

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

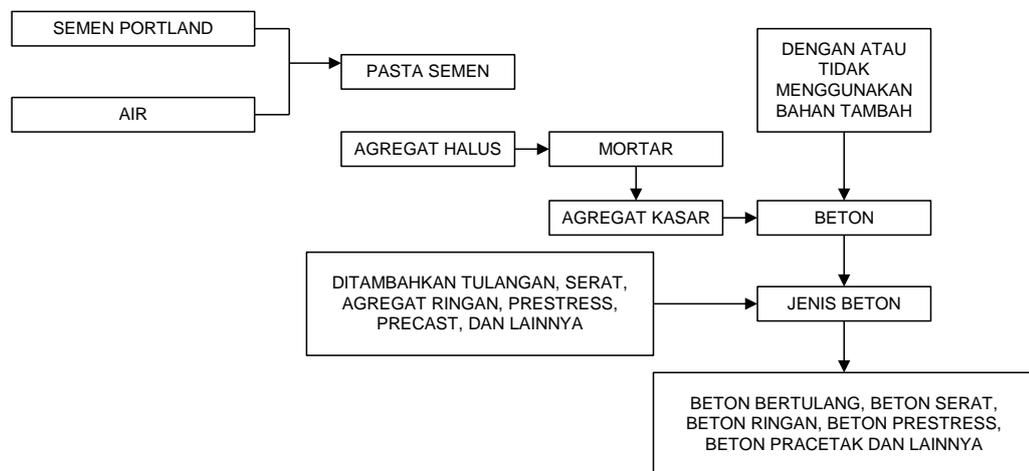
2.1 Karakteristik Beton

Beton adalah bahan yang diperoleh dari mencampur semen, agregat dan air yang mengeras menjadi benda padat. Beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f_c) pada usia 28 hari. Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh faktor air semen dan suhu selama perawatan. Beton sebagai material komposit dapat dikatakan baik apabila memenuhi persyaratan yang baik yaitu harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton segar serta menghasilkan beton keras yang sempurna. Beton segar adalah beton yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan serta tidak terjadi kecenderungan pemisahan dari semen, agregat, dan air. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo 1996 : 2)

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun kuat tarik yang lemah. Kuat tekan di Indonesia sering menggunakan satuan N/mm^2 . Kuat hancur dari beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor :

1. Jenis dan kualitas semen
2. Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat tekan dan kuat tarik lebih besar daripada penggunaan kerikil halus dari sungai.

3. Perawatan. Kehilangan kekuatan sampai dengan sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.
4. Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
5. Umur. Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya



Gambar 2.1 Proses Terbentuknya Beton

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

- a. Kualitas semen,
- b. Faktor air semen,
- c. Proporsi semen terhadap campuran,
- d. Kekuatan dan kebersihan agregat,
- e. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat,
- f. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton,
- g. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton,

- h. Perawatan beton,
- i. Kandungan klorida tidak melebihi 0,15 % dalam beton yang diekspos dan 1 % bagi beton yang tidak diekspos (Nawy, 1985 : 24).

2.1.1 Keunggulan Beton

Dari pemakaiannya begitu luas, struktur beton mempunyai banyak keunggulan diantaranya:

- a. Beton sangat baik dalam menambah gaya tekan, tetapi beton tidak mampu menahan gaya tegangan yang tinggi, karena elastisitas yang rendah.
- b. Ketersediaan (*availability*) material dasar. Agregat dan air pada umumnya bisa didapat dari lokasi setempat. Semen pada umumnya juga dapat dibuat di daerah setempat, bila tersedia dengan demikian, biaya pembuatan relatif lebih murah karena semua bahan bisa didapat di dalam negeri dan di daerah setempat.
- c. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*). Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut secara terpisah. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, fondasi, jalan, landasan bandara udara, pipa, perlindungan dari radiasi, insulator panas, beton ringan bisa dipakai untuk blok dan panel. Beton arsitektur bisa untuk keperluan dekorasi. Beton bertulang bisa dipakai untuk berbagai struktur yang lebih berat, seperti jembatan, gedung dan bangunan lainnya.
- d. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*). Beton bersifat monolit sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja. Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran bervariasi. Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar.

- e. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal. Ketahanan (*durability*) beton cukup tinggi, lebih tahan karat sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja, dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran. (Paul Nugraha, 2007:4-5).

2.1.2 Kelemahan Beton

Disamping keunggulan, beton sebagai struktur juga mempunyai beberapa kelemahan antara lain :

- a. Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m^3 .
- b. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kuat tekannya besar.
- c. Beton cenderung untuk retak, karena semennya *hidraulis*. Baja tulangan bisa berkarat, meskipun tidak terlihat separah struktur baja.
- d. Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.
- e. Penyusutan kering dan perubahan kadar air. Beton menyusut apabila mengalami kekeringan dan bahkan ketika terjadi pengerasan, memuai dan menyusut bilamana basah dan kering. Perubahan-perubahan ini mengharuskan untuk disediakannya suatu sambungan-kontraksi pada suatu interval-interval agar tidak terjadi retak-retak yang tidak terlihat.
- f. Rayapan. Beton mengalami perubahan bentuk secara berangsur-angsur bilamana mengalami pembebanan, perubahan bentuk yang ditimbulkan oleh rayapan-beton ini tidak dapat kembali seperti semula bilamana beban ditiadakan. Rayapan ini hal yang sangat penting terutama yang berhubungan dengan beton pra-tekan. Rayapan dan penyusutan sukar dipisahkan didalam pengukuran perubahan bentuk selama pengujian.

g. Kerapatan terhadap air. Beton yang paling baik tidak dapat secara sempurna rapat terhadap air dan kelembaban serta mengandung senyawa-senyawa yang mudah larut serta terbawa keluar oleh air yang jumlahnya berubah-ubah. Apabila diperlukan perhatian khusus terhadap konstruksi ini, perlu adanya sambungan yang bisa membentuk semacam saluran untuk aliran air tersebut. Kerapatan terhadap air merupakan hal yang sangat penting pada beton bertulang dimana perhatian utama adalah perlindungan terhadap karat pada baja tulangan.

2.2 Beton K-250

Mutu beton adalah istilah yang didasarkan pada kuat tekan beton. Semakin besar nilai kuat tekan, maka semakin baik mutu beton. Beton dengan mutu K-250 menyatakan kekuatan tekan karakteristik minimum pada umur beton 28 hari.

Tabel 2.1 Kelas Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ'_{bk} (kg/cm ²)	σ'_{bm} dengan $S_d = 46$ (kg/cm ²)	Pemakaian	Pengawasan	
					Mutu agregat	Kekuatan tekan
I	B ₀	-	-	non struktur	ringan	-
II	B ₁	-	-	struktur	sedang	-
	K-125	125	200	struktur	ketat	kontinyu
	K-175	175	250	struktur	ketat	kontinyu
	K-225	225	300	struktur	ketat	kontinyu
III	di atas K-225	di atas 225	di atas 300	struktur	ketat	kontinyu

(Sumber PBI 1971 : 34)

Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap

kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu beton kelas I dinyatakan dengan B₀.

Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar : B₁, K 125, K175 dan K 225. Pada mutu B₁ pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan sedang terhadap kekuatan tekan sedang terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K125, K175, dan K225, pengawasan mutu terdiri dari pengawasan yang ketat terhadap mutu bahan-bahan dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu.

Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural dimana menggunakan mutu beton dengan kekuatan tekan karakteristik lebih dari 225 kg/cm² . Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap yang dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawaan mutu beton secara kontinu. Mutu beton kelas III dinyatakan dengan huruf Kdengan angka dibelakangnya yang menyatakan karakteristik beton yang bersangkutan

Tabel 2.2 Jenis beton

Jenis beton	f_c' (Mpa)	σ_{bk}' (Kg/cm ²)	Uraian
Mutu tinggi	35-65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya
Mutu sedang	20 - <35	K250 - <K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti plat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb, beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu rendah	15 - <20	K175 - <K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 - <15	K125 - <K175	Umumnya sebagai lantai kerja, penimbunan kembali beton.

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2002, Pelaksanaan Jembatan Beton untuk Jalan dan Jembatan: 41)

2.3 Sifat dan Karakteristik Campuran Beton

Untuk keperluan perancangan dan pelaksanaan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat-sifat adukan beton maupun sifat-sifat beton yang telah mengeras perlu diketahui. Sifat-sifat tersebut antara lain :

2.3.1 Sifat Beton Segar

Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi segregasi (pemisahan kerikil

dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). Hal ini karena segregasi maupun *bleeding* mengakibatkan beton yang diperoleh akan kurang baik.

Sifat penting yang perlu di ketahui dari sifat-sifat beton segar, yaitu:

1. Kemudahan Pengerjaan (*Workability*)

Kelacakan beton atau *workability* adalah kemudahan suatu campuran beton segar untuk dikerjakan dan dipadatkan. Kelacakan beton sering diidentikan dengan slumpnya. Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan cetakan diambil. Semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya (*workability*).

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan atau kesulitan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan. Unsur-unsur yang mempengaruhi workabilitas yaitu jumlah air pencampur, kandungan semen dan gradasi campuran pasir dan kerikil.

Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton akan mudah dikerjakan. Gradasi adalah distribusi ukuran dari agregat berdasarkan hasil persentase berat yang lolos pada setiap ukuran saringan dari analisa saringan.

- a. Bentuk butiran agregat kasar, Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan.
- b. Cara pemadatan dan alat pemadat.

Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkatkeleccakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan.

2. Pemisahan Kerikil (*Segregation*)

Kecenderungan butir-butir agregat kasar untuk terlepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton, segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya: kurang semen, terlalu banyak air, besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm dan permukaan butir agregat kasar.

Untuk mengurangi kecenderungan segregasi maka usahakan air yang diberikan sedikit mungkin, adukan beton jangan dijatuhkan dengan ketinggian yang terlalu besar dan cara pengangkutan, penuangan maupun pemadatan harus mengikuti cara-cara yang betul.

3. Pemisahan Air (*Bleeding*)

Kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan bleeding. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput. Bleeding dipengaruhi oleh: susunan butir agregat, banyaknya air, kecepatan hidrasi, dan proses pemadatan. Bleeding dapat dikurangi dengan cara memberi lebih banyak semen, menggunakan air sedikit mungkin dan menggunakan pasir lebih banyak.

4. *Kohesifnes*

Yaitu sifat-sifat untuk saling melekat antara agregat dengan semen. Sifat ini termasuk sifat positif dari beton segar. Hal ini terjadi saat bahan-bahan beton dicampur dengan air, terutama semennya. Hal tersebut dipengaruhi oleh :

- a. Kehalusan semen
- b. Kadar air pengaduk
- c. Bahan tambah (admixture)

5. *Setting time* (waktu pengikatan beton)

Setting time atau waktu pengikatan pada beton adalah sifat beton atau semen pada waktu mengikat atau mengeras. Waktu standar pengikatan awal adalah 1-2 jam pada saat beton dicetak dan dipadatkan. Hal tersebut dapat dihindari dengan membuat factor air yang sedikit tetapi tidak mengurangi workability, yaitu dengan penggunaan bahan tambah (admixture). Setting time ini dipengaruhi oleh :

- a. Jenis semen yang digunakan. Karena semen memiliki beberapa tipe yang mempunyai waktu pengikatan yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan.
- b. Faktor air semen. Apabila faktor air semen terlalu tinggi atau besar, maka beton semakin encer, dan waktu pengikatanpun akan menjadi semakin lama.
- c. Suhu lingkungan juga mempengaruhi waktu pengikatan dengan suhu yang rendah, proses pengikatan awal akan semakin lama.
- d. Bahan tambah (admixture).

