

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

Bab ini berisikan tentang pengertian-pengertian yang mendukung penulisan Tugas Akhir yang meliputi pengertian tentang beton, bahan penyusun beton, karakteristik kekuatan beton, perencanaan beton, kuat tekan beton, serta umur beton. Pengertian-pengertian ini didapat dari buku, jurnal, dan laporan Tugas Akhir dari peneliti sebelumnya.

#### **3.1 Beton**

Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya. DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen *portland* atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (Nawy, 1985). Sedangkan menurut Dipohusodo (1999), beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung.

Beton yang sudah mengeras dapat juga dikatakan sebagai batuan tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar atau batu pecah), dan diisi oleh batuan kecil (agregat halus atau pasir), dan pori-pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air (pasta semen). Pasta semen juga berfungsi sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terekat dengan kuat dan terbentuklah suatu kesatuan yang padat dan tahan lama (Tjokrodimulyo, 1996).

Membuat beton yang harus memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton segar yang baik dan menghasilkan beton keras yang baik pula. Beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat

dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi pemisahan kerikil dari adukan maupun pemisahan air dan semen dari adukan. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo, 1996).

### **3.2 Bahan Penyusun Beton**

Beton tersusun dari bahan aktif dan bahan pasif. Bahan aktif adalah bahan yang memiliki daya ikat/ perekat. Bahan aktif yang dimaksud adalah semen dan air. Sedangkan yang dimaksud dengan bahan pasif yaitu agregat halus dan agregat kasar. Semen merupakan bahan ikat yang penting. Ketika semen bereaksi dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika ditambahkan dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar dan jika ditambah dengan kerikil atau batu pecah disebut beton (Tjokrodimuljo, 2007).

#### **3.2.1 Semen *Portland***

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004, semen *Portland* adalah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (*Clinker*) *portland* terutama yang terdiri dari kalsium silikat ( $x\text{CaO}.\text{SiO}_2$ ) yang bersifat hidrolis dan digiling bersama – sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4.x\text{H}_2\text{O}$ ) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (*Mineral in component*).

Kandungan senyawa yang terdapat dalam semen akan membentuk karakter dan jenis semen. Semen *portland* dibagi menjadi 5 kategori berdasarkan jenis dan penggunaannya sesuai dengan SNI 15-2049-2004 adalah sebagai berikut.

1. Tipe I, semen *portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
2. Tipe II, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas

hidrasi yang rendah.

5. Tipe V, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

### 3.2.2 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air. Air yang berlebihan akan menimbulkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Untuk air yang tidak memenuhi syarat mutu 90 % jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar atau suling (SNI 7974: 2013). Sedangkan menurut Tjokrodinuljo (1996), air diperlukan pada pembentukan semen yang berpengaruh terhadap sifat kemudahan pengerjaan adukan beton (*workability*), kekuatan, susut dan keawetan beton. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25 % dari berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit jika kurang dari 0,35. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan dipakai sebagai pelumas, tambahan air ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi rendah dan beton menjadi keropos. Kelebihan air ini dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan terbentuk suatu selaput tipis (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah.

### 3.2.1 Agregat

Menurut Silvia (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan perkerasan jalan, yaitu 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75 – 85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari

sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Sedangkan menurut Tjokrodinuljo (1996), agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Kira-kira 70% volume mortar atau beton diisi oleh agregat. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton.

Menurut PBI (1971), berdasarkan ukurannya, secara garis besar agregat dibedakan menjadi dua, yaitu agregat kasar dan agregat halus dengan penjelasan sebagai berikut.

#### 1. Agregat kasar

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Disebut agregat kasar jika sudah melebihi  $\frac{1}{4}$  in. (6 mm). Menurut PBI (1971), Pasal 3.4 syarat-syarat agregat kasar (kerikil) adalah sebagai berikut.

- a. Disebut agregat kasar karena tidak memiliki pori-pori yang lebih dari 20% dari berat agregat seluruhnya. Agregat kasar harus memiliki ketahanan yang baik dalam keadaan cuaca panas ataupun dingin.
- b. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% yang ditentukan terhadap berat kering. Jika melebihi 1% maka agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
- d. Menurut SNI 2847-2013 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung) ukuran maksimum agregat kasar harus tidak melebihi:
  - 1)  $\frac{1}{5}$  jarak terkecil antara sisi cetakan;
  - 2)  $\frac{1}{3}$  ketebalan slab; dan
  - 3)  $\frac{3}{4}$  jarak bersih minimum antara tulangan atau kawat, bundel tulangan, atau tendon prategang, atau selongsong.

