yang baik, sehingga nantinya diperoleh hasil berupa beton yang mempunyai kekuatan yang tinggi.

### 3.2 Beton Ringan

Menurut SK-SNI T-15-1991-03, berdasarkan berat volumenya beton dapat digolongkan menjadi tiga golongan, yaitu :

1. Beton ringan,

Yaitu beton yang mempunyai berat volume kurang dari  $1900 \text{ kg/m}^3$ .

2. Beton normal,

Yaitu beton yang mempunyai berat volume antara  $2200 \text{ kg/m}^3$  sampai dengan  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

3. Beton berat,

Yaitu beton yang mempunyai berat volume lebih besar dari  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

Beton ringan sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan-bahan penyusun beton itu sendiri, terutama berat jenis agregatnya. Untuk mendapatkan berat jenis

yang ringan dapat ditempuh dengan beberapa cara, misalnya dengan memanfaatkan kandungan udara di dalam beton maupun agregatnya.

Beton menjadi ringan disebabkan oleh kandungan udara dalam beton didapat dengan tiga cara (Lydon F.D, 1979), yaitu :

1. Gelembung udara yang berukuran agak kasar yaitu sekitar 1 mm sampai dengan 3 mm yang terdapat dalam mortar.
2. Rongga udara yang terdapat dalam partikel agregat kasar yang terikat oleh lapisan tipis pasta semen.
3. Rongga udara dalam partikel agregat kasar itu sendiri yang biasanya terdapat dalam agregat ringan.

Berdasarkan berat volume kering udara pada umur 28 hari beton ringan dapat digolongkan menjadi tiga golongan ( Chu-Kia Wang dan Salmon, C.G, Desain Beton Bertulang, 1993), yaitu :

1. Beton dengan kepadatan rendah,  
Yaitu beton yang mempunyai berat volume antara  $350 \text{ kg/m}^3$  sampai dengan  $800 \text{ kg/m}^3$ .
2. Beton dengan kepadatan medium,  
Yaitu beton yang mempunyai berat volume antara  $800 \text{ kg/m}^3$  sampai dengan  $1350 \text{ kg/m}^3$ .
3. Beton untuk konstruksi,  
Yaitu beton yang mempunyai berat volume antara  $1350 \text{ kg/m}^3$  sampai dengan  $1900 \text{ kg/m}^3$ .

Beton ringan (*Light Weight Concrete*) digunakan untuk berbagai tujuan, misalnya untuk penyekat, sebagai bahan pengisi yang mempunyai kekuatan menengah dan untuk penggunaan elemen struktur. Untuk penggunaan yang terakhir yang dikenal dengan beton struktur beragregat ringan, didefinisikan sebagai beton yang pada usia 28 hari mempunyai kekuatan lebih besar dari 225 kg/cm<sup>2</sup>.

Di Amerika Serikat telah ditetapkan bahwa beton ringan untuk struktur harus mempunyai kuat desak lebih besar dari 170 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari, dengan berat jenis 1400 kg/m<sup>3</sup> sampai dengan 1800 kg/m<sup>3</sup>. Beton ringan untuk bahan isolasi atau dinding penyekat mempunyai kuat desak antara 7 kg/cm<sup>2</sup> sampai dengan 70 kg/m<sup>2</sup>, dengan berat jenis kurang dari 800 kg/m<sup>3</sup> (A.M. Neville, 1975).

Beton struktural yang mengandung agregat ringan digolongkan menjadi 2 golongan (SK-SNI T-15-1991), yaitu:

1. Beton ringan total (*All low density concrete*)

Yaitu beton yang menggunakan agregat ringan secara keseluruhan, baik agregat kasar maupun halus.

2. Beton ringan berpasir (*Sand low density concrete*)

Yaitu beton ringan yang menggunakan agregat halus pasir alami.

Tipe dari berbagai jenis beton ringan, sifat-sifat dan kuat desaknya dapat dilihat pada tabel 3.1. (L.J. Murdock dan K.M. Brook, 1991) berikut ini :

**Tabel 3.1 Tipe dan Sifat Berbagai Jenis Beton Ringan**

Tipe beton ringan	Berat jenis (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Penyusutan kering	Mudah atau tidak mudah dikerjakan	Kuat atau tidak bila dipaku atau disekrup
Tepung abu bakar yang dikeraskan	1360-1760	142,76-428,28	0,04-0,07	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Batu tulis atau tanah liat yang dikembangkan ( <i>Ag-lite &amp; Leca</i> )	1360-1840	142,76-428,28	0,04-0,07	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Busa arang ( <i>foamed slag</i> )	1680-2080	107,07-428,28	0,24-0,93	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Batu apung	720-1440	20,39-142,76	0,21-0,90	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Clinker (butiran yang mengeras)	1040-1520	20,39-71,38	0,04-0,08	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Adukan semen yang dicampur dengan udara ( <i>aerated</i> )	400-960	14,28-49,97	0,05-0,18	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Beton tanpa butiran halus : a. Perbandingan volume 1 : 8 (semen:agregat) b. Perbandingan volume 1 : 6 (semen:agregat)	1600-1840	35,69-112,17 24,76-61,61	0,02-0,03 tergantung agregat yang digunakan	Sukar dikerjakan Mudah dikerjakan	Diperlukan blok yang dipasang pada betonnya

