

**PERBANDINGAN KEKUATAN MUTU K-175 DAN K-350  
DENGAN CARA PERAWATAN YANG BERBEDA**

**MAKALAH**



**Herman Maslim**



624.183  
MAS  
P

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
FEBRUARI 1999**

85229 R/PTS  
8.10.02.

## DAFTAR ISI

|   |    |
|---|----|
| DAFTAR ISI  | i  |
| 1. PENDAHULUAN  | 1  |
| 2. TUJUAN PENULISAN   | 2  |
| 3. LANDASAN TEORI   | 2  |
| 3.1 Pengertian Beton  | 2  |
| 3.2 Sifat-Sifat Beton   | 4  |
| 3.2.1 Kemudahan Pengerjaan / <i>Workability</i>                 | 4  |
| 3.2.2 Homogenitas   | 6  |
| 3.2.3 Kekuatan Beton  | 7  |
| 3.2.4 Keawetan Beton  | 8  |
| 3.2.5 Stabilitas Bentuk Beton                                   | 9  |
| 3.3 Perawatan Beton   | 9  |
| 3.3.1 Perawatan Basah   | 10 |
| 3.3.2 Perawatan Kering  | 12 |
| 3.3.3 Perawatan dengan Memberikan Panas ( <i>Steam Curing</i> ) | 13 |
| 3.4 Karakteristik Pengerasan Beton                              | 13 |
| 3.5 Waktu & Suhu <i>Curing</i>                                  | 14 |
| 3.6 Kapur & Proses Karbonasi                                    | 15 |
| 4. UJI LABORATORIUM   | 15 |
| 4.1 Data-data Agregat   | 15 |
| 4.2 Perencanaan Benda Uji Kubus                                 | 16 |
| 4.2.1 Benda Uji Mutu K-175                                      | 16 |
| 4.2.2 Benda Uji Mutu K-350                                      | 18 |
| 4.2.3 Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji                           | 20 |
| 4.2.4 Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Benda Uji            | 22 |
| 5. EVALUASI HASIL PENGUJIAN                                     | 24 |
| 5.1 Pengamatan Visual   | 24 |
| 5.2 Perkembangan Kuat Tekan Rata-rata                           | 24 |
| 5.3 Mutu Beton yang Dicapai                                     | 24 |
| 6. PENUTUP  |    |
| 6.1 Kesimpulan  | 25 |
| 6.2 Saran   | 26 |
| 7. DAFTAR PUSTAKA   | 26 |

# PERBANDINGAN KEKUATAN BETON MUTU K-175 DAN K-350 DENGAN CARA PERAWATAN YANG BERBEDA

Herman Maslim



## ABSTRAK

*Beton sebagai bahan komposit dalam perencanaan, pembuatan serta pemeliharannya memerlukan pengendalian yang cermat agar mutu kekuatan yang diinginkan dapat dicapai.*

*Untuk mendapatkan beton yang baik kita harus memperhatikan tiga faktor yaitu kekuatan, keawetan, dan segi ekonomis. Dari ketiga faktor tersebut satu dengan yang lain saling berkaitan tidak bisa berdiri sendiri.*

*Dengan perawatan direndam dengan air kapur jenuh diperoleh kekuatan yang lebih tinggi, kemudian membandingkannya dengan dua cara perawatan yang lain untuk kedua mutu beton di atas. Air kapur jenuh adalah air kapur dimana indikasi jenuh ditandai dengan tidak terlarutnya kapur lagi bila dimasukkan ke dalam air dan diaduk. Perawatan dilakukan selama 14 hari, diharapkan akan ada peningkatan kekuatan awal pada benda uji dibandingkan dengan yang direndam air biasa dan yang dianginkan.*

*Pengetesan dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, 21, 28 hari untuk mengetahui kekuatan tekan dari benda uji, yang mana akan dibandingkan terhadap ketiga cara perawatan di atas untuk masing-masing mutu beton.*

## 1. PENDAHULUAN

Perencanaan beton mutu tinggi dapat dibuat untuk tujuan konstruksi tertentu dengan keawetan dan faktor ekonomis yang optimum. Perencanaan harus memperhatikan pemilihan bahan dasar dan cara pelaksanaannya. Untuk mencapai hal tersebut, maka dalam pelaksanaannya perlu dilakukan hal - hal sebagai berikut :

- pengontrolan mutu bahan

- proporsi campuran
- pengangkutan
- pengecoran
- pemeliharaan

Untuk mengetahui / mendalami hal-hal yang berkaitan dengan beton, kita perlu mempelajari sifat-sifat beton terutama dalam proses pembuatannya.

Dalam makalah ini pembahasan akan difokuskan pada masalah perawatan beton dengan tiga cara yaitu dengan direndam air, direndam air kapur jenuh dan dianginkan. Percobaan ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan kubus beton berukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$  dengan mutu beton K-175 dan K-350. Jumlah sampel yang digunakan untuk masing-masing mutu beton sebanyak 60 buah.

## 2. TUJUAN PENULISAN

Tujuan penulisan makalah ini untuk mengetahui apakah dengan perawatan direndam dengan air kapur jenuh diperoleh kekuatan yang lebih tinggi, kemudian membandingkannya dengan dua cara perawatan yang lain untuk kedua mutu beton di atas. Air kapur jenuh adalah air kapur dimana indikasi jenuh ditandai dengan tidak terlarutnya kapur lagi bila dimasukkan ke dalam air dan diaduk. Perawatan dilakukan selama 14 hari, diharapkan akan ada peningkatan kekuatan awal pada benda uji dibandingkan dengan yang direndam air biasa dan yang dianginkan.

Pengetesan dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, 21, 28 hari untuk mengetahui kekuatan tekan dari benda uji, yang mana akan dibandingkan terhadap ketiga cara perawatan di atas untuk masing-masing mutu beton.

## 3. LANDASAN TEORI

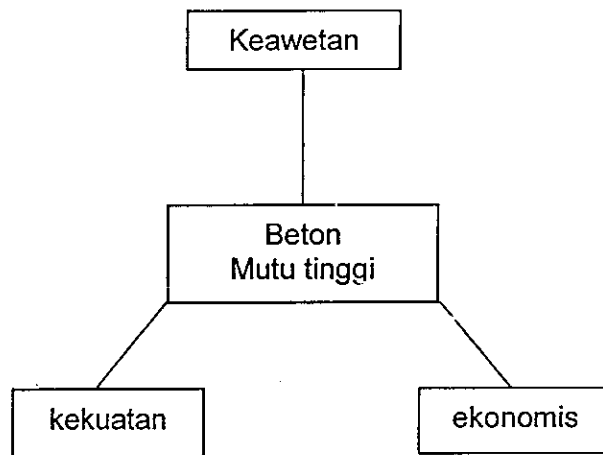
### 3.1 Pengertian Beton

Beton adalah bahan komposit yang terdiri dari bahan berbutir (agregat, bahan pengisi atau *filler*) yang tertanam di dalam suatu bahan matriks keras (pasta semen, bahan pengikat atau *binder*) yang mengisi ruang - ruang di antara butiran agregat dan melekatkan butiran agregat tersebut menjadi satu kesatuan.

