

BAB II **TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Tinjauan Pustaka

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton bertulang. (*Istimawan Dipohusodo, 1996*).

Pada tahapan hidrasi pasta semen suatu butiran sangat halus hasil hidrasi disebut gel membentuk rangkaian tiga dimensi yang saling merekat satu sama lain secara acak dan kemudian sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang semula ditempati air. Sejumlah bahan tersedia dalam bentuk tepung, yang dapat digunakan untuk menambah karakteristik kohesip dari beton dan oleh karenanya memperbaiki ketahanan terhadap *bleeding*. (*L.J. Murdoch & K.M. Brook, 1999*).

Agregat halus dan agregat kasar merupakan komponen utama dalam pembuatan beton. Sifat yang paling penting dari beton adalah sifat mekaniknya yaitu sifat kekuatan tekan, kekuatan lentur, dan kekuatan tarik. Sifat beton berubah-ubah karena sifat dari bahan-bahan penyusun beton seperti semen, agregat, air maupun perbandingan campurannya, bahan tambah juga dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat beton agar berfungsi lebih baik.

Agar dihasilkan beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, kekuatan tekan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran

bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kekuatan beton tersebut.

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah juga berfungsi untuk menguatkan kekuatan beton tersebut, Inovasi beton sekarang mengalami perkembangan yang cukup pesat dari bahan material yang tak terpakai atau penambahan zat adiktif dengan tujuan agar bertambahnya kualitas mutu beton itu sendiri dan bertambahnya nilai ekonomis dari bahan yang tidak terpakai, salah satu contohnya adalah dedak padi.

Dedak Padi ini dapat digunakan sebagai bahan tambah beton supaya kuat tekan beton itu meningkat dibandingkan dengan kuat tekan beton biasa yang tidak dicampur dengan dedak padi, karena dalam dedak padi tersebut terdapat unsur kalsium yang diperlukam dalam terjadinya reaksi pozzolanic bila tercampur dengan S_iO_2 , sehingga dapat membentuk masa yang keras dan kaku yang hampir sama dengan proses hidrasi pada semen portland.

Pembuatan beton dengan penambahan dedak padi belum pernah ada yang menelitinya adapun sekan padi yang sudah banyak menelitinya salah satunya adalah jurnal dari Arifal Hidayat salah satu mahasiswa Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian, beliau meneliti bahwa pembuatan beton yang ditambahkan dengan Sekam Padi mengakibatkan peningkatan kuat tekan beton, namun beliau mempermentasi lagi bahan tersebut dengan cara dibakar, sedangkan skripsi yang akan saya buat menggunakan dedak padi dan tidak mempermentasinya lagi

sebagai bahan tambah. karena di dalam dedak padi tersebut sudah ada kandungan kalsium dan SiO_2 .

Dedak padi merupakan limbah hasil pengolahan padi. Dedak Padi itu sendiri sangat mudah dijumpai pada tempat penggilingan padi di daerah Cipatujah. Pada umumnya tidak dilakukan pengolahan terhadap dedak padi tersebut karena dianggap tidak bernilai ekonomis. Seiring berkembangnya teknologi dan inovasi beton, solusi pengurangan limbah dedak padi yang menumpuk di daerah Cipatujah adalah dengan melakukan pemakaian kembali (*Reuse*) agar dapat dimanfaatkan sebagai material bahan konstruksi bangunan lain yang ramah terhadap lingkungan. Tujuannya adalah untuk mengurangi limbah B3 yang dapat mencemari lingkungan sekitar dan mewujudkan pembangunan yang berkesinambungan yang dilakukan masyarakat dan juga untuk meningkatkan kuat tekan beton.

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun kuat tarik yang lemah. untuk kuat tekan, di indonesia untuk sekarang digunakan satuan Mpa^2 dengan simbol F'C untuk benda uji silinder dan K untuk benda uji kubus. Kuat hancur dari beton sangat dipengaruhi oleh beberapa factor :

1. Jenis dan kualitas semen
2. Jenis dan lekuk- lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat tekan dan kuat tarik lebih besar dari pada penggunaan kerikil halus dari sungai.

3. Perawatan. Kehilangan kekuatan sampai dengan skitar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.
4. Suhu. 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 :

1. Kualitas semen
2. Proporsi semen terhadap campuran
3. Kekuatan dan kebersihan agregat
4. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat
5. Pencampuran yang cukup dari bahan –bahan pembentuk beton
6. Penempatan yang benar,penyelasaan dan pemadatan beton
7. Perawatan beton

2.2 Pengertian Beton

Beton diperoleh dengan cara mencampur semen,air dan agregat dengan atau dengan bahan tambahan (admixture) tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai dengan keinginan. Campuran tersebut bila dibiarkan akan mengalami pengerasan sebagai akibat reaksi kimia antara air dan semen yang berlangsung selama jangka waktu

yang panjang atau dengan kata lain campuran beton akan bertambah keras sejalan dengan umurnya.

2.2.1 Kelebihan Beton

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

1. Beton sangat baik dalam menambah gaya tekan, tetapi beton tidak mampu menahan gaya tegangan yang tinggi, karena elastisitas yang rendah.
2. 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.
3. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*). Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut secara terpisah. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, pondasi, jalan, landasan bandara udara, saluran, 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.
4. 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.