### 3.3 Material Penyusun Beton

Material penyusun beton terdiri dari dua bagian, yaitu :

1. Material penyusun beton pokok, adalah material utama penyusun beton, yaitu :

1. Semen Portland
2. Agregat

3. Agregat Ringan
  4. Air
2. Material penyusun beton tambahan, adalah material tambahan pembuat beton, yaitu :

1. Abu Sekam Padi (*rice husk ash*)

Beton terdiri dari campuran semen dan air yang akan bereaksi secara kimia sehingga terbentuk ikatan yang keras, dimana agregat akan beradhesi dengannya. Penentuan bahan campuran yang memenuhi persyaratan yang telah ditentukan, akan memberikan mutu beton yang baik. Penyimpanan dan perawatan bahan-bahan yang diperlukan juga sangat mempengaruhi mutu beton yang dihasilkan. Beton sebagai bahan elemen struktur memiliki karakteristik yang terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut :

### 3.3.1 Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker-klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (Kardiyono, 1992) yang berupa bubuk halus dengan kandungan kapur, silika dan alumina. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat halus dan kasar, agar terjadi massa yang kompak atau padat. Selain hal tersebut di atas semen juga berfungsi untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat.

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

1. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.
2. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Disamping itu juga terdapat beberapa kategori dari campuran semen hidrolis (ASTM C595), seperti semen bara portland yang dikeringkan dalam dapur api, semen portland pozzolan yang dimodifikasi dengan bara. Semen bara portland yang dikeringkan dalam dapur api mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan semen biasa tipe I, dan digunakan untuk konstruksi beton masif seperti konstruksi bendungan. Semen ini memiliki daya tahan terhadap sulfat yang tinggi, biasanya digunakan untuk konstruksi di dalam air.

Semen portland pozzolan adalah campuran dari semen tipe I biasa dengan pozzolan. Semen campuran dengan pozzolan ini memiliki kekuatan lebih lambat dibandingkan dengan semen yang tanpa pozzolan, dan mengeluarkan suhu yang

lebih rendah sewaktu hidrasi, sehingga semen jenis ini dipakai secara luas untuk konstruksi beton masif (Chu – Kia Wang dan Charles G. Salmon, 1993).

Apabila semen dicampur dengan air membentuk suatu adukan yang halus, bahan tersebut lambat laun akan mengeras sampai menjadi padat. Proses ini dikenal sebagai proses pemadatan dan pengerasan. Semen dikatakan telah memadat apabila telah mencapai kekakuan yang cukup untuk mencapai suatu tekanan tertentu yang diberikan. Proses pemadatan selanjutnya berlangsung dalam jangka waktu yang cukup lama hingga mengeras, yaitu untuk mendapatkan kekuatan yang lebih besar.

Semen apabila bersentuhan dengan air maka akan terjadi proses hidrasi dalam arah kedalam dan keluar. Proses ini berarti hasil hidrasi mengendap dibagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya mengecil. Proses ini menyebabkan terjadinya suatu proses pengakuan yang cepat dari adukan, yaitu 2 sampai 5 jam setelah air dicampur dengan semen. Proses hidrasi akan berlangsung lebih dalam kedalam butir-butir semen dengan kecepatan yang makin lama makin berkurang, sesuai dengan berlangsungnya suatu proses pengakuan dan pengerasan dari massa tersebut.

Semen yang berhubungan dengan udara luar akan menyerap air dengan perlahan-lahan, dan penyerapan ini akan memperlambat proses pengerasan semen dan mengurangi kekuatan. Semen dapat dijaga mutunya dalam waktu yang tidak terbatas, asalkan uap air dijauhkan dari tempat penyimpanan semen. Penyimpanan semen yang baik tentunya akan dapat menghemat biaya pekerjaan konstruksi.



### 3.3.2 Agregat

Agregat adalah butiran-butiran mineral sebagai bahan campur dalam campuran beton yang berfungsi sebagai berikut :

1. bahan pengisi (*filler*),
2. memberikan stabilitas volume dan keawetan,
3. memberikan sifat dapat dikerjakan dan keseragaman campuran,
4. membantu semen dalam merekatkan agregat kasar,
5. mencegah segregasi pasta semen dan agregat kasar,
6. memberi kekuatan pada beton (Bale, H.A., 1999).

Agregat sebagai salah satu bahan yang berfungsi sebagai pengisi, menempati proporsi sekitar 70 % volume mortar atau beton. Walaupun sifatnya hanya sebagai pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton.

Dalam praktek agregat biasanya dibedakan dalam 3 kelompok (Kardiyono, 1995), yaitu :

1. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm.
2. Kerikil, untuk butiran antara 5 mm sampai 40 mm.
3. Pasir, untuk butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Berdasarkan asal terjadinya, agregat dibedakan dalam 2 golongan, yaitu agregat alami dan agregat buatan. Agregat alami diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alamiah atau dapat pula diperoleh dengan cara memecah batu alam menjadi bagian-bagian yang lebih kecil (kerikil).