Untuk mendapatkan beton mutu tinggi ada tiga hal yang perlu diperhatikan yaitu,

- kekuatan
- keawetan
- ekonomis

Ketiga hal di atas dapat digambarkan secara sistematis sebagai berikut :



Gambar 1 . Sistematis beton mutu tinggi

Perencanaan beton mutu tinggi dapat dibuat untuk tujuan konstruksi tertentu dengan keawetan dan faktor ekonomis yang optimum. Perencanaan harus memperhatikan pemilihan bahan dasar dan cara pelaksanaannya. Untuk mencapai hal tersebut, maka dalam pelaksanaannya perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut :

- pengontrolan mutu bahan
- proporsi campuran
- pengangkutan
- pengecoran
- pemeliharaan

Untuk mengetahui / mendalami hal-hal yang berkaitan dengan beton, kita perlu mempelajari sifat-sifat beton terutama dalam proses pembuatannya.

### 3.2 Sifat-sifat Beton

Ada beberapa sifat-sifat beton yang perlu diketahui secara lebih detail antara lain : kemudahan pengerjaan / *workability* pada beton segar, homogenitas, kekuatan beton, keawetan beton, dan stabilitas bentuk beton.

#### 3.2.1 Kemudahan Pengerjaan/*Workability*

Kekentalan adukan beton berpengaruh terhadap proses pengangkutan, pengecoran, dan pencetakan beton. Beton yang berkondisi baik berarti mudah dikerjakan tanpa mengalami pemisahan antara butiran agregat dan pasta semen. Sifat kemudahan ini tergantung pada kondisi peralatan untuk membuat beton, juga ukuran dan bentuk benda yang akan dibuat dari beton tersebut, artinya untuk beton yang kental (slump 30 - 60 mm) baik untuk pembuatan konstruksi yang masif seperti pondasi sumuran, tetapi tidak untuk bentuk yang sempit dan banyak tulangnya seperti dinding dan kolom struktur.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan pengerjaan adukan beton adalah :

- Plastisitas pasta

Plastisitas pasta semen adukan relatif tergantung atas jumlah semen dan jumlah air, apabila jumlah air banyak sedangkan semen sedikit, maka pasta akan kurus dan berair, sehingga sulit terjadi ikatan dengan agregatnya yang akan menyebabkan terjadinya pemisahan (segregasi).

- Perbandingan jumlah pasta dengan agregat

Jumlah pasta semen yang sedikit akan menyebabkan pasta semen yang tersedia tidak cukup untuk mengisi tempat kosong di antara butiran agregat sehingga akan mengakibatkan beton yang terbentuk menjadi kasar dan sulit dikerjakan.

- Gradasi agregat

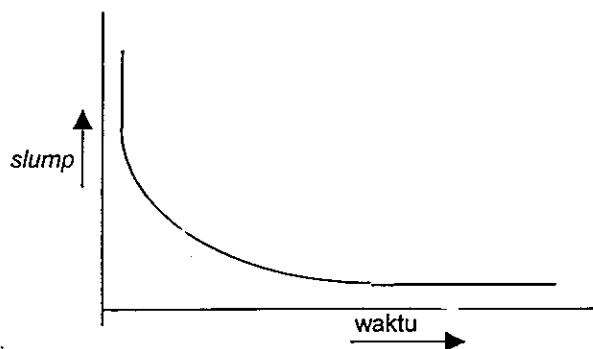
Gradasi agregat yang dipilih untuk membuat beton akan berpengaruh terhadap jumlah pasta semen pengisi rongga antara butiran agregatnya. Gradasi adalah distribusi ukuran agregat yang dapat dinyatakan dengan kurva gradasi, dimana gradasi menentukan kadar semen dan *water / cement ratio*, yang pada akhirnya akan mempengaruhi kemudahan pengerjaan beton (*workability*). Penentuan gradasi biasanya juga menentukan jumlah semen yang dipakai untuk membuat beton sehingga mempengaruhi faktor ekonomis (harga) dan keawetan beton yang direncanakan. Agregat yang bergradasi

baik memiliki volume ruang kosong yang minimal di antara butiran, sehingga dibutuhkan pasta semen yang minimal juga untuk mengisinya. Jika agregat kurang bervariasi / baik akan menghambat gerakan dari pasta untuk mengisi rongga sehingga adukan menjadi sulit dikerjakan.

- Bentuk dan tekstur agregat

Bentuk agregat yang membulat dan bertekstur halus akan mempermudah gerak agregat, karena pasta semen harus cukup untuk meliputi seluruh permukaan agregat dan supaya dapat berfungsi sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan antar butiran agregat selama pengadukan campuran beton. Kebanyakan pasir dan kerikil alami (tidak dipecah) bentuk butirannya membulat mendekati ideal dengan tekstur permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan agregat yang dipecah akan bersudut tajam dan bertekstur kasar. Biasanya agregat alami membutuhkan lebih sedikit pasta semen dibandingkan dengan agregat yang dipecah (tidak alami). Bentuk butiran yang memanjang dan pipih harus dibatasi jumlahnya karena membutuhkan banyak pasta semen, lebih sulit dipadatkan dan selama pengerjaan adukan, akan lebih mudah terjadi segregasi.

Kemudahan pengerjaan dapat diukur dari kekentalannya dengan menggunakan kerucut Abrams (*slump cone*) yang berfungsi untuk mengukur *slump*. Pengukuran dilakukan setelah 15 detik selesai pengadukan (untuk di laboratorium). Adukan beton makin keras dan kaku sesuai dengan bertambahnya waktu karena semen mulai mengeras dan air pencampur akan terabsorpsi oleh agregat dan sebagian lagi akan menguap terutama apabila pengerjaan di bawah sinar matahari. Tingkat kemudahan pengerjaan beton berhubungan dengan kebutuhan air dan besar butiran agregat maksimum yang akan digunakan untuk membuat adukan beton.



Gambar 2 Kurva hubungan *slump* dengan waktu (PBI '71)

### 3.2.2 Homogenitas

Apabila butiran kasar terpisah dari campuran beton segar selama pengangkutan, pengecoran, pemadatan yang disertai keluarnya air pada permukaan beton maka akan dihasilkan beton yang kurang baik mutunya. Peristiwa ini disebut segregasi dan *bleeding*. Terjadinya kantong-kantong batu yang mengeras karena adukan yang tidak homogen menyebabkan beton menjadi lemah, permeabel dan tidak awet. Homogenitas adukan beton penting, karena bila tidak memenuhi syarat akan menyebabkan terjadinya peristiwa seperti yang telah disebutkan diatas yaitu segregasi dan *bleeding*.

- Segregasi

Segregasi terjadi pada kondisi - kondisi sebagai berikut,

1. campuran beton kurang semen (kurus)
2. campuran beton terlalu banyak air (basah)
3. campuran beton kurang pasir (*undersanded*)
4. ada butiran agregat yang terlalu besar melebihi agregat maksimum dalam jumlah yang tidak proporsional
5. bentuk agregat kasar yang tidak membulat tetapi banyak yang memanjang dan pipih
6. agregat yang digunakan terlalu ringan atau terlalu berat
7. gradasi agregat yang kurang baik
8. pengangkutan dan pengecoran campuran beton yang tidak memadai (kurang baik)
9. apabila bentuk dan ukuran tempat pencetakan beton terlalu banyak detail dan sudut tajam serta jumlah tulangan terlalu banyak (rapat)

- *Bleeding*

*Bleeding* adalah gejala yang ditimbulkan akibat adanya pemisahan air dari campuran beton yang disebabkan oleh timbulnya air adukan ke permukaan beton akibat kurangnya ikatan antara bahan adukan pada waktu pengecoran. *Bleeding* menyebabkan adukan bagian atas akan lebih basah dan dibagian bawah menjadi *porous*, lemah dan menyebabkan beton tidak awet. Pada beton padat (sudah mengeras) akan ditandai dengan retak - retak pada permukaan beton serta banyak debu pada permukaan beton karena keluarnya air disertai dengan butiran halus dari semen.



