

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Beton atau *concrete* berasal dari bahasa latin “*concretus*” yang berarti tumbuh bersama” suatu pengertian yang menggambarkan “penyatuan partikel-partikel lepas menjadi suatu massa yang utuh” (Raina, V.K., 1989).

Beton yang sudah keras dapat dianggap sebagai batu tiruan, dengan rongga-rongga butiran yang besar (agregat kasar ; krikil atau batu pecah) diisi oleh butiran yang lebih halus (agregat halus ; pasir) dan pori-pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air (Tjokrodiluljo, K., 1996).

Semen portland dan air setelah bertemu akan bereaksi, butir semen bereaksi dengan air membentuk pasta semen, pasta ini berfungsi untuk mengisi pori-pori diantara pasir dan krikil serta berfungsi sebagai pengikat dalam proses pengerasan, akibat ikatan ini antara agregat menjadi saling terikat kompak, kuat dan padat. Agregat, yaitu pasir dan krikil tidak akan mengalami proses kimia, melainkan hanya sebagai bahan pengisi saja yaitu sebagai bahan yang dilekatkan (Astanto, T.B., 2001).

2.2. Material Penyusun Beton

2.2.1. Semen Portland

Semen portland adalah semen yang dibuat dengan mencampurkan bahan-bahan yang mengandung kalsium karbonat seperti kapur dengan bahan lain yang mengandung silika, alumina dan oksida besi seperti lumpur atau tanah liat. Bahan-bahan ini kemudian dicampur menjadi satu. Campuran ini kemudian dipanaskan sehingga terbentuklah *klinker*. *Klinker* ini kemudian dihaluskan menjadi bubuk dan dicampurkan dengan gips atau kalsium sulfat sebagai bahan tambahan (Raina, V.K., 1989).

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen tipe I (semen penggunaan umum) yang digunakan secara luas sebagai semen umum untuk teknik sipil dan konstruksi arsitektur.

Spesifikasi mutu dan cara pengujian berdasarkan SNI 15 – 2049 – 1994, *Portland Semen* dan SII OO13 -77, *Mutu dan Cara Uji Semen Portland*.

2.2.2. Agregat

Agregat merupakan material granular, misalnya pasir, krikil, batu pecah dan kerak tungku pijar yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk

suatu beton atau adukan semen hidrolik (SNI 03 – 2847 – 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*).

Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Agregat halus

Pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir sebesar 5 mm.

2. Agregat kasar

Krikil sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran 5 - 40 mm.

Spesifikasi Agregat berdasarkan SK SNI S – 04 - 1989 – F, *Spesifikasi Agregat sebagai Bahan Bangunan* dan SK SNI T – 15 – 1990 – 03, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.

Agregat yang dipakai dalam penelitian ini adalah batu pecah ½ dan pasir alam.

2.2.3. Air

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Pemberian air terlalu banyak akan menurunkan mutu beton serta membuat beton menjadi porus.

Spesifikasi air berdasar SNI 03 – 2847 – 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air Laboratorium Bahan dan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil UNDIP.

2.3. Perencanaan Campuran

2.3.1. Pengertian Umum

Perencanaan campuran beton dilakukan untuk mengetahui komposisi yang tepat antara berat semen, berat masing-masing agregat dan berat air yang diperlukan untuk mencapai suatu kekuatan yang diinginkan.

Proporsi material untuk campuran beton harus ditentukan untuk menghasilkan sifat-sifat :

1. Kelecekan dan konsistensi yang menjadikan beton mudah dicor kedalam cetakan dan kecelah di sekeliling tulangan dengan berbagai kondisi pelaksanaan pengecoran yang harus dilakukan, tanpa terjadinya segregasi atau bleeding yang berlebih.
2. Ketahanan terhadap pengaruh lingkungan.
3. Sesuai dengan persyaratan uji kekuatan.

(SNI 03 - 2847 -2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*).

Menurut K. Tjokrodimuljo (1996), faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton ialah :

1. Faktor air semen

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton secara umum dapat dituliskan dengan rumus yang diusulkan oleh Duff Abrams (1919), yaitu :

$$f_c = A / B^{1.5 x}$$

Dimana : f_c = kuat tekan beton
 X = faktor air semen
 A, B = konstanta

Dari rumus di atas tampak bahwa semakin rendah faktor air semen akan semakin tinggi kuat tekan beton, namun rumus ini berlaku hanya sampai batas terendah dimana campuran masih dapat dipadatkan.

Kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat tekan beton setelah mengeras, adanya pori udara sebanyak 5 % akan mengurangi kuat tekan beton sampai 35 %, dan pori sebanyak 10 % akan mengurangi kuat tekan beton sampai 60 %.

2. Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton itu. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu faktor air semen dan suhu perawatan. FAS semakin tinggi mengakibatkan kenaikan kekuatan beton melambat, dan suhu perawatan yang semakin tinggi akan mempercepat kenaikan kekuatan beton.

3. Jenis Semen

Penggunaan jenis semen yang berbeda akan menghasilkan kekuatan beton yang berbeda pula.

4. Jumlah Semen

Jumlah semen yang terlalu banyak berarti jumlah air sedikit, hal ini akan menyebabkan adukan beton sulit dipadatkan, sehingga kuat tekannya menjadi rendah. Namun jika jumlah semen terlalu sedikit akan menyebabkan jumlah air yang berlebihan, sehingga kuat tekan beton juga menjadi rendah.

5. Sifat Agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Permukaan yang halus pada krikil dan kasar pada batu pecah berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat retak-retak beton mulai terbentuk.

2.3.2. Metode Perancangan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton pada penelitian ini menggunakan metode DOE berdasarkan SK SNI T – 15 – 1990 – 03, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, yang mengacu pada SNI 03 – 2847 – 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* dan metode ACI (*American Standar Institute*).

2.4. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan karakteristik beton (f'_c) dapat didefinisikan sebagai kuat tekan beton yang dilampaui oleh paling sedikit 95 % dari benda uji. Pengujian standarnya didasarkan atas kuat tekan beton umur 28 hari.

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, kuat tekan suatu mutu beton dapat dikategorikan memenuhi syarat jika dua hal berikut dipenuhi :

1. Setiap nilai rata-rata dari tiga uji kuat tekan yang berurutan mempunyai nilai yang sama atau lebih besar dari f'_c .
2. Tidak ada nilai uji kuat tekan yang dihitung sebagai nilai rata-rata dari dua hasil uji contoh silinder mempunyai nilai di bawah f'_c melebihi dari 3,5 MPa.

Cara pengujian kuat tekan beton berdasarkan SNI – 03 – 1974 – 1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.

2.5. Perawatan Beton

Beton harus dirawat pada suhu diatas 10 °C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 7 hari setelah pengecoran kecuali jika dengan perawatan dipercepat (SNI 03 – 2847 – 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*).

Perawatan beton dimaksudkan agar beton dapat mengembangkan kekuatannya secara wajar dan sempurna serta memiliki tingkat kekedapan dan keawetan yang baik, ketahanan terhadap aus serta stabilitas dimensi struktur. (Mulyo, T., 2003).

Perawatan dilakukan untuk mencegah terjadinya temperatur beton atau penguapan air yang berlebihan yang dapat memberi pengaruh negatif pada mutu beton yang dihasilkan atau pada kemampuan layan komponen atau struktur (SNI 03 – 2847 – 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*).

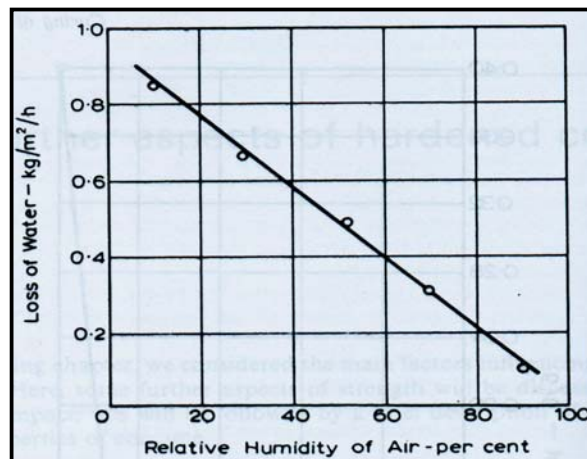
Dalam ASTM C 31 dan C 192, dijelaskan bahwa perawatan beton pada dasarnya adalah mengkondisikan beton agar tetap dalam suhu dan kelembaban yang terkontrol, yaitu $T = 23 \pm 2$ °C dan $RH = 95 \pm 5$ %.

