

## **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

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 dapat 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 didaerah 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 :

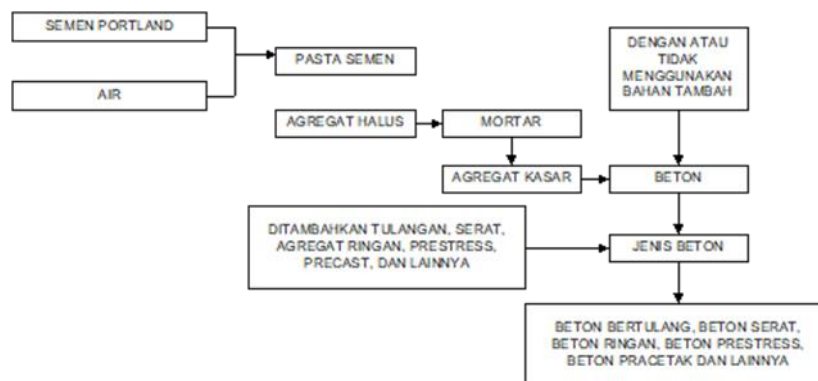
- a. Berat sendiri beton yang besar, sekitar  $2400 \text{ kg/m}^3$ .
- b. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kuat tekannya besar.
- c. Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis. Baja tulangan bisa berkarat, meskipun tidak terlihat separah struktur baja.
- d. Kualitasnya sangat tergantung 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 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 F'C 30

Beton f'c 30 adalah campuran semen, pasir, agregat dan additif yang sudah dikemas secara kering, hanya menambah air dan mengaduknya untuk dipakai sebagai material beton dengan kekuatan 30 Mpa.

Jenis beton ini dibuat untuk pekerjaan struktural. Aplikasinya sering kali dimanfaatkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi mulai dari jalan, jembatan hingga gedung bangunan, dengan kekuatan perencanaan 30 Mpa pada umur 28 hari.



**Gambar 2.1** Proses terbentuknya beton

**Tabel 2.1** Jenis beton

Jenis beton	$F_c'$ (Mpa)	$\sigma_{bk}'$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	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, diantaranya adalah:

1. Kemudahan Pengerjaan (*Workability*)

Kelacakan beton atau *workability* adalah kemudahan suatu campuran beton segar untuk dikerjakan dan dipadatkan. Kelacakan beton sering diidentikan dengan *slump* nya. *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 diusahakan 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 pengikatan pun 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, kedap 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)
- b. Mutu semen Portland.
- c. Perbandingan adukan beton

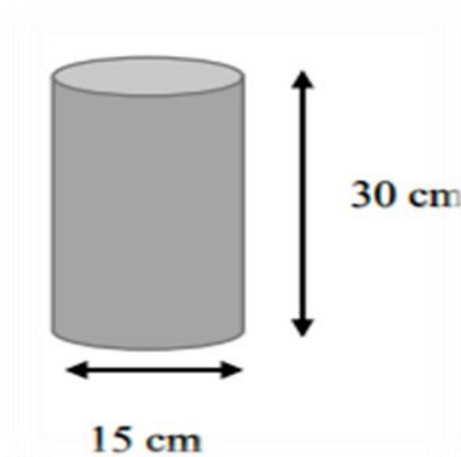
- d. Umur beton
- e. Perawatan (*curing*)
- f. Suhu

## 2. 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 beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air. Perbandingan dari air semen, semakin tinggi kekuatan tekannya. Air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan (Wang dan Salmon, 1990). Kuat tekan beton diperoleh dengan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang ditekan pada sisi yang berbentuk lingkaran.



**Gambar 2.2** Benda Uji Kuat Tekan Beton

Besarnya kuat tekan benda uji dapat dihitung dengan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A} (kg/cm^2) \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

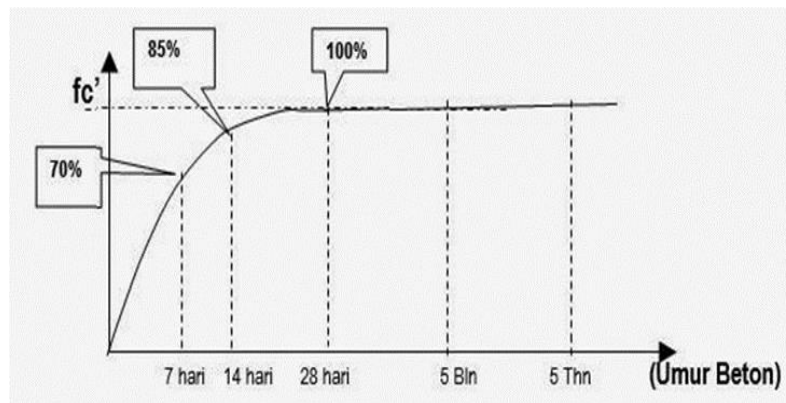
$f'c$  = kuat tekan beton, (MPa).