### 3.2.3 Kekuatan Beton

Kuat tekan menentukan mutu beton yang akan dihasilkan dari campuran beton. Faktor - faktor yang mempengaruhi kuat tekan adalah sebagai berikut:

- *Water / cement ratio* (perbandingan air / semen)

Kekuatan beton pada umur, pemeliharaan serta temperatur tertentu akan tergantung pada faktor air / semen. Pada kenyataannya perbandingan air / semen adalah faktor yang penting, sedangkan jumlah air yang diperlukan sangat tergantung pada,

- perbandingan semen dan campuran
- gradasi, permukaan, bentuk, tekstur, kekerasan dan kekuatan agregat
- perbandingan semen dengan agregat
- ukuran besar agregat

Kadar air total dalam campuran beton adalah jumlah air yang diserap oleh agregat sampai keadaan SSD ditambah dengan air bebas di luar pori - pori agregat. Apabila jumlah air bebas yang diperlukan tidak cukup, maka akan menyebabkan kekuatan beton akan berkurang. Untuk agregat kering perlu dilakukan koreksi untuk absorpsi agregat dan jumlah air bebas sehingga penambahan air tidak akan mempengaruhi perbandingan air / semen pada campuran.

- Pengaruh umur beton

Campuran beton dengan perbandingan air / semen yang rendah akan membutuhkan waktu pengerasan yang lebih cepat dibandingkan dengan campuran yang menggunakan perbandingan air / semen yang tinggi. Sebagai patokan umumnya dipakai kekuatan tekan beton pada umur 28 hari.

- Perawatan (*curing*)

Perawatan beton adalah suatu usaha untuk mencegah kehilangan air pada beton segar dan membuat kondisi suhu didalam beton berada pada suhu tertentu sehingga proses hidrasi dapat berlangsung dengan baik. Tujuan perawatan beton adalah untuk :

1. menjamin proses pengerasan agar berlangsung dengan baik untuk mencapai kekuatan tekan beton yang ditentukan. Teknik perawatan yang tepat akan menghasilkan kekuatan beton yang optimum.

2. menghindari kerusakan beton pada umur yang relatif muda akibat perbedaan suhu. Perbedaan suhu yang cukup besar antara bagian dalam dengan bagian selimut (permukaan beton) yang cukup besar akan mengakibatkan pemuaian dan penyusutan, sehingga menimbulkan keretakan.
3. menghindari kerusakan beton pada umur yang relatif muda akibat penguapan air. Pada saat semen bereaksi dengan air terjadi proses hidrasi, proses hidrasi di dalam campuran beton menghasilkan energi berupa panas, sehingga akan menaikkan suhu beton yang disebut reaksi eksotermis. Suhu beton yang tinggi dapat memperbesar penguapan air, dimana kehilangan air yang terlalu banyak dapat menghambat proses pengikatan semen dengan agregat.
4. mencegah pembekuan air, terutama untuk daerah dingin. Perawatan beton dilakukan dengan memberikan panas, caranya antara lain dengan memberikan oli panas, tulangnya dipanaskan.

Karena itu masa perawatan beton sangatlah penting untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan dapat tercapai.

#### 3.2.4 Keawetan Beton

Keawetan beton adalah waktu yang dibutuhkan oleh material untuk dapat melanjutkan pemakaiannya seperti yang telah direncanakan, walaupun terjadi serangan-serangan dari luar baik fisik, mekanis, maupun kimiawi. Keawetan beton akan berkurang apabila terjadi korosi pada tulangan, terjadi pengerutan, serangan kimiawi, pukulan / benturan pada beton serta tidak stabilnya agregat sehingga menimbulkan retakan pada beton.

Faktor-faktor yang mempengaruhi keawetan beton dibagi menjadi 2 bagian yaitu:

1. Faktor lingkungan meliputi :
  - temperatur dan kelembaban
  - gas-gas hasil buangan pabrik seperti,  $CO_2$ ,  $CO_3$
  - kimiawi seperti, sulfat dalam air tanah, air laut, air asam, alkali
  - biologi seperti, bakteri
  - tekanan, vibrasi dan gesekan mekanis
  - kondisi tempat beton tersebut akan ditempatkan

2. Faktor komposisi dari bahan pembentuknya meliputi :

- tipe semen dan jenis agregat yang digunakan
- interaksi antara semen dan agregat
- perbandingan air / semen
- homogenitas campuran beton
- tebal selimut beton

### 3.2.5 Stabilitas Bentuk Beton

Stabilitas bentuk beton sangat tergantung dari kemampuan beton untuk berdeformasi akibat beban maupun akibat perubahan volume yang disebabkan oleh kontraksi panas maupun oleh pengerutan akibat perubahan kandungan air dalam beton.

Perubahan bentuk beton dapat dibedakan menjadi perubahan bentuk akibat pembebanan atau bukan akibat pembebanan. Yang khas dari beton adalah perubahan karena pembebanan yang disebut dengan *creep*. *Creep* adalah perubahan bentuk beton akibat tegangan yang timbul terhadap waktu yang diakibatkan oleh penggunaan dan pembebanan yang terus menerus pada beton. Tetapi, semakin tinggi mutu beton semakin rendah kemungkinan terjadinya *creep*.

### 3.3 Perawatan Beton

Perawatan beton / *curing* adalah dimaksudkan memelihara kelembaban dan suhu beton selama masa tertentu segera setelah beton selesai dicor sehingga sifat-sifat beton yang diinginkan dapat berkembang dengan baik. Perawatan beton sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton keras seperti keawetan, kekuatan, sifat rapat air, ketahanan abrasi, stabilitas volume dan ketahanan terhadap pembekuan serta pencairan dan terhadap penggunaan garam-garam pencair es (*deicer salts*).

Supaya perawatan beton dapat berlangsung dengan baik, harus diperhatikan dua hal berikut ini :

- mencegah kehilangan kelembaban (air) dari adukan beton
- memelihara temperatur untuk suatu jangka waktu tertentu

Dengan melaksanakan perawatan beton yang seharusnya, akan didapat beton yang lebih kuat, lebih padat, lebih awet dan lebih tahan terhadap abrasi dibandingkan dengan beton yang dibuat tanpa perawatan beton.

Perawatan beton merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan tekan beton yang akan dihasilkan selain faktor - faktor lain yang telah disebutkan di atas. Metode perawatan beton tergantung dari ketersediaan bahan, ukuran, bentuk beton, kondisi tempat beton dibuat dan biaya.

Beberapa metode perawatan beton akan dibahas disini yaitu :

1. Perawatan basah (*moist curing*)

Metode ini menggunakan penggenangan air diatas permukaan beton / direndam untuk di laboratorium, melapisi permukaan beton dengan plastik, karung basah / terpal, jerami atau serbuk gergaji dan kertas kedap air. Metode ini bertujuan untuk memberikan kelembaban pada beton selama proses hidrasi berlangsung. Umumnya jenis ini dilaksanakan di lapangan.