Reaksi kimia yang terjadi pada proses pengikatan dan pengerasan beton sangat tergantung pada kadar air. Apabila proses penguapan air terjadi secara berlebihan terutama pada waktu setelah *final setting*, maka proses hidrasi dapat terganggu demikian juga untuk proses hidrasi selanjutnya.

Menurut A.M. Neville (2002), ada empat hal yang mempengaruhi proses penguapan yang dapat menyebabkan kehilangan air pada beton, yaitu :

1. Kelembaban relatif

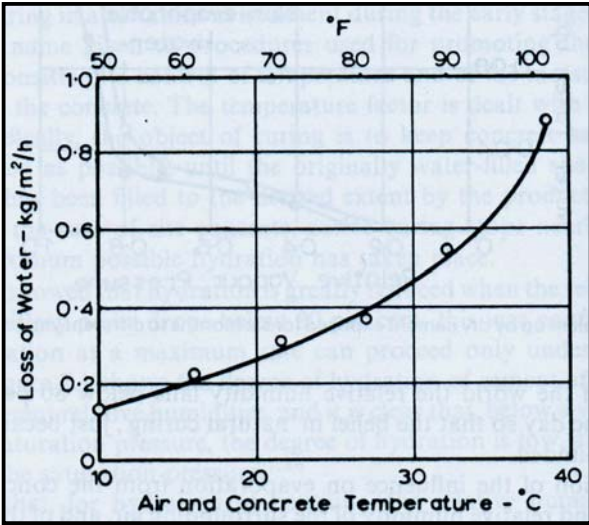
Semakin besar nilai kelembaban relatif, maka semakin sedikit kehilangan air yang terjadi.



Grafik 2.1. Hubungan antara kelembaban dengan kehilangan air
(Neville, A.M., 2002)

2. Temperatur udara dan beton

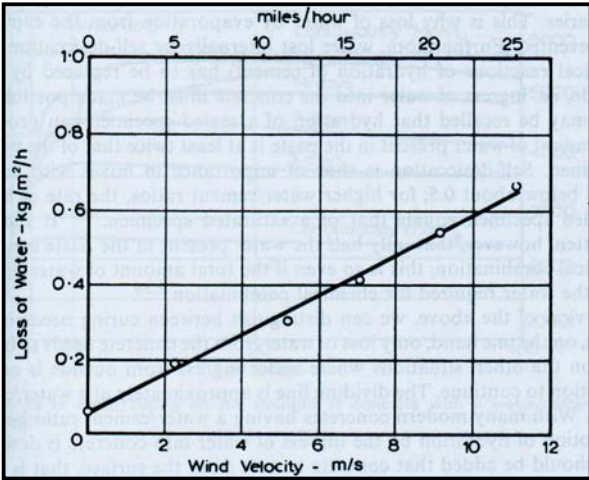
Temperatur udara dan beton sangat mempengaruhi proses penguapan yang terjadi pada beton. Semakin tinggi temperatur maka kehilangan air yang terjadi semakin banyak.



Grafik 2.2. Hubungan antara temperatur udara dan beton dengan kehilangan air (Neville, A.M., 2002)

3. Kecepatan udara

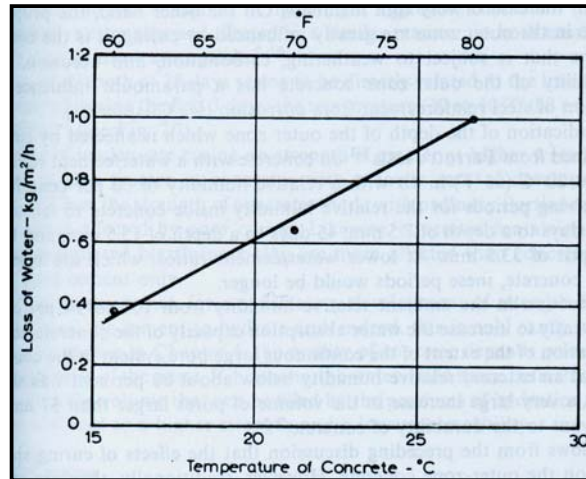
Proses penguapan juga dipengaruhi oleh adanya angin. Kecepatan angin yang besar akan mempercepat proses penguapan yang terjadi.