Pasir alam terbentuk dari pecahan batu karena beberapa sebab, dan dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai atau tepi laut. Oleh karena itu pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam (Kardiyono, Teknologi Beton, 1995), yaitu :

1. Pasir galian, pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan menggali. Biasanya berbentuk tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam, tapi harus dibersihkan dari kotoran tanah.
2. Pasir sungai, diperoleh dari dasar sungai, berbentuk bulat dan berbutir halus.
3. Pasir laut, pasir ini diambil dari pantai, butir-butirnya halus dan bulat, dan merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman.

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi  $\frac{1}{4}$  in (6mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton, keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar ini harus bersih dari bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen (Edward G Navy, 1990).

Berdasarkan berat jenisnya agregat kasar dibedakan atas 3 golongan, yaitu agregat normal, agregat berat, dan agregat ringan (Kardiyono, 1995).

#### 1. Agregat normal

Agregat normal ialah agregat yang berat jenisnya antara  $2,5 \text{ gr/cm}^3$  -  $2,7 \text{ gr/cm}^3$ . 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 berat ialah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari  $2,8 \text{ gr/cm}^3$ , misalnya magnetik ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), Barytes ( $\text{BaSO}_4$ ), atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan juga mempunyai berat jenis tinggi sampai  $5,0 \text{ gr/cm}^3$ , digunakan sebagai dinding pelindung sinar X.

## 3. Agregat ringan

Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari  $2,0 \text{ gr/cm}^3$ , biasanya digunakan untuk beton non struktur, akan tetapi dapat pula untuk beton struktural atau blok dinding tembok. Kebaikannya ialah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan fondasinya lebih kecil.

Agregat kasar harus memenuhi persyaratan gradasi yang disyaratkan. Apabila butir-butir agregat mempunyai gradasi yang sama atau seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya apabila ukuran butir bervariasi atau bergradasi baik maka akan didapat volume pori yang kecil. Hal ini terjadi karena butir agregat yang kecil mengisi pori agregat diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori menjadi sedikit atau dengan kata lain kemampatannya tinggi. Pelaksanaan pekerjaan beton diinginkan komposisi butiran dengan kemampatan tinggi, karena volume porinya sedikit dan ini berarti hanya membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula.

Agregat sebagai bahan bangunan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1995):

1. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut. Untuk mengetahui kekuatan agregat dilakukan dengan pengujian ketahanan terhadap aus (*Abration Test*)

menggunakan mesin uji Los Angeles atau bejana Rudeloff dengan syarat bagian yang hancur lolos ayakan 1,70 mm maksimum adalah 50 %.

2. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm. Pada agregat halus jumlah kandungan kotor ini tidak lebih dari 5%, sedangkan pada agregat kasar kandungan kotor ini dibatasi 1%. Jika agregat mengandung kotoran lebih dari batas-batas maksimum maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum dipakai.
3. Tidak mengandung garam yang mengisap air dari udara.
4. Tidak mengandung zat organik.
5. Mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik sehingga rongganya sedikit. Untuk pasir, modulus halus butir berkisar antara 1,5 – 3,8 sehingga hanya memerlukan pasta semen sedikit.
6. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca.
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat harus mempunyai 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.

### 3.3.3 Agregat Ringan

Agregat ringan dapat dibedakan dalam dua kelompok (A.M. Naville, 1975), yaitu :

1. Agregat alami

Agregat alami adalah agregat yang langsung dihasilkan dari alam, misalnya batu-batuan yang dihasilkan gunung berapi, misalnya batu apung (*pumice*), *scoria*, *volcanic cinder*. Agregat alami hanya ditemukan di beberapa wilayah atau daerah tertentu saja, sehingga penggunaannya kurang luas.

## 2. Agregat buatan

Agregat buatan sering diberi nama sesuai dengan nama perusahaan yang memproduksinya, atau bahan dasar yang digunakan. Agregat yang termasuk dalam kelompok ini adalah *Aglite*, *Leca*, *Fly Ash*, *Foamed Slag* dan lain sebagainya.

Tanah liat/lempung yang terjadi secara alamiah dapat dipergunakan untuk menghasilkan bahan berpori yang ringan. Tanah lempung mengandung kurang lebih 15 macam mineral, yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Susunan kebanyakan tanah lempung terdiri dari silika dan alumina. Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran, tidak hanya terdiri dari satu macam ukuran partikel saja. Tanah lempung belum tentu hanya terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur dengan butiran-uitiran ukuran lanau maupun pasir, dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik.

Istilah pasir, lempung, lanau, atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas yang telah ditentukan. Istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus, misalnya lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis. Tanah lempung akan banyak

dipengaruhi oleh air, karena pada tanah berbutir halus luas permukaan spesifik lebih besar, sehingga variasi kadar air akan mempengaruhi plastisitas tanahnya.

Tanah lempung jika dipadatkan dengan cara yang benar akan memberikan kuat geser yang tinggi. Stabilitas terhadap sifat kembang susut tergantung dari jenis kandungan mineralnya. Lempung padat mempunyai permeabilitas yang rendah, dan tidak dapat dipadatkan dengan baik pada waktu basah. Pemadatan adalah proses bertambahnya berat volume kering tanah sebagai akibat memadatnya partikel yang diikuti oleh pengurangan volume udara dengan volume air yang tetap bertambah. Sifat-sifat teknis tanah lempung setelah dilakukan pemadatan akan bergantung pada cara atau usaha pemadatan, macam tanah, dan kadar airnya.

Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan, akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kering optimum, daripada yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air. Lempung kering optimum mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk menyerap air, sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang.

Jenis agregat ringan buatan yang sering dipakai antara lain :

a. *LECA (Light Weight Expanded Clay)*

*LECA* adalah hasil dari tanah liat yang dikembangkan dengan cara dipanaskan sekitar 1000° C sampai 1200° C. Bahan yang dihasilkan berbentuk bulat dan keras, tetapi ringan karena di dalamnya berpori. Berat jenis berkisar antara 650 kg/m<sup>3</sup> sampai 900 kg/m<sup>3</sup>. Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis sampai 1800 kg/m<sup>3</sup>.

b. *Aglite, Lytag*

*Aglite* adalah hasil dari batu kapur yang dibakar sampai sekitar  $1400^{\circ}\text{C}$ . Butiran yang dihasilkan berbentuk pecahan berpori yang lebih ringan dibandingkan dengan *LECA*, berat jenisnya sekitar  $800\text{ kg/m}^3$ . Di Eropa batu sejenis ini disebut *Agloporite* atau *Keramzite*. Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis antara  $1400\text{ kg/m}^3$  sampai  $1800\text{ kg/m}^3$ . Agregat ringan yang semacam dengan ini disebut *Lytag* dihasilkan dari pembutiran *Fly Ash*

c. *Foamed Slag*

*Foamed Slag* dihasilkan dari pemadaman bara api yang berasal dari tanur yang memproduksi besi tuang dengan proses pancar air. Agregat ini mudah pecah dan bentuknya seperti batu apung. Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis antara  $950\text{ kg/cm}^3$  sampai  $1750\text{ kg/m}^3$ .

d. *Clinker dan Breeze*.

*Clinker* dihasilkan dari sisa pembakaran yang sempurna dari dapur api industri pada suhu tinggi. *Clinker* mempunyai massa yang mengeras dan berinti serta berisi sedikit bahan yang mudah terbakar. Di Amerika serikat batuan ini dikenal dengan nama *cinder*. *Breeze* merupakan bahan residu yang kurang keras dan baik pembakarannya, karena lebih banyak berisi bahan yang mudah terbakar. Berat jenisnya berkisar antara  $1100\text{ kg/m}^3$  sampai  $1400\text{ kg/m}^3$ . Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis antara  $1750\text{ kg/m}^3$  sampai  $1850\text{ kg/m}^3$ .

Agregat ringan umumnya mempunyai daya serap air yang tinggi, sehingga dalam pengadukan beton cepat keras hanya beberapa menit saja setelah

pencampuran. Untuk itu perlu diadakan pembasahan agregat terlebih dahulu sebelum pengadukan sehingga agregat mencapai keadaan SSD. Agregat kasar ringan yang dipakai dalam penelitian ini adalah tanah liat atau lempung yang berasal dari Balikpapan Kalimantan Timur yang bersifat mengembang (*expanded clay*) sehingga termasuk agregat ringan buatan jenis *LECA*.

#### 3.3.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting, walaupun harganya paling murah. Di dalam campuran beton, air mempunyai 2 fungsi, pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, kedua sebagai pelicin campuran kerikil, pasir, dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (Murdock dan Brook, 1991)

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Reaksi hidrasi semen dengan air diperlukan sedikitnya 20 % - 30 % jumlah air terhadap berat semen, namun pada kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sebesar 0,35 akan sulit dilakukan. Untuk mengatasi hal tersebut perlu diberikan kelebihan air sebagai pelumas. Penambahan air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak, karena kekuatan beton akan rendah dan menghasilkan beton yang poreus. Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak kepermukaan adukan beton segar yang baru dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih untuk membentuk lapisan tipis (*laitance*) yang akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton yang merupakan bidang sambung yang lemah.



Air yang memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai campuran beton adalah air minum, tetapi tidak berarti harus memenuhi persyaratan air minum. Secara umum air yang dipakai untuk mencampur beton ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % dari kekuatan beton yang memakai air suling. Kekuatan beton akan turun apabila air pencampur mortar beton tercampur dengan kotoran. Air yang akan digunakan sebaiknya harus memenuhi persyaratan sebagai berikut ini (Kardiono, 1992), yaitu :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/liter dan tidak mengandung garam-garaman yang merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gr/liter.
2. Tidak mengandung Khlorida ( $Cl_2$ ) lebih dari 0,5 gr/liter.
3. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter.

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

### 3.3.5 Abu Sekam Padi ("*rice husk ash*")

Abu sekam padi merupakan abu yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi. Sekam padi (kulit padi yang dipakai setelah proses penggilingan) dibakar dalam kondisi terkontrol, abu sekam yang dihasilkan sebagai sisa pembakaran, memiliki sifat pozzolonik yang tinggi, karena kandungan silikanya.

Proses pembakaran sekam sampai menjadi abu, membantu menghilangkan kandungan kimia organik dan meninggalkan silika yang cukup banyak. Perlakuan panas terhadap silika dalam sekam berakibat pada perubahan struktur yang berpengaruh terhadap aktifitas pozzolan abu dan kehalusan butir.