2. Perawatan kering

Metode ini bertujuan membentuk selaput tipis pada permukaan beton sehingga dapat mencegah hilangnya air. Selaput yang terbentuk diperoleh dari campuran bahan kimia. Perbedaan metode perawatan kering dengan metode perawatan basah adalah pada metode kering tidak menggunakan air.

3. Metode dengan memberikan panas dan kelembaban di dalam beton (*steam*)

Metode ini dilakukan dengan memberikan uap panas (*steam*) atau menggunakan bekisting yang dipanaskan.

### 3.3.1 Perawatan Basah

Perawatan basah adalah suatu metode perawatan beton dengan menggunakan air, dimana air diberikan pada seluruh permukaan beton. Metode ini sering digunakan dalam perawatan beton di lapangan karena biayanya murah dan mudah dalam pengerjaannya. Reaksi hidrasi akan berhenti apabila beton mengering. Untuk menjamin agar proses hidrasi berlangsung penuh maka pada beton diusahakan agar pasta semen selalu jenuh air, sehingga penting untuk melakukan perendaman beton selama mungkin. Tetapi, pada prakteknya sulit untuk merendam beton dalam waktu yang lama.

PBI '71 pasal 6.6 ayat (1) mensyaratkan bahwa untuk mencegah pengeringan, pada bidang permukaan beton dilakukan pemberian air selama paling sedikit dua minggu (14 hari) setelah pengecoran. Pada hari-hari pertama setelah pengecoran, proses pengerasan tidak boleh diganggu karena gangguan akan menyebabkan kekuatan beton menurun.

Beberapa metoda dengan perawatan basah :

- Perendaman air

Cara ini adalah cara yang paling baik untuk mencegah hilangnya kelembaban beton dan sangat efektif untuk mempertahankan suhu di dalam beton agar tetap dan seragam. Perbedaan suhu antara beton dengan air tidak boleh lebih dari 20°F (11°C), untuk menghindari keretakan akibat perbedaan suhu. Metode ini sering dipakai di laboratorium sebagai metode standar untuk perawatan beton. Urutannya air yang digunakan bebas dari bahan yang dapat menimbulkan kerusakan pada beton dan tidak menyebabkan perubahan warna pada beton, terutama untuk beton yang akan diekspos.

- Dengan lembaran plastik

Bahan plastik seperti *polyethylene* dapat digunakan untuk perawatan beton. Sifatnya yang ringan, kedap air dan mudah dibentuk sesuai dengan permukaan beton sangat menguntungkan, tetapi ada beberapa jenis plastik yang mengakibatkan perubahan warna pada beton. Di samping itu, plastik mudah mengerut sehingga akan menyebabkan tekstur permukaan beton menjadi tidak rata. Untuk pemakaian pada daerah yang terkena langsung sinar matahari sebaiknya digunakan plastik dengan warna yang terang supaya dapat membantu memantulkan sinar matahari.

- Karung basah atau terpal

Dipilih bahan ini karena dapat jenuh air sehingga dapat menyimpan air dalam jumlah yang cukup untuk waktu yang lama. Biasanya dipakai karung goni dan terpal karena tidak mudah busuk dan tahan terhadap api, tetapi karung goni yang dipakai harus tidak mudah luntur sehingga tidak menyebabkan perubahan warna pada beton.

- Serbuk gergaji

Bahan ini juga sering dipakai untuk bahan penutup beton, tetapi bahannya harus dipilih agar tidak menyebabkan perubahan warna pada beton. Biasanya

untuk menjaga kelembaban, lapisan serbuk gergaji harus disebar secara merata dan diusahakan tetap basah selama perawatan, dengan tebal minimum 5 cm.

Rumput kering atau jerami juga dapat dipakai asal dibasahi dengan cukup baik dan disebar merata dengan tebal minimum 15 cm dan biasanya harus diberi beban agar tidak tertiuip angin.

- Kertas kedap air

Kertas kedap air dipakai pada permukaan yang datar dan horisontal dan dapat dipakai secara berulang-ulang tanpa perlu menambahkan air pada kertas tersebut. Tetapi, kertas kedap air ini hanya dapat dipakai untuk permukaan beton yang tidak terlalu luas dan permukaan beton dengan kertas harus benar-benar menempel dengan baik agar didapat hasil yang maksimal.

- Air Kapur Jenuh

Air kapur jenuh adalah air kapur dimana indikasi jenuh ditandai dengan tidak terlarutnya kapur lagi bila dimasukkan ke dalam air dan diaduk. Perawatan dilakukan selama 14 hari, diharapkan akan ada peningkatan kekuatan awal pada benda uji dibandingkan dengan yang direndam air biasa dan yang dianginkan.

### 3.3.2 Perawatan Kering

Perawatan ini dilaksanakan dengan memberikan selaput tipis yang dibentuk dari bahan kimia yang biasa disebut membran *curing*. Membran *curing* adalah selaput penghalang yang terbentuk dari cairan kimia yang berguna untuk menahan penguapan air dari beton.

Bahan kimia yang dipakai harus sudah mengering dalam waktu 4 jam setelah disemprotkan sehingga permukaan beton yang dihasilkan akan rata dan tidak berkerut serta tidak meninggalkan warna pada beton. Metode ini sering digunakan pada perkerasan jalan atau pada lokasi yang sulit mendapatkan air serta untuk mempermudah pelaksanaan terutama untuk konstruksi yang vertikal dan memiliki lokasi yang sempit serta tidak memerlukan banyak tenaga kerja. Biasanya bahan kimia diberikan satu jam setelah proses *setting* beton dan permukaan harus kering sebelum disemprotkan.

### 3.3.3 Perawatan dengan Memberikan Panas (*Steam Curing*)

Tujuan utama perawatan jenis ini adalah untuk memperoleh kuat tekan yang tinggi pada usia awal agar beton dapat segera digunakan, terutama untuk beton pracetak prategang, pelepasan *jack* akan lebih cepat dilakukan pada metode *steam* ini dibandingkan dengan metode basah. Biasanya digunakan pada pabrik pembuat elemen pracetak, panel beton dan tiang pancang beton. Produk beton yang dirawat dengan cara ini akan lebih tahan terhadap senyawa asam dan mampu mengurangi retak rambut pada beton. Berdasarkan suhu dan tekanan, *steam* dapat dibedakan menjadi :

- *Steam* pada tekanan rendah (kondisi tekanan atmosfer), yaitu pada suhu 40 - 55°C selama 10 - 12 jam

Metode ini hanya dapat dilakukan pada beton yang diproduksi di pabrik dan bukan di lapangan. *Steam* biasa dilakukan setelah 2 - 6 jam dengan tujuan untuk meningkatkan kuat tekan beton.

- *Steam* dengan suhu dan tekanan tinggi, suhu pemanasan berkisar antara 180 - 188°C dengan tekanan 900 - 1100 kPa selama 7 - 8 jam. Metode ini berbeda dengan *steam* pada suhu rendah, dan bertujuan meningkatkan tekanan awal beton yang tinggi, dan meningkatkan daya tahan beton terhadap muai susut serta mengurangi retak susut karena dalam *steam* tidak ada kelembaban, sehingga proses hidrasi berjalan dengan baik / normal.