2.3.2 Sifat Beton Keras

Perilaku mekanik beton keras merupakan kemampuan beton di dalam memikul beban pada struktur bangunan. Kinerja beton keras yang baik ditunjukkan oleh kuat tekan beton yang tinggi, kuat tarik yang lebih baik, kekedapan air dan udara, ketahanan terhadap sulfat dan klorida, penyusutan rendah dan keawetan jangka panjang.

Sifat-sifat beton setelah mengeras, biasanya ditinjau dari beberapa hal sebagai berikut:

1. Kekuatan (*Strength*)

Kekuatan merupakan sifat terpenting dari beton karena berkaitan dengan struktur beton dan memberikan gambaran terhadap mutu beton. Kekuatan beton meliputi kekuatan tekan, kekuatan tarik, dan kekuatan geser.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan beton antara lain:

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| a. Faktor air semen (FAS). | d. Umur beton |
| b. Mutu semen Portland. | e. Perawatan (<i>curing</i>) |
| c. Perbandingan adukan beton. | f. Suhu |

Ketahanan (*Durability*)

Beton dikatakan mempunyai daya tahan yang baik bila dapat bertahan dalam berbagai kondisi tanpa mengalami kerusakan selama bertahun-tahun. Kondisi yang dapat mengurangi daya tahan beton dapat disebabkan dari faktor luar maupun dari faktor dalam beton itu sendiri. Faktor luar yang berpengaruh antara lain; cuaca, suhu, erosi, dan pengaruh bahan kimia. Sedangkan salah satu faktor dari dalam adalah akibat adanya reaksi agregat dengan senyawa alkali.

2.3.3 Kuat Tekan

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990).

Menurut ASTM C 39-86 tentang standar tes untuk kuat tekan sampel kubus dihitung dengan cara membagi beban maksimum yang dicapai selama pengujian dengan luas permukaan sampel beton, secara sistematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A}$$

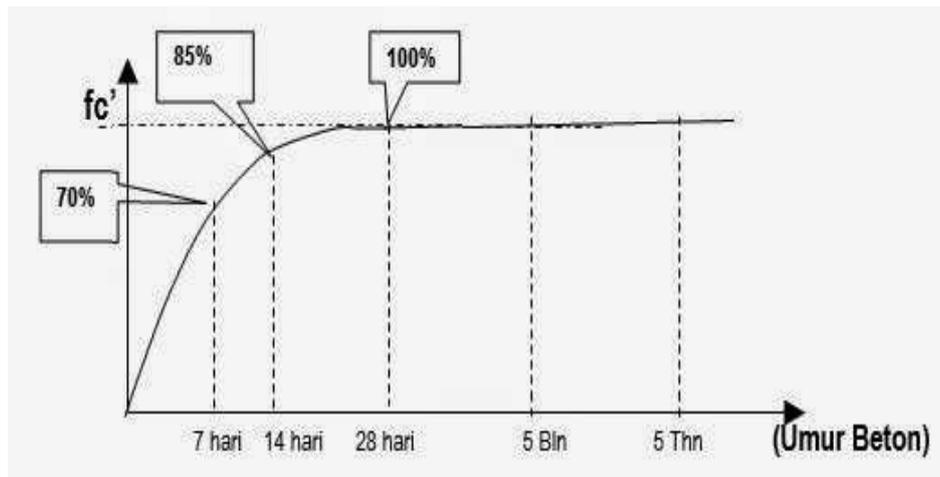
Dimana : $f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas penampang tertekan (mm^2)

Kuat tekan beton (normal) naik secara cepat sampai umur 28 hari, seterusnya kenaikan kuat tekan berlangsung lambat dalam hitungan bulan atau tahun, sehingga pada umumnya kekuatan beton dipakai sebagai acuan pada umur 28 hari.

Kuat tekan beton umur 7 hari sekitar 70% terhadap umur beton 28 hari sedangkan kuat tekan beton umur 14 hari sekitar 85% terhadap beton 28 hari. Dari hasil penelitian ternyata kekuatan beton terus naik sampai umur 50 tahun.



Gambar 2.2 Grafik Umur Beton

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air terhadap semen merupakan faktor utama didalam penelitian kekuatan beton. Semakin rendahnya perbandingan air-semen, semakin tinggi kekuatan tekan. Jumlah air tertentu diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi didalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pengerjaan (mudahnya beton untuk dicorkan) akan tetapi menurunkan kekuatan. suatu ukuran dari pengerjaan beton ini diperoleh dengan percobaan slump.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air semen dan tingkat kepadatannya, faktor penting lainnya yaitu:

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
2. Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak

maupun kuat tarik yang lebih besar dibandingkan penggunaan kerikil halus dari sungai.

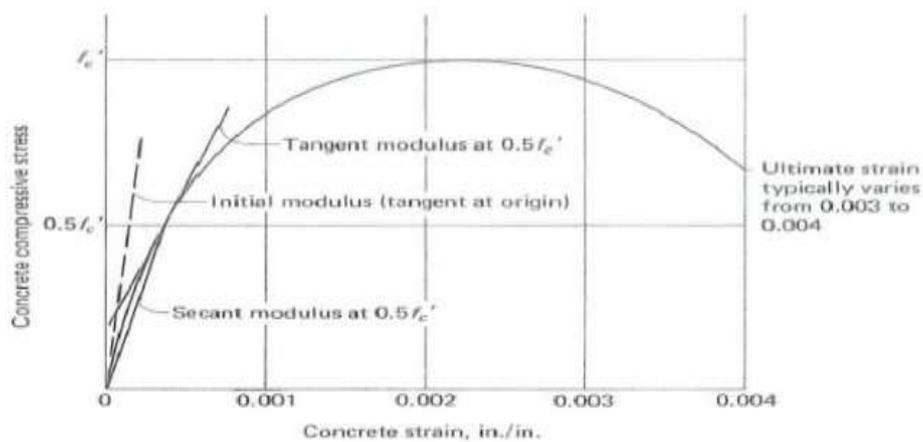
3. Efisiensi dari perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji
4. Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kut hancur akan tetapakan tetap rendah untuk waku yang lama.
5. Umur, pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya. kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai bertahun-tahun.

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis:

- 1). Beton sederhana, dipakai untuk pembuatan bata beton atau bagian-bagian non struktur. Misalnya, dinding bukan penahan beban.
- 2). Beton normal, dipakai untuk beton bertulang dan bagian-bagian struktur penahan beban. Namun untuk struktur yang berada di daerah gempa, kuat tekannya minimum 20 Mpa. Misalnya kolom, balok, dinding yang menahan beban dan sebagainya.
- 3). Beton prategang, dipakai untuk balok prategang yaitu balok dengan baja tulangan ditarik dulu sebelum diberi beban.
- 4). Beton kuat tekan tinggi dan sangat tinggi, dipakai pada struktur khusus misalnya gedung bertingkat sangat banyak.

2.3.4 Modulus Elastis

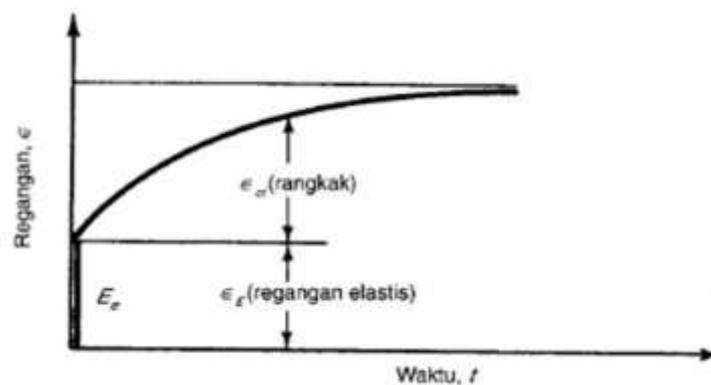
Modulus elastis beton adalah berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastis juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji. (Chu-kia wang dan Charles G. Salmon ,1986:14)



Gambar 2.3 Grafik modulus Elastis terhadap Kuat Tekan Beton

2.3.5 Rangkak dan Susut

Rangkak (*creep*) dan susut (*shrinkage*) adalah deformasi yang tergantung dari waktu, dengan retak menimbulkan kerisauan yang terbesar bagi perencana yang tergantung disebabkan kekurang tepatan dan kekurangan pengetahuan tentang rangkak dan susut". (Chu-kia wang dan Charles G. Salmon, 1986:18).



Gambar 2.4 Grafik Rangkak dan Susut terhadap Waktu

1. Rangkak

Rangkak (*creep*) atau *lateral material flow* adalah perubahan bentuk dibawah beban tetap. Pemberian beban pada beban pertama-tama akan menyebabkan deformasi elastis. Pemberian beban yang diperpanjang durasinya akan menyebabkan deformasi yang lambat yang disebut dengan rangkak. Besarnya deformasi ini tergantung pada faktor tegangan kekuatan pada waktu pembebanan tetapi dipengaruhi juga oleh faktor-faktor seperti proporsi campuran, ukuran spesimen dan bahkan kondisi iklim. Jika beban kemudian diangkat, beton akan mengalami *recovery* elastis yang langsung. Perpanjangan rangkak (*creep recovery*) adalah proses yang lebih lambat dan tidak akan secara penuh kembali pada dimensi semula.

2. Susut

Penyusutan merupakan salah satu penyebab utama dari retak pada bangunan. Susut terjadi pada semua bahan yang memakai semen sebagai pengikat. Susut didefinisikan sebagai perubahan volume yang terjadi ketika air masuk atau keluar dari gel semen, atau ketika air mengubah keadaan fisik atau kimiawinya dalam pasta. Susut dari beton adalah jauh lebih kecil dibandingkan dengan susut dari pasta, karena pengaruh perlawanan dari agregat dan bagian lainnya yang tidak mengering. (Paul Nugraha, 2007:197)

Faktor-faktor yang mempengaruhi susut adalah:

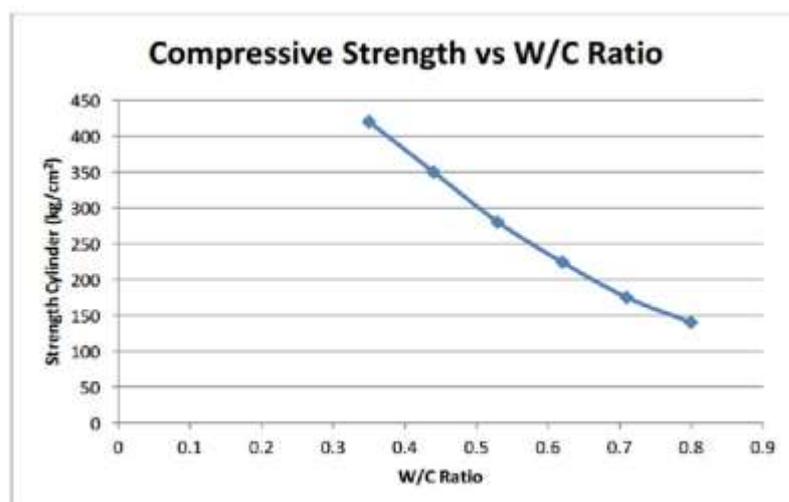
1. Kadar agregat
2. Kadar air
3. Kadar semen dan bahan kimia pembantu

4. Kondisi perawatan dan penyimpanan
5. Pengaruh ukuran

Besarnya rangkai berbanding terbalik dengan kekuatan beton. Rangkai akan lebih besar jika faktor air semen semakin besar. Agregat memberi pengaruh penyusutan.