Agregat kasar yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar** Error! No text of specified style in document..1 Agregat Kasar

## 2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan harus memenuhi persyaratan karena sangat berpengaruh pada kualitas beton yang dihasilkan. Menurut PBI 1971, syarat- syarat agregat halus (pasir) adalah sebagai berikut.

- a. Agregat halus berbentuk butiran-butiran yang kuat serta tajam, bersifat tidak mudah hancur karena cuaca panas ataupun hujan.
- b. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat agregat kering. Apabila mengandung lumpur lebih dari 5%, agregat halus harus dicuci terlebih dahulu. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.
- d. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran yang beranekaragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam Pasal 3.5 ayat 1 (PBI 1971), harus memenuhi syarat sebagai berikut:
  - 1) sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat;
  - 2) sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat; dan
  - 3) sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% - 90% berat.

Agregat halus yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar Error! No text of specified style in document..2 Agregat Halus**

### 3.2.2 Bahan Tambah

Selain bahan-bahan pokok diatas, campuran beton dapat diberi bahan campuran tambahan. Menurut Nawy (1990) bahan campuran tambahan (*admixtures*) adalah bahan yang bukan air, agregat maupun semen yang ditambahkan ke dalam campuran sesaat atau selama pencampuran. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat beton atau pasta semen agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau ekonomis untuk tujuan lain seperti menghemat energi.

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini ada yang berupa bahan tambah kimia (*Bestmittel*) dan bahan tambah organik (serbuk gergaji kayu).

#### 3.1 *Bestmittel*

Menurut Amrulloh (2013), bahan tambah adalah bahan yang selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama pengadukan beton. Tujuannya untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segara atau setelah mengeras. Bahan tambah dibagi menjadi dua yaitu bahan-bahan *admixture* yang dapat larut dalam air dan bahan-bahan yang tidak dapat larut dalam air. Dalam penelitian ini akan digunakan bahan tambah *Bestmittel*. *Bestmittel* termasuk bahan tambah kimia. *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) serta meningkatkan mutu/ kekuatan beton 5 % - 10 %. Berkat bahan tambah ini pada proses pembetonan, cetakan beton dapat dilepas lebih cepat dan mengurangi pemakaian air 5 % - 20 % sehingga menjadikan beton lebih solid dan lebih plastis.

Agar manfaat penggunaan *Bestmittel* dapat maksimal, cara pemakaiannya adalah sebagai berikut (Sumber: Internet 01):

1. menyiapkan air sejumlah  $\frac{1}{2}$  dari berat semen yang akan dipakai;
2. menyiapkan *Bestmittel* sebanyak 0,2 % - 0,6 % dari berat semen, dalam penelitian ini digunakan 0,6% dari berat semen;
3. mengencerkan *Bestmittel* dengan menggunakan sebagian air yang telah disiapkan;
4. mengaduk semen, pasir, koral dengan air yang belum dicampur *Bestmittel* hingga merata; dan
5. kemudian menambahkan *Bestmittel* yang telah diencerkan ke dalam adukan sampai merata.

*Bestmittel* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**Gambar** Error! No text of specified style in document..**3** *Bestmittel*

### 3.2 Serbuk Gergaji Kayu

Pemakaian serat dalam campuran beton sudah cukup lama dilakukan. Kayu merupakan salah satu material dengan kadar selulosa tinggi yaitu 72%. Selain selulosa serbuk kayu juga mengandung kada hemiselulosa, secara umum biomassa juga mengandung lignin dalam jumlah sekitar 15-30% berat kering bahan (Susanto, 1998).

Serbuk gergaji kayu termasuk bahan tambah organik. Pada serbuk gergaji kayu

terdapat kadar selulosa dan hemiselulosa yang apabila ditambahkan pada campuran semen, senyawa ini akan terserap pada permukaan mineral/ partikel dan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat adhesi dan dispersinya, serta menghambat difusi air dalam material akibat sifat hidrofobiknya. Dengan demikian dapat dihasilkan beton yang lebih kuat dan relatif tidak tembus air, yang dapat dipakai untuk tujuan-tujuan khusus (Gargulak, 2001).

Menurut Felix Yap (1964), pada pembebanan tekan biasanya kayu bersifat elastis sampai batas proposional. Terhadap tarikan, sifat-sifat elastisitas untuk kayu tergantung dari keadaan lengas. Kayu yang berkadar lengas rendah memperlihatkan batas elastisitas yang agak rendah, sedangkan kayu yang berkadar lengas tinggi terdapat perubahan bentuk yang permanen pada pembebanan. Berdasarkan penelitian kekuatan tarik kayu lebih tinggi daripada kekuatan tekan yaitu 2 – 3 kali lebih besar . Bahan penambah yang dipakai pada penelitian ini adalah serbuk sisa penggergajian kayu.

Kayu sengon mengandung komponen utama selulosa, lignin dan zat ekstraktif kayu. Serbuk kayu merupakan bahan berpori sehingga air mudah terserap dan mengisi pori-pori tersebut. Serbuk gergaji adalah bahan yang bersifat higroskopis atau mudah menyerap air (Wardono, 2006).

Kayu sengon memiliki berat jenis rata-rata 0,33 dan termasuk kelas kuat III-IV dan kelas awet IV-V (SNI:7973 2013).

Serbuk gergaji kayu yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



**Gambar Error! No text of specified style in document..4 Serbuk Gergaji Kayu**

### **3.3 Karakteristik Beton**

Beton mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kuat

tariknya. Kuat tarik beton hanya 9% - 15% dari kuat tekannya. Oleh sebab itu, pada bagian elemen struktur yang mengalami tarik diperkuat dengan memberi baja tulangan, sehingga terbentuk suatu bahan struktur komposit yang disebut beton bertulang. Beton tanpa tulangan disebut beton polos (*plain concrete*) (Tjokrodinuljo, 1996).

Menurut McCormac (2004), ada banyak kelebihan dari beton sebagai struktur bangunan diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Beton memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan bahan lain.
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air. Pada peristiwa kebakaran dengan intensitas rata-rata, batang-batang struktur dengan ketebalan penutup beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaannya saja tanpa mengalami keruntuhan.
3. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi.
4. Beton biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi telapak, dinding basement, dan tiang tumpuan jembatan.
5. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk yang beragam, mulai dari pelat, balok, kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar.
6. Di bagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.

Lebih lanjut, McCormac (2004), juga menyatakan kekurangan dari penggunaan beton sebagai suatu bahan struktur berikut ini.

1. Beton memiliki kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan penggunaan tulangan tarik.
2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap ditempatnya sampai beton tersebut mengeras.
3. Rendahnya kekuatan per satuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat. Ini akan sangat berpengaruh pada struktur bentang panjang

dimana berat beban mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen lentur.

4. Rendahnya kekuatan per satuan volume mengakibatkan beton akan berukuran relatif besar, hal penting yang harus dipertimbangkan untuk bangunan-bangunan tinggi dan struktur-struktur berbentuk panjang.
5. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi campuran dan pengadukannya. Selain itu, penuangan dan perawatan beton tidak bisa ditangani seteliti seperti yang dilakukan pada proses produksi material lain seperti baja dan kayu lapis.

Ada 5 karakteristik pada beton yaitu kuat tekan beton, kuat tarik beton, daya serap air, *workability*, dan berat volume beton. Berikut ini penjelasan tentang lima karakteristik beton tersebut.

### 3.3.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah perbandingan besarnya beban per satuan luas. Kuat tekan beton dapat dijadikan parameter seberapa bagus atau rendahnya tingkat kekuatan suatu struktur. Semakin tinggi kekuatan beton, semakin bagus pula mutu beton yang dihasilkan. Kuat desak beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan desak beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kekuatannya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan (mudahnya beton untuk dicorkan) akan tetapi menurunkan kekuatan (Wang, C.K dan C. G. Salmon, 1989).

Menurut SNI 1974-2011, kuat tekan beton dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{3.1}$$

dengan:

$f'c$  = Kuat tekan beton (MPa)

$P$  = Beton maksimum (N)

$A$  = Luas penampang yang menerima beban ( $\text{mm}^2$ )

Kuat tekan beton akan terus meningkat secara signifikan seiring berjalannya waktu hingga mencapai umur 28 hari setelah pengecoran. Kuat tekan beton mencapai sekitar 70% pada saat umur beton 7 hari. Sedangkan pada umur 14 hari kuat tekan beton akan mencapai sekitar 85% dari kuat tekan beton umur 28 hari. Pada pelaksanaan pembuatan beton, harus dilakukan sesuai prosedur sehingga dapat meminimalisir mendapatkan beton dengan kuat tekan dibawah yang direncanakan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah sebagai berikut (Sumber: Internet 02).

1. Faktor air semen (FAS), adalah faktor yang merujuk pada air dan semen yang digunakan. Faktor ini merupakan kebutuhan dasar beton, di mana semen yang bagus ditandai dari kondisinya yang baru dan tidak menggumpal. Nilai FAS didapatkan dari satuan berat air pada berat total semen dan adiktif yang ditambahkan yang dinyatakan dalam kisaran 0,4 sampai 0,65. Semakin besar nilai FAS, semakin tinggi pula mutu dari beton tersebut.
2. Agregat halus, bahan agregat halus yang biasanya digunakan untuk membuat beton ialah pasir. Pasir yang bermutu bagus bisa dilihat dari kondisinya yang bersih, berbentuk bulat, dan memiliki tekstur agak halus. Bila memungkinkan, pilih pasir dengan rongga minimal 33 persen. Pasir yang baik juga tidak boleh berukuran lebih dari 5 mm sehingga penambahan air bisa ditekan. Pemakaian air yang sedikit akan meningkatkan daya tahan beton yang dihasilkan.
3. Agregat kasar, kerikil merupakan agregat kasar yang lumrah dipakai dalam pembuatan beton. Kualitas kerikil yang baik bisa dilihat dari spesifikasinya yang seragam mencakup ukuran, bentuk, dan kekokohnya. Penggunaan agregat kasar yang berkualitas tinggi bakal menghasilkan beton yang bermutu bagus pula. Adapun diameter kerikil maksimal adalah 15 di mana pemakaiannya disesuaikan dengan tujuan penggunaan. Lubang udara kerikil yang berkisar antara 38-40 persen juga dapat menguatkan ikatan agregat kasar dan agregat

halus. Hindari menggunakan kerikil yang bertekstur halus sebab dapat mendorong peningkatan kebutuhan semen.

4. Bahan tambahan ,bahan tambahan yang dipakai dalam pembuatan beton disebut *admixture*. Fungsi penambahan bahan-bahan adalah untuk keperluan tertentu seperti mempercepat atau memperlambat pengeringan beton, meningkatkan sifat kedap air pada beton, memperkuat kekokohan beton, dan lain-lain. Berdasarkan asal pembuatannya, *admixture* bisa dibedakan menjadi dua macam yaitu *admixture* kimia dan *admixture* mineral. *Admixture* berjenis kimia biasanya ditambahkan saat proses pembuatan adukan dan atau plesteran beton. Sedangkan untuk *admixture* berjenis mineral, seringkali diaplikasikan ketika tahap pengadukan adonan beton.
5. Kualitas kontrol, supaya lebih mudah, kontrol terhadap kualitas beton sebaiknya disesuaikan dengan standar bangunan yang berlaku. Artinya bahan-bahan pembentuk beton, proses pembuatan, dan hasil beton mengandung kriteria-kriteria tertentu yang telah lulus uji. Faktor kontrol kualitas ini juga biasanya dipengaruhi oleh cuaca. Dengan kata lain cuaca yang buruk mampu menurunkan kualitas dari beton tersebut.

### 3.3.2 Daya Serap Air

Daya serap air adalah kemampuan beton ringan untuk menyerap air ketika direndam dalam air hingga memiliki massa jenuh, artinya hingga beton ringan tidak mampu menyerap lagi karena sudah penuh. Besarnya penyerapan air ini dapat dihitung (Saifuddin, 2014).

Untuk menghitung besarnya penyerapan air oleh beton ringan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$WA = \frac{MJ - MK}{MK} \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan :

$Mk$  = Massa sampel kering (kg)

$M_j$  = Massa jenuh air (kg)

WA = Daya serap air (%)

### 3.3.3 Workability

*Workability* adalah kemampuan untuk dilaksanakan atau dikerjakan, yang meliputi bagaimana beton itu mudah untuk dibawa dan ditempatkan di mana-mana, mudah dikerjakan, mudah dipadatkan, dan mudah untuk dilakukan *finishing*.

Beton yang cenderung kering alias kekurangan air tentu saja agak susah dibentuk, susah dipindahkan, bahkan nantinya susah difinishing. Kalo tidak dibangun dengan benar, beton tersebut tidak akan kuat dan tahan lama. *Workability* beton dapat diuji dengan melakukan *slump test*.

Uji *slump* adalah proses pengujian nilai runtuh/ turun sampel adukan beton dari ketinggian kerucut terpancung, maka dari itu kita bisa menentukan dapat dikerjakan atau tidak dari campuran beton segar yang diuji. Untuk itu uji slump menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air beton/ kelecakan beton yang berhubungan dengan mutu beton. Nilai *slump* rata-rata yang diminta adalah 8-12 cm. Apabila nilai slumpnya tidak mencapai dengan nilai yang diatas maka campuran beton tersebut tidak sesuai dengan mutu beton yang diharapkan. Sebelum melakukan pengecoran dilapangan uji *slump* ini wajib dilaksanakan karena berhubungan dengan keenceran dan kekentalan adukan beton guna untuk menjaga mutu beton (Sumber: Internet 04).