### 3.4 Karakteristik Pengerasan Beton

Untuk dapat lebih memahami dasar perencanaan dan pengawasan pengerasan beton perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut,

1. Kecepatan pengerasan beton sangat dipengaruhi oleh suhu. Kenaikan suhu di dalam beton akan meningkatkan kecepatan pengerasan beton dan sebaliknya. Kecepatan pengerasan akan berkurang apabila suhu turun, pada suhu 35°C, kecepatan pengerasan kira-kira dua kali lebih cepat dibandingkan pada suhu 20°C.
2. Selama pengerasan berlangsung dihasilkan panas. Proses hidrasi 1 kg portland semen yang berlangsung sempurna akan menghasilkan panas +/- 400 - 500 kJ. Pada kondisi ini, suhu di dalam beton akan berkisar 60 - 80°C, jika diasumsikan tidak ada panas yang hilang.

3. Suhu dipengaruhi oleh keseimbangan antara panas yang dihasilkan dan pertukaran panas ke udara luar. Suhu beton dengan massa besar atau terisolasi rapat akan tinggi, karena keseimbangan panas dengan udara luar sulit tercapai. Untuk beton yang tipis / tanpa isolasi, panas yang dihasilkan mudah mencapai keseimbangan dengan udara luar sehingga peningkatan suhu akan rendah.
4. Pada kondisi normal perkembangan kekuatan beton berlangsung cepat. Pada umur 7 - 14 hari kuat tekan beton hampir mencapai 60 - 70% kuat tekan umur 28 hari. Setelah itu kecepatan perkembangan kekuatan beton akan menurun. Pada suhu 0°C. pengerasan beton akan praktis berhenti. Jika suhu dinaikkan lagi sampai keadaan normal dan kelembaban udara yang cukup, maka pengerasan akan mulai lagi.
5. Beton yang dibiarkan berada di udara terbuka akan mengalami penyusutan, penyusutan bagian luar lebih besar dari pada bagian dalam beton. Karena perbedaan panas tersebut, maka timbul retak pada beton dan menurunkan kualitas beton.

### 3.5 Waktu dan Suhu *Curing*

Waktu yang diperlukan untuk perawatan beton tergantung kepada tipe semen, proporsi campuran, teknik perawatan, dan kuat tekan rencana. Untuk beton dilapangan juga tergantung pada cuaca, bentuk dan ukuran elemen beton. Agar kualitas dan biaya yang dikeluarkan ekonomis, perawatan basah beton normal biasanya minimum 7 hari pada suhu 20 - 30 °C. Waktu ini dapat dikurangi sampai 3 hari untuk jenis pemakaian semen yang menghasilkan kuat tekan awal yang tinggi. Waktu curing dapat sampai 3 minggu terutama untuk beton dengan semen yang sedikit (*lean concrete*) yang digunakan pada struktur masif seperti bendungan. Sebaliknya *curing* dapat dilakukan selama beberapa hari saja untuk beton dengan semen yang banyak dan semen type III. Apabila dipakai metode *steam curing* maka dapat dipersingkat sampai 24 jam (biasanya bervariasi antara 3 jam sampai dengan 3 hari).

Suhu *curing* yang tinggi pada umur awal beton akan meningkatkan kuat tekan beton. Pada umur 28 hari, peningkatan suhu *curing* akan menurunkan kuat tekan beton.



Tingkat hidrasi dipengaruhi oleh komposisi dan kehalusan butir semen. Waktu *curing* harus diperpanjang jika kecepatan pengerasan lambat, terutama untuk beton yang mengandung pozzolan. Pozzolan yang terkandung dalam semen berguna untuk mengurangi panas hidrasi sehingga suhu puncak beton menurun, mengurangi permeabilitas (beton menjadi kedap air), meningkatkan kemudahan pengerjaan dan meningkatkan daya tahan terhadap serangan sulfat.

### 3.6 Kapur dan Proses Karbonasi

Kapur tidak termasuk semen hidrolis, karena proses pengerasannya tidak terjadi akibat bereaksi dengan air, melainkan akibat bereaksi dengan  $\text{CO}_2$  dari udara dan penguapan air pencampurnya. Proses ini disebut karbonasi yang menyebabkan lapisan kapur di permukaan menjadi lebih keras dibandingkan dengan lapisan kapur di sebelah bawahnya. Sifat kapur jika dicampur dengan perbandingan yang tepat akan dapat mencapai kekuatan dan keawetan yang sangat tinggi. Bahan mentah kapur ( $\text{CaO}$ ) diperoleh dari batu gamping (limestone,  $\text{CaCO}_3$ ).

## 4. UJI LABORATORIUM

Masalah perawatan yang akan diuji-laboratorium adalah pengaruh perawatan dengan air tawar dan air kapur jenuh serta dianginkan (tanpa perawatan) untuk mutu beton K - 175 dan mutu beton K - 350.

Berdasarkan hasil uji laboratorium ini akan diketahui pengaruh ketiga perawatan terhadap kekuatan tekan beton mutu K - 175 dan K - 350

### 4.1 Data-data Agregat

Data yang dari jenis agregat yang akan dipakai untuk campuran benda uji adalah sebagai berikut :

#### 1. Agregat halus

- Jenis pasir : pasir alam
- Kadar air : 9.9 %
- Absorpsi : 6.3125 %
- Specific gravity : 2.1839  $\text{kg/m}^3$
- Gradasi : II
- Berat isi lepas : 1.275  $\text{gr/cm}^3$

## 2. Agregat kasar

- Jenis pasir : batu pecah
- Kadar air : 3.005 %
- Absorpsi : 1.8975 %
- Specific gravity : 2.7075 kg/m<sup>3</sup>
- Ukuran agregat maksimum : 40 mm
- Berat isi lepas : 1.35 gr/cm<sup>3</sup>

## 4.2 Perencanaan Benda Uji Kubus

### 4.2.1 Benda Uji Mutu K-175

Prosedur perencanaan campuran beton K-175 :

1. Kuat tekan yang disyaratkan sudah ditetapkan yaitu 17,5 N/mm<sup>2</sup> pada umur 28 hari
2. Deviasi standart diambil  $s = 7$  N/mm<sup>2</sup>
3. Nilai tambah dihitung menurut rumus :

$$M = k \times s \quad M = \text{nilai tambah}$$

$k =$  tetapan statistik, dalam hal ini diambil nilai  $k = 1,64$

$s =$  deviasi standart

$$\text{Sehingga harga } M = 1,64 \times 7 = 11,48 \text{ N/mm}^2$$

4. Kekuatan rata-rata yang ditargetkan = kuat tekan yang diisyaratkan + nilai tambah  
$$= 17,5 + 11,48 = 38,98 \text{ N/mm}^2$$
5. Jenis semen ditetapkan yaitu OPC (Ordinary Portland Semen) atau type I
6. Jenis agregat diketahui :
  - agregat kasar berupa batu pecah
  - agregat halus berupa pasir alami

7. Faktor semen air bebas :

Dari tabel 2 diketahui untuk agregat batu pecah, semen portland type 1 dan benda uji berbentuk kubus, kuat tekan yang diharapkan pada umur 28 hari dan faktor air semen 0,5 yaitu 45 N/mm<sup>2</sup>. Dari data yang ada, pada grafik 2 ditarik garis mendatar dari kekuatan 39.98 N/mm<sup>2</sup> sampai memotong sumbu x sehingga didapat nilai faktor air-semen bebas sebesar 0,62.