Grafik 2.3. Hubungan antara kecepatan angin dengan kehilangan air (Neville, A.M., 2002)

4. Temperatur beton

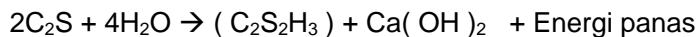
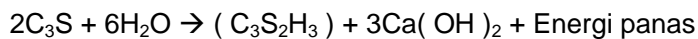
Perbedaan diantara temperatur udara dan beton juga mempengaruhi terhadap kehilangan air seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut.



Grafik 2.4. Hubungan antara temperatur beton dengan kehilangan air
(Neville, A.M., 2002)

Selain dapat menyebabkan kehilangan air yang dapat mengganggu proses hidrasi, penguapan juga dapat menyebabkan penyusutan kering yang terlalu awal dan cepat, sehingga berakibat timbulnya tegangan tarik yang mungkin dapat menimbulkan retak-retak, kecuali bila beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini (Murdock, L.J. dan Brook, K.M., 1991).

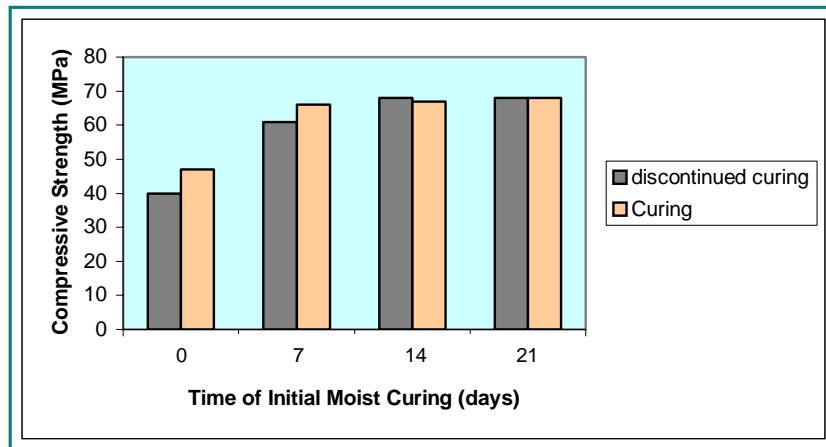
Proses hidrasi semen akan berlangsung bila semen bersentuhan dengan air. Rumus kimia dari proses hidrasi semen dapat ditulis sebagai berikut :



Dalam proses hidrasi dihasilkan panas. Adanya pembebasan panas ini membantu mempercepat pengerasan (proses hidrasi) dari senyawa-senyawa itu. Tetapi setelah pengerasan terjadi, bagian yang telah mengeras mempunyai sifat lambat menyalurkan panas. Jika suatu masa atau benda yang terbuat dari semen terlalu tebal, panas hidrasi di dalam benda itu akan tinggi sehingga dapat menyebabkan retak, susut dan sebagainya, bahkan mungkin dapat berakibat fatal (Samekto, S. dan Rahmadiyanto, C., 2001).