Kehilangan berat jenis sekam padi terjadi pada saat mula-mula pembakaran yang mencapai suhu  $100^{\circ}\text{C}$ , hal ini diakibatkan oleh penguapan kandungan airnya. Pada suhu yang lebih tinggi lagi yaitu sekitar  $350^{\circ}\text{C}$ , zat-zat yang menguap mulai terbakar dan semakin memperbesar kehilangan beratnya. Kehilangan berat terbesar terjadi pada suhu antara  $400^{\circ}\text{C}$  sampai  $500^{\circ}\text{C}$  dan pada tahap ini mulai terjadi oksida karbon. Pada suhu  $600^{\circ}\text{C}$ , ditemukan beberapa variasi formasi kristal *quartz*. Jika temperatur ditambah, maka sekam padi berubah bentuk menjadi kristal silika yang lain, tergantung pada penambahan temperaturnya. Pada penambahan awal, kristal yang terbentuk adalah *crystaboliite* dan selanjutnya pada temperatur yang lebih tinggi adalah *tridymite*. Jika pembakaran melebihi suhu  $800^{\circ}\text{C}$ , akan dihasilkan bentuk dasar kristal silika. Meskipun demikian, abu sekam padi tidak akan meleleh sampai dengan suhu sekitar  $1700^{\circ}\text{C}$  (Cook, 1980 dan Swamy, 1986).

Terjadinya fase-fase perubahan bentuk silika dalam abu tidak hanya tergantung pada suhu pembakaran saja, tetapi juga lama pembakarannya. Mehta (Swamy, 1986), mengatakan bahwa sejumlah kristal silika dengan bentuk tidak beraturan dapat dihasilkan dengan mengatur suhu pembakaran dibawah  $500^{\circ}\text{C}$  dengan kondisi terkontrol dalam waktu yang lama, atau pembakaran diatas suhu  $600^{\circ}\text{C}$  dengan waktu pembakaran kurang dari satu menit. Yeoh (Swamy, 1986),

juga memperlihatkan bahwa jika lama pembakaran tidak lebih dari satu jam pada suhu 900° C dihasilkan abu dengan bentuk kristal yang masih tidak beraturan. Jika pembakaran dilakukan selama lebih dari lima menit pada suhu 1000° C akan dihasilkan bentuk kristal silika. Umumnya bentuk-bentuk kristal dalam abu sekam diukur dengan menggunakan difraksi sinar X.

Terbentuknya kristal silika ternyata dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Ankra (dalam Swamy, 1986), menambahkan bahwa lingkungan pembakaran juga mempengaruhi luas permukaan tersebut. Oleh karena itu, faktor suhu, waktu dan lingkungan pembakaran dalam proses sekam padi untuk diproduksi menjadi abu yang memiliki tingkat reaktifitas yang maksimum.

Hasil akhir dari proses produksi yang diharapkan berupa abu sekam padi yang berwarna putih keabu-abuan, bukan arang sekam padi yang berwarna hitam, sehingga yang perlu diperhatikan adalah suhu pembakarannya. Adapun kandungan sifat kimia yang dimiliki dari abu dan silika beberapa tanaman diperlihatkan pada tabel 3.2 berikut ini :

**Tabel 3.2 Kandungan Abu dan Silika Beberapa Tanaman (Swamy,1986)**

Plant	Part of plant	Ash ( % )	Silika ( % )
Sorghum	Leaf sheath ep	12.55	9.70
Wheat	Leaf sheath	10.48	90.56
Corn	Leaf bade	12.15	64.32
Bamboo	Nodes ( in. Por )	1.49	57.40
Bagase	-----	14.71	73.00
Lantana	Leaf and stem	11.24	23.28
Sun Flower	Leaf and stem	11.53	25.32
Rice Husk	-----	22.15	93.00
Rice Straw	-----	15.65	82.00
Breedfruit Tree	stem	8.64	81.80

Unsur kimia (inorganik) pokok abu sekam padi yang menguntungkan kapur bebas membentuk gel yang bersifat sebagai bahan perekat. Komposisi kimia abu sekam padi dapat dilihat pada tabel 3.3. Pertimbangan lain penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pozzolan di negara berkembang sebagai negara penghasil beras, adalah biaya yang dikeluarkan untuk membuatnya dan proses-proses produksi relatif murah daripada pembuatan semen portland. Menurut Cook, 1980 dan Swamy, 1986, perkiraan biaya abu sekam padi pertonnya sekitar sepertiga biaya pembuatan semen portland.

**Tabel 3.3 Komposisi abu sekam padi (Swamy,1986)**

Komposisi kimia	Jumlah ( % berat )
SiO <sub>2</sub>	92.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.21
CaO	0.41
MgO	0.45
Na <sub>2</sub> O	0.08
K <sub>2</sub> O	2.31

Berdasarkan tabel 3.3 diatas, silika mempunyai senyawa kimia pokok RHA yang dapat bereduksi dengan kapur yang menghasilkan Kalsium Silikat Hidrat (C-S-H) yang berbentuk gel (Swamy, 1986). Sekam padi menghasilkan abu sekitar 20 % dari beratnya (Space and Cook, 1983), yang ditunjukkan pada tabel 3.2, dan komposisi sekam padi pada tabel 3.3.