8. Faktor air semen maksimum, dalam hal ini ditetapkan 0,6 (tabel 3; beton di luar ruangan bangunan, tidak terlindung adari hujan dan terik matahari

langsung). Untuk perhitungan selanjutnya dipakai harga faktor air semen yang lebih kecil.

9. Slump : ditetapkan sebesar : 60 – 100 mm.

10. Ukuran agregat maksimum : ditetapkan 40 mm.

11. Kadar air bebas (lihat tabel 6)

**Kadar air bebas dihitung dengan rumus  $\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$**

$W_h$  = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

$W_k$  = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Dari tabel 6 diambil harga  $W_h = 175$  dan  $W_k = 205$  yaitu pada slump 60 – 100 mm. Harga ini merupakan pendekatan karena pada tabel belum ada harga untuk ukuran agregat maksimum 40 mm.

12. Jumlah semen = kadar air bebas / faktor air semen bebas  
=  $185 / 0,6 = 308,33$

13. Jumlah semen maksimum tidak ditetapkan sehingga dapat diabaikan

14. Jumlah semen minimum ditentukan 325 kg/m<sup>3</sup>.

Seandainya jumlah semen dari no. 12 belum memenuhi maka harga minimum ini harus dipakai dan harus dilakukan penyesuaian faktor air semen yang baru.

15. Faktor air semen yang disesuaikan perlu diperhitungkan, karena jumlah semen minimum yang ditetapkan lebih besar daripada jumlah semen no.12.

**Faktor air semen yang dikoreksi =  $185 / 325 = 0,57$**

16. Susunan butir agregat halus : didapat termasuk Daerah Gradasi Zone II

17. Porsen bahan lebih halus dari 4,8 mm = 38 % : didapat dari grafik 12 (ukuran butir maksimum 40 mm), dilihat pada slump 60 – 100 mm. Dari faktor air semen 0,57 ditarik garis sampai memotong perbatasan daerah gradasi 2 dan diperoleh harga 34 – 42 % (ambil 38%)

18. Berat jenis relatif agregat adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar.

**Diketahui berat jenis agregat halus = 2,18 dan berat jenis agregat kasar = 2,71. Maka berat jenis relatif agregat =  $0,38 \times 2,18 + 0,65 \times 2,71 = 2,59$**

19. Berat jenis beton : diperoleh dari grafik 13, yaitu dengan membuat grafik baru dengan berat jenis agregat gabungan yang didapat yaitu 2,59. Perpotongan garis ini dengan kadar air bebas yaitu 185 kg/m<sup>3</sup> menunjukkan berat jenis beton yaitu 2380 kg/m<sup>3</sup>

20. Kadar agregat gabungan = berat jenis beton – kadar semen – kadar air bebas  
 = 2380 – 325 – 185  
 = 1870 kg/m<sup>3</sup>
21. Kadar agregat halus = %bahan lebih halus dari 4,8 mm × kadar agregat gabungan  
 = 0.38 × 1870 = 710,6 kg/m<sup>3</sup>
22. Kadar agregat kasar = kadar agregat gabungan – kadar agregat halus  
 = 1870 – 710,6 = 1159,4 kg/m<sup>3</sup>

23. Koreksi Air

| No | Proporsi Campuran K-175 | Semen (kg) | Air (kg) | Agregat halus (kg) | Agregat Kasar (kg) |
|----|-------------------------|------------|----------|--------------------|--------------------|
| 1  | Tiap 1 m <sup>3</sup>   |            |          |                    |                    |
| a  | Sebelum koreksi         | 325        | 185      | 710.6              | 1159.4             |
| b  | Setelah koreksi         | 325        | 148      | 735                | 1172               |
| 2  | Tiap 20 kubus           |            |          |                    |                    |
|    | 0.0675 m <sup>3</sup>   | 21.9375    | 9.99     | 49.6125            | 79.11              |
|    | Pembulatan              | 22         | 10       | 50                 | 79                 |

4.2.2 Benda Uji Mutu K - 350

Prosedur perencanaan campuran beton K-350 :

- Kuat tekan yang disyaratkan sudah ditetapkan yaitu 35 N/mm<sup>2</sup> pada umur 28 hari
- Deviasi standart diambil  $s = 7 \text{ N/mm}^2$
- Nilai tambah dihitung menurut rumus :  
 $M = k \times s$        $M = \text{nilai tambah}$   
 $k = \text{tetapan statistik, dalam hal ini diambil nilai } k = 1,64$   
 $s = \text{deviasi standart}$   
 Sehingga harga  $M = 1,64 \times 7 = 11,48 \text{ N/mm}^2$
- Kekuatan rata-rata yang ditargetkan = kuat tekan yang diisyaratkan + nilai tambah  
 $= 35 + 11,48 = 46,48 \text{ N/mm}^2$
- Jenis semen ditetapkan yaitu OPC (Ordinary Portland Semen) atau type I
- Jenis agregat diketahui : - agregat kasar berupa batu pecah  
 - agregat halus berupa pasir alami

7. Faktor semen air bebas :

Dari tabel 2 diketahui untuk agregat batu pecah, semen portland type 1 dan benda uji berbentuk kubus, kuat tekan yang diharapkan pada umur 28 hari dan faktor air semen 0,5 yaitu  $45 \text{ N/mm}^2$ . Dari data yang ada, pada grafik 2 ditarik garis mendatar dari kekuatan  $46.48 \text{ N/mm}^2$  sampai memotong sumbu x sehingga didapat nilai faktor air-semen bebas sebesar 0,49.

8. Faktor air semen maksimum, dalam hal ini ditetapkan 0,6 (tabel 3; beton di luar ruangan bangunan, tidak terlindung adari hujan dan terik matahari langsung). Untuk perhitungan selanjutnya dipakai harga faktor air semen yang lebih kecil.

9. Slump : ditetapkan sebesar : 60 – 100 mm.

10. Ukuran agregat maksimum : ditetapkan 40 mm.

11. Kadar air bebas (lihat tabel 6)

**Kadar air bebas dihitung dengan rumus  $2/3 W_h + 1/3 W_k$**

$W_h$  = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

$W_k$  = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Dari tabel 6 diambil harga  $W_h = 175$  dan  $W_k = 205$  yaitu pada slump 60 – 100 mm. Harga ini merupakan pendekatan karena pada tabel belum ada harga untuk ukuran agregat maksimum 40 mm.

12. Jumlah semen = kadar air bebas / faktor air semen bebas  
=  $185 / 0,49 = 377,55$

13. Jumlah semen maksimum tidak ditetapkan sehingga dapat diabaikan

14. Jumlah semen minimum ditentukan 325 kg/m<sup>3</sup>.

Seandainya jumlah semen dari no. 12 belum memenuhi maka harga minimum ini harus dipakai dan harus dilakukan penyesuaian faktor air semen yang baru.

15. Faktor air semen yang disesuaikan tidak perlu diperhitungkan, karena jumlah semen minimum yang ditetapkan lebih kecil daripada jumlah semen no.12.