### 3.3.4 Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton dengan volume beton. Berat beton memiliki satuan kg, sedangkan volume beton memiliki satuan  $m^3$ . Berat volume beton dapat dihitung dengan persamaan:

$$BV = \frac{m}{v} \quad (3.4)$$

dengan:

BV = Berat Volume

$m$  = berat beton (kg)

$v$  = volume beton ( $m^3$ )

### 3.4 Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini digunakan standar SNI-03-2834-2000 sebagai acuan dalam perencanaan campuran beton. Pembuatan beton yang sesuai SNI-03-2834-2000 akan menghasilkan beton yang memiliki workability tinggi dan sesuai dengan standar pengerjaan pembuatan beton. Tata cara pembuatan campuran beton menurut SNI-03-2834-2000 adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai deviasi standar ( $Sd$ ) yang ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton. Semakin baik mutu pelaksanaan maka akan menyebabkan semakin kecilnya nilai deviasi standar. Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

**Tabel Error! No text of specified style in document..1 Faktor Pengali Deviasi Standar**

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
< 15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
$\geq 30$	1,00

Sumber: SNI-03-2834-2000

**Tabel Error! No text of specified style in document..2 Nilai Deviasi Standar untuk Berbagai Tingkat Pengendalian**

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber: SNI-03-2834-2000

2. Menentukan nilai tambah ( $M$ ) untuk kuat tekan rencana dihitung menggunakan persamaan:

$$M = 1.64 \times Sd \quad (3.5)$$

dengan:

$M$  = Nilai tambah (MPa)

$Sd$  = Deviasi standar (MPa)

3. Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan berdasarkan persyaratan perencanaan strukturnya. Kuat tekan beton yang disyaratkan kemungkinan lebih rendah dari nilai itu sebesar 5% saja. Untuk menentukan kuat tekan rata-rata rencana ( $f'_{cr}$ ) dengan menggunakan persamaan:

$$f'_{cr} = f'_c + M \quad (3.6)$$

dengan:

$f'_{cr}$  = Kuat tekan rata-rata rencana (MPa)

$f'_c$  = Kuat tekan rata-rata yang diisyaratkan (MPa)

$M$  = Nilai tambah (MPa)

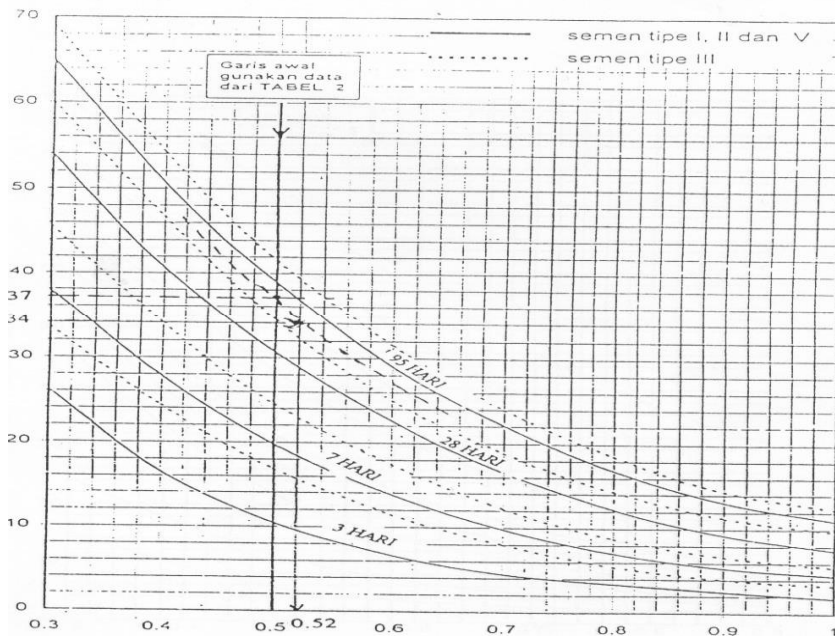
4. Menentukan jenis semen yang digunakan.
5. Menentukan jenis agregat yang digunakan.
6. Menentukan nilai faktor air semen menggunakan tabel.

Perkiraan kuat tekan beton dengan nilai faktor air semen 0,5 dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel Error! No text of specified style in document..3 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan FAS = 0,5**

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	95	
Semen Portland	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Grafik hubungan antara kuat desak dan faktor air semen ditunjukkan pada Gambar 3.5.



**Gambar Error! No text of specified style in document..5 Grafik Hubungan Antara Kuat Desak dan Faktor Air Semen (Sumber: SNI-03-2834-2000)**

7. Melakukan pengujian *slump*. Pengujian *slump* merupakan salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. Nilai *slump* adalah besar penurunan permukaan beton segar yang diukur (cm). Makin besar nilai *slump*, maka beton segar makin encer dan ini berarti semakin mudah untuk dikerjakan.
8. Menghitung besarnya butir agregat maksimum yaitu 0,2 dari jarak terkecil antar bidang disamping cetakan.
9. Menghitung kadar air bebas agregat campuran dengan persamaan:

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk \quad (3.7)$$

dengan:

$Wh$  = Perkiraan jumlah air pada agregat halus

$Wk$  = Perkiraan jumlah air pada agregat kasar

Untuk memperkiraan kadar air bebas tiap meter kubik beton menggunakan pada Tabel 3.4 berikut.

**Tabel Error! No text of specified style in document..4 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton**

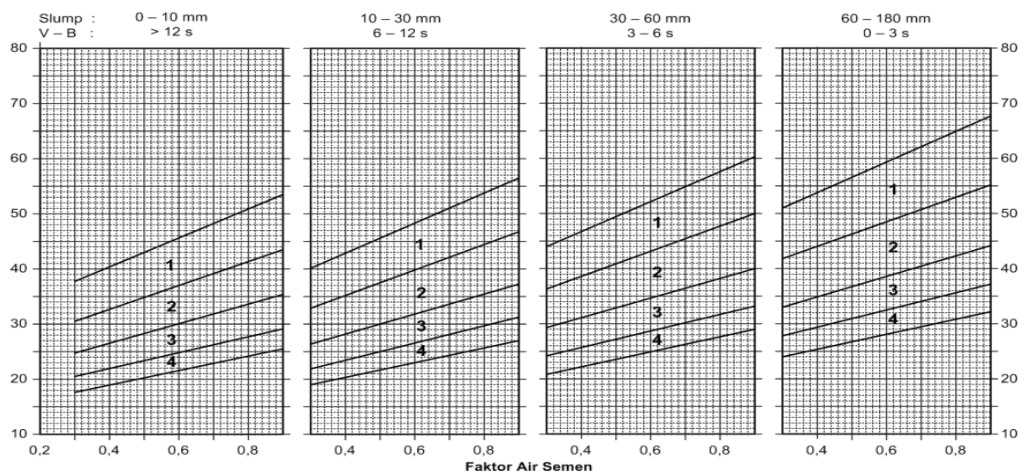
Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-100
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

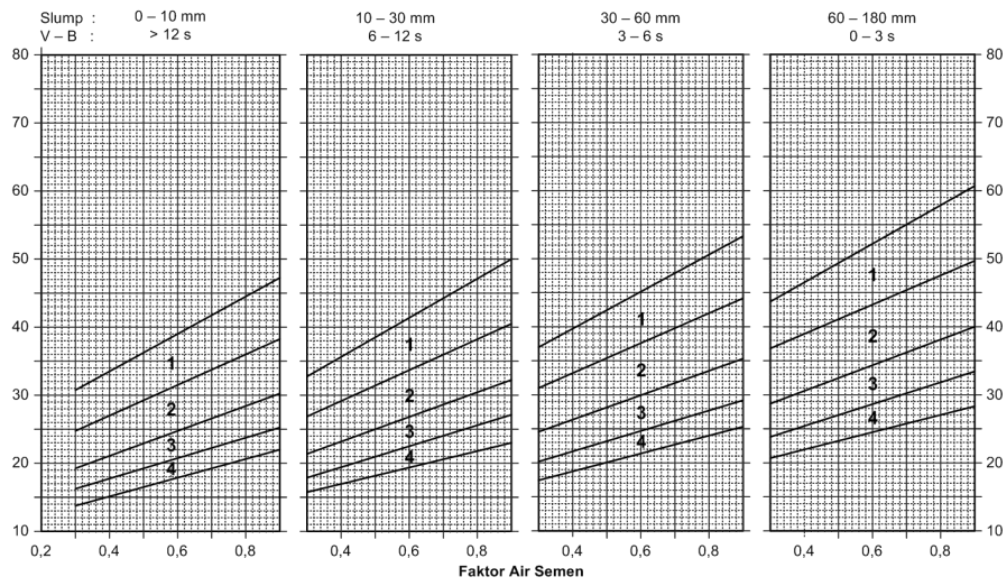
- a. Menentukan jumlah kadar air yang dipakai per m<sup>3</sup> beton, dihitung dengan persamaan :

$$\text{Jumlah semen min per m}^3 \text{ beton} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{FAS}} \quad (3.8)$$

- b. Menentukan persentase agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.6 dan Gambar 3.7.