5. 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).

2.2.2 Kelemahan Beton

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

1. Berat sendiri beton yang besar, sekitar (2200 – 2500) kg/m³.
2. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kuat tekannya besar.
3. Beton cenderung untuk retak, karena semennya *hidraulis*. Baja tulangan bisa berkarat, meskipun tidak terlihat separah struktur baja.
4. Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.
5. 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.
6. 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.

7. 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.

2.3 Beton F'c 20 Mpa

Mutu beton adalah istilah yang didasarkan pada kuat tekan beton. Semakin besar nilai kuat tekan, maka semakin baik mutu beton. Beton dengan mutu F'c 20 Mpa menyatakan kekuatan tekan karakteristik minimum pada umur beton 28 hari.

Tabel 2.1 Mutu Beton dan Penggunaannya

Jenis beton	Fc' (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, Jalan dan Jembatan: 41)

2.4 Sifat Beton

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton memiliki beberapa sifat yang dimiliki beton dan sering di pergunakan untuk acuan adalah sebagai berikut ini :

2.4.1 Berat Jenis Beton

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil biasa berat jenisnya antara 2,5-2,7) mempunyai berat jenis sekitar 2,3-2,4. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara maka berat jenis beton dapat kurang dari 2,0. Jenis-jenis beton menurut berat jenisnya dan macam-macam pemakaiannya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jenis Beton Menurut Berat Jenis dan Pemakaiannya

Jenis beton	Berat jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1.00	Non struktur
Beton ringan	1.00 - 2.00	Struktur ringan
Beton normal (biasa)	2.30 - 2.50	Struktur
Beton berat	> 3.00	Perisai sinar X

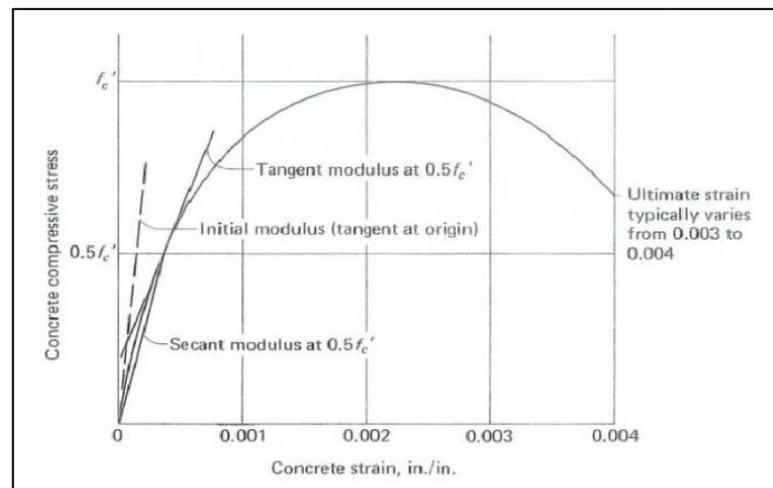
(Sumber : IR. Kardiyono Tjokrodimuljo, M.E., (2007:77)

2.4.2 Modulus Elastisitas

Pada umumnya bahan, termasuk beton, memiliki daerah awal pada diagram tegangan-regangannya dimana bahan berkelakuan secara elastis dan linier. Kemiringan diagram tegangan-regangan dalam daerah elastis linier itulah yang dinamakan Modulus Elastisitas (E) atau *Modulus Young* (Timosenko dan Gere,

J987). Kajian tentang hubungan tegangan-regangan beton perlu diketahui untuk menurunkan persamaan analisis dan perencanaan suatu bagian struktur.

Kemampuan bahan untuk menahan beban yang didukungnya dan perubahan bentuk yang terjadi pada bahan itu sangat tergantung pada sifat tegangan dan regangan tersebut. Pada baja terjadi perubahan bentuk secara elastis pada pembebanan dibawah elastis, sehingga beban uji kembali pada bentuk semula bila pembebanan ditiadakan. Beton berubah bentuk mengikuti regangan elastis dan sebagian mengalami regangan plastis. Hal ini digambarkan pada Gambar 2.1 memperlihatkan kurva tegangan-regangan tipikal yang diperoleh dari percobaan benda uji silinder beton dan dibebani tekan uniaksial selama beberapa menit.



Grafik 2.1 Modulus Elastis terhadap Kuat Tekan Beton

Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastinya, dalam perhitungan struktur boleh diambil modulus elastisitas beton sebagai berikut :

$$1. \quad E_c = (W_c)^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'_c} \text{ untuk } W_c = 1,5 - 2,5 \dots \dots \dots (2.1)$$

$$2. \quad E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \text{ untuk beton normal} \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana, E_c = modulus elastisitas beton, MPa.

W_c = berat jenis beton, Kg/dm^3 .

f'_c = kuat tekan beton, MPa.

2.4.3 Susutan Pengerasan

Volume beton setelah keras sedikit lebih kecil dari pada volume beton waktu masih segar, karena pada waktu mengeras beton mengalami sedikit penyusutan karena penguapan air. Bagian yang susut adalah pastinya karena agregat tidak merubah volume oleh karena itu semakin besar pastinya semakin besar penyusutan beton sedangkan pasta semakin besar faktor air semennya maka semakin besar susutannya.