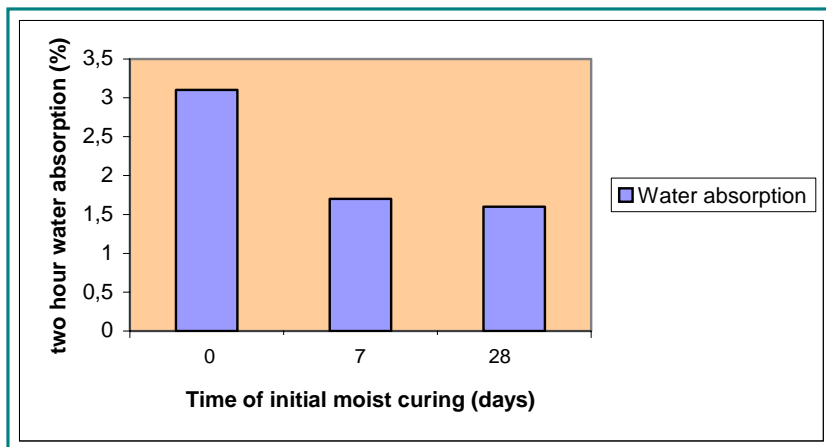
Proses hidrasi butir-butir semen sangat lambat, dan bila diperlukan masih dimungkinkan untuk menambahkan air supaya proses hidrasi menjadi lebih sempurna, disinilah peran perawatan beton itu dimaksudkan.

- Demold
- Fog room exposure : $T = 23 \pm 2$ °C dan $RH = 95 \pm 5$ persen
- Oven drying : $T = 110 \pm 2$
- Environment room exposure : $T = 23 \pm 2$ °C dan $RH = 40 \pm 5$ persen



Gambar 2.2. Histogram Kuat tekan beton dalam berbagai waktu perawatan yang diuji pada umur 28 hari (Haque, M.N., 1998)

Dari Tabel 2.1. dan Gambar 2.2. diatas dapat disimpulkan bahwa setelah pemotongan proses hidrasi baik dilakukan *recurring* maupun *discontinued curing* asalkan beton mendapatkan perawatan awal minimal selama 7 hari, maka beton akan mencapai kekuatan yang relatif sama dengan beton yang mendapatkan perawatan sampai 28 hari.



Gambar 2.3. Histogram absorpsi beton dalam berbagai waktu perawatan yang diuji pada umur 28 hari (Haque, M.N., 1998)

Histogram penyerapan air pada Gambar 2.3. diatas menunjukkan besarnya prosentasi penyerapan air selama 2 jam oleh beberapa sampel pada umur 28 hari yang mendapatkan perawatan awal yang berbeda. Dimana untuk sampel yang mendapatkan perawatan kurang dari tujuh hari akan memiliki absorpsi yang kecil dibandingkan dengan absorpsi yang dimiliki oleh sampel yang dirawat lebih dari 7 hari sampai 28 hari yang relatif sama harganya.

Perawatan dilakukan minimal selama 7 (tujuh) hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 (tiga) hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan dengan perawatan yang dipercepat (Mulyo, T., 2003).

Beton harus dicegah menjadi kering selama sekurang-kurangnya 5 sampai 7 hari agar diperoleh ketahanan maksimal terhadap disintegrasi (pemecahan) (Murdock, L.J. dan Brook, KM., 1991).

ACI 308 juga menyebutkan bahwa perawatan dilakukan paling tidak selama 7 hari (*seven days of moist curing*).

2.5.2. Macam Perawatan

Perawatan beton ini dapat dilakukan dengan pembasahan atau penguapan (steam) serta dengan menggunakan membran. Pemilihan cara mana yang digunakan semata-mata mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan.

1. Perawatan dengan Pembasahan

Untuk pembasahan dilakukan dengan perendaman atau menggenangi lapisan permukaan dengan air . Cara-cara tersebut antara lain :

- a. menaruh beton segar dalam ruangan yang lembab
- b. menaruh beton segar dalam genangan air
- c. menaruh beton segar dalam air
- d. menyelimuti permukaan beton dengan air
- e. menyelimuti permukaan beton dengan karung basah
- f. menyirami permukaan beton secara kontinue
- g. melapisi permukaan beton dengan melakukan *compound*

Cara a, b, dan c untuk sampel uji, dan cara d, e,f untuk di lapangan yang permukaannya mendatar, sedangkan cara f dan g untuk permukaan beton vertikal. Fungsi utama dari perawatan beton adalah untuk menghindarkan :

- a. Kehilangan air semen yang banyak ketika pekerjaan beton berlangsung pada saat-
saat *setting time concrete*.
- b. Kehilangan air akibat penguapan pada hari-hari pertama

c. Perbedaan suhu beton dengan lingkungan agar terjaga

Untuk menanggulangi kehilangan air dalam beton ini, langkah-langkah perbaikannya dapat dilakukan dengan perawatan. Untuk pelaksanaan *Curing Compound*, sesuai dengan ASTM C 309 dapat diklasifikasikan menjadi :

- a. Type I, *Curing Compound* tanpa *Dye*, biasanya terdiri dari parafin sebagai selaput lilin yang dicampur dengan air.
- b. Type I - D, *Curing Compound* dengan *Fugitive Dye* (warna akan hilang selama beberapa minggu)
- c. Type II, *Curing Compound* dengan zat berwarna putih.