Menurut Swamy 1986, jika sekam padi dibakar dalam kondisi terkontrol, RHA yang dihasilkan sebagai sisa pembakaran, mempunyai sifat pozzolan yang

tinggi dan baik digunakan dalam campuran pozzolan kapur dan sebagai pengganti semen, karena kandungan silikanya. Sekam padi menghasilkan abu lebih banyak dibandingkan sisa pembakaran tumbuhan lain. Disamping itu RHA mempunyai kandungan silika yang paling tinggi, berkisar 86,9 % - 91,3 % (Wen-Hwei, 1986).

### 3.4 Faktor Air Semen

Faktor air semen (*f<sub>a</sub>*) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Hubungan antara faktor air semen dan kuat desak beton secara umum dapat dituliskan dengan rumus yang diusulkan *Duff Abrams* (1919) sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{A}{B^{1,5} X}$$

keterangan :

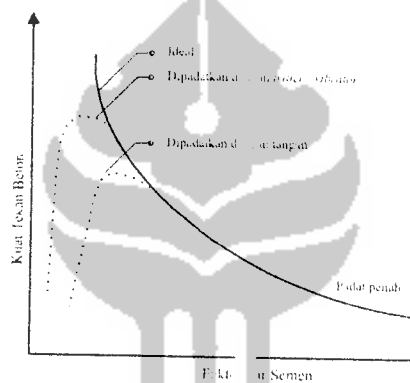
$f_c'$  = kuat desak beton

A, B = konstanta

X = faktor air semen

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat desak betonnya. Walaupun menurut rumus tersebut tampak semakin rendah faktor air semen kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi karena kesulitan pemadatan maka dibawah nilai *f<sub>a</sub>* tertentu (yaitu sekitar 0,40) kekuatan beton itu malahan lebih rendah, karena betonnya kurang padat akibat pematatannya yang sulit. Dengan demikian ada nilai suatu faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum.

Kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat tekan betonnya setelah mengeras. Adanya pori udara sebanyak 5 persen dapat mengurangi kuat tekan beton sampai 35 persen, dan pori sebanyak 10 persen mengurangi kuat tekan beton sampai 60 persen. Untuk mengatasi kesulitan pemadatan adukan beton dapat dilakukan dengan alat getar (*vibrator*), atau dengan memberikan bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang bersifat mengencerkan adukan beton sehingga lebih mudah dipadatkan. Hubungan antara kuat desak beton dan faktor air semen dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Hubungan antara kuat desak beton dengan faktor air semen

### 3.5 Slump

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan (keenceran) adukan beton. Makin cair adukan makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan beton biasanya dilakukan dengan percobaan slam ("*slump*"). Makin besar nilai slam berarti adukan beton semakin encer dan ini berarti semakin mudah dikerjakan. Pada umumnya nilai slam berkisar antara 5 sampai 12 cm.

Pada nilai slam yang sama (nilai faktor air semen berubah), maka beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi jika kandungan semen lebih banyak. Hal ini karena nilai slam banyak ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja. Jika jumlah semen banyak berarti pengurangan nilai faktor air semen yang berarti penambahan kekuatan beton. Perlu dicatat bahwa jika faktor air semen sama dan kandungan semen lebih sedikit akan terjadi adukan yang lebih kental (nilai slam lebih rendah) sehingga pematatannya lebih sulit. Nilai slam untuk berbagai macam struktur dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut ini :

**Tabel 3.4 Nilai Slump Berbagai Macam Struktur (Kardiyono, 1992)**

Jenis Konstruksi	Slump ( cm )	
	Minimum	Maksimum
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12.5
Tiang pondasi bertulang, caisson	2.5	10
Pelat, balok, kolom	7.5	15
Beton untuk jalan ( <i>pavement</i> )	5	7.5
Beton massa (struktur yang berat)	2.5	7.5

### 3.6 Workability

Kemudahan pengerjaan (*workability*) merupakan ukuran tingkat kemudahan pengerjaan beton termasuk adukan, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan penyusun beton dan sifat-sifat bahan penyusun beton, secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain :

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. Jumlah air ini akan mempengaruhi konsistensi adukan, yaitu semakin banyak air yang digunakan maka adukan akan semakin cair, sehingga makin mudah dikerjakan.
2. Jumlah semen yang digunakan. Penambahan jumlah semen kedalam adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai fas yang tetap.
3. Pemakaian bahan tambah (*chemical admixture*) tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan *workability* adukan pada fas rendah, misalnya dengan penambahan *plastizer* atau *air entrained*.

Adukan dengan tingkat kelecakan tinggi mempunyai resiko yang besar terhadap *bleeding* atau *water gain*. Hal ini terjadi karena bahan-bahan padat adukan beton mengendap dan bahan-bahan susun kurang mampu mengikat air campuran. Resiko *bleeding* dapat dikurangi dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Air campuran dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai hitungan *mix design*.
2. Pasir yang dipakai mempunyai bentuk beragam dan mempunyai kadar butiran yang halus.
3. Gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang dipakai.