$P$  = beban maksimum (kg)

$A$  = luas penampang benda uji ( $cm^2$ )

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 2.3** 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.

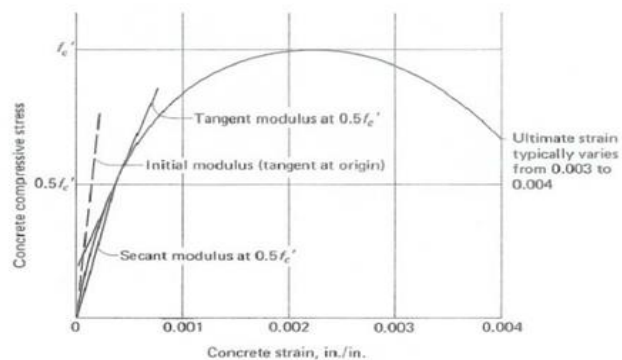
3. Efisiensi dari perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji
4. Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. 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

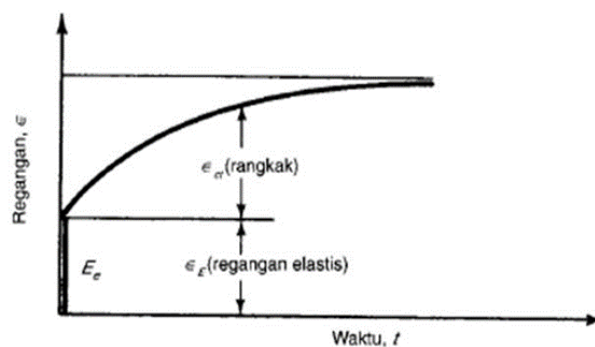
Modulus elastis beton adalah berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastis juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji. (Chu-kia wang dan Charles G. Salmon ,1986:14)



Gambar 2.4 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 2.5 Grafik rangkak dan Susut terhadap waktu

- **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.

- **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

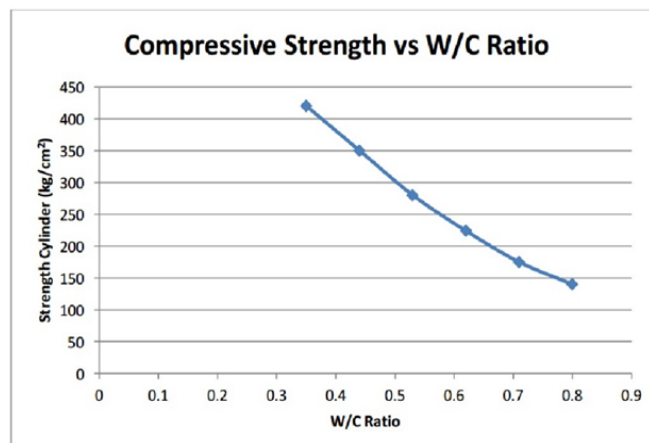


2. Kadar air
3. Kadar semen dan bahan kimia pembantu
4. Kondisi perawatan dan penyimpanan
5. Pengaruh ukuran

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 2.6** 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  $350 \text{ kg/cm}^2$  (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. Karakteristik akan tercapai apabila memperhatikan beberapa faktor seperti berikut:

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 kekedapan air. Pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton, karena tidak terjadinya pencampuran bahan yang homogeny, Pemadatan yang berlebih akan menyebabkan bleeding.

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.

Ada tiga jenis metode perawatan:

- a. Cara terus memberi air
- b. Cara mencegah hilangnya air dari permukaan
- c. 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**

#### **2.4.2.1 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, aluminium 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.

Semen Portland dibagi menjadi lima jenis sebagai berikut :

##### 1. Jenis Semen Portland Type I

Jenis semen portland type I mungkin yang paling familiar disekitar Anda karena paling banyak digunakan oleh masyarakat luas dan beredar di pasaran. Jenis ini biasa digunakan untuk konstruksi bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk hidrasi panas dan kekuatan tekan awal. Kegunaan Semen Portland

Type I diantaranya konstruksi bangunan untuk rumah permukiman, gedung bertingkat, dan jalan raya. Karakteristik Semen Portland Type I ini cocok digunakan di lokasi pembangunan di kawasan yang jauh dari pantai dan memiliki kadar sulfat rendah.

## 2. Jenis Semen Portland Type II

Kondisi letak geografis ternyata menyebabkan perbedaan kadar asam sulfat dalam air dan tanah dan juga tingkat hidrasi. Oleh karena itu, keadaan tersebut mempengaruhi kebutuhan semen yang berbeda. Kegunaan Semen Portland Type II pada umumnya sebagai material bangunan yang letaknya dipinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi, dan bendungan. Karakteristik Semen Portland Type II yaitu tahan terhadap asam sulfat antara 0,10 hingga 0,20 persen dan hidrasi panas yang bersifat sedang.