**Gambar Error! No text of specified style in document..6 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Max 20 mm (Sumber: SNI-03-2834-2000)**



**Gambar Error! No text of specified style in document..7 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Max 40 mm**

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

c. Menentukan persentase penggunaan agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan grafik diatas adalah:

- 1) Menentukan grafik yang akan digunakan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang direncanakan.
- 2) Menarik garis vertikal keatas sampai ke kurva teratas diantara dua kurva yang menunjukkan gradasi pasir.
- 3) Menarik garis horizontal kea rah kanan untuk kurva batas atas ataupun batas bawah yang berada di daerah gradasi. Kemudian mencatat hasilnya.
- 4) Mengambil nilai rata-rata dari hasil tersebut.

Menentukan persentase nilai dari agregat kasar dapat menggunakan persamaan:

$$\text{Persen agregat kasar} = 100\% - \text{Persen agregat halus} \quad (3.9)$$

10. Menghitung berat jenis relative agregat berdasarkan data hasil pengujian di laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dihitung berdasarkan persamaan:

$$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \quad (3.10)$$

dengan:

$BJ_{AG}$  = Berat jenis agregat gabungan

$\%AH$  = Persentase agregat halus

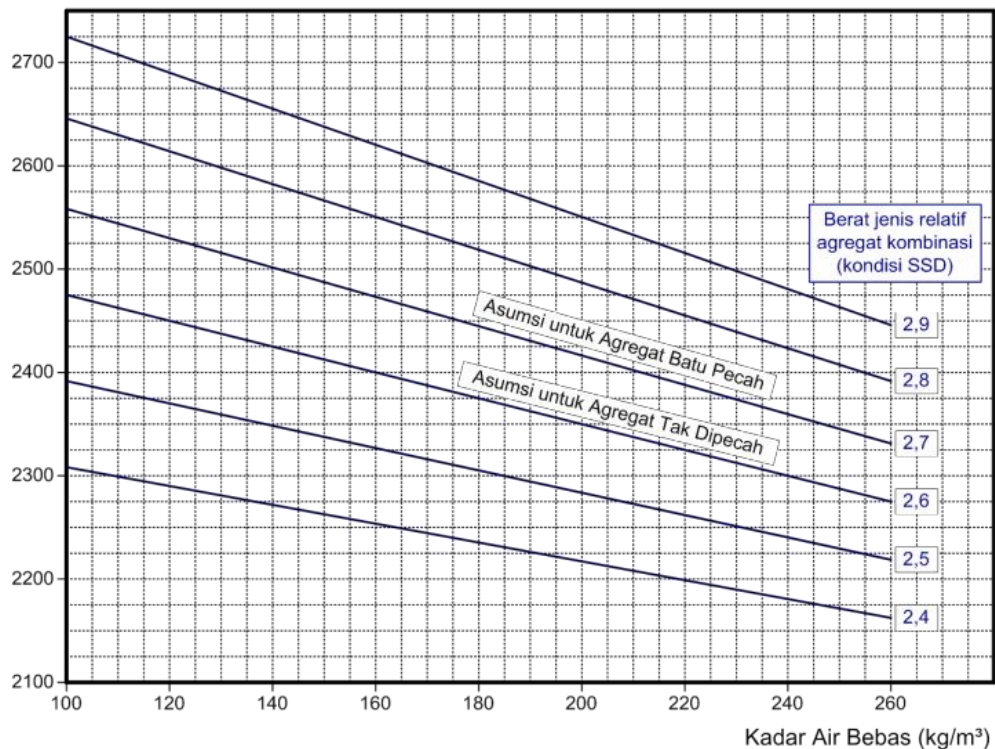
$BJ_{AH}$  = Berat jenis agregat halus

$\%AK$  = Persentase agregat kasar

$BJ_{AK}$  = Berat jenis agregat kasar

$\%AK$  = Persentase agregat kasar

11. Mencari nilai berat isi beton menggunakan grafik pada Gambar 3.8.



**Gambar Error! No text of specified style in document..8 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan**

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Cara menentukan nilai berat is beton dengan menggunakan grafik adalah dengan:

- a. menarik garis sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan yang sejajar dengan garis linier yang ada pada grafik, kemudian
- b. menarik garis vertikal hingga garis memotong garis yang telah dibuat sesuai dengan kadar air bebas. Menarik garis horizontal ke arah kiri hingga perpotongan pada kedua garis. Kemudian mencatat hasilnya.

12. Menghitung kadar agregat gabungan menggunakan persamaan:

$$\text{Kadar agregat gabungan} = \text{berat isi beton-kadar semen-kadar air bebas} \quad (3.11)$$

13. Menghitung kadar agregat kasar dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Kadar agregat kasar} = \frac{\text{Persen agregat kasar}}{100} \times \text{Kadar agregat gab} \quad (3.12)$$

14. Menghitung kadar agregat halus dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Kadar agregat halus} = \frac{\text{Persen agregat halus}}{100} \times \text{Kadar agregat gab} \quad (3.13)$$

15. Menghitung proporsi campuran (agregat dalam kondisi SSD), akan didapatkan campuran proporsi yang teoritis setiap 1 m<sup>3</sup> beton.