2.4.4 Kerapatan Air

Pada bangunan tertentu sering beton diharapkan rapat air atau kedap air agar tidak bocor misalnya : plat lantai, dinding basement, tandon air, kolam renang dan sebagainya.

2.5 Sifat – Sifat Campuran pada Beton

2.5.1 Kemampuan dikerjakan (workability)

Kemampuan dikerjakan (workability) campuran beton adalah suatu nilai yang menunjukkan tingkat kemudahan pekerjaan dari beton tersebut yang dinyatakan dengan slump dalam cm. Semakin tinggi nilai slump maka semakin tinggi juga tingkat kemudahan dalam pekerjaan, semakin tinggi juga kadar air yang diperlukan, dan kuat tekan beton semakin rendah.

Slump beton sebaiknya ditentukan serendah-rendahnya, tetapi dikerjakan dengan baik. Dengan demikian Workability dari beton sangat dipengaruhi oleh :

1. Banyaknya air yang dipakai dalam campuran beton
2. Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus
3. Konsistensi normal semen
4. Mobilitas setelah aliran dimulai
5. Kohesi atau perlawanan terhadap pemindahan-pemindahan bahan
6. Sifat saling lekat (ada hubungannya dengan kohesi) yang berarti penyusunnya tidak akan terpisah-pisah sehingga akan memudahkan dalam pengerjaan.

2.5.2 Waktu Pengikatan (*Setting Time*)

Waktu pengikatan adalah waktu yang diperlukan oleh beton untuk mengalami pengikatan antar bahan-bahan pembentuk beton sehingga beton menjadi lebih keras. Waktu pengikatan dapat dipercepat dengan mengurangi kadar air menjadi kadar tertentu sehingga beton menjadi lebih cepat kering. Waktu ikat beton yang lebih cepat sangat membantu dalam meminimalisasi durasi pekerjaan konstruksi sehingga secara tidak langsung dapat mempercepat waktu selesai proyek.

2.6 Pengertian Berat Jenis

Berat jenis adalah perbandingan relatif antara massa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Berat jenis suatu zat merupakan perbandingan berat zat tersebut terhadap volumenya. Satuan sistem internasional untuk berat jenis adalah N/m^3 . Berat jenis disebut rho dan rumus dari berat jenis itu massa/volume jadi

faktor yg mempengaruhi berat jenis adalah massa benda (m), dan volume (V).

Berat jenis dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$1. \quad S = \frac{W}{V} \quad (N/m^3) \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

S = Berat jenis benda

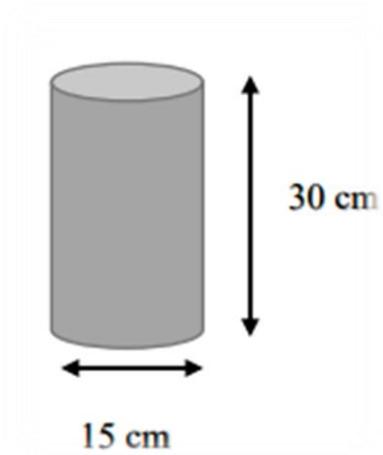
W = Berat benda

V = Volume benda

2.7 Kuat Tekan Beton

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. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan tetapi menurunkan kekuatan (Wang dan Salmon, 1990).

Kuat tekan yang disyaratkan F'_c adalah kuat tekan yang ditetapkan oleh perencanaan struktur berdasarkan benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.1 Benda Uji Kuat Tekan Beton

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

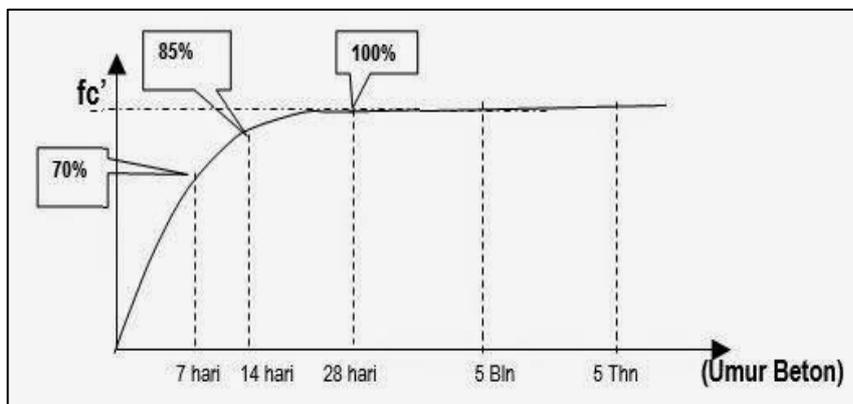
$$f'c = \frac{P}{A} (MPa) \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

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

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)



Grafik 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.