16. Susunan butir agregat halus : didapat termasuk Daerah Gradasi Zone II

17. Persen bahan lebih halus dari 4,8 mm = 35 % : didapat dari grafik 12 (ukuran butir maksimum 40 mm), dilihat pada slump 60 – 100 mm. Dari faktor air semen 0,57 ditarik garis sampai memotong perbatasan daerah gradasi 2 dan diperoleh harga 32 – 40 % (ambil 35%)

18. Berat jenis relatif agregat (kering permukaan) adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar.

Diketahui berat jenis agregat halus = 2,18 dan berat jenis agregat kasar = 2,71. Maka berat jenis relatif agregat =  $0,35 \times 2,18 + 0,65 \times 2,71 = 2,5245$

19. Berat jenis beton : diperoleh dari grafik 13, yaitu dengan membuat grafik baru dengan berat jenis agregat gabungan yang didapat yaitu 2,5245. Perpotongan garis ini dengan kadar air bebas yaitu  $185 \text{ kg/m}^3$  menunjukkan berat jenis beton yaitu  $2315 \text{ kg/m}^3$

20. Kadar agregat gabungan = berat jenis beton – kadar semen – kadar air bebas

$$= 2315 - 377,55 - 185$$

$$= 1752,45 \text{ kg/m}^3$$

21. Kadar agregat halus = % bahan lebih halus dari 4,8 mm  $\times$  kadar agregat gabungan.

$$= 0,35 \times 1752,45 = 613,375 \text{ kg/m}^3$$

22. Kadar agregat kasar = kadar agregat gabungan – kadar agregat halus

$$= 1752,45 - 613,375 = 1139,075 \text{ kg/m}^3$$

23. Koreksi Air

| No | Proporsi Campuran K-350 | Semen (kg) | Air (kg) | Agregat halus (kg) | Agregat Kasar (kg) |
|----|-------------------------|------------|----------|--------------------|--------------------|
| 1  | Tiap $1 \text{ m}^3$    |            |          |                    |                    |
| a  | Sebelum koreksi         | 377.55     | 185      | 613.36             | 1139.09            |
| b  | Setelah koreksi         | 377.55     | 150.38   | 635.36             | 1151.71            |
| 2  | Tiap 20 kubus           |            |          |                    |                    |
|    | $0.0675 \text{ m}^3$    | 25.48      | 10.15    | 42.89              | 77.74              |
|    | Pembulatan              | 25         | 10       | 43                 | 78                 |

#### 4.2.3 Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji

Pelaksanaan pembuatan benda uji dimulai pada tanggal 22 Maret 1999 bertempat di Laboratorium Rekayasa Struktur Universitas Katolik Prahyanan Fakultas Teknik jurusan Sipil, Bandung. Setelah hasil perencanaan dihitung akan diketahui proporsi campuran antara bahan penyusunnya. Agregat kasar dicuci

dahulu sebelum dipakai untuk membuat campuran dan agregat halus diayak dengan menggunakan saringan persegi 5 mm. Pengerjaan pengecoran dilakukan secara manual dan diaduk pakai tangan dengan bantuan singkup, pacul dan sendok aduk, agar didapat hasil yang homogen dan supaya tidak terjadi segregasi. Besarnya slump ditentukan antara 60 - 100 mm, dimana direncanakan untuk membuat masing - masing sebanyak 60 buah untuk mutu K - 175 dan K - 350.

Langkah - langkah percobaan :

1. Penimbangan bahan pembuatan beton dimulai dengan menimbang pasir, split, air dan semen sesuai dengan berrat yang telah direncanakan tersebut.
2. Bahan - bahan tersebut dituangkan ke dalam kotak pengaduk yang telah dilakukan dimulai dengan split, pasir, dan semen kemudian diaduk merata dalam keadaan kering, setelah itu baru ditambahkan air sampai kira - kira tersisa 2 kg dari jumlah air yang diperlukan dan kemudian diaduk bersama dengan air tadi. Setelah teraduk merata kemudian baru ditambahkan sisa air tadi untuk untuk diaduk untuk mendapatkan nilai slump yang telah ditentukan.
3. Setelah selesai pengadukan, maka diambil contoh untuk test slump dengan memakai kerucut Abrams dan dicatat hasilnya untuk dicocokkan dengan nilai slump yang telah ditentukan dan juga nilai - nilai kerapatan beton (berat kg per m<sup>3</sup>) dengan slump a 60-100 mm.
4. Setelah slump di cocokkan kemudian mulai pembuatan kubus ujinya dengan memasukkan adukan ke dalam kubus yang telah disediakan engan sebelumnya telah diolesi dengan oli untuk memudahkan pekerjaan pembukaan cetakan beton uji keesokan harinya.
5. Adukan yang dimasukkan kedalam kubus uji harus dipadatkan, pertama dimasukkan 1/3 tinggi kubus untuk kemudian ditusuk - tusuk dengan tongkat, kemudian digetarkan di atas meja pengetar untuk mendapatkan kepadatan yang baik dan adukana diisi sampai penuh kubus ujinya. Penggetaran dilakukan tidak terlalu lama karena akan menyebabkan terjadinya segregasi pada adukan tersebut.
6. Setelah semua adukan selesai dimasukkan ke dalam kubus uji, maka hasilnya di susun dengan rapi agar benda uji tidak terganggu selama proses setting timenya, maupun hardening time juga tidak terganggu lagi.

7. Keesokan harinya cetakan benda uji di buka untuk kemudian di kelompokkan menjadi bagian perawatan untuk direndam dengan air tawar sebanyak 20 buah, dengan air kapur jenuh sebanyak 20 unit, dan terakhir yang 20 buah tidak direndam tetapi dianginkan di dalam ruangan laboratorium rekayasa struktur.
8. Perendaman dilakukan selama 14 hari baik untuk air tawar, maupun untuk air kapur.

#### 4.2.4 Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Benda Uji

Dengan Memakai rumus regresi dibawah ini akan di dapat hasil seperti terlihat pada lampiran berikut sehingga mendapatkan nilai s (deviasi standard) yang menentukan ketelitian hasil percobaan.

$$\text{Rumus a} = \frac{\sum Y' \sum X^2 - \sum X \sum XY'}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$\text{Rumus b} = \frac{\bar{Y}' - a}{X}$$

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah umur beton pada umur ke 3, 7, 14, 21, 28 hari. Pelaksanaan pengetesan dengan benda uji yang habis direndam adalah dikeringkan dahulu, baru kemudian di tes. Demikian juga untuk pengetesan yang berikutnya.

Hasil - hasil pengujian kemudian dihitung untuk dapat diketahui nilai :

1. nilai kuat tekan beton rata - rata :

$$f'_{bm} = \frac{1}{N} \sum_1^N f'_b$$

di mana :

- $f'_{bm}$  = kuat tekan rata - rata pada umur 28 hari
- $f'_b$  = kuat tekan masing - masing benda uji
- $N$  = jumlah benda uji

2. nilai deviasi standar

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f'_b - f'_{bm})^2}{N}}$$



3. Kuat tekan karakteristik benda uji

$$f'_b \text{ kaktual} = f'_{bm} - k.s$$

Contoh Perhitungan :

1. nilai kuat tekan beton rata - rata :

Mutu K-175 :

- Direndam air tawar =  $f'_{bm} = 196.65 \text{ kg/cm}^2$
- Direndam air kapur jenuh =  $f'_{bm} = 191.71 \text{ kg/cm}^2$
- Dianginkan =  $f'_{bm} = 187.87 \text{ kg/cm}^2$

Mutu K-350 :