### 3.7 Kekuatan Beton

Beton mempunyai kuat desak yang lebih besar dari kuat tariknya. Kuat desak beton tergantung dari sifat-sifat bahan dasarnya. Kuat desak beton pada



umumnya ditentukan oleh kekerasan agregatnya, namun perlu diperhatikan juga mutu pasta semennya. Hal ini disebabkan karena semen merupakan bahan ikat yang mengikat agregat-agregat penyusun beton. Mutu pasta semen yang rendah akan menyebabkan kehancuran beton sebelum mencapai maksimum, dengan ditandai besar persentase agregat lepas lebih besar daripada persentase agregat yang pecah. Disamping itu kuat desak beton juga dipengaruhi cara pengadukan, cara penuangan, cara pemadatan dan cara perawatan beton.

Agar kualitas beton yang dihasilkan memuaskan, perlu diperhatikan proses pemadatan dan perawatan beton sebagai berikut :

1. Tinjauan terhadap pemadatan beton

Tujuan pemadatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga-rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan yang tinggi akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang tinggi pula. Pemadatan secara mekanik dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu cara manual dan mesin (alat penggetar). Kekuatan beton yang dihasilkan dari kedua cara tersebut sedikit berbeda, kekuatan beton yang dihasilkan dengan pemadatan manual tergantung dari kemampuan manusianya. Kekuatan beton yang dipadatkan dengan mesin penggetar dapat lebih tinggi, tergantung dari metode pelaksanaan dan juga faktor manusianya. Mesin getar juga dapat digunakan pada pemadatan campuran yang mempunyai *workability* rendah.

2. Tinjauan terhadap perawatan beton,

Reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam

jumlah yang memadai untuk proses hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Oleh karena itu perlu direncanakan suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah. Keadaan ini berlangsung selama beberapa hari atau bahkan beberapa minggu, termasuk pencegahan penguapan dengan pengadaan selimut pelindung yang sesuai maupun dengan membasahi permukaannya secara berulang-ulang.

Kekuatan beton semakin meningkat dengan bertambahnya umur beton. Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 3.5 ( Kardiyono, 1992) berikut ini :

**Tabel 3.5 Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Berbagai Umur**

Umur beton ( hari )	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland tipe I	0.40	0.65	0.88	0.95	1.00	1.20	1.35

Penyebaran dari hasil-hasil uji tekan akan tergantung dari tingkat kesempurnaan dari pelaksanaannya. Dengan menganggap nilai-nilai dari pemeriksaan tersebut menyebar normal. Ukuran nilai penyebaran hasil pemeriksaan tersebut juga merupakan mutu pelaksanaan yang nilainya disebut deviasi standar. Nilai deviasi standar dapat dihitung dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c28} - f_{cr})^2}{N-1}}$$

Keterangan :

S = Deviasi standar (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_{c_{28}}$  = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_{cr}$  = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)

$$= \frac{\sum_{i=1}^N f_c}{N}$$

N = Jumlah benda uji

Sedangkan untuk menghitung kuat desak beton yang disyaratkan dipakai rumus sebagai berikut :

$f_c'$  = Kuat desak yang disyaratkan

$f_{cr}$  = Kuat desak rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)

k = Pengali deviasi standar

S = Deviasi standar

Untuk mencari angka konversi dari jumlah benda uji yang disyaratkan berdasarkan jumlah benda uji 30 buah dapat dilihat pada tabel 3.6 berikut ini :

**Tabel 3.6 Faktor Pengali Deviasi Standar Untuk Sampel Kurang dari 30 buah (Kardiyono, 1992)**

Jumlah benda uji	Faktor pengali deviasi standar
15	1.160
18	1.120
19	1.096
20	1.080
25	1.030
≥30	1.00

### 3.8 Perancangan Campuran Coba-coba

Perancangan campuran beton menggunakan metode takaran coba-coba. Berdasarkan tabel 3.7 yang disadur dari “Design and Control Concrete Mixtures”(PCA, 1952) dapat digunakan untuk merencanakan adukan beton (A. Antono, 1971). Metode takaran coba-coba lebih fleksibel pemakaiannya bila dibandingkan dengan metode campuran lainnya. Dalam metode takaran coba-coba, perbandingan campuran beton dapat ditambah ataupun dikurangi sampai mendapatkan nilai slump 7,5 cm.

Perancangan adukan beton dengan menggunakan *mix design* hanyalah cocok bila digunakan pada perencanaan beton normal saja. Bila pada beton ringan diterapkan perancangan beton menggunakan *mix design*, maka kuat desak rencana yang diharapkan akan sulit dicapai.

Walaupun banyak teori perencanaan campuran yang dipakai, yang tampaknya akan menghasilkan sebagaimana yang diharapkan, tetapi sebenarnya hanyalah suatu pedoman saja untuk melakukan coba-coba. Oleh karena itu, cara coba-coba bukanlah cara yang patut dilupakan dalam perencanaan adukan beton.

Pada perencanaan campuran beton dengan metode takaran coba-coba tersebut, sebelum memulai merencanakan harus diketahui data-data sebagai berikut :

1. ukuran butir maksimum kerikil atau agregat kasar,
2. modulus halus butir dari pasir yang digunakan,
3. faktor air semen yang akan digunakan,
4. slump yang direncanakan = 7,5.