## 3. Jenis Semen Portland Type III

Lain halnya dengan tipe I yang digunakan untuk konstruksi tanpa persyaratan khusus, kegunaan semen portland type III memenuhi syarat konstruksi bangunan dengan persyaratan khusus. Karakteristik Semen Portland Type III diantaranya adalah memiliki daya tekan awal yang tinggi pada permulaan setelah proses pengikatan terjadi, lalu kemudian segera dilakukan penyelesaian secepatnya. Jenis semen Portland type III digunakan untuk pembuatan bangunan tingkat tinggi, jalan beton atau jalan raya bebas hambatan, hingga bandar udara dan bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan asam sulfat.

Ketahanannya Portland Type III menyamai kekuatan umur 28 hari beton yang menggunakan Portland type I.

#### 4. Jenis Semen Portland Type IV

Karakteristik Semen Portland IV adalah jenis semen yang dalam penggunaannya membutuhkan panas hidrasi rendah. Jenis semen portland type IV diminimalkan pada fase pengerasan sehingga tidak terjadi keretakan. Kegunaan Portland Type IV digunakan untuk dam hingga lapangan udara.

#### 5. Jenis Semen Portland Type V

Karakteristik Semen Portland Type V untuk konstruksi bangunan yang membutuhkan daya tahan tinggi terhadap kadar asam sulfat tingkat tinggi lebih dari 0,20 persen. Kegunaan Semen Portland Type V dirancang untuk memenuhi kebutuhan di wilayah dengan kadar asam sulfat tinggi seperti misalnya rawa-rawa, air laut atau pantai, serta kawasan tambang. Jenis bangunan yang membutuhkan jenis ini diantaranya bendungan, pelabuhan, konstruksi dalam air, hingga pembangkit tenaga nuklir.

### **2.4.2.2 Agregat**

Agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil dan batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan satu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolik 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 sebagai pengisi utama dalam campuran beton dibagi menjadi 2, yaitu :

- 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 2.2** 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 03-2834-2000.)

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 2.3** 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).

- 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 2.4** Syarat agregat kasar

Lubang ayakan (mm)	Persen butir lewat ayakan, besar butir maks		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
75,0			100
40		100	95-100
20	100	95-100	35-70
10	50-85	30-60	10-40
4,8	0-10	0-10	0-5

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

### 2.4.2.3 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 dan prostasium

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.

- **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 2.5** Batasan kimia untuk air campuran

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

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

- **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 CO<sub>2</sub>, perawatan dengan menggunakan air laut dapat memicu serangan korosi pada tulangan.

#### **2.4.2.4 Bahan Tambah**

Tambah Bahan tambah adalah suatu bahan bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Bahan tambah ada 2 jenis yaitu *additive* dan *admixture*. Bahan Tambah (*Additive*) adalah bahan tambah yang ditambahkan pada saat proses pembuatan semen di pabrik, bahan tambah *additive* yang ditambahkan pada beton untuk meningkatkan kinerja kuat tekan beton. Beton yang kekurangan butiran halus dalam agregat menjadi tidak kohesif dan mudah *bleending*, untuk mengatasi kondisi ini biasanya ditambahkan bahan tambah *additive* yang berbentuk butiran padat yang halus. Penambahan *additive* dilakukan pada beton yang kekurangan agregat halus dan beton dengan kadar semen biasa tetapi perlu dipompa pada jarak yang jauh. Yang termasuk jenis *additive* adalah *pozzolan*, *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*. Adapun keuntungan penggunaan *additive* adalah (Mulyono T,2003) adalah dapat memperbaiki *workability* beton, mengurangi panas hidrasi beton, mengurangi biaya pekerjaan beton, mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat, meningkatkan usia beton, dan mengurangi penyusutan. Bahan tambah (*Admixture*) adalah bahan atau material selain air, semen dan agregat ditambahkan ke dalam beton selama pengadukan. *Admixture* digunakan untuk

memodifikasi sifat dan karakteristik beton. Tujuan penggunaan *admixture* pada beton segar adalah untuk memperbaiki *workability* beton, mengatur faktor air semen pada beton segar, mengatur waktu pengikatan aduk beton, meningkatkan kekuatan beton keras, meningkatkan sifat kedap air pada beton keras, dan meningkatkan sifat tahan 210 INFO TEKNIK, Volume 17 No.2 Desember 2016 lama pada beton keras termasuk terhadap zat-zat kimia dan tahan terhadap gesekan. Ketentuan dan syarat mutu bahan tambah *admixture* sesuai dengan ASTM C 494-81 “*Standard Specification For Chemical Admixture For Concrete*”. Defenisi tipe dan jenis bahan tambah kimia tersebut dapat diterangkan sebagai berikut:

1. Tipe A, *Water Reducing Admixture*. Adalah bahan tambah yang bersifat mengurangi jumlah air pencampuran beton untuk menghasilkan beton yang konsentitensinya tertentu.
2. Tipe B, *Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi yang menghambat pengikatan beton.
3. Tipe C, *Accelerating Admixture*. Adalah bahan tambahan berfungsi mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D, *Water Reducing And Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan beton.
5. Tipe E, *Water Reducing And Accelerating Admixture*. Adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air

pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan beton.

6. Tipe F, *Water Reducing And High Range Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12%.
7. Tipe G, *Water Reducing, High Range and Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12% atau lebih dan juga menghambat pengikatan beton.

### **2.4.3 Slump**

Slump test adalah pengujian sederhana yang paling sering digunakan. Karena 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 2.7** 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 2.6** Faktor-faktor teknis dan ekonomis yang mempengaruhi spesifikasi pekerjaan

<b>Faktor yang mempengaruhi</b>	<b>Metode pelaksanaan</b>	<b>Sifat struktur</b>	<b>Kondisi service</b>	<b>Ekonomi</b>
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
Factor 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 kelengasan agregat dan standar benda uji.

### 2.6.3 Rancangan Campuran Beton Normal

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) Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan ( $F'c$ )

Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur yang direncanakan dan kondisi setempat pada umur 28 hari. Mutu suatu beton dan penggunaannya dapat dilihat di **Tabel 2.1** Jenis beton.

- 2) Deviasi standar ( $S$ )

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

- a. Jika pelaksanaan mempunyai catatan data hasil pembuatan beton serupa pada masa yang lalu, maka persyaratan (selain yang tersebut diatas) jumlah data hasil uji minimum 30 buah. (Satu data hasil uji kuat tekan adalah hasil rata-rata dari uji tekan dua silinder yang dibuat

dari contoh beton yang sama dan diuji pada umur 28 hari atau umur pengujian lain yang ditetapkan. Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka, dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali, seperti tampak pada tabel berikut :

**Tabel 2.7** Faktor Pengali deviasi standar (s)

Jumlah Data : 30	25	20	15	<15
Faktor Pengali : 1,0	1,03	1,08	1,16	tidak boleh

- b. Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan atau hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil uji kurang dari 15 buah), maka nilai margin langsung diambil sebesar 12 Mpa.

Untuk memberikan gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, dapat melihat tabel berikut :

**Tabel 2.8** Deviasi Standar untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar (MPa)		
Sebutan	Vol Beton (m <sup>3</sup> )	Baik Sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 6,5	6,5 < S < 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 5,5	6,5 < S < 7,5
Besar	> 3000	2,5 < S < 3,5	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 6,5

3) Perhitungan nilai tambah *margin* (M)

Jika nilai tambah ini sudah ditetapkan sebesar 12 Mpa (karena tidak mempunyai data sebelumnya ) maka langsung kelangkah (4). Jika nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar sd maka dilakukan dengan rumus berikut:

$$M = K \times sd$$

Dengan : M : nilai tambah (Mpa)

K : 1,64

sd : deviasi standar (Mpa)

4) Kuat tekan rata-rata

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus :

$$f'a = F'c + M$$

Dengan :  $f'a$  : kuat tekan rata-rata(Mpa)

$F'c$  : kuat tekan yangdisyaratkan (Mpa)

M : nilai tambah (Mpa)

5) Menentukan jenis semen *Portland*

Menurut PUBLI 1982 di Indonesia semen porland dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu jenis I, II, III, IV, dan V. Jenis I merupakan jenis semen biasa, adapun jenis III merupakan jenis semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi, atau dengan kata lain sering disebut semen cepat mengeras. Pada langkah ini ditetapkan apakah pakai semen biasa atau semen yang cepat mengeras.