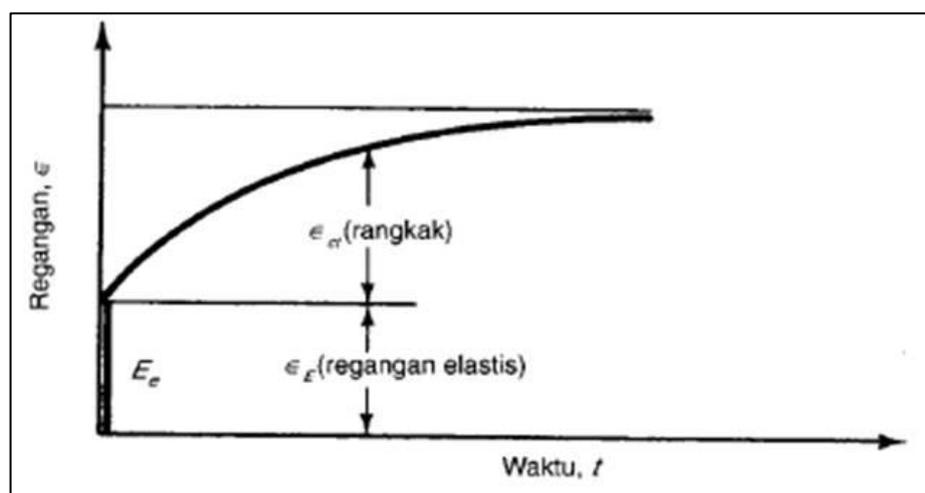
Beton relatif kuat menahan tekan. Keruntuhan beton sebagian disebabkan karena rusaknya ikatan pasta dan agregat. Besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor antara lain :

1. Faktor air semen, hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum adalah bahwa semakin rendah nilai faktor air semen semakin tinggi kuat tekan betonnya, tetapi kenyataannya pada suatu nilai faktor air semen tertentu semakin rendah nilai faktor air semen kuat tekan betonnya semakin rendah. Hal ini karena jika faktor air semen semakin rendah maka beton semakin sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen yang optimal yang menghasilkan kuat tekan yang maksimal.
2. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
3. Jenis dan lekuk-lekuk (*relief*) bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat batu pecah akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat tarik yang lebih besar dari pada kerikil.

4. Efisiensi dari perawatan (*curing*). Kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan terjadi sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan dilapangan dan pada pembuatan benda uji.
5. Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
6. Umur pada keadaan yang normal, kekuatan beton bertambah dengan bertambahnya umur, tergantung pada jenis semen, misalnya semen dengan kadar alumina tinggi menghasilkan beton yang kuat hancurnya pada 24 jam sama dengan semen portland biasa pada 28 hari. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun.

2.8 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).



Grafik 2.3 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.

2.9 *Mix Design* Beton

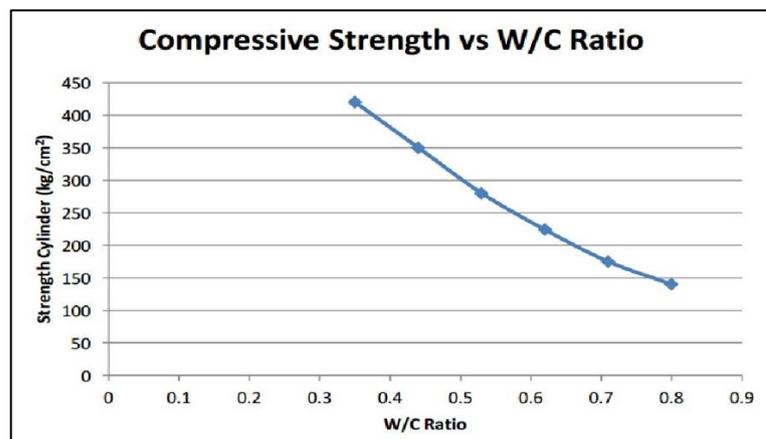
Mix Design dalam beton adalah pekerjaan merancang dan memilih material bermutu tinggi untuk kepentingan produksi beton serta menentukan dalam mutu dan kekuatan beton itu sendiri. Pekerjaan *Mix Design* tentu bukan pekerjaan sederhana dituntut untuk cermat dalam memilih material yang akan digunakan sebagai beton cor nantinya, atas dasar kondisi dilapangan khususnya untuk kondisi eksposur dan lain-lain. Satu lagi, juga harus menentukan *cost of material* se efisien mungkin.

Diantara pekerjaan *mix design* yang sering ditemui yaitu di tempat pembuatan beton *ready mix* atau *batching plan*. Tentunya saat membuat beton untuk bangunan pasti sudah tidak asing lagi dengan istilah desain *hybrid* beton. Dalam pelaksanaan seorang *batcher* wajib mempertimbangkan kuantitas atau proporsi setiap material agar beton mencapai kualitas yang diinginkan. Indikator kualitas spesifikasi didasarkan pada kualitas, intensitas, kemudahan kerja, dan nilai ekonomi yang dihasilkan.

Campuran beton berikut ini adalah bahan yang digunakan dalam desain *batch* beton :

1. Semen Portland merupakan bahan inti beton dan berfungsi sebagai pengikat pada beton.
2. Air digunakan untuk mengubah semen menjadi semen atau cairan pucat.
3. Agregat Kasar atau kerikil yang akan digabungkan dengan bahan lain melalui semen.
4. Agregat Halus (Pasir) Berfungsi untuk mengisi lubang dalam pada agregat kasar bersama dengan pasta semen.

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.



Grafik 2.4 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 20 Mpa² (dalam benda uji silinder 15 x 30 cm) kita dapat menggunakan w/c ratio 0,5-0,6 atau bisa juga dihitung dengan cara menghitung jumlah air dibagi jumlah semen.

2.9.1 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 kekedapan air. Pematatan yang tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton, karena tidak terjadinya pencampuran bahan yang homogeny, Pematatan 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:

- 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.

2.9.2 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)	$CaSO_4.2H_2O$	$C\bar{S}H_2$
$CaO = C$; $SiO_2 = S$; $Al_2O_3 = A$; $Fe_2O_3 = F$; $H_2O = H$ $\bar{S} = SO_4^{2-}$		

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

Tabel 2.4 Senyawa 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 :

Tabel 2.5 Jenis Semen dan Kegunaannya

Jenis Semen	Fungsi/Kegunaan
Type I	Semen Portland untuk penggunaan umum pada semua jenis bangunan dan konstruksi, tidak memenuhi persyaratan khusus
Type II	Semen untuk beton tahan sulfat dan memiliki panas hidrasi sedang
Type III	Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)
Type IV	Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah
Type 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
- 2) Menimbulkan sifat beton yang stabil
- 3) Mengurangi susut
- 4) Mengurangi rangkai
- 5) Memperkecil pengaruh suhu

a. Klasifikasi Agregat

Agregat dapat diklasifikasikan menurut kriteria dibawah ini:

1) Klasifikasi 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, irregular, flaky, angular, elongated, flaky* dan *elongated*. Partikel dengan ratio luas permukaan terhadap volume yang tinggi. Tekstur permukaan agregat dapat dibedakan atas: *glassy, granular, crystalline, smooth, rough, honeycombed*.

3) Kepadatan

Pengelompokan umum dapat dilihat pada table 2.6

Tabel 2.6 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 2.7 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 2.8 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 2.9 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	30 – 60	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 :

- a. Air untuk pengadukan (air yang ditimbang dan diukur di *batching plant*)
- b. Air Es
- c. Air yang ditambahkan operator truk
- d. Air yang bebas pada agregat-agregat
- e. 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:

- a. Untuk memungkinkan reksi kimiawi semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- b. 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 2.10 Batas 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.

2.10 Bahan Tambah

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan pada saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*), sedangkan bahan tambah *additive* ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah *additive* merupakan bahan tambah yang lebih banyak bersifat penyemenan jadi lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja kekuatan beton. Sedangkan bahan kimia yang banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja beton mutu tinggi umumnya yang bersifat memperbaiki kelecakan.

2.10.1 Dedak Padi Sebagai Bahan Tambah

Dedak padi merupakan bahan berlignoselulosa seperti biomassa lainnya namun mengandung silika yang tinggi. Kandungan kimia dedak padi terdiri atas 50% selulosa, 25-30% lignin, dan 15-20% silika (Ismail and Waliuddin, 1996). Silika amorphous yang dihasilkan dari dedak padi diduga sebagai sumber penting untuk menghasilkan silikon murni, karbid silikon, dan tepung nitrid silikon (Katsuki et al., 2005). Dedak padi menjadi silika setelah mengalami proses karbonisasi juga merupakan sumber pozzolan potensial sebagai SCM (Supplementary Cementitious Material).

Dedak padi memiliki aktivitas pozzolanic yang sangat tinggi sehingga lebih unggul dari SCM lainnya seperti fly ash, slag, dan silica fume. Penggunaan dedak padi diharapkan dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran beton yang

menghasilkan beton dengan kualitas tinggi dan ramah bagi lingkungan, kandungan pada dedak padi dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 2.11 Kandungan Kimia Dedak Padi (Dalam satuan % berat)

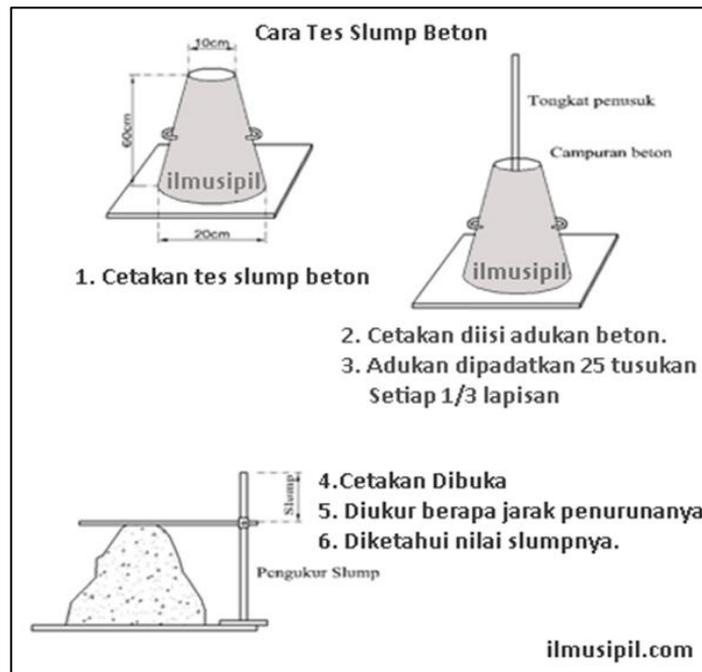
Senyawa	Berat (%)
SiO ₂	72,28
Al ₂ O ₃	0,37
Fe ₂ O ₃	0,32
CaO	0,65
Hilang pijar	21,43

Arifal Hidayat 2 juli 2011. Sekam padi merupakan limbah dari hasil penggilingan padi yang diproses lagi dengan cara dibakar mempunyai kandungan silika yang dominan yaitu sebesar 93% dan hampir sama kandungan silika yang terdapat pada microsilica buatan pabrik. Dengan sifatnya tersebut apabila dicampurkan ke dalam campuran beton akan memperbaiki karakteristik beton.

2.11 *Slump Test*

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 2.2 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.

2.12 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 03-2834-2000).

Berikut adalah langkah-langkahnya dalam menentukan proporsi campuran beton :

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 2.12 Faktor Pengali Deviasi Standar (s) Bila Hasil Data Uji yang Tersedia Kurang dari 30

Jumlah pengujian	Faktor pengali deviasi standar
Kurang dari 15	Lihat butir (a) (c)
15	1,16
20	1,08

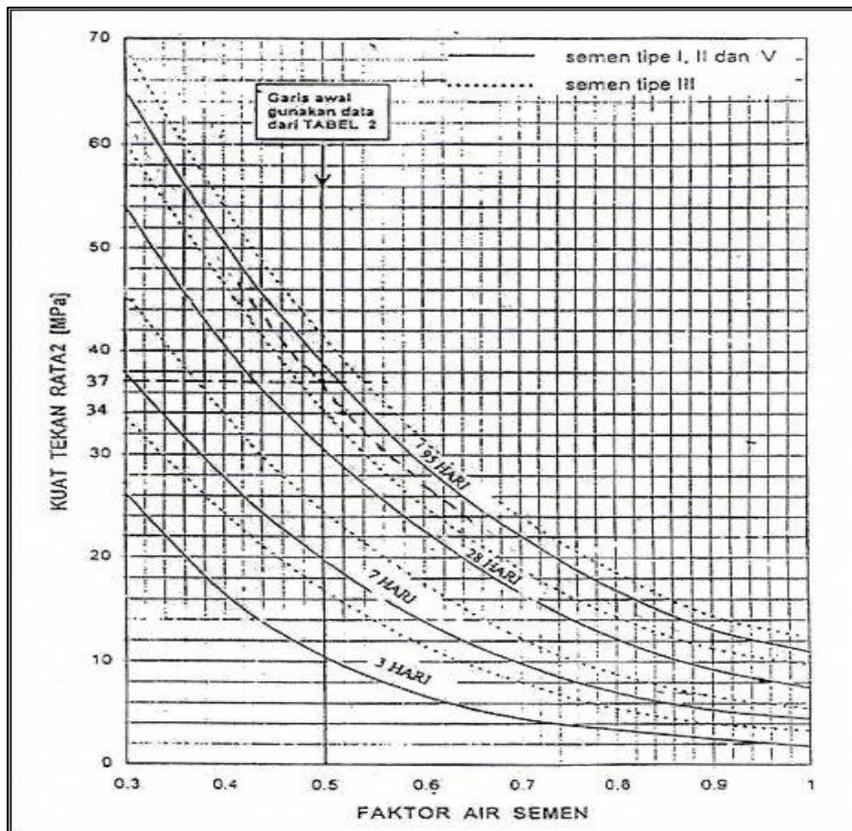
25	1,03
30 atau lebih	1,00

(Sumber: SNI- 03-2834-2000, tabel 1, hal 4)

Tabel 2.13 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)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (Hari)				
		3	7	28	90	
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 diapakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan melihat grafik 2.5 Berikut :



Grafik 2.5 Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Beton Untuk Benda Uji Silinder (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 2.12, tabel 2.13 dan tabel 2.14).
3. Penetapan 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 2.14 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 2.14 Kebutuhan Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam 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 b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275 325	0,60 0,52
Beton diluar ruang bangunan: a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275	0,60 0.60
Beton masuk kedalam tanah: a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	0,55 (Tabel 5 SNI 2002)
Beton kontinu berhubungan: a. Air tawar b. Air laut		(Tabel 6 SNI 2000)

(Sumber: SNI 03-2834- 2000 hal 8, tabel 4)

Tabel 2.15 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		SO ₃ dalam campuran air tanah (gr/ltr)		40	20	10	
Total SO ₃ (%)	SO ₃ dalam campuran air : tanah = 2:1 (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	290	330	380	0,50

			atau tanpa pozolan (15%-40%)				
			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- 2000 hal 9, tabel 5)

Tabel 2.16 Kandungan Semen Minimum untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

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- 2000 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 2.17 :

Tabel 2.17 Penetapan Nilai Slump

Uraian	<i>Slump</i> (mm)
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	5,0-12,5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi tapak 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 2.17 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. Ditetapkan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat dan slump yang diinginkan

Tabel 2.18 Perkiraan Kebutuhan Kadar Air Bebas Permeter Kubik Beton (Kg/m^3)

Besar ukuran maks 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- 2000 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 faktor 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 2.19 di bawah ini.

Tabel 2.19 Perkiraan Kebutuhan Kadar Air Bebas Permeter Kubik Beton (Kg/m^3)

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)

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 faktor air semen berubah, Dalam hal ini, dapat dilakukan dengan dua cara :

- 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.

11. Penentuan daerah gradasi agregat halus

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

Tabel 2.20 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

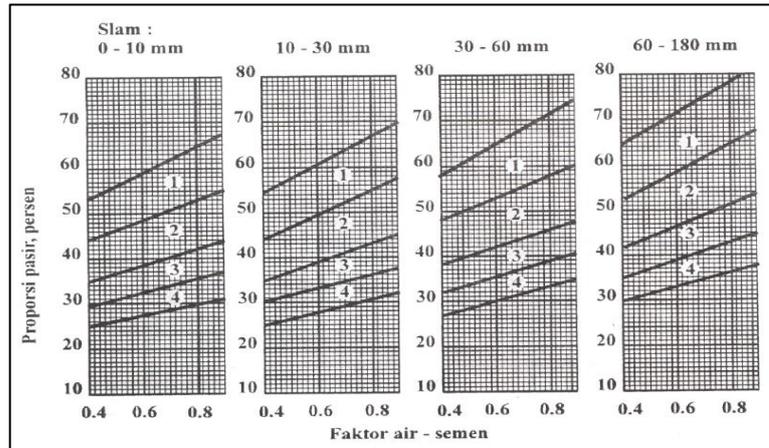
(Sumber : SNI 03-2834-1993., Metode, spesifikasi dan Tata Cara; 23, Tabel 6)

Keterangan :

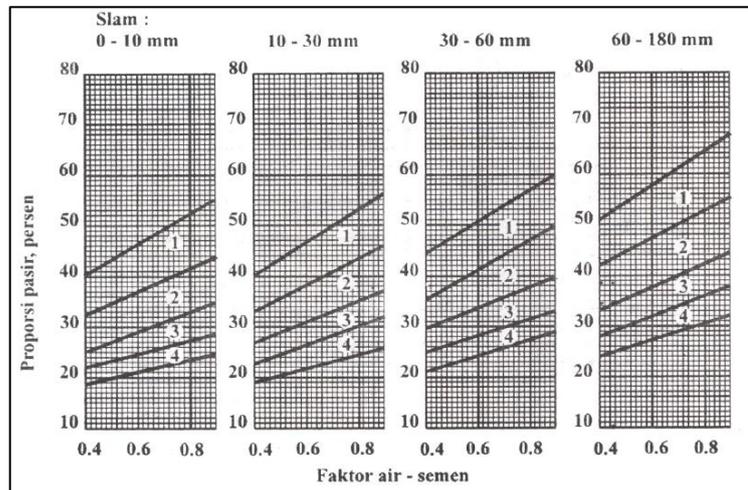
- a. Daerah gradasi I = pasir kasar
- b. Daerah gradasi II = pasir agak kasar
- c. Daerah gradasi III = pasir halus
- d. Daerah gradasi IV = pasir agak halus

12. Perbandingan agregat halus dan agregat kasar

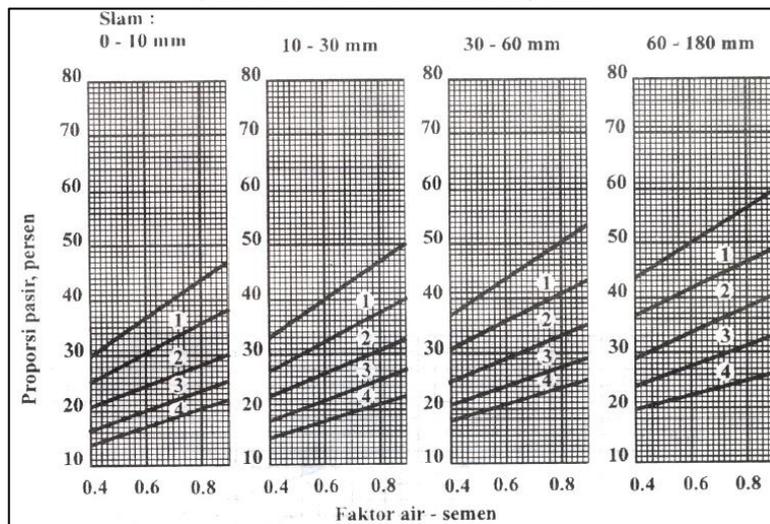
Nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump,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



Grafik 2.6 Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan untuk Ukuran Butir Maksimal 10 mm



Grafik 2.7 Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan untuk Ukuran Butir Maksimal 20 mm



Grafik 2.8 Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan untuk Ukuran Butir Maksimal 40 mm

13. Berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_j \text{ camp} = \frac{P}{100} \times B_j \text{ ag. halus} + \frac{K}{100} \times B_j \text{ ag. kasar} \dots\dots\dots(2.5)$$