Selain dari beberapa faktor tersebut diatas, yang perlu diketahui didalam perencanaan dengan takaran coba-coba ini harus berdasarkan tabel kebutuhan bahan campuran beton pada beberapa fas pada tabel 3.7 berikut ini :

**Tabel 3.7 Daftar Kebutuhan Bahan Campuran Beton Pada Beberapa FAS (Ahmad Antono, 1988)**

Ukuran Maks. Kerikil (mm)	Faktor Air Semen (f.a.s)	Perbandingan berat SP : Pasir : Kerikil, dengan SP = 1								
		Pasir halus Mhb 2,2-2,6			Pasir sedang Mhb 2,6-2,9			Pasir kasar Mhb 2,9-3,2		
		% pasir dari p+k	P	K	% pasir dari p+k	P	K	% pasir dari p+k	P	K
19.1	0.4450	43	1.81	2.45	45	1.91	2.34	47	1.97	2.23
25.4	0.4450	38	1.70	2.71	40	1.76	2.66	42	1.86	2.53
38.1	0.4450	34	1.59	3.19	36	1.70	3.09	38	1.81	2.98
50.8	0.4450	31	1.59	3.56	33	1.70	3.46	35	1.81	3.35
19.1	0.4895	44	2.08	2.66	46	2.18	2.55	48	2.29	2.45
25.4	0.4895	39	1.92	3.03	41	2.02	2.93	43	2.13	2.82
38.1	0.4895	35	1.86	3.41	37	1.97	3.35	39	2.08	3.24
50.8	0.4895	32	1.86	3.94	34	1.97	3.83	36	2.08	3.72
19.1	0.5340	45	2.40	2.93	47	2.50	2.83	49	2.61	2.71
25.4	0.5340	40	2.18	3.14	42	2.29	3.14	44	2.40	3.03
38.1	0.5340	36	2.13	3.78	38	2.24	3.67	40	2.40	3.56
50.8	0.5340	33	2.13	4.26	35	2.24	4.15	37	2.34	4.04
19.1	0.5785	45	2.61	3.07	48	2.72	2.98	50	2.82	2.82
25.4	0.5785	41	2.45	3.51	43	2.56	3.41	45	2.66	3.30
38.1	0.5785	37	2.40	4.04	39	2.50	3.94	41	2.66	3.78
50.8	0.5785	34	2.40	4.57	36	2.50	4.42	38	2.66	4.36
19.1	0.6230	47	2.92	3.35	49	3.09	3.24	51	3.19	3.06
25.4	0.6230	42	2.71	3.78	44	2.87	3.62	46	2.98	3.51
38.1	0.6230	38	2.66	4.36	40	2.82	4.20	42	2.87	4.10
50.8	0.6230	35	2.66	4.95	37	2.82	4.79	39	2.98	4.62
19.1	0.6675	48	3.19	3.51	50	3.43	3.35	52	3.51	3.19
25.4	0.6675	43	3.15	4.44	45	3.19	3.98	47	3.30	3.78
38.1	0.6675	39	2.93	4.57	41	3.09	4.41	43	3.25	4.26
50.8	0.6675	36	2.93	5.26	38	3.09	5.11	40	3.25	4.94
19.1	0.7120	49	3.51	3.67	51	3.67	3.51	53	3.83	3.35
25.4	0.7120	44	3.35	4.26	46	3.51	4.10	48	3.67	3.94
38.1	0.7120	40	3.25	4.48	42	3.41	4.68	44	3.56	4.52
50.8	0.7120	37	3.30	5.58	39	3.46	5.42	41	3.62	5.21

### 3.9 Metode Perawatan Benda Uji

Untuk memperoleh hasil pengujian yang diharapkan, maka setelah benda uji selesai dibuat, segera dilaksanakan perawatan benda uji tersebut. Adapun perawatan benda uji meliputi beberapa cara, antara lain sebagai berikut:

1. beton dibasahi terus menerus dengan air,
2. beton direndam dalam air dengan keadaan lingkungan bersuhu  $23^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$ ,
3. beton diselimuti dengan karung goni basah, atau kertas perawatan tahan air.

Sehari sebelum dilakukan pengujian, maka benda uji diangkat dan diangin-anginkan sehingga didapat suatu benda uji dalam keadaan kering.

### 3.10 Metode Pengujian Kuat Desak Beton

Kuat desak dipengaruhi oleh kuat ikat pasta semen, homogenitas campuran, perbandingan campuran dan kepadatan beton. Kuat ikat pasta semen ditentukan oleh mutu bahan ikat dan kualitas air. Dengan digunakannya mutu bahan ikat yang tinggi dan kualitas air yang memenuhi syarat, maka akan dihasilkan beton dengan kuat desak yang tinggi.

Homogenitas campuran dalam beton yang saling mengisi antar bahan-bahan pembentuk beton secara merata, sehingga diperoleh adukan yang merata dan tidak terjadi pengelompokan bahan pembentuk beton yang mengakibatkan rongga-rongga. Perbandingan jumlah bahan pembentuk beton secara proporsional menghasilkan beton yang lebih padat dan homogen, yaitu apabila bahan-bahan tersebut saling mengisi.

Kuat desak beton dapat dihitung dengan cara membagi beban ultimit yang dicapai dengan luas permukaan bagian yang didesak, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\sigma = P/A$$

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian kuat desak beton pada waktu beton berumur 28 hari.