2.4 Mix Design Beton

Tujuan utama mempelajari sifat-sifat beton adalah untuk perencanaan campuran beton (*mix design*), yaitu pemilihan dari bahan-bahan beton yang memadai, serta menentukan proporsi masing-masing bahan untuk menghasilkan beton yang ekonomis dengan kualitas yang baik.



Gambar 2.5 Grafik Rasio terhadap Kuat Tekan Beton

Menetapkan standar w/c ratio yang dapat digunakan dengan mudah dalam grafik berikut ini. Besaran tersebut hanya gambaran kasar untuk mempermudah campuran secara manual di lapangan. Dalam menentukan w/c ratio secara akurat dan efisien, sangat diperlukan trial mix skala laboratorium dengan varian

campuran tertentu. Berdasarkan grafik tersebut, kita dapat menentukan kuat tekan beton, misalnya untuk menentukan beton dengan kuat tekan 350 kg/cm^2 (dalam benda uji silinder $15 \times 30 \text{ cm}$) kita dapat menggunakan w/c ratio 0,44 atau apabila jumlah air dibagi jumlah semen nilainya adalah 0,44.

2.4.1 Karakteristik Campuran Beton

Karakteristik beton segar secara tidak langsung akan mempengaruhi beton yang telah mengeras.

1. Karakteristik bahan penyusun

Hal yang perlu menjadi perhatian selain campuran pasta adalah agregat. Proporsi campuran agregat dalam beton adalah 70-80%, sehingga pengaruh agregat akan menjadi besar, baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi teknik.

2. Metode pencampuran

a. Penentuan proporsi bahan

Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton dimaksudkan agar proporsi dari campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek ekonomis. Penentuan proporsi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode yang dikenal, antara lain :

- 1) *ACI (Metode American Concrete Institute)*
- 2) *Portland Cement Association*
- 3) *Road Note No 4*
- 4) *DoE (British Standard, Department of Engineering)*
- 5) Departemen Pekerjaan Umum, (SK, SNI 03-2834-2002)
- 6) Cara coba-coba

b. Metode pencampuran (*mixing*)

Susunan beton itu harus dibuat sedemikian rupa agar kekuatan yang akan dicapai sebesar-besarnya, oleh karena itu perlu direncanakan komposisi campuran. Dalam pengambilan bahan penyusun beton yang memiliki ukuran butiran yang berbeda, sehingga terdapat suatu pori-pori yang minimum. Butiran halus harus mengisi pori antara bagian agregat yang lebih kasar. Campuran semen dengan air harus dapat mengisi lubang-lubang antara bagian dari agregat halus. Pengerjaan beton yang dibuat secara manual dan pabrikasi mutunya harus dapat dipertahankan terhadap kekuatan, keawetan, bentuk awal, dan kedap air. Adukan beton tidak hanya harus mengeras bagian-bagian pada kerikil atau batu pecah dengan sempurna tapi harus juga mengisi pori-pori antara bagian-bagian yang kasar seluruhnya. Diperlukan suatu perbandingan yang tepat antara semen, air, agregat kasar dan agregat halus beserta bahan tambahan lainnya. Penetapan komposisi campuran, hal yang perlu diperhatikan menyangkut cara pelaksanaan campuran, efisiensi, bleeding, dan segregasi yang akan terjadi bila pencampuran telah dilakukan.

c. Pengecoran (*palancing*)

Metode pengecoran akan mempengaruhi kekuatan beton. Pengerjaan pengecoran adalah pekerjaan menuangkan beton segar kedalam suatu cetakan elemen struktur.

d. Pemadatan (*vibrating*)

Dilakukan sesaat setelah beton dituang dengan tujuan untuk meminimalkan jumlah rongga terbentuk didalam beton mempunyai kekuatan yang tinggi dan

menambah kedekatan air. Pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton, karena tidak terjadinya pencampuran bahan yang homogeny, Pemadatan yang berlebih akan menyebabkan *bleending*.

3. Perawatan (*curing*)

Perawatan dimaksudkan untuk meghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama disebabkan oleh suhu. Perawatan perlu untuk mengisi pori-pori kapiler dengan air, karena hidrasi yang terjadi didalamnya. Cara dan bahan serta alat yang digunakan untuk perawatan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat terutama dari sisi kekuatannya. Waktu-waktu yang dibutuhkan untuk merawat beton harus terjadwal dengan baik.

Ada tiga jenis metode perawatan:

- 1) Cara terus memberi air
- 2) Cara mencegah hilangnya air dari permukaan
- 3) Cara mempercepat dicapainya kekuatan dengan memberi panas dan kelengasan

4. Kondisi pada saat pengerjaan pengecoran

Kondisi pada saat pengerjaan pengecoran akan mempengaruhi kualitas beton yang dibuat. Antara lain: bentuk dan ukuran contoh, kadar air, suhu contoh, keadaan permukaan landasan contoh dan pembebanan.

2.4.2 Campuran Beton

1. Semen

Arti kata semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesive maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. Menurut standar industri Indonesia definisi semen

Portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum.

Semen yang dikenal sekarang ini disebut sebagai semen Portland, terbuat dari campuran kalsium, silika, alumunium dan oksida besi. Kalsium bisa didapat dari bahan-bahan berbasis kapur, seperti batu kapur, marmer, batu karang dan cangkang keong. Silika, alumina dan zat besi dapat ditemukan pada lempung dan batuan serpih.

a. Senyawa Kimia Semen

Senyawa-senyawa utama pada semen portland terdiri atas C_3S , C_2S , C_3A dan C_4AF

Tabel 2.3 Senyawa utama semen portland

Nama senyawa	Komposisi oksida	Singkatan
Tricalcium silicate	$3CaO.SiO_2$	C_3S
Dicalcium silicate	$2CaO.SiO_2$	C_2S
Tricalcium aluminat	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A
Tetracalcium Aluminoferrite	$4CaO. Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF
Kalsium sulfat dihidrat (Gypsum)	$CaSO_4.2H_2O$	$C\bar{S}H_2$
$CaO = C; \quad SiO_2 = S; \quad Al_2O_3 = A; \quad Fe_2O_3 = F; \quad H_2O = H \quad \bar{S} = SO_4^{2-}$		

(Sumber: Paul Nugraha, Teknologi Beton, 2007:31)

Tabel 2.4 Kandungan Oksida dalam Semen Portland

Oksida	Komposisi (% berat)
CaO (kapur)	60 – 67
SiO ₂ (Silika)	17 – 25
Al ₂ O ₃ (Alumina)	3 – 8
Fe ₂ O ₃ (Besi)	0,5 – 6
MgO (Magnesia)	0,1 – 4
Alkalis	0,2 – 1,3
SO ₃ (Sulfur)	1 – 3

(Sumber : Ir. Iswandi Imran, MASc., Ph.D, Pengenalan rekayasa dan bahan konstruksi: Bab II-3)

Dari tabel diatas, dapat dilihat sifat yang berbeda dari masing-masing komponen, semen dapat dibuat dalam beberapa jenis hanya dengan mengubah kadar masing-masing komponennya. Apabila ingin mendapatkan semen yang mempunyai kekuatan awal yang tinggi maka kita perlu menambah kadar C₃S dan mengurangi kadar C₂S.

b. Jenis-Jenis Semen

Semen Portland dibagi menjadi lima jenis sebagai berikut :

- 1) Tipe I : Semen Portland untuk penggunaan umum pada semua jenis bangunan dan konstruksi, tidak memenuhi persyaratan khusus
- 2) Tipe II : Semen untuk beton tahan sulfat dan memiliki panas hidrasi sedang
- 3) Tipe III : Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)
- 4) Tipe IV : Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah

- 5) Tipe V : Semen untuk beton yang sangat tahan terhadap sulfat, seperti pada bangunan laut atau bangunan yang berada diatas tanah yang mengandung sulfat.

2. Agregat

Agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil dan batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan satu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolis atau adukan. Dalam struktur beton biasanya agregat menempati kurang lebih 70 % – 75 % dari volume beton yang telah mengeras, karakteristik kimia dan fisik dan mekanik agregat yang digunakan dalam pencampuran sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton yang dihasilkan. Seperti kuat tekan, kekuatan, durabilitas, berat biaya produksi dan lain-lain.

Umumnya semakin padat agregat-agregat tersebut tersusun, semakin kuat pula beton yang dihasilkannya, daya tahannya terhadap cuaca dan nilai ekonomis dari beton tersebut. Gradasi dari ukuran-ukuran partikel dalam agregat mempunyai peranan yang sangat penting untuk menghasilkan susunan beton yang padat.

Faktor penting yang lainnya ialah bahwa permukaannya haruslah bebas dari kotoran seperti tanah liat, lumpur dan zat organik yang akan memperoleh ikatannya dengan adukan semen dan juga tidak boleh terjadi reaksi kimia yang tidak diinginkan diantara material tersebut dengan semen.

Agregat alam diperoleh dari proses pelapukan dan abrasi atau pemecahan massa batuan induk yang lebih besar. Sifat agregat tergantung dari sifat batuan

induk. Sifat-sifat tersebut diantaranya, komposisi kimia dan mineral, klasifikasi petrografik, berat jenis, kekerasan, kekuatan, stabilitas fisik dan kimia, struktur pori, warna dan lain-lain. Namun ada juga sifat agregat yang tidak bergantung dari sifat batuan induk, yaitu ukuran dan bentuk partikel, tekstur dan absorpsi permukaan.

Keuntungan digunakannya agregat pada beton:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1) Menghasilkan beton yang murah | 4) Mengurangi rangkakan |
| 2) Menimbulkan sifat beton yang stabil | 5) Memperkecil pengaruh suhu |
| 3) Mengurangi susut | |

a. Kasifikasi agregat

Agregat dapat diklasifikasikan menurut kriteria dibawah ini:

1) Kalisifikasi ukuran, bentuk dan tekstur

Agregat kasar dan halus memiliki perbedaan yaitu ayakan 5 mm atau 3/16".

Agregat halus adalah agregat yang lebih kecil dari ukuran 5 mm dan agregat kasar adalah agregat dengan ukuran lebih besar dari 5 mm. agregat dapat diambil dari batuan alam ukuran kecil ataupun batu alam besar yang dipecah.

2) Klasifikasi bentuk dan tekstur

Agregat yang baik haruslah agregat yang mempunyai bentuk yang menyerupai kubus atau bundar, bersih, keras, kuat, gradasi baik dan stabil secara kimiawi. Bentuk partikel agregat dapat dibedakan atas: *rounded*, *irregulaer*, *flaky*, *angular*, *elongated*, *flaky* dan *elongated*. Partikel dengan ratio luas permukaan terhadap volume yang tinggi. Teksture permukaan agregat dapat dibedakan atas: *glassy*, *granular*, *crystalline*, *smooth*, *rough*, *honeycombed*.