Di pasaran kita dapat menjumpai dengan merk sikament, misalnya untuk *Anisol Red* termasuk tipe I - D, *Antisol White* termasuk tipe II, dan *Antisol E* termasuk tipe I (*Non Pigmented Curing Compound*). *Curing Compound* ini selain untuk perawatan pada daerah yang tinggi / vertikal juga berguna untuk daerah yang mempunyai temperatur yang tinggi, terutama jenis I, karena bersifat memantulkan cahaya.

Beberapa literatur menyebutkan bahwa perawatan terbaik ialah perawatan dengan menggunakan pembasahan (*water curing*). Hal ini karena :

1. Relatif stabil terhadap perubahan suhu.
2. Dapat menjaga suhu pada bagian dalam dan luar beton.
3. Praktis mencegah penguapan, karena penguapan terjadi pada *water curing*-nya.

Perawatan dengan pembasahan selain lebih baik juga lebih ekonomis. Oleh karena itu, banyak digunakan di lapangan. Namun karena alasan teknis tertentu maka digunakan alternatif perawatan yang lain.

2. Perawatan dengan Penguapan

Perawatan dengan uap dibagi menjadi dua perawatan dengan tekanan rendah dan perawatan dengan tekanan tinggi. Perawatan tekanan rendah berlangsung selama 10-12 jam pada suhu 40-55 °C, sedangkan perawatan tekanan tinggi dilaksanakan selama 10-16 jam pada suhu 65-95 °C dengan suhu akhir 40-55 °C. Sebelum dilakukan perawatan dengan penguapan, beton harus dipertahankan pada suhu 10-30 °C selama beberapa jam.

Cara perawatan ini berguna pada daerah yang mempunyai musim dingin. Perawatan ini juga harus diikuti dengan perawatan dengan pembasahan setelah lebih dari 24 jam, minimal selama 7 hari, agar kekuatan tekan dapat tercapai sesuai dengan rencana pada umur 28 hari.

3. Perawatan dengan Membran

Membran yang digunakan untuk perawatan merupakan penghalang fisik yang digunakan untuk menghalangi penguapan air. Suatu bahan yang digunakan harus kering dalam waktu 4 jam (*Final setting time*), dan membentuk selebar film yang tipis. Membentuk selebar film yang menerus, melekat dan tidak bergabung, tidak beracun, tidak selip, bebas dari lubang-lubang halus dan tidak membahayakan beton.

Lembaran plastik atau lembaran lain yang kedap air dapat digunakan dengan sangat efisien. Perawatan dengan menggunakan membran sangat berguna untuk perawatan pada lapisan perkerasan beton (*rigid pavement*) cara ini harus dilaksanakan sesegera mungkin selama waktu perawatan dengan pembasahan.