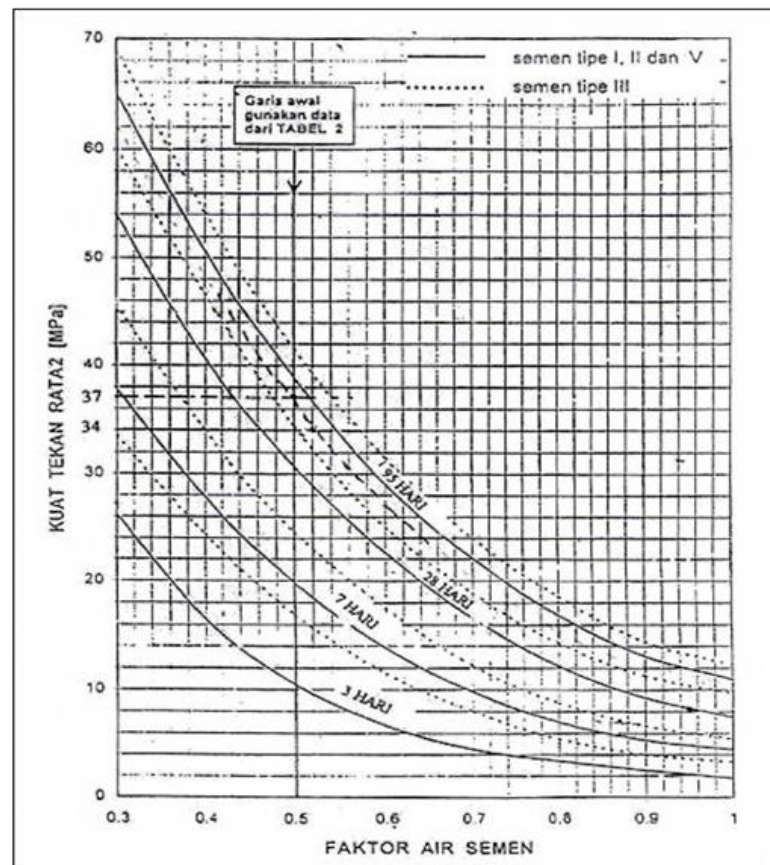
6) Penetapan jenis agregat

Jenis kerikil dan pasir ditetapkan, apakah berupa agregat alami (tidak dipecahkan) atau agregat jenis batu pecah (*crushed aggregate*)

7) Faktor air bebas semen (fas)

Faktor Air semen dapat dicari dengan dua cara , yaitu sebagai berikut :

- a. Cara pertama, berdasarkan jenis setmen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan melihat grafik berikut :



**Gambar 2.8** Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Kekuatan Tekan Beton Untuk Benda Uji Silinder

- b. Cara kedua, berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan tabel Deviasi Standar untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan dan gambar Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Kekuatan Tekan Beton Untuk Benda Uji Silinder

**Tabel 2.9** Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) Dengan Faktor Air Semen 0,50

Jenis Semen	Jumlah agregat kasar	Umur (hari)			
		3	7	28	91
I, II, III	Alami	17	23	33	40
	Batu Pecah	19	27	37	45
III	Alami	21	28	38	44
	Batu Pecah	25	33	44	48

(Sumber : Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton ;73)

8) Faktor air semen maksimum

Agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak, maka perlu ditetapkan nilai faktor air semen maksimum. Penetapan nilai faktor air semen maksimum dapat dilakukan dengan melihat tabel Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) Dengan Faktor Air Semen 0,50 . Jika nilai faktor air semen maksimum ini lebih rendah dari pada nilai faktor air semen dari langkah (7), maka nilai faktor air semen maksimum ini yang dapat dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

**Tabel 2.10** Persyaratan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan Khusus.

Kondisi Lapangan	Nilai Faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0.60
b. Keadaan keliling korosif di sebabkan	0.52
Beton di luar ruangan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60



Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0.55
b. Mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	Lihat tabel
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. air tawar dan air laut	Lihat Tabel

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimuljo, Teknologi Beton : 74 Tabel 7.12)

**Tabel 2.11** Faktor Air-Semen Maksimum Untuk Beton Yang Berhubungan Dengan Air Tanah Yang Mengandung Sulfat

Konsentrasi sulfat (SO <sub>2</sub> )			Jenis Semen	Faktor air semen maksimum
Dalam Tanah		SO <sub>3</sub> dalam air tanah (gr/ltr)		
Total SO <sub>3</sub> %	SO <sub>3</sub> dalam campuran air : tanah = 2:1 (gr/ltr)			
<0.2	<1.0	<0.3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	0.50
0.2-0.5	1.0-1.9	0.3-1.2	Tipe I tanpa Pozolan	0.50
			Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen portland Pozolan	0.55
			Tipe II dan V	
0.5-1.0	1.9-3.1	1.2-2.5	Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen Portland Pozolan	0.45
			Tipe II dan V	
			Tipe II dan V	
1.0-2.0	3.1-5.6	2.5-5.0	Tipe II atau V dan lapisan Pelindung	0.45
> 2.0	>5.6	>5.0		0.45

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 75, Tabel 7.12.a)

**Tabel 2.12** Faktor Air-Semen Untuk Beton Bertulang Dalam Air

Berhubungan dengan	Tipe Semen	Faktor air Semen
Air Tawar	Semua tipe I s.d V	0.50
Air Payu	Tipe I + Pozolan (15-40% ) atau semen porland Pozolan	0.45
	Tipe II atau V	0.50
Air Laut	Tipe II atau V	0.45

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 75, Tabel 7.12.b)

#### 9) 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 (*triller*) dapat dilakukan dengan nilai slump yang agak kecil. Nilai slump yang diinginkan dapat diperoleh dari tabel 2.13 dibawah ini.

**Tabel 2.13** Penetapan Nilai Slump

Pemakaian Beton	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur di bawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 76, Tabel 7.13)

#### 10) Ukuran agregat maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan hasil uji gradasi agregat kasar yang telah dilakukan, dan ditetapkan sesuai dengan spesifikasi yang telah memenuhi syarat.