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

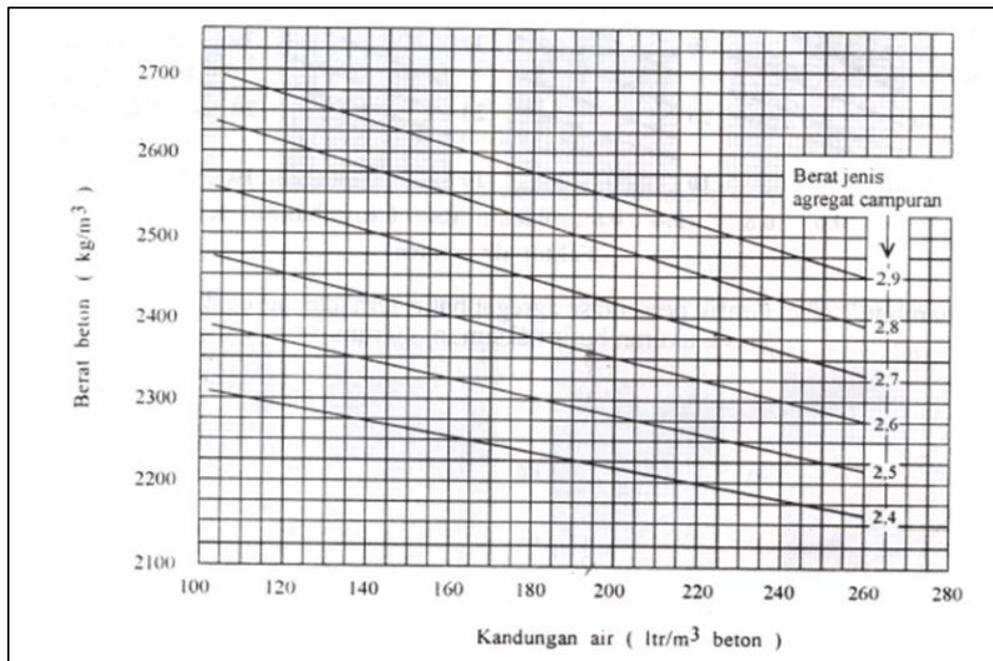
P = persentase agregat halus terhadap agregat campuran

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.



Grafik 2.9 Perkiraan Berat 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.

$$W_{campuran} = W_{beton} - A - S \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan :

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

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

A = kebutuhan air (litr)

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:

$$W_{pasir} = \left(\frac{P}{100} \right) \times W_{campuran} \dots\dots\dots(2.7)$$

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:

$$W_{kerikil} = W_{campuran} - W_{pasir} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan :

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

W_{pasir} = kebutuhan agregat pasir (kg)

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

2.13 Regangan (*Strain*)

Perubahan relatif dalam ukuran atau bentuk suatu benda karena pemakaian tegangan disebut regangan (*strain*). Regangan adalah suatu besaran yang tidak memiliki dimensi karena rumusnya yaitu meter per meter. Definisi regangan berdasarkan rumusnya adalah perubahan panjang ΔL dibagi dengan panjang awal benda L. Secara matematis dapat ditulis :

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

Karena merupakan hasil bagi dari dua besaran yang berdimensi sama, maka regangan tidak memiliki satuan.

e = Regangan

ΔL = Pertambahan panjang

L_0 = Panjang mula-mula

2.14 Tegangan (*Stress*)

Tegangan (stress) didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan oleh benda untuk kembali ke bentuk semula. Atau gaya F yang diberikan pada benda dibagi dengan luas penampang A tempat gaya tersebut bekerja.

Tegangan dirumuskan oleh :

$$\sigma = \frac{F}{A} (N/m^2) \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

σ = Tegangan

F = Gaya

A = Luas penampang

Tegangan merupakan sebuah besaran skalar dan memiliki satuan N/m^2 atau Pascal (Pa). F adalah gaya, N dan A adalah luas penampang (m^2).

Selain itu, Tegangan dapat dikelompokkan menjadi :

1. Tegangan normal

Tegangan normal yaitu intensitas gaya normal per unit luasan. Tegangan normal dibedakan menjadi tegangan normal tekan atau kompresi dan tegangan normal tarik. Apabila gaya-gaya dikenakan pada ujung-ujung batang sedemikian rupa sehingga batang dalam

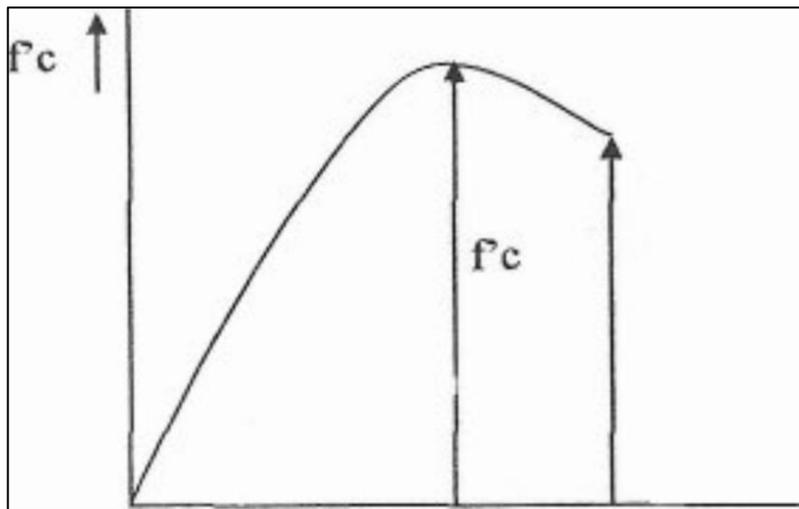
kondisi tertarik, maka terjadi tegangan tarik pada batang, jika batang dalam kondisi tertekan maka terjadi tegangan tekan.

2. Tegangan geser

Tegangan geser adalah gaya yang bekerja pada benda sejajar dengan penampang.

3. Tegangan volume

Tegangan volume adalah gaya yang bekerja pada suatu benda yang menyebabkan terjadinya perubahan volume pada benda tersebut tetapi tidak menyebabkan bentuk benda berubah.



Grafik 2.10 Regangan – Tegangan untuk Berbagai Mutu Beton