3) Kepadatan

Pengelompokan umum dapat dilihat pada table 2.5 :

Tabel 2.5 Jenis Agregat Berdasarkan Kepadatannya

Jenis	Kepadatan (Kg/m ³)
Ringan	300 – 1800
Sedang	2400 – 3000
Berat	> 4000

(Sumber: Paul Nugraha, Teknologi Beton, 2007, hal 44)

4) Petrologi

Petrologi dapat dibagi kedalam beberapa kelompok batuan yang mempunyai karakteristik masing-masing yang dibagi kedalam kelompok: *basalt, flint, gabbro, granit, gritstone, hornfels, limestone, porphyry, quartzite, dan schist.*

5) Klasifikasi berdasarkan mineral yang ada dalam agregat

Berdasarkan ASTM C294-94, mineral-mineral penting yang umumnya ada pada agregat: Mineral *silica*, mineral *micaceous*, mineral *sulphate*, mineral *ferromagnesium*, mineral ion oksida besi, *feldspar*, mineral *carbonate*, mineral *iron sulphide*, *zeolites*, mineral lempung.

b. Agregat Halus (pasir)

Agregat halus ialah agregat yang semua butir menembus ayakan 4,8 mm (5 mm). Agregat tersebut dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu karena beberapa sebab. Pasir dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai atau dari tepi laut.

SNI 03-2834-1993 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat *zone* (daerah) seperti dalam tabel berikut:

Tabel 2.6 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : SNI 03-2834-1993., Metode, spesifikasi dan Tata Cara; 23, Tabel 6)

Keterangan :

- a. Daerah gradasi I = pasir kasar
- b. Daerah gradasi II = pasir agak kasar
- c. Daerah gradasi III = pasir halus
- d. Daerah gradasi IV = pasir agak halus

Tabel 2.7 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus

Ukuran saringan (mm)		% yang lolos	
BS	ASTM	BS	ASTM
3/8	9,5	100	100
3/16	4,75	89-100	95-100
8	2,36	60-100	80-100
16	1,18	30-100	50-85
30	0,6	15-100	25-60
50	0,3	5-70	10-30
100	0,15	0-15	2-10

(Sumber : Ir. Iswandi Imran, MASc., Ph.D., Pengenalan Rekayasa dan Bahan Konstruksi : Bab 3 hal 16, Tabel 3.6).

c. Agregat Kasar

Agregat kasar yaitu agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar dan semua butir diatas ayakan 4,8 mm (5mm). Agregat ini dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, beton semen hidrolis yang pecah.

Menurut *British Standart* (BS), gradasi agregat kasar (kerikil/ batu pecah) yang baik sebaiknya masuk dalam batas yang tercantum dalam tabel berikut:

Tabel 2.8 Syarat Agregat Kasar

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

(Sumber : Ir, Tri Mulyono, MT., 2003, Teknologi Beton : 94, Tabel 2.8)

3. Air

Air yang dimaksud disini adalah air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan, harus berupa air bersih dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas beton. Air yang dapat diminum biasanya mengandung bagian solid kurang dari 1000 ppm, syarat ini sebenarnya tidak absolut, karena air minum tidak cocok digunakan sebagai air campuran apabila mengandung kadar sodium dan prostasium yang tinggi (umum dijumpai pada air tanah) hal ini dikarenakan air yang mengandung sodium danprostasium yang tinggi dapat menimbulkan bahaya reaksi alkali agregat pada beton yang telah mengeras (Ir. Iswandi Imran, MASc.,Ph.D., : Bab 4, hal 1).

Persyaratan dari air yang digunakan sebagai campuran bahan menurut SNI-7974-2013 adalah sebagai berikut :

- 1) Air untuk pengadukan (air yang ditimbang dan diukur di *batching plant*)
- 2) Es
- 3) Air yang ditambahkan operator truk
- 4) Air yang bebas pada agregat-agregat
- 5) Air yang masuk dalam bentuk bahan-bahan tambahan, apabila air ini dapat meningkatkan rasio air semen lebih dari 0,01

Air yang digunakan untuk proses pembuatan beton yang paling baik adalah air bersih yang memenuhi persyaratan air minum. Air yang digunakan dalam proses pembuatan beton jika terlalu sedikit maka akan menyebabkan beton akan sulit untuk dikerjakan, tetapi jika kadar air yang digunakan terlalu banyak maka kekuatan beton akan berkurang dan terjadi penyusutan setelah beton mengeras. Didalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yaitu:

- 1) Untuk memungkinkan reaksi kimiawi semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- 2) Sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan dalam pencetakan atau pengerjaan beton.

a. Syarat Kimiawi

Air yang mengandung kotoran yang banyak akan mengganggu proses pengerasan dan ketahanan beton. Pengaruh kotoran pada air secara umum bias mengakibatkan:

- 1) Gangguan pada hidrasi dan pengikatan

- 2) Gangguan pada kekuatan dan ketahanan
- 3) Perubahan volume yang dapat menyebabkan retak
- 4) Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton
- 5) Bercak-bercak pada permukaan beton

Tabel 2.9 Batasan Kimia untuk Air Campuran

Kandungan kimia	Konsentrasi maksimum (ppm)	Cara uji
Klorida, Cl		ASTM D512
• Beton pratekan, beton untuk lantai jembatan	500	
• Beton bertulang	1.000	
Sulfat, SO ₄	3.000	ASTM D516
Alkali (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O)	600	
Total solid	50.000	AASHTO T26

(Sumber : Paul Nugraha; 2007; Teknologi Beton; Bab 6: 77)

b. Air untuk perawatan beton

Air yang digunakan untuk campuran beton, bisa digunakan untuk perawatan beton. Kandungan besi dan bahan organik pada air yang digunakan untuk perawatan beton dapat menimbulkan noda pada beton seiring dengan menguapnya air. Perawatan beton harus bebas dari bahan-bahan yang dapat menyerang beton yang telah mengeras misalnya serangan oleh CO₂, perawatan dengan menggunakan air laut dapat memicu serangan korosi pada tulangan.

2.4.3 Slump

Slump test adalah pengujian sederhana yang paling sering digunakan. Kerena kelecakan beton sering diidentikan dengan slumpnya. Konsistensi/kelecakan adukan beton dapat diperiksa dengan pengujian *slump* yang

didasarkan pada ASTM C 143-74. Percobaan ini menggunakan corong baja yang berbentuk konus berlubang pada kedua ujungnya, yang disebut kerucut Abrams. Bagian bawah berdiameter 20 cm, bagian atas berdiameter 10 cm, dan tinggi 30 cm.

Nilai slump biasanya bervariasi dari nol untuk pencampuran yang kaku, sampai runtuh total untuk beton yang sangat cair.



Gambar 2.6 Bentuk Hasil Pengujian Slump

Bila tidak terjadi *crumbling* atau *collapse* maka slump adalah indikasi kelembutan (*softness*) sebagai lawan kekakuan dari campuran. Runtuh (*collapse*) sering terjadi pada beton yang kurang pasir, menandakan rendahnya kemampuan beton segar untuk berdeformasi plastis.

Uji slump berguna untuk mengecek adanya perubahan dari kadar air, bila material dan gradasi agregat adalah seragam. Bila jumlah air adalah konstan dan kadar lengas agregat juga konstan maka slump test berguna untuk menunjukkan adanya perbedaan pada gradasi atau adanya perbandingan berat yang salah. Kelemahan uji slump adalah tidak dapat mengukur kelecakan campuran beton yang kaku. Untuk beton kaku, lebih tepat bila menggunakan uji faktor kepadatan.

2.5 Sifat Beton

Dalam proses mix design beton, penyusunan campuran beton tidak hanya memperhatikan sifat beton pada suatu keadaan melainkan beton dirancang untuk dua kondisi yaitu pada beton segar (tahap plastis) dan beton keras (tahap perkerasan). Tahap plastis adalah keadaan saat bahan-bahan beton pertama kali dicampurkan sehingga teksturnya seperti adonan yang lunak, encer dan mudah berubah bentuk. Sedangkan tahap perkerasan terjadi ketika beton mulai mengeras.

2.6 Rancangan Campuran Beton

Komposisi beton yang akan diproduksi biasanya bergantung pada beberapa hal yaitu sifat-sifat mekanis beton keras yang diinginkan yang biasanya ditentukan oleh perencanaan struktur. Sifat-sifat segar yang diinginkan, yang dikendalikan oleh jenis konstruksi, teknik penempatan/pengecoran dan pemindahan. Tingkat pengendalian di lapangan. Perencanaan campuran beton biasanya dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan komposisi campuran beton yang ekonomis dan memenuhi persyaratan kelecakan, kekuatan dan durabilitas.

2.6.1 Faktor Teknis dan Ekonomis

Sifat-sifat beton keras umumnya ditentukan oleh perencanaan struktur, sedangkan sifat beton segar ditentukan oleh metode transportasi, penakaran, penyampuran, penuangan maupun oleh struktur. Para ahli beton perlu memilih material dan proporsinya sampai memenuhi persyaratan yang disebut *job specification*. Mix design selain harus memenuhi persyaratan antara lain jenis struktur, kondisi lingkungan, ukuran penampang dan kualitas material juga harus ekonomis.

Tabel 2.10 Faktor-Faktor Teknis dan Ekonomis yang Mempengaruhi Spesifikasi Pekerjaan

Faktor yang mempengaruhi	Metode pelaksanaan	Sifat struktur	Kondisi service	Ekonomi
Jenis agregat		X		XX
Ukuran maksimum	XX	XX		XX
Gradasi	X	XX		XX
Jenis semen	X	X		X
Jenis admixture	X	X		X
Kadar semen		XX	X	XX
Proporsi mix	X	X	X	XX
Faktor air semen	X	X	XX	
Kadar udara		X	XX	
Slump (keleccakan)	XX	XX		
Berat volume		XX		
Kekuatan		XX	X	
Ketahanan			XX	X
Sifat lainnya		XX	X	

(Sumber: Paul Nugraha, Teknologi Beton, 2007: 284)

Keterangan :

X = Berpengaruh

XX = Berpengaruh besar

2.6.2 Metode perencanaan campuran beton

Ada beberapa metode perencanaan campuran yang dapat digunakan dan masing-masing metode memiliki keunggulan, tergantung material yang dipakai dan tujuan struktur beton tersebut. Perlu dikaji apakah metode-metode dari luar negeri sesuai dengan material dan kondisi di Indonesia.

Penentuan proporsi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode yang dikenal, antara lain :

1. *ACI (Metode American Concrete Institute)*
2. *Portland Cement Association*
3. *Road Note No 4*
4. *DOE (British Standard, Department Of Engineering)*
5. *Nisco Master (Jepang)*
6. *LJ Murdock (Inggris)*

Metode ACI adalah yang paling umum dipakai di Amerika Utara. Metode American Concrete Institute (ACI) mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudahan pekerjaan, serta keawetan kekuatan dan pekerja beton. Cara ACI melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu, jumlah air perkubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran

beton yang pada akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan (workability).

Metode mix design yang paling populer digunakan adalah metode DOE dan ACI. Metode yang didapat dari beberapa metode masih harus selalu dikoreksi berdasarkan campuran percobaan atau pengalaman dari materi yang sama.

Dari metode diatas, metode DOE adalah yang paling sederhana, sedangkan Murdock adalah yang paling rumit. Kerumitannya tidak selalu berarti hasil yang akurat. Prinsip-prinsip dasar umumnya sama, perbedaannya hanya terletak pada pemakaian rumus dan grafik. Perbedaan lainnya terletak pada pengalaman dilapangan, terutama tentang agregat. Beberapa variasi yang mendasar antara metode-metode tersebut adalah tentang acua dasar kondisi kelengkapan agregat dan standar benda uji.

2.6.3 Perancangan Proporsi Campuran Beton

Perencanaan campuran beton biasanya dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan komposisi campuran beton yang ekonomis dan memenuhi persyaratan kelecakan, kekuatan dan durabilitas. Dalam penelitian ini menggunakan metode Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-2834-2002 dan SNI T 15-1990-03.

Berikut adalah langkah-langkahnya:

1. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai pada umur tertentu. Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat.

2. Penetapan nilai deviasi standar (s)

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Penetapan nilai deviasi standart (s) ini berdasarkan pada hasil pengalaman praktek pelaksanaan pada waktu yang lalu, untuk membuat beton yang sama dan menggunakan bahan dasar yang sama pula.

Nilai deviasi standar dapat diperoleh jika fasilitas produksi beton telah mempunyai catatan hasil uji. Data hasil pengujian yang dijadikan sebagai dasar deviasi standar harus:

- a. Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan
- b. Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan $f'c$ yang nilainya dalam batas 7 Mpa dari nilai $f'cr$ yang ditentukan

Tabel 2.11 Faktor Penggali Deviasi Standar (s) Bila Hasil Data Uji yang Tersedia Kurang dari 30

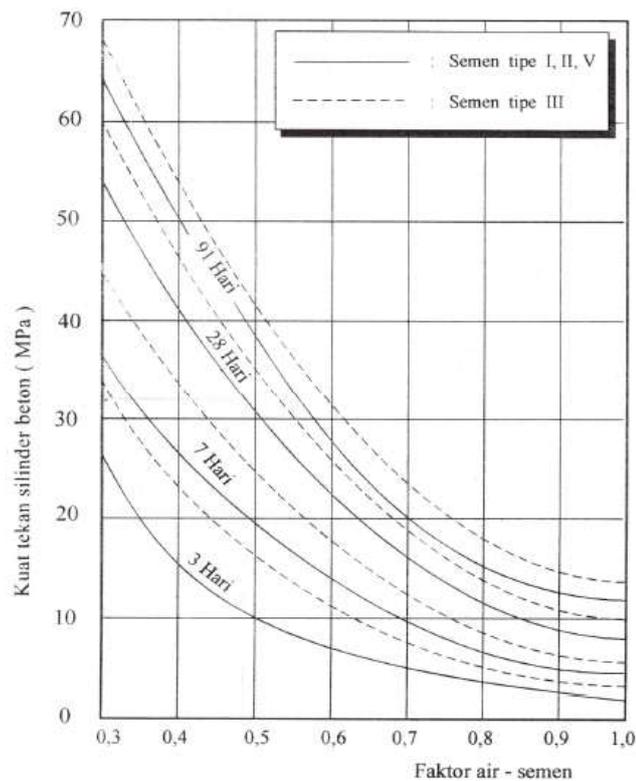
Jumlah pengujian	Faktor penggali deviasi standar
Kurang dari 15	Lihat butir (a) (c)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

(Sumber: SNI- 03-2834-2002, tabel 1, hal 4)

Tabel 2.12 Perkiraan Kekuatan Tekan (Mpa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai Di Indonesia

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (Mpa)				
		Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	91	Bentuk uji
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe II, V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai factor air semen dengan melihat grafik 2.5 Berikut:



Gambar 2.7 Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Rata-Rata Silinder Beton (Sebagai Perkiraan Nilai Fas)

- a. Untuk lingkungan khusus, faktor air semen maksimum harus memenuhi SNI 03-1915-1992
- b. tentang spesifikasi beton tahan sulfat dan SNI 03- 2914-1994 tentang Spesifikasi beton bertulang kedap air (tabel 2.13, tabel 2.14 dan tabel 2.15).

3. Penetapan faktor air semen maksimum

Agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak, maka perlu ditetapkan nilai factor air semen maksimum. Penetapan nilai factor air semen maksimum dapat dilakukan dengan melihat tabel 2.15 jika nilai fas maksimum ini lebih rendah dari pada nilai fas dari langkah 7, maka nilai fas maksimum ini yang dapat dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 2.13 Kebutuhan Semen Minimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Lokasi	Jumlah semen minimum per m ³ beton (Kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton didalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk kedalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		(Tabel 5 SNI 2002)
Beton kontinu berhubungan:		
a. Air tawar		(Tabel 6 SNI 2002)
b. Air laut		(Tabel 6 SNI 2002)

(Sumber: SNI 03-2834- 2002 hal 8, tabel 4)

Tabel 2.14 Kandungan Semen Minimum untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

Konsentrasi sulfat (SO ₃)			Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m ³) ukuran maks. agregat (mm)			Faktor air semen
Dalam tanah				40	20	10	
Total SO ₃ (%)	SO ₃ dalam campuran air : tanah = 2:1 (gr/ltr)	SO ₃ dalam campuran air tanah (gr/ltr)					
< 0,2	< 1,0	<0,3	Tipe I dengan atau tanpa pozolan (15%-40%)	280	300	350	0,5
0,2-0,5	1,0-1,9	0,3-1,2	Tipe I dengan atau tanpa pozolan (15%-40%)	290	330	380	0,50
			Tipe I pozolan (15%-40%) atau semen Portland pozoland	270	310	360	0,55
			Tipe II atau Tipe V	250	290	430	0,55
0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe I pozolan (15%-40%) atau semen Portland pozoland	340	380	430	0,45
			Tipe II atau Tipe V	290	330	380	0,5
1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45
>2,0	>5,6	>5,0	Tipe II atau Tipe V lapisan pelindung	330	370	420	0,45

(Sumber: SNI 03-2834- 2002 hal 9, tabel 5)

Tabel 2.15 Kebutuhan Semen Minimum untuk Beton Bertulang dalam Air

Berhubungan dengan:	Tipe semen	Kandungan semen min. Ukuran maks agregat (mm)	
		40	20
Air tawar	Semua tipe 1 s.d V	280	300
Air payau	Tipe I + pozolan (15%-40%) atau semen Portland pozoland	340	380
	Tipe II atau V	290	330
Air laut	Tipe II atau V	330	370

(Sumber: SNI 03-2834- 2002 hal 10, tabel 6)

4) Penetapan nilai slump

Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan, pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Cara pengangkutan adukan beton dengan aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai slump yang besar, adapun pemadatan adukan dengan alat getar dapat dilakukan dengan nilai slump yang agak kecil. Nilai slump yang diinginkan dapat diperoleh dari tabel 2.15 :

Tabel 2.16 Penetapan Nilai Slump

Uraian	Slump (mm)
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	5,0-12,5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi telapak bawah	2,5-9
Pelat, balok, kolom dan dinding	7,5-15,0
Perkerasan jalan	5,0-7,5
Pembetonan masal	2,5-7,5

(Sumber : Pd T-07-2005-B Tabel 5:10)

Dari tabel 2.16 nilai slump yang ditetapkan dalam perancangan campuran beton adalah maksimum 15,0 mm dan minimum 7,5 mm.

5) Penetapan besar butir agregat maksimum

Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi dari ketentuan berikut:

- a. $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antar bidang-bidang samping dari cetakan
 - b. $\frac{1}{3}$ dari tebal pelat
 - c. $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih minimum antar batang-batang atau berkas-berkas tulangan
- 6) Tetapkan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat dan slump yang diinginkan

Tabel 2.17 Perkiraan Kebutuhan Kadar Air Bebas Per Meter Kubik Beton (Kg/m^3)

Besarnya ukuran maksimum kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	150
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: SNI 03-2834- 2002 hal 8, tabel 3)

Dari tabel diatas ukuran agregat yang akan direncanakan sebesar 20 mm dan agregat kasar yang akan dipakai dari jenis batu pecah maka jumlah kadar air bebas yang diburuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton diperkirakan adalah 225 kg/m^3 .

7) Hitung berat semen yang diperlukan

Berat semen per meter kubik dihitung dengan membagi jumlah air dengan factor air semen (langkah 11) yang diperoleh pada langkah 7 dan 8.

8) Kebutuhan semen minimum

Kebutuhan air semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau dan air laut. Kebutuhan semen minimum ditetapkan dengan menggunakan tabel 2.18 di bawah ini.

Tabel 2.18 Kebutuhan Semen Minimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Lokasi	Jumlah semen minimum per m ³ beton (Kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton didalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0.60
Beton masuk kedalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		(Tabel 5 SNI 2002)
Beton kontinu berhubungan:		
a. Air tawar		(Tabel 6 SNI 2002)
b. Air laut		

(Sumber: SNI 03-2834- 2002 hal 8, tabel 4)

9) Penyesuaian kebutuhan semen

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari langkah 12 ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum maka kebutuhan semen harus dipakai yang minimum (yang nilainya lebih tinggi).

10) Penyesuaian jumlah air dan faktor air semen

Jika jumlah semen ada perubahan maka nilai factor air semen berubah, Dalam hal ini, dapat dilakukan dengan dua cara:

- a. Faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum
- b. Jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan factor air semen.

11) Penentuan daerah gradasi agregat halus

Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat halus yang akan dipakai dapat diklasifikasikan menjadi 4 daerah :

Tabel 2.19 Batas gradasi agregat halus

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

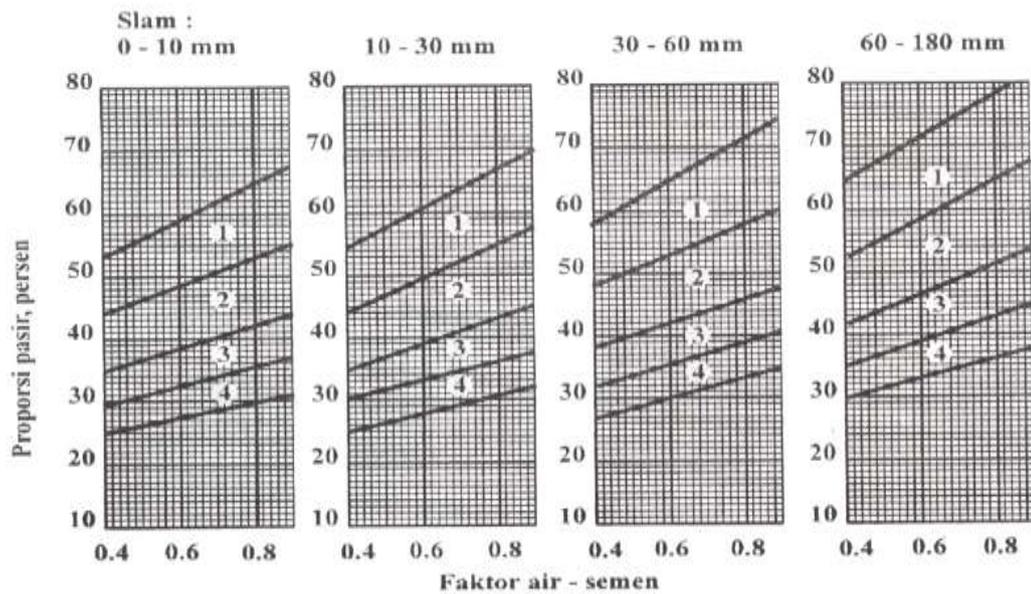
(Sumber : SNI 03-2834-1993., Metode, spesifikasi dan Tata Cara; 23, Tabel 6)

Keterangan :

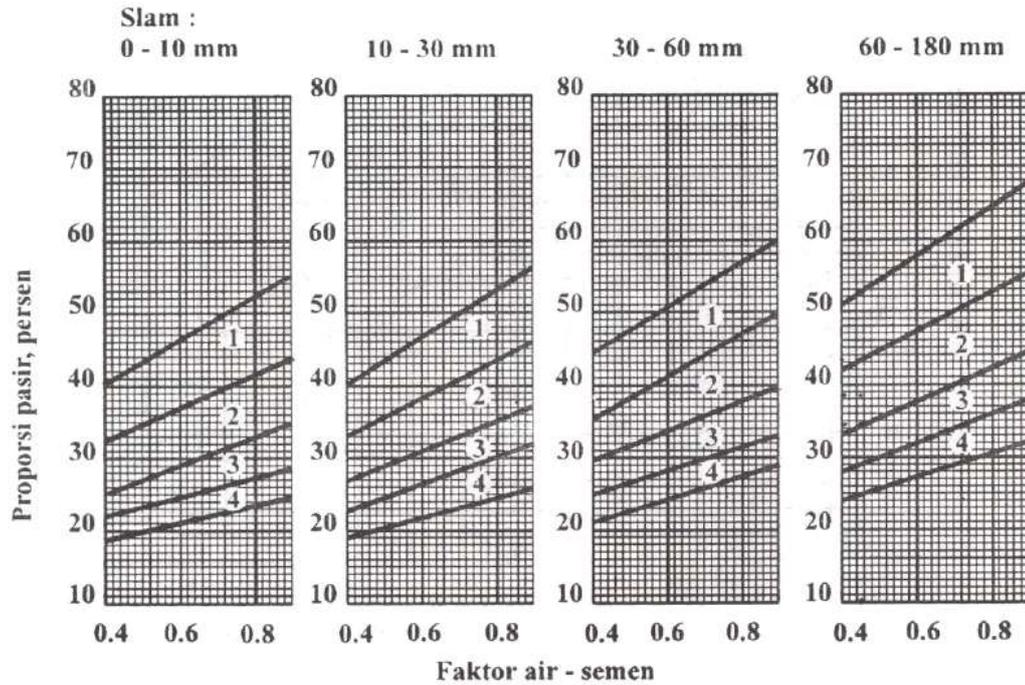
- a. Daerah gradasi I = pasir kasar
- b. Daerah gradasi II = pasir agak kasar
- c. Daerah gradasi III = pasir halus
- d. Daerah gradasi IV = pasir agak halus

12) Perbandingan agregat halus dan agregat kasar

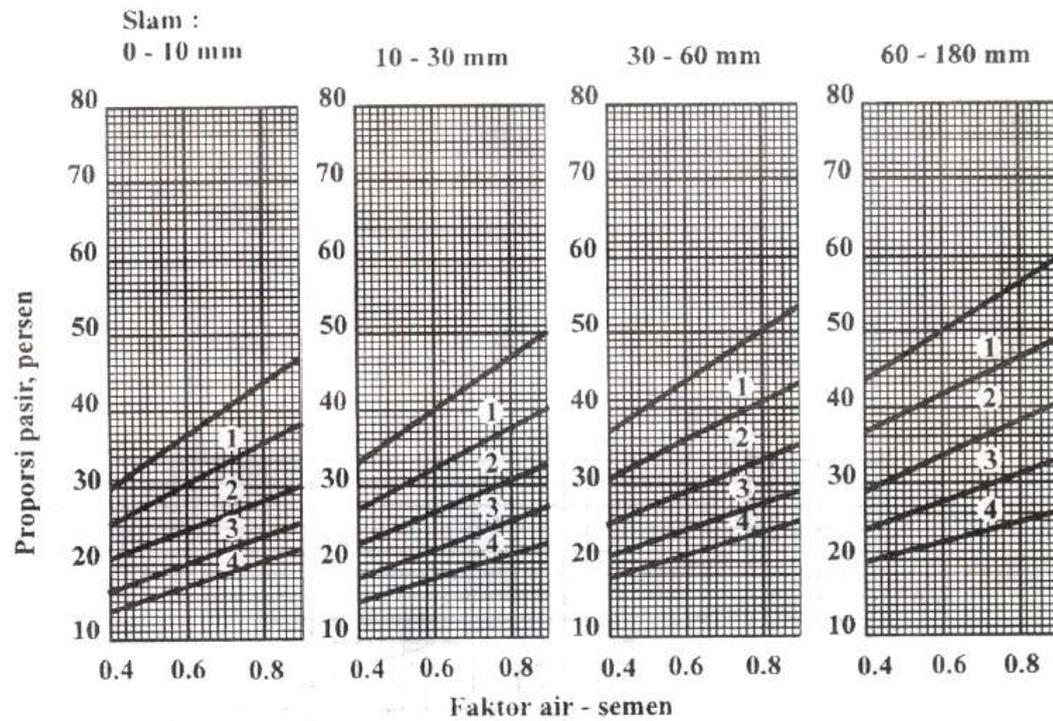
Nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, factor air semen dan daerah gradasi agregat halus, berat jenis agregat campuran.



Gambar 2.8 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 10 mm



Gambar 2.9 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 20 mm



Gambar 2.10 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 40 mm.

13) Berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_j \text{ camp} = \frac{P}{100} \times B_j \text{ ag. halus} + \frac{K}{100} \times B_j \text{ ag. kasar}$$

Dengan :

$B_j \text{ camp}$ = berat jenis agregat campuran

$B_j \text{ ag. halus}$ = berat jenis agregat halus

$B_j \text{ ag. kasar}$ = berat jenis agregat kasar

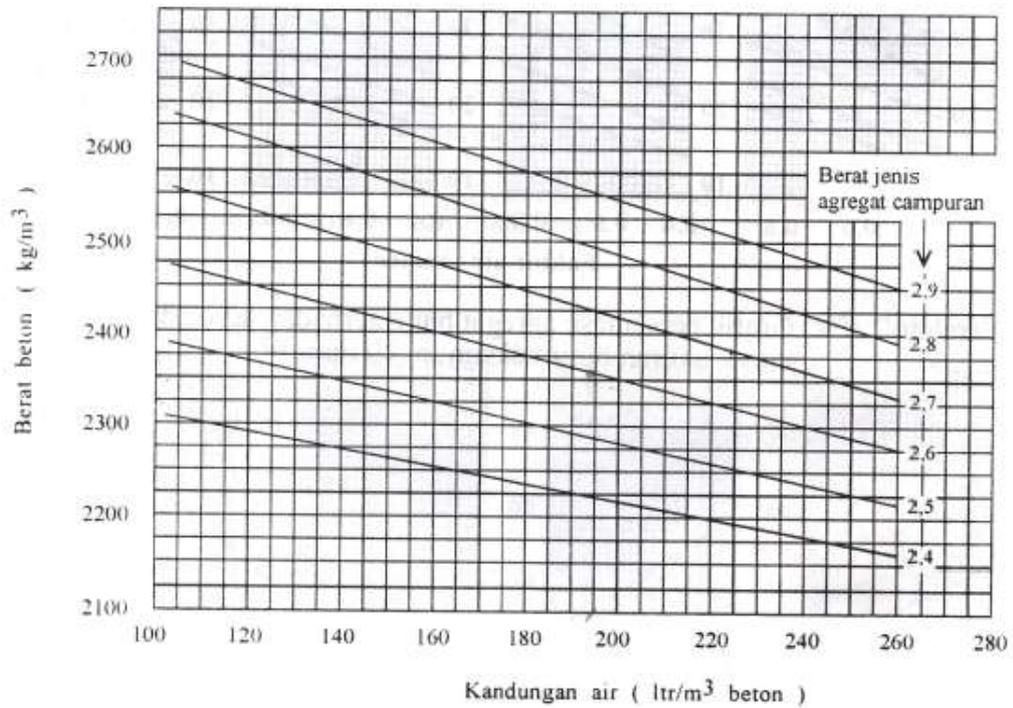
P = persentase agregat halus terhadap agregat campuran

K = persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

14) Penentuan berat jenis beton

Dengan data berat jenis agregat campuran dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka dengan grafik dibawah dapat diperkirakan berat jenis betonnya. caranya adalah sebagai berikut:

- a. Dari berat jenis agregat campuran pada langkah 17 (Nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar) dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada grafik dibawah
- b. Kebutuhan air yang diperoleh dimasukkan dalam grafik kemudian dari nilai ini ditarik garis vertikal ke atas sampai mencapai garis kurva yang dibuat di atas
- c. Dari titik potong ini kemudian ditarik garis horizontal ke kiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.



Gambar 2.11 Grafik Perkiraan Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

15) Kebutuhan agregat campuran

Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen.

$$W_{campuran} = W_{beton} - A - S$$

Dengan :

$W_{campuran}$ = kebutuhan agregat campuran (kg)

W_{beton} = berat beton (kg/m^3)

A = kebutuhan air (ltr)

S = kebutuhan semen (kg)

16) Kebutuhan agregat halus (pasir)

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan cara mengalikan kebutuhan agregat campuran dengan persentase berat agregat halusnya.

Kebutuhan pasir dihitung dengan rumus:

$$W_{pasir} = \left(\frac{P}{100} \right) \times W_{campuran}$$

Dengan:

W_{pasir} = kebutuhan agregat pasir (kg)

$W_{campuran}$ = kebutuhan agregat campuran (kg)

P = persentase pasir terhadap campuran

17) Kebutuhan agregat kasar (kerikil)

Kebutuhan kerikil dihitung dengan rumus:

$$W_{kerikil} = W_{campuran} - W_{pasir}$$

Dengan :

$W_{kerikil}$ = kebutuhan agregat kerikil (kg)

W_{pasir} = kebutuhan agregat pasir (kg)

$W_{campuran}$ = kebutuhan agregat campuran (kg)

2.7 Perawatan Beton (*Curing*)

2.7.1 Umum

Jumlah air dalam beton cair sebetulnya sudah lebih dari cukup (sekitar 12 liter per sak semen) untuk menyelesaikan reaksi hidrasi. Namun sebagian air hilang karena menguap sehingga hidrasi selanjutnya terganggu. Jadi perawatan perlu untuk mengisi pori-pori kapiler dengan air, karena hidrasi terjadi didalamnya (Paul Nugraha dan Antoni, 2007: 150).

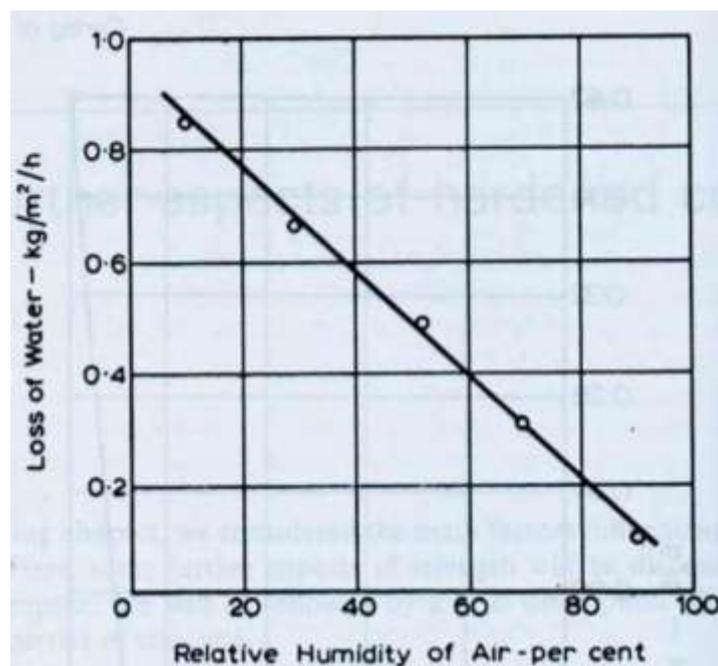
Perawatan ini dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan, agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan

mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. 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 (Tri Mulyono, 2003: 229).

Menurut A.M. Neville, ada empat hal yang mempengaruhi proses penguapan yang dapat menyebabkan kehilangan air pada beton (Christine Mayavani dan Habudin, 2006: 10) yaitu :

1. Kelembaban relatif

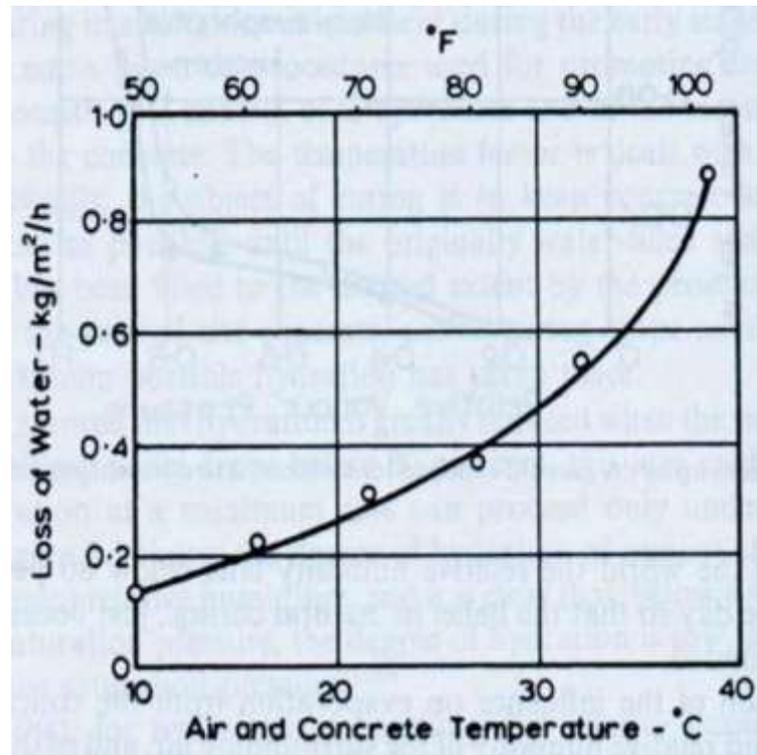
Semakin besar nilai kelembaban relatif, maka semakin sedikit kehilangan air yang terjadi.



Gambar 2.12 Grafik Hubungan Antara Kelembaban Dengan Kehilangan Air (Neville, A.M., 2002)

2. Temperatur udara dan beton

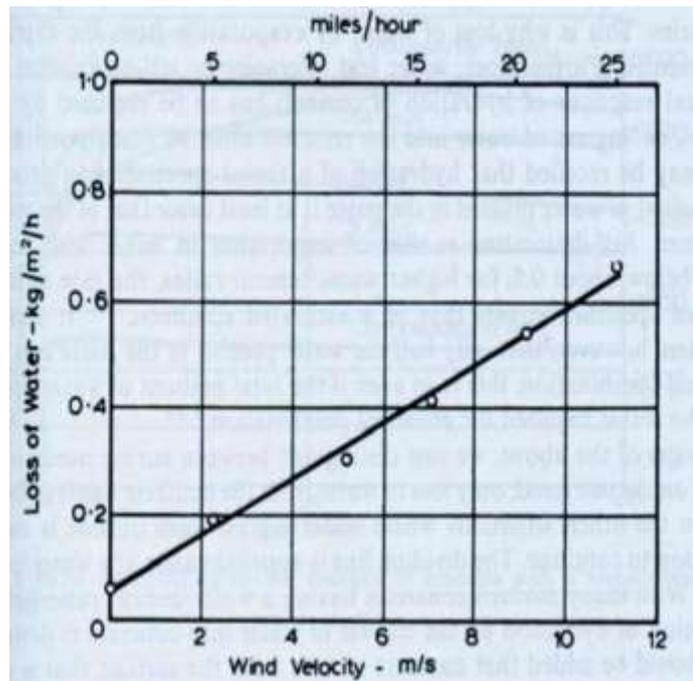
Temperatur udara dan beton sangat mempengaruhi proses penguapan yang terjadi pada beton. Semakin tinggi temperatur maka kehilangan air yang terjadi semakin banyak.



Gambar 2.13 Grafik Hubungan Antara Temperatur Udara Dan Beton Dengan Kehilangan Air (Neville, A.M., 2002)

3. Kecepatan udara

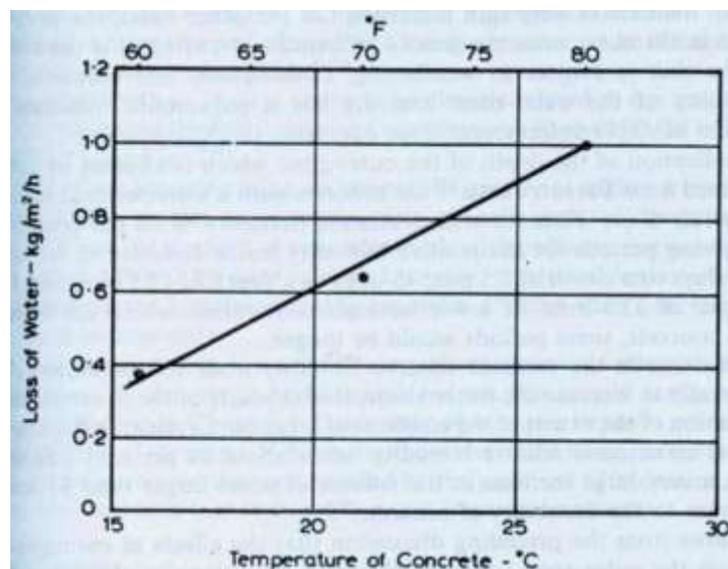
Proses penguapan juga dipengaruhi oleh adanya angin. Kecepatan angin yang besar akan mempercepat proses penguapan yang terjadi.



Gambar 2.14 Grafik 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.



Gambar 2.15 Grafik Hubungan Antara Temperatur Beton Dengan Kehilangan Air (Neville, A.M., 2002)

Murdock, L.J. dan Brook, KM menjelaskan, 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 (Christine Mayavani dan Habudin, 2006: 12).

Bervariasinya bahan dasar pembentuk beton menyebabkan beton mempunyai beberapa sifat, di antaranya adalah sifat awet/daya tahan beton. Parameter daya tahan beton meliputi (Nursyamsi, vol. 4 no. 2, 2005: 317)

- a. Daya tahan terhadap beban struktur beton, dapat ditentukan dari:
 - Kuat tekan hancur beton, yaitu kekuatan beton untuk memikul beban rencana sebelum mengalami kehancuran.
 - Kuat tarik, yaitu kemampuan beton menahan tarikan. Sifat ini umumnya tidak terlalu diperhitungkan untuk memikul beban tetapi akan sangat menentukan kemampuan beton menahan retak yang terjadi akibat perubahan kadar air atau suhu.
- b. Daya tahan selama proses pengerasan beton, yaitu kemampuan beton menghindari terjadinya retak-retak plastis akibat penyusutan volume.
- c. Daya tahan terhadap penetrasi bahan-bahan yang dapat merusak beton, dapat ditentukan dari permeabilitas beton.

2.7.2 Jenis-Jenis Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan beton ini dapat dilakukan dengan pembasahan atau penguapan (*steam*) serta dengan menggunakan membran. Pemilihan cara

mana yang digunakan semata-mata mempertimbangkan kemudahan pengerjaan ataupun biaya yang dikeluarkan.

2.7.2.1 Perawatan dengan Pembasahan

Perawatan dengan pembasahan dilakukan di laboratorium ataupun di lapangan. Pekerjaan perawatan dengan pembasahan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu (Tri Mulyono, 2003: 230):

- 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 kontinyu.
- g. Melapisi permukaan beton dengan air dengan melakukan *compound*.

Cara a, b, dan c digunakan untuk contoh uji. Cara d, e, f digunakan untuk beton di lapangan yang permukaanya mendatar, sedangkan cara f dan g digunakan untuk yang permukaanya vertikal.

Dengan perawatan merendam, benda uji direndam seluruhnya dalam air yang mempunyai suhu $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ mulai pelepasan dari cetakan hingga saat pengujian dilakukan. Ruang penyimpanan harus bebas dari getaran terutama pada waktu 48 jam pertama setelah benda uji disimpan (SNI. 03-2493-1991).

Dalam penelitian ini pengaruh suhu tidak diperhatikan. Benda uji diletakkan di dalam bak perendaman di dalam laboratorium bahan rekayasa Departemen Teknik Sipil USU, dengan menggunakan air PDAM Tirtanadi.

2.7.2.2 Perawatan dengan Penguapan

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

Perawatan dengan penguapan berguna pada daerah yang mempunyai musim dingin. Perawatan ini harus diikuti dengan perawatan pembasahan setelah lebih dari 24 jam, minimal selama umur 7 hari, agar kekuatan tekan dapat tercapai sesuai dengan rencana pada umur 28 hari (Tri Mulyono, 2003: 231).

2.7.2.3 Perawatan dengan Membran

Membran yang digunakan untuk perawatan merupakan penghalang fisik untuk menghalangi penguapan air. Bahan yang digunakan harus kering dalam waktu 4 jam (sesuai *final setting time*), dan membentuk selebar film yang kontinyu, melekat dan tidak bergabung, tidak beracun, tidak selip, bebas dari lubang-lubang halus dan tidak membahayakan beton (Tri Mulyono, 2003: 232).

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 setelah waktu pengikatan

beton. Perawatan dengan cara ini dapat juga dilakukan setelah atau sebelum perawatan dengan pembahasan (Tri Mulyono, 2003: 232).

Tipe-tipe lembaran bahan perawat beton sesuai SNI. 4817:2008, adalah sebagai berikut :

- a) Kertas biasa dan putih.
- b) Lembaran tipis polyethylene; bening (tembus pandang) dan putih, buram.
- c) Lembaran goni dilapisi polyethylene putih.

Menurut Rancangan Pedoman Teknis Bahan Konstruksi Bangunan Dan Rekayasa Sipil (RPT0. ICS 93.010). Cara perawatan membran ini dapat dibagi lagi ke dalam 3 macam, yaitu:

- a) Membran cair

Perawatan membran yang dilakukan dengan menyemprot perawatan cair ke permukaan beton ketika seluruh permukaan beton kering. sebelumnya terlebih dahulu dibuka cetakannya dan finishing dilakukan. Jika seandainya hujan turun maka harus dibuat pelindung sebelum lapisan membran cukup kering, atau seandainya lapisan membran rusak maka harus dilakukan pelapisan ulang lagi.

- b) Selimut kedap air

Metode ini dilakukan dengan menyelimuti permukaan beton dengan bahan lembaran kedap air yang bertujuan mencegah kehilangan kelembaban dari permukaan beton. Beton harus basah pada saat lembaran kedap air ini dipasang. Lembaran bahan ini aman untuk tidak

terbang/pindah tertiuip angin dan apabila ada kerusakan/sobek harus segera diperbaiki selama periode perawatan berlangsung.

c) Form-In-Place

Perawatan yang dilakukan dengan tetap mempertahankan cetakan sebagai dinding penahan pada tempatnya selama waktu yang diperlukan beton dalam masa perawatan.



Gambar 2.16 Perawatan dengan Menggunakan Penutup Plastik Di Lapangan

Berikut ini merupakan jenis kemasan plastik yang beredar di masyarakat (Firman, 2012:13)

1. Polyethylene terephthalate (PET)

Plastik jenis ini berwarna jernih atau transparan, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan cairan, melembek pada suhu 80 0C. kemasan jenis ini banyak dipakai di botol mineral, tray biscuit, wadah kosmetik dll.

2. High density polyethylene (HDPE)

Jenis plastik ini memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras sampai semi fleksibel, buram, tahan terhadap bahan kimia dan cairan lebih tahan terhadap suhu tinggi namun disarankan digunakan untuk sekali pakai. Biasanya kemasan ini banyak dijumpai pada botol kemasan susu berwarna putih, shampoo, kursi lipat wadah es krim dll.

3. Polyvinyl chloride (PVC)

Jenis plastik yang sangat sulit untuk di daur ulang. Sifat plastik PVC kuat, keras, bisa jernih (tembus pandang), dapat diubah bentuknya menggunakan pelarut, melembek pada suhu 800 C. berbahaya bagi kesehatan, banyak ditemukan pada botol kemasan.

4. Low density polyethylene (LDPE)

Karakter plastic ini kuat, agak tembus cahaya, fleksibel dengan permukaan berlemak, melembek pada suhu 700 C, mudah tergores banyak digunakan pada plastik kemasan, tempat makanan dll. Salah satu contoh LDPE adalah stretch film atau plastik wrapping.

5. Polypropylene (PP)

Karakter plastik ini lebih kuat, transparan yang tidak jernih ringan, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil pada suhu tinggi, tahan pelarut dan cukup mengkilap. Banyak digunakan untuk botol susu, sedotan, wadah makanan dll.

2. Polystyrene (PS)

Sifat kemasan ini adalah jernih, berkasa, kaku, mudah patah, buram, melembek pada suhu 950 C, terpengaruh oleh lemak dan pelarut. Bahan ini harus di hindari, karena berbahaya untuk kesehatan otak, dan mengganggu hormone estrogen pada perempuan yang berakibat pada masalah reproduksi. Banyak digunakan pada bahan tempat makan Styrofoam, CD, karton telur.

3. Other terdiri atas polycarbonate (PC), styrene acrylonitrile (SAN) dan Nylon. Banyak digunakan pada gallon air, alat elektronik. Sifat dari jenis kemasan ini memiliki resistensi yang tinggi terhadap reaksi kimia.

Pada penelitian ini digunakan jenis kantong plastik yang terbuat dari bahan baku LDPE (*Low Density Poly Ethylene*), biasa di masyarakat dikenal dengan sebutan “kantong Gula”. Bahan plastic LDPE yang bersifat lentur menyebabkan plastik tidak mudah sobek terhadap benda tajam. Plastik ini berwarna bening, kuat, kedap air, tidak menyebabkan perubahan warna pada benda uji dan tidak lengket pada benda uji. Bentuk plastik ini cocok digunakan terhadap benda uji yang bentuknya silinder.

Selain berfungsi untuk menghindari hilangnya air selama masa perawatan, membran ini berfungsi juga untuk mengurangi naiknya temperatur beton yang permukaannya secara langsung terkena sinar matahari.

Adapun persyaratan fisik lembar tipis polyethylene yang digunakan dalam perawatan membran (SNI. 4817-2008) adalah:

a. Lembar tipis polyethylene harus terdiri dari lembaran tunggal yang

terbuat dari resin *polyethylene*.

- b. Lembaran tidak boleh ada kerusakan yang terlihat dan harus seragam bentuknya.
- c. Tipe lembaran terang harus betul-betul tembus pandang sedangkan tipe lembaran putih harus mengandung bahan pewarna putih.

2.7.2.4 Perawatan Lainnya

Perawatan pada beton lainnya yang dapat dilakukan adalah perawatan dengan menggunakan sinar infra merah, yaitu dengan melakukan penyinaran selama 2-4 jam pada suhu 90°C. hal tersebut dilakukan untuk mempercepat penguapan air pada beton mutu tinggi. Selain itu ada pula perawatan hidrotermal (dengan memanaskan cetakan untuk beton-beton pra-cetak selama 4 jam pada suhu 65°C) dan perawatan dengan karbonisasi (Tri Mulyono, 2003: 232).

2.7.3 Waktu Perawatan

Waktu *curing* paling krusial adalah setelah beton mencapai *final setting* (beton telah mengeras) sampai dengan minimal 7 hari (initial curing). Hal ini karena selama waktu itu (*time of initial curing*) material-material pembentuk beton mengalami proses hidrasi secara aktif. 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*) (dalam Christine Mayavani dan Habudin, 2006:15).

2.7.4 Pengaruh Perawatan Terhadap Kuat Tekan Beton

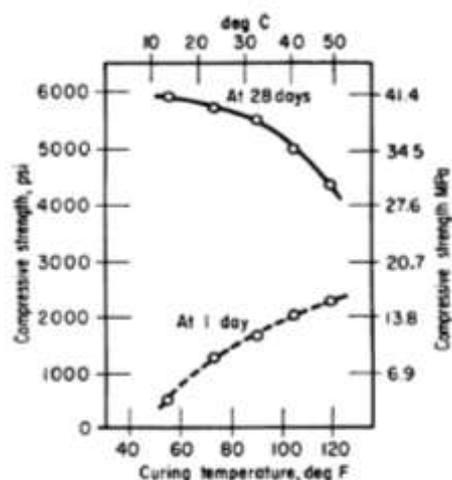


Fig 2.1.2—Effects of curing temperature on compressive strength of concrete (Verbeck and Helmut 1968).

Gambar 2.17 Grafik Suhu *Curing* terhadap Kuat Tekan Beton (Verbeck Hemuth 1965)

Berdasarkan ACI 305R-4 dapat diketahui bahwa kondisi suhu curing rendah mempengaruhi hasil uji kuat tekan beton seperti yang dapat dilihat di atas.

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 (Christine Mayavani dan Habudin, 2006: 17).

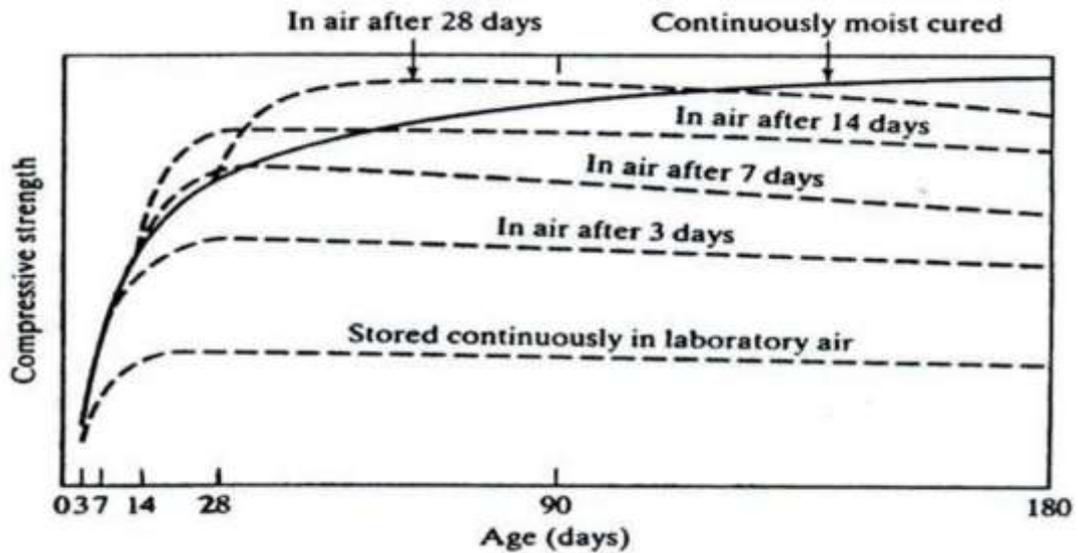
Neville menjelaskan bahwa perkembangan yang baik dari kekuatan beton tidak hanya dipengaruhi keseluruhan semen terhidrasi, dan ini terbukti dalam praktik di lapangan. Kualitas beton juga tergantung kepada gel/space

ratio dari pasta semen. Jika sekiranya ruang yang terisi air dalam beton segar lebih besar dari volume yang dapat diisi oleh produksi dari hidrasi, hidrasi yang lebih banyak akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi dan permeabilitas yang lebih rendah (Christine Mayavani dan Habudin, 2006: 17).

Kehilangan air dari beton harus diproteksi, dan selanjutnya kehilangan air secara internal oleh pengeringan sendiri harus digantikan oleh air dari luar. Yaitu pemasukan air ke dalam beton harus difasilitasi sebaik mungkin, maupun dengan mencegah penguapan seperti penggunaan membran. Sehingga proses hidrasi yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton sangat terbantu oleh pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan proses hidrasi itu sendiri.

Penguapan dapat menyebabkan suatu kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Penguapan juga dapat menyebabkan penyusutan kering yang terlalu awal dan cepat, sehingga berakibat timbulnya tegangan tarik yang mungkin menyebabkan retak, kecuali bila beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini. Oleh karena itu direncanakan suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu. Hal ini termasuk pencegahan penguapan dengan

pengadaan beberapa selimut pelindung yang sesuai maupun dengan membasahi permukaannya secara berulang-ulang.



Gambar 2.18 Grafik Kuat Tekan Beton Dalam Berbagai Perlakuan Menurut Neville, A.M., (dalam Christine Mayavani dan Habudin, 2006: 17)

Dari gambar di atas menjelaskan mengenai kuat tekan beton dalam berbagai perlakuan perawatan. Terlihat jelas dari grafik bahwa beton yang tidak mendapatkan perawatan memiliki kuat tekan yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan beton yang mendapatkan perawatan. Beton yang mendapatkan perawatan secara berkelanjutan akan menunjukkan grafik peningkatan kuat tekan secara terus menerus.