11) Nilai kadar air bebas

Penetapan Kadar Air Bebas/jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan dapat dilihat dari tabel berikut ini :

**Tabel 2.14** Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m<sup>3</sup>)

Ukuran besar butir agregat maksimum (mm)	Jenis agregat	Nilai Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Dari tabel diatas apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$\frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk$$

Keterangan :

Wh = Jumlah air untuk agregat halus

Wk = Jumlah air untuk agregat kasar

12) Jumlah semen

Jumlah atau Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan membagi nilai kadar air bebas (dari langkah 11) dengan faktor air semen yang paling kecil diantara minimum atau maksimum (langkah 7 dan 8) .

13) Jumlah semen maksimum

Nilai semen maksimum didapat apabila ditetapkan sebelumnya.

14) Jumlah semen minimum

Kebutuhan 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 dibawah ini:

**Tabel 2.15** Kebutuhan Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan Khusus.

Kondisi Lapangan	Jumlah semen minimum (kg/m <sup>3</sup> beton)
Beton di dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling no korosif	275
b. Keadaan keliling korosif di sebabkan oleh kondensi atau uap-uap korosif	325
Beton di luar ruangan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
b. Mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	Lihat tabel 2.12.a
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. air tawar	Tabel 2.12.b
b. air laut	

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 78, Tabel 7.15)

15) Faktor air semen yang disesuaikan

Jika jumlah semen mengalami berubah karena pertimbangan kadar air semen maksimum atau kadar air semen minimum, maka tentukan nilai faktor air semen yang di sesuaikan ,didapat dengan melakukan dua cara sebagai berikut :

- 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 faktor air semen

16) Susunan besar butir agregat halus

Berdasarkan gradasi (hasil analisa ayakan) agregat halus yang akan dipakai dengan klasifikasi menjadi 4 daerah (zona). Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan untuk tabel .

Dengan tabel tersebut agregat halus dapat dimasukkan menjadi salah satu dari 4 daerah, yaitu daerah 1,2,3, dan 4.

**Tabel 2.16** Susunan Butir Agregat Halus

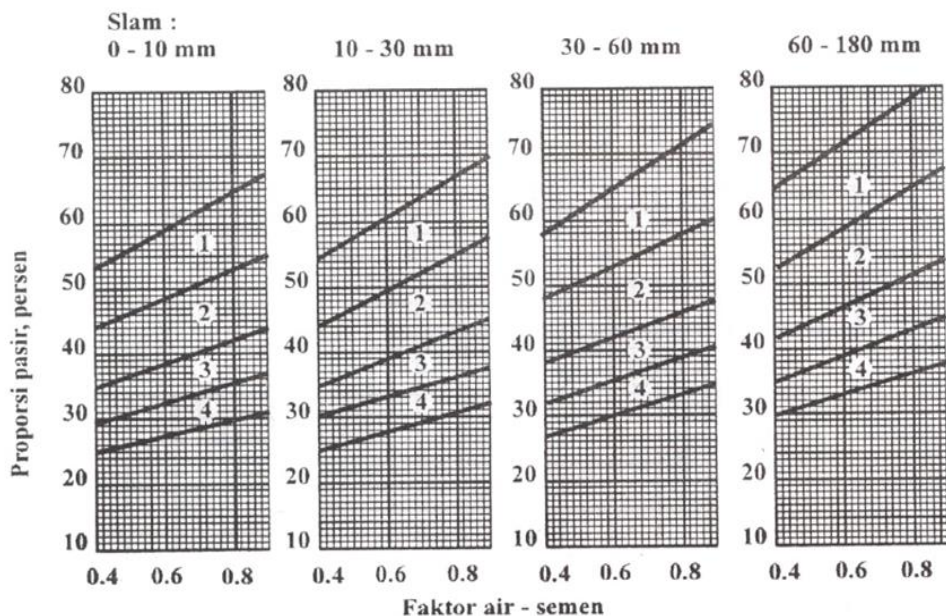
No Saringan (mm)	Persen berat butir yang lewat saringan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	01-10	0-15

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 81, Tabel 7.16)

- Ket : -Zona I = pasir kasar  
 -Zona II = pasir agak kasar  
 -Zona III = pasir halus  
 -Zona IV = pasir agak halus

17) Perbandingan agregat halus dan agregat kasar

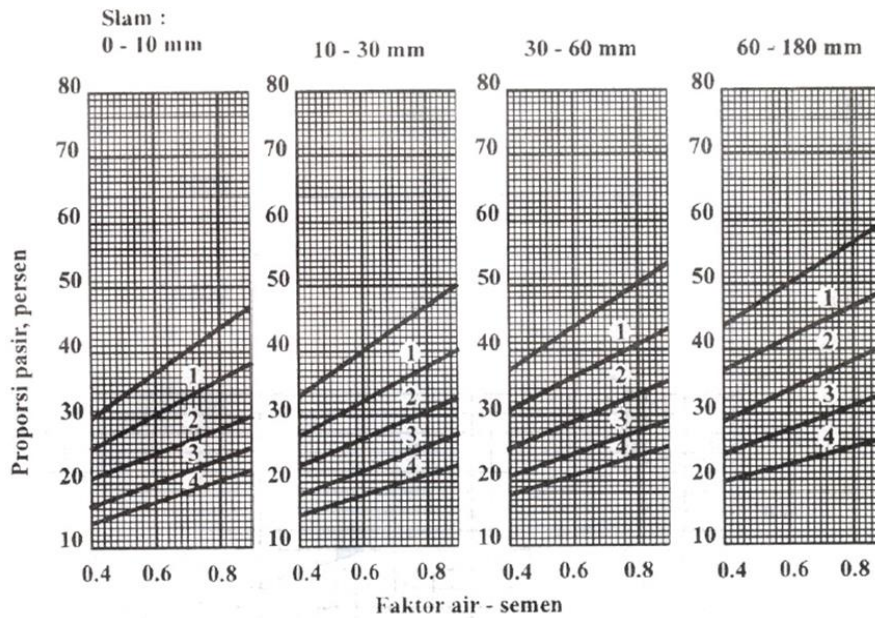
Nilai banding antara agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar campuran. Penetapan dilakukan dengan memperlihatkan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi halus didapat dari grafik 2.9, 2.10, 2.11 dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.



ich

(0445 Üuprku **Gambar : 9**µch!Zbtrch Xcharrsad17x0445 Grafik perrentave Acreeat Llvrch-S Halus\_ ephadap Agregat Keseluruhan Untuk(Ukuran Butir Maksimue 10 Mm (0445\$45 đs • €oproofangnp1057:7 {pShapeType.(fDlipH0Xsv 0Xsn fLockAgains4Semect~ 0\_sp0!0\_sv 0m^sp1

**Gambar 2.10** Grafik Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 20mm



**Gambar 2.11** Grafik Persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 40 mm

18) Berat jenis relatif campuran/gabungan

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$Bj \text{ camp} = \frac{P}{100} \times Bj \text{ ag. hls} + \frac{K}{100} \times Bj \text{ ag. ksr}$$

Dengan :

Bj camp : Berat jenis agregat campuran

Bj ag.hls : berat jenis agregat halus

Bj ag.ksr : berat jenis agregat kasar

P : Persentase ag.halus terhadap ag. Campuran

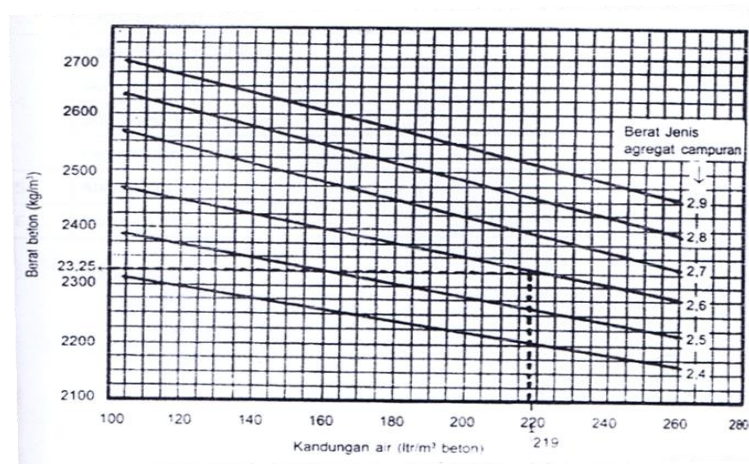
K : Persentase ag.kasar terhadap ag. Campuran

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika tidak ada dapat diambil sebesar 2,5 untuk agregat tidak dipecah atau alami, untuk agregat pecahan diambil 2,60 dan 2,70

19) Berat isi beton

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah 18 dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka dengan grafik 2.12 dapat diperkirakan berat jenis betonnya. Caranya adalah sebagai berikut:

- a) Dari berat jenis agregat campuran pada langkah 17 dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada grafik 2.12
- b) Kebutuhan air yang diperoleh pada langkah (11) dimasukkan dalam grafik 2.12, kemudian dari nilai ini ditarik 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 2.12** Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Beton.

20) Berat agregat campuran

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

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

Dengan :  $W_{\text{campuran}}$  : kebutuhan agregat campuran (kg)

$W_{\text{beton}}$  : berat beton (kg/m<sup>3</sup>)

A : Kebutuhan Air (litr)

S : kebutuhan semen (kg)

21) Kebutuhan agregat halus (pasir)

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

$$W_{\text{pasir}} = \frac{P}{100} \times W_{\text{campuran}}$$

Dengan :  $W_{\text{pasir}}$  : kebutuhan agregat pasir(kg)

$W_{\text{campuran}}$  : kebutuhan agregat campuran (kg)

P : persentase pasir terhadap campuran

22) Kebutuhan agregat kasar (split)

Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan cara mengurangi kebutuhan agregat campuran dengan kebutuhan agregat halus.

$$W_{\text{krk}} = W_{\text{campuran}} - W_{\text{pasir}}$$

Dengan :  $W_{\text{kerikil}}$  : kebutuhan agregat kerikil (kg)

$W_{\text{pasir}}$  : kebutuhan agregat pasir (kg)

Wcampuran : kebutuhan agregat campuran (kg)

23) Koreksi proporsi campuran beton

Setelah rancangan campuran beton selesai , perlu di ingat bahwa yang akan digunakan dalam campuran beton adalah kondisi apa adanya (keadaan jenuh kering-muka) , sehingga harus ada penyesuaiann dengan rancangan yang sudah di buat , ,maka dilakukan koreksi terhadap kebutuhan bahannya.koreksi harus dilakukan minimum satu kali sehari.