- Direndam air tawar =  $f'_{bm} = 392.02 \text{ kg/cm}^2$
- Direndam air kapur jenuh =  $f'_{bm} = 389.01 \text{ kg/cm}^2$
- Dianginkan =  $f'_{bm} = 334.01 \text{ kg/cm}^2$

2. nilai deviasi standar

Mutu K-175 :

- Direndam air tawar =  $s = 3.01 \text{ kg/cm}^2$
- Direndam air kapur jenuh =  $s = 3.21 \text{ kg/cm}^2$
- Dianginkan =  $s = 2.92 \text{ kg/cm}^2$

Mutu K-350 :

- Direndam air tawar =  $s = 12.72 \text{ kg/cm}^2$
- Direndam air kapur jenuh =  $s = 7.00 \text{ kg/cm}^2$
- Dianginkan =  $s = 7.96 \text{ kg/cm}^2$

3 Kuat tekan karakteristik benda uji

Mutu K-175 :

- Direndam air tawar =  $f'_b = 191.71 \text{ kg/cm}^2$
- Direndam air kapur jenuh =  $f'_b = 186.45 \text{ kg/cm}^2$
- Dianginkan =  $f'_b = 183.08 \text{ kg/cm}^2$

Mutu K-350 :

- Direndam air tawar =  $f'_b = 371.16 \text{ kg/cm}^2$
- Direndam air kapur jenuh =  $f'_b = 377.62 \text{ kg/cm}^2$
- Dianginkan =  $f'_b = 320.97 \text{ kg/cm}^2$

## 5. EVALUASI HASIL PENGUJIAN

### 5.1 Pengamatan Visual

Berdasarkan pengamatan, warna benda uji yang direndam air kapur jenuh menjadi putih setelah kering dan tidak dapat dibersihkan, sedangkan yang direndam air tawar dan dianginkan warnanya tetap seperti aslinya yaitu warna semen.

### 5.2 Perkembangan Kuat Tekan Rata-rata

| MUTU BETON K-175       |  |                    |            |
|------------------------|--|--------------------|------------|
|                        | Kuat tekan benda uji rata-rata (Kg/cm <sup>2</sup> ) |                    |            |
| Pengujian pada hari ke | Direndam Air Tawar                                   | Direndam Air Kapur | Dianginkan |
| 3                      | 67.31  | 69.62              | 66.50      |
| 7                      | 85.96  | 86.23              | 84.84      |
| 14                     | 149.74   | 146.89             | 144.69     |
| 21                     | 171.16   | 172.17             | 164.93     |
| 28                     | 196.65   | 191.80             | 187.87     |

| MUTU BETON K-350       |  |                    |            |
|------------------------|--|--------------------|------------|
|                        | Kuat tekan benda uji rata-rata (Kg / cm <sup>2</sup> ) |                    |            |
| Pengujian pada hari ke | Direndam Air Tawar                                     | Direndam Air Kapur | Dianginkan |
| 3                      | 206.20   | 206.60             | 197.08     |
| 7                      | 282.81   | 275.21             | 236.74     |
| 14                     | 314.00   | 315.83             | 264.54     |
| 21                     | 381.78   | 375.41             | 299.39     |
| 28                     | 392.03   | 389.10             | 334.01     |

### 5.3 Mutu Beton yang Dicapai

Dengan menggunakan analisa regresi linear dan faktor umur, maka dapat dihitung besarnya kuat tekan benda uji yang dicapai (aktual) yaitu :

$$\text{Rumus } a = \frac{\sum Y' \sum X^2 - \sum X \sum XY'}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$\text{Rumus } b = \frac{\overline{Y'} - a}{\overline{X}}$$

| No. | Jenis Perawatan    | Kuat tekan Rata-rata 28 hari (kg/cm <sup>2</sup> ) | Standar Deviasi (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat tekan Karakteristik (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------------|--|---------------------------------------|--|
| A   | Mutu beton K - 175 |  |                                       |  |
| 1   | direndam air       | 196,65   | 3,01                                  | 191,71   |
| 2   | direndam air kapur | 191,80   | 3,21                                  | 186,45   |
| 3   | dianginkan         | 187,87   | 2,92                                  | 183,08   |
| B   | Mutu beton K - 350 |  |                                       |  |
| 1   | direndam air       | 392,03   | 12,72                                 | 371,16   |
| 2   | direndam air kapur | 389,10   | 7,00                                  | 377,62   |
| 3   | dianginkan         | 334,01   | 7,96                                  | 320,97   |

## 6. PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan perhitungan terlihat bahwa :

1. Untuk mutu beton K-175 dengan perawatan direndam-air maupun yang direndam dengan air kapur jenuh ternyata kuat tekannya hampir sama, disini dapat disimpulkan tidak ada perbedaan.
2. Untuk mutu beton K-175 hasil kuat tekan antara yang dianginkan dengan yang direndam perbedaannya cukup besar yaitu sebesar 4,5% berkurang dibandingkan dengan yang direndam air.
3. Untuk mutu beton K-350 kuat tekan yang direndam air dengan yang direndam air kapur jenuh hampir sama, berarti tidak ada perbedaan.
4. Untuk mutu beton K-350 kuat tekan yang dianginkan turun tajam yaitu sebesar 14,80% dibandingkan yang direndam air.
5. Berdasarkan pengamatan visual pada semua benda uji yang direndam air kapur jenuh tampak beton berwarna keputih-putihan setelah kering dan sulit untuk dibersihkan.

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan di laboratorium dapat disimpulkan untuk beton dengan mutu yang rendah (K-175), fungsi perawatan tidak terlalu besar pengaruhnya terhadap kuat tekan.



Sedangkan untuk beton dengan mutu yang lebih tinggi (K-350), fungsi perawatan sangat penting terhadap kuat tekan yang dihasilkan.

Dari hasil pengamatan visual terlihat proses karbonisasi dari air kapur terhadap beton yang direndam air kapur jenuh, dimana warna beton akan berubah menjadi keputih-putihan, sehingga dianjurkan untuk tidak memakai air kapur untuk merendam beton, juga terhadap kekuatan tekan betonnya sendiri tidak tampak adanya perbedaan kuat tekan yang nyata.

## 6.2 Saran

Merujuk pada hasil percobaan diatas maka, kami sarankan untuk tetap melakukan perawatan beton terutama untuk beton mutu tinggi, hal ini sangat besar pengaruhnya terhadap kuat tekan beton itu sendiri dan keawetan betonnya.

Perendaman dengan air kapur jenuh tidak dianjurkan karena akan merubah warna dari beton setelah kering yang tidak berpengaruh terhadap kuat tekan beton, bahkan menambah biaya perawatan karena harus membeli kapur dalam jumlah yang cukup banyak.

Walaupun hasil kuat tekan pada beton dengan K-175 yang diinginkan kuat tekannya hanya sedikit berkurang, tetapi hal ini dapat juga dikarenakan benda uji hanya diinginkan saja, maka disarankan untuk tetap melakukan perawatan yang sesuai bagi beton dengan mutu lebih rendah.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

1. Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, N.I.-2, Bandung, Oktober 1971.
2. Wiratman Wangsadinata C.E., *Elastic Analysis of Reinforced Concrete Sections*, Building Research Institute Publ., Bandung. 1971.
3. Troels Brondum-Neilsen, *Structural Concrete*. Polyteknisk Forlag, Lyngby Denmark.
4. Mindess, S. & J.F. Young, *Concrete*. Prentice-Hall Inc. 1981.