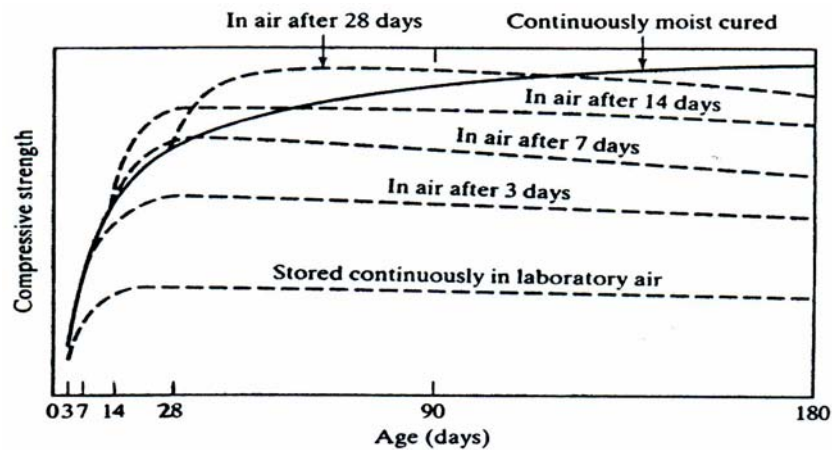
4. Perawatan Lainnya

Perawatan pada beton yang dapat dilakukan lainnya antara lain perawatan dengan menggunakan sinar infra merah, yaitu dengan melakukan penyinaran selama 24 jam pada suhu 90 °C, hal ini dilakukan untuk mempercepat penguapan air pada beton mutu tinggi. Perawatan hidrotermal yaitu dengan memanaskan cetakan untuk beton pracetak selama 4 jam pada suhu 65 °C. Perawatan lainnya dengan karbonisasi.

(Mulyo, T., 2003).

2.5.3. Pengaruh Perawatan Terhadap Kuat Tekan Beton

Sebagaimana yang telah dijelaskan di atas bahwa perawatan sangat mempengaruhi kekuatan beton. Berkurangnya kekuatan beton yang tidak mendapatkan perawatan secara baik disebabkan karena adanya retak susut, daya lekatan agregat yang lemah dan pori-pori yang berlebih sehingga beton menjadi tidak massiv.



Grafik 2.5. Kuat tekan beton dalam berbagai perlakuan (Neville, A.M., 2002)

Gambar 2.5. di atas menjelaskan mengenai kuat tekan beton dalam berbagai perlakuan. Terlihat jelas bahwa untuk beton yang tidak mendapatkan perawatan memiliki kuat tekan yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan beton yang mendapatkan perawatan.

Prosedur untuk perlindungan dan perawatan beton harus diperketat jika kuat tekan beton yang dirawat di lapangan menghasilkan nilai f'_c yang kurang dari 85 % kuat tekan beton pembanding yang dirawat di laboratorium. Batasan 85 % tersebut tidak berlaku jika kuat tekan beton yang dirawat di lapangan menghasilkan nilai melebihi f'_c sebesar minimal 3,5 MPa (SNI 03 – 2847 – 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*).

2.5.4. Pengaruh Perawatan Terhadap Absorpsi dan Keawetan Beton

Perawatan beton merupakan faktor yang sangat penting untuk mendapatkan beton yang kedap air. Penguapan yang besar mendesak beton membentuk kapiler yang menyebabkan beton menjadi bersifat porosif (berpori). Semen atau beton yang kurang sempurna mengerasnya akibat kekurangan air akan banyak meninggalkan pori-pori pada agar-agarnya, karena volume agar-agar yang terjadi ± 2.1 kali sebesar volume kering semula (Samekto, W. dan Rahmadiyanto, C., 2001).

Sifat kededapan beton berkaitan dengan porositas dan absorpsi beton. Air masuk kedalam beton tidak hanya melalui *porous system* tetapi juga melalui *diffusion* dan *sorbtion* yang semuanya tergantung pada struktur hidrasi semen. Beton yang baik adalah beton yang mempunyai nilai absorpsi dibawah 10 % terhadap massa beton. Cara pengujian absorpsi dilakukan menurut ASTM C 642 (lihat Bab IV, sub bab 4.5.3).

Keawetan beton ialah ketahanan beton terhadap pengaruh luar selama pemakaian. Pori-pori atau rongga-rongga pada beton juga berpengaruh pada keawetan beton, sebab beton akan mudah diserang oleh agregasi kimia, mudah aus, erosi dan tidak tahan terhadap pengaruh cuaca.

2.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian pustaka dan kerangka pemikiran di atas, maka dapat ditarik suatu hipotesa atau dugaan sementara mengenai pengaruh perawatan terhadap perilaku beton. Yaitu bahwa kuat tekan beton perawatan lapangan dan tanpa perawatan akan lebih kecil dari kuat tekan beton perawatan laboratorium. Dimana hal ini dapat dikaitkan dengan perilaku absorpsi yang terjadi.