Hitungan koreksi dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Air} : A - \frac{Ah-A1}{100} \times B - \frac{Ak-A2}{100} \times C$$

$$\text{Agregat Halus} : B + \frac{Ah-A1}{100} \times B$$

$$\text{Agregat Kasar} : C + \frac{Ah-A1}{100} \times C$$

- Dengan :
- A : jumlah kebutuhan air (liter/m<sup>3</sup>)
  - B : jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m<sup>3</sup>)
  - C : jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m<sup>3</sup>)
  - Ab : kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%)
  - Ak : kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%)
  - A1 : kadar air pada agregat halus jenuh muka (%)
  - A2 :kadar air pada agregat kasar jenuh kering muka (%)

Untuk mempermudah pelaksanaan, berikut ini diberikan Tabel 2.17

formulir perencanaan adukan beton di bawah ini:

**Tabel 2.17** Formulir Perencanaan Campuran Beton Menurut Standar Pekerjaan Umum (SK-SNI-T-15-1990-03)

No.	URAIAN		TABEL/GRAFIK/ PERHITUNGAN	NILAI	Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan, pada umur 28 hari		Ditetapkan	....	Mpa
2	Deviasi standar (s)		Ditetapkan	....	Mpa
3	Nilai tambah / Margin (m)		(Tabel2.8)	....	Mpa
4	Kuat tekan rata-rata yang di rencanakan		Ditetapkan	....	Mpa
5	Jenis semen		(1) +(3)	....	
6	Jenis agregat	Kasar	Ditetapkan	....	
		Halus	Ditetapkan	....	
7	Faktor air semen maksimum		gambar2.6	....	
8	digunakan Faktor air semen yang rendah		tabel 2.10	....	
9	nilai Slump		(7) atau (8)	....	Mm
10	Ukuran maksimum butiran agregatkasar		tabel 2.13	....	Mm
11	kebutuhan air		Ditetapkan	....	Ltr
12	Jumlah Semen portland		tabel 2.13	....	Kg
13	Jumlah Semen portland minimum		(11)/(8.b)	....	Kg
No.	URAIAN		TABEL/GRAFIK/ PERHITUNGAN	NILAI	Satuan
14	penyesuaian jumlah air		(12) atau (13)	....	Ltr
15	penyesuaian jumlah faktor air-semen		Tetap	....	
16	Zona/ daerah gradasi agregat halus		Tetap	....	
17	Persen agregat halus terhadap campuran		(Tabel 2.16)	....	%
18	Berat jenis agregat campuran		(gambar2.7.b)	....	
19	Berat beton		Ditetapkan	....	kg/m <sup>3</sup>
20	Kebutuhan Campuran pasir dan kerikil		(Gambar 2.8)	....	kg/m <sup>3</sup>
21	kebutuhan agregat halus (pasir)		(18)-(11)-(13.b)	....	kg/m <sup>3</sup>
22	Kebutuhan agregat kasar (kerikil)		((16)/100)x(19)	....	kg/m <sup>3</sup>

(Sumber : Formulir Perencanaan Campuran Beton Menurut Standar Pekerjaan Umum (SK-SNI-T-15-1990-03)

## 2.7 Bestmittel

Bestmittel merupakan bahan tambah kimia berbahan dasar Lignin Sulfonic Acid yang sesuai dengan ASTM–C 494-81 “Standart Specification For Chemical

*Admixture For Concrete*. Bestmittel termasuk jenis bahan tambah kimia Tipe E, *Water Reducing* dan *Accelerating Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan beton. Bestmittel merupakan formula khusus yang sangat ekonomis dalam proses pengecoran sehingga menjadikan beton lebih cepat keras dalam usia muda serta mengurangi pemakaian air pada saat pengecoran sehingga meningkatkan mutu/kekuatan beton.

Bestmittel sangat membantu untuk pengecoran dengan jadwal waktu yang sangat ketat karena beton cepat mengeras pada usia awal (7 – 10 hari). Umumnya 1 kg Bestmittel digunakan untuk 200 kg – 450 kg semen ( $0,2\% - 0,6\% \times$  berat semen). Bestmittel memiliki keunggulan untuk mempersingkat proses pembetonan, cetakan beton dapat dilepas lebih cepat, dan mengurangi pemakaian air 5% - 20% sehingga menjadikan beton lebih solid dan lebih plastis.