16. Menghitung berat masing-masing bahan setiap variasi campurannya.

### 3.5 Umur Beton

Kuat tekan beton akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya umur beton. Pada umur beton 1 sampai 28 hari laju penambahan kuat tekan beton akan sangat signifikan. Kemudian setelah melewati hari ke 28, penambahan kuat tekan relatif lambat. Laju kenaikan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis semen, suhu keliling beton, dan faktor air semen. Hubungan antara umur benda uji dengan angka konversi dapat dilihat dalam Tabel 3.5.

**Tabel Error! No text of specified style in document..5 Hubungan Umur Benda Uji Dengan Angka Konversi**

Umur Benda Uji	Angka Konversi
3 hari	0,40
7 hari	0,65
14 hari	0,88
21 hari	0,95
28 hari	1,00

Sumber: PBI-1971

### 3.6 Koreksi Data dan Prediksi Nilai Optimum

Rumus yang digunakan dalam koreksi data hasil pengujian dan prediksi nilai optimum yang dilakukan dapat dilihat dibawah ini.

#### 1. Koreksi Data Hasil Pengujian

Koreksi linieritas data diperlukan sebagai koreksi karena pada awal pengujian terjadi ketidakmampuan benda uji, sehingga seolah-olah benda uji telah mengalami deformasi. Koreksi dilakukan dengan menghitung regresi linier dari nilai-nilai pada grafik hasil pengujian.

Tegangan = Regangan

$$y = ax + b$$

$$d = \frac{-b}{a}$$

$$X_1 = X_0 - d \tag{ 3.14 }$$

Keterangan:

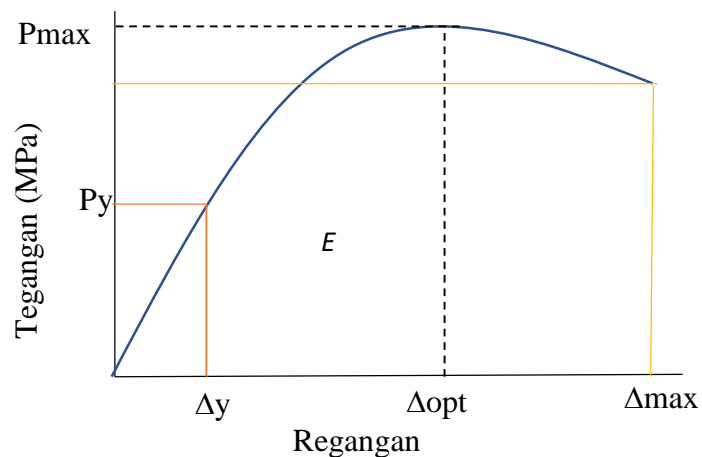
$d$  = Besar nilai koreksi

$X_0$  = Besar variabel bebas sebelum koreksi

$X_1$  = Besar variabel bebas setelah koreksi

## 2. Nilai-nilai Penting dalam Grafik Hasil Pengujian

Nilai-nilai penting seperti elastisitas ( $E$ ), daktilitas ( $\mu$ ), kuat tekan pada batas elastisitas ( $P_y$ ), dan beban maksimum ( $P_{max}$ ) diperlukan untuk menentukan kualitas dari material yang diuji sebagai syarat ketika akan digunakan dalam suatu struktur bangunan.



**Gambar** Error! No text of specified style in document..9 **Penentuan Nilai Penting dalam Grafik Hasil Pengujian**

$$\mu = \frac{\Delta_{opt}}{\Delta_y} \quad (3.15)$$

Keterangan :

$\mu$  = Daktilitas benda uji

$\Delta_{opt}$  = Deformasi optimum

$\Delta_y$  = Batas elastis benda uji

## 3. Prediksi Nilai Optimum/Minimum

Nilai optimum/ minimum digunakan untuk menentukan rata-rata kekuatan dari suatu material struktur bangunan. Nilai optimum didapat dari penurunan rumus regresi polinomial yang dimaksudkan untuk menentukan fungsi polinomial paling sesuai dalam hal ini ukuran diameter baut dalam sambungan.

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$R^2 = 1$$

$$\frac{dy}{dx} = 2ax + b$$

$$\emptyset_{opt} \longrightarrow 0 = 2ax + b$$

$$2ax = -b$$

$$x = \frac{-b}{2a}$$

(3.16)

Keterangan:

$x$  = Variabel bebas

$y$  = Variabel terikat

$R^2$  = Koefisien determinasi