

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. TINJAUAN UMUM**

Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03).

Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat. Pemilihan material yang memenuhi persyaratan sangat penting dalam perencanaan beton, sehingga diperoleh kekuatan yang optimum. Selain itu kemudahan pengerjaan (workabilitas) juga sangat dibutuhkan pada perancangan beton. Meskipun suatu struktur beton dirancang agar mempunyai kuat tekan yang tinggi, tetapi jika rancangan tersebut tidak dapat diimplementasikan di lapangan karena sulit untuk dikerjakan, maka rancangan tersebut menjadi percuma.

#### **2.2. MATERIAL PENYUSUN BETON**

Semen yang diaduk dengan air akan membentuk pasta semen. Jika pasta semen ditambah dengan pasir akan menjadi mortar semen. Jika ditambah lagi dengan kerikil/batu pecah disebut beton.

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40% dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari. (Tri Mulyono, 2003)

##### **2.2.1. Semen Portland**

Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan,

yang digiling bersama-sama bahan utamanya. Bahan utama penyusun semen adalah kapur (CaO), silica (SiO<sub>3</sub>), dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). (ASTM C-150)

Fungsi utama semen pada beton adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat.

### **Tipe Semen**

Ditinjau dari penggunaannya, menurut ASTM semen portland dapat dibedakan menjadi lima, yaitu :

- Tipe I – semen portland jenis umum (*normal portland cement*)  
Yaitu jenis semen portland untuk penggunaan dalam konstruksi beton secara umum yang tidak memerlukan sifat-sifat khusus.
- Tipe II - semen jenis umum dengan perubahan-perubahan (*modified portland cement*)  
Semen ini memiliki panas hidrasi yang lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat daripada semen jenis I. Jenis ini digunakan untuk bangunan-bangunan tebal, seperti pilar dengan ukuran besar, tumpuan dan dinding penahan tanah yang tebal. Panas hidrasi yang agak rendah dapat mengurangi terjadinya retak-retak pengerasan. Jenis ini juga digunakan untuk bangunan-bangunan drainase di tempat yang memiliki konsentrasi sulfat agak tinggi.
- Tipe III – semen portland dengan kekuatan awal *tinggi* (*high early strength portland cement*)  
Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas. Selain itu juga dapat dipergunakan pada daerah yang memiliki temperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin
- Tipe IV – semen portland dengan panas hidrasi yang rendah (*low heat portland cement*)  
Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Kekuatannya tumbuh lambat. Jenis ini

digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi besar.

- Tipe V – semen portland tahan sulfat (*sulfate resisting portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus yang maksudnya hanya untuk penggunaan pada bangunan-bangunan yang kena sulfat, seperti di tanah atau air yang tinggi kadar alkalinya. Pengerasan berjalan lebih lambat daripada semen portland biasa.  
(Wuryati S. dan Candra R.,2001)

### Bahan Penyusun Semen

Bahan utama pembentuk semen portland adalah kapur (CaO), silica (SiO<sub>3</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan oksida besi, sedangkan gipsum (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen. (Tri Mulyono, 2004)

Komposisi senyawa utama dan senyawa pembentuk dalam semen portland dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2 berikut ini.

**Tabel 2.1** Komposisi Senyawa Utama Semen Portland  
(S. Mindess, Francis Y. dan D. Darwin,2003)

Nama Kimia	Rumus Kimia	Notasi	Persen Berat
Trikalsium Silikat	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S	55
Dikalsium Silikat	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S	18
Trikalsium aluminat	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A	10
Tetrakalsium	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF	8
Aluminoferit	<sup>3</sup>	CSH <sub>2</sub>	6
Gipsum	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O		

**Tabel 2.2** Komposisi Senyawa Pembentuk Semen Portland

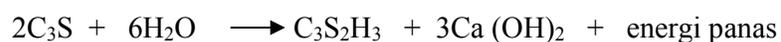
(S. Mindess, Francis Y. dan D. Darwin, 2003)

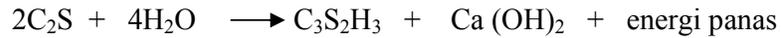
Oksida	Notasi	Nama Senyawa	Persen Berat
CaO	C	Kapur	64.67
SiO <sub>2</sub>	S	Silika	21.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	Alumina	6.16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	Oksida Besi	2.58
MgO	M	Magnesia	2.62
K <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K	Alkali	0.61
Na <sub>2</sub> O	N	Alkali	1.34
SO <sub>3</sub>	S	Sulfur Trioksida	2.03
CO <sub>2</sub>	C	Karbon Dioksida	-
H <sub>2</sub> O	H	Air	-

### Hidrasi Semen

Ketika semen bersentuhan dengan air, maka proses hidrasi berlangsung ke arah luar dan ke dalam inti. Hasil hidrasi mengendap di bagian luar, sedang bagian dalam inti belum terhidrasi. Produk hidrasi akan membentuk kristal-kristal yang menyelimuti inti senyawa C<sub>3</sub>S. Lapisan tersebut menghalangi masuknya air ke dalam inti C<sub>3</sub>S. Air akan berusaha mencapai inti melalui proses difusi. Selama proses difusi berlangsung, tidak terjadi reaksi hidrasi untuk beberapa jam sehingga semen tetap dalam keadaan plastis. Setelah beberapa lama, air berhasil mencapai inti dan terjadi proses hidrasi lagi. Selanjutnya senyawa-senyawa yang dihasilkan membentuk rangkaian tiga dimensi yang saling melekat secara random dan sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang mula-mula ditempat air, lalu menjadi kaku dan mengeras.

Adapun reaksi kimia yang terjadi saat proses hidrasi berlangsung adalah sebagai berikut.





Persenyawaan semen dengan air akan mengeluarkan panas. Adanya pembebasan panas ini membantu mempercepat pengerasan (proses hidrasi). Tetapi setelah pengerasan terjadi, bagian yang telah mengeras mempunyai sifat lambat menyalurkan panas.

### **2.2.2. Agregat**

Dalam SK SNI T-15-1991-03, agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolis atau adukan. Kandungan agregat dalam suatu campuran beton biasanya sangat tinggi, komposisinya dapat mencapai 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai bahan pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, maka peran agregat menjadi sangat penting. Karena itu karakteristik dari agregat perlu dipelajari dengan baik, sebab agregat dapat menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan. (Tri Mulyono, 2004)

Penggunaan agregat dalam beton adalah untuk :

1. Menghemat penggunaan semen portland
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton.
3. Mengurangi susut pengerasan beton.
4. Mencapai susunan beton yang padat. Dengan gradasi yang baik, maka akan didapatkan beton yang padat.
5. Mengontrol workabilitas beton. Dengan gradasi agregat yang baik (gradasi menerus), maka akan didapatkan beton yang mudah dikerjakan.

(Wuryati S. dan Candra R.,2001)

### **Ukuran Butir Agregat**

Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi dua, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Menurut ASTM C33, agregat kasar adalah agregat batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,75 mm dan agregat halus

adalah batuan yang lebih kecil dari 4,75 mm. Agregat dengan ukuran lebih besar dari 4.75 mm dibagi lagi menjadi 2 yaitu, yang berdiameter 4.75 – 40 mm disebut kerikil beton, dan yang berdiameter lebih besar dari 40 mm disebut kerikil kasar. Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm. Ukuran agregat dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Kekuatan tekan beton akan berkurang bila ukuran maksimum agregat bertambah besar. Karena butir-butir agregatnya besar, maka luas permukaannya makin kecil, sehingga lekatan antara permukaan agregat dan pasta semen kurang kuat. Selain itu juga akan menambah kesulitan dalam pengerjaan.

Untuk beton bertulang SK.SNI T-15-1991-03 memberikan batasan untuk ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 40 mm. Sebagai dasar perancangan campuran beton, besar butir maksimum agregat adalah :

1. Seperlima dari jarak terkecil antara bidang samping cetakan.
2. Sepertiga dari tebal pelat.
3. Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang tulangan ataupun dari tendon *prestresss* atau *ducting*.

Jika ukuran maksimum agregat lebih besar dari 40 mm, agregat tersebut dapat digunakan asal disetujui oleh ahlinya dengan mempertimbangkan kemudahan pengerjaan dan cara-cara pemadatan beton, selama pengerjaannya tidak menyebabkan terjadinya rongga-rongga udara atau sarang kerikil.

### **Bentuk dan Tekstur Agregat**

Bentuk agregat dipengaruhi oleh proses geologi batuan. Butiran yang bulat akan menghasilkan campuran beton yang lebih baik jika dibandingkan dengan butiran yang pipih. Penggunaan pasta semennya pun akan lebih ekonomis. Bentuk-bentuk agregat ini lebih banyak berpengaruh terhadap sifat pengerjaan pada beton segar.

Jika dilihat dari tekstur permukaannya, secara umum susunan permukaan agregat sangat berpengaruh pada kemudahan pekerjaan. Semakin

licin permukaan agregat akan semakin mudah beton dikerjakan. Akan tetapi jenis agregat dengan permukaan kasar lebih disukai karena akan menghasilkan ikatan antara agregat dan pasta semen lebih kuat. (Tri Mulyono, 2004)

### **Persyaratan Agregat**

Persyaratan-persyaratan yang diperlukan agar agregat dapat digunakan sebagai campuran beton terdapat dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971).

#### *Persyaratan Agregat Halus*

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
2. Kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. Jika lebih dari 5 % maka agregat harus dicuci.
3. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organis yang terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi persyaratan dari percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak boleh kurang dari 95 % dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan NaOH 3 %, yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.
4. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan berturut-turut 31.5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm (PBI 1971), harus memenuhi syarat sebagai berikut :
  - a). Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2 % berat.
  - b). Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10 % berat.
  - c). Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus minimum 80% - 95% berat.

5. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan yang diakui

*Persyaratan Agregat Kasar*

1. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm.
2. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20 % dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur lebih dari 1 %, maka agregat kasar harus dicuci.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton, seperti zat-zat alkali yang reaktif.
5. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan Impact test dengan penumbuk seberat 15 lbs, dimana prosentase kehancuran maksimum adalah 30%. Atau dengan mesin pengaus Los Angeles, dimana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50 %.
6. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan berturut-turut sebagai berikut : 31.5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
  - a). Sisa diatas ayakan 31.5 mm, harus 0 % berat.
  - b). Sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90 % - 98 % berat.

- c). Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60 % dan minimum 10 %.
7. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal pelat atau tiga perempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa sehingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil.

### 2.2.3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi beton, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Pemakaian air untuk campuran beton sebaiknya memenuhi persyaratan (PBI 1971) :

- a). Tidak mengandung lumpur (atau benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b). Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c). Tidak mengandung klorida ( Cl ) lebih dari 0.5 gram/liter.
- d). Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran beton yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau biasa disebut Faktor Air Semen (*water cement ratio*). Air yang terlalu berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai dan hal tersebut akan mengurangi kekuatan beton yang dihasilkan.

Sedangkan terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan.

### **2.3. KEMAMPUAN DIKERJAKAN (WORKABILITAS)**

#### **2.3.1. Pengertian Workabilitas**

Yang dimaksud dengan workabilitas adalah bahwa bahan-bahan beton setelah diaduk bersama, menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang / dicetak, dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu.(Wuryati S. dan Candra R.,2001)

Beberapa parameter untuk mengetahui workabilitas beton segar adalah :

1. Compactible, yaitu kemudahan beton untuk dipadatkan dengan baik. Pemadatan bertujuan untuk mengurangi rongga-rongga udara yang terjebak di dalam beton sehingga diperoleh susunan yang padat dan memperkuat ikatan antar partikel beton.
2. Mobilitas, yaitu kemudahan beton untuk mengalir atau dituang dalam cetakan dan dibentuk. Adukan beton juga harus dapat mengisi ruang di antara tulangan-tulangan .
3. Stabilitas, yaitu kemampuan beton untuk tetap stabil, homogen selama pencampuran, serta tidak terjadi segregasi dan bleeding.

(S. Mindesss, Francis Y. dan D. Darwin,2003)

Agar diperoleh beton keras yang dengan kualitas yang baik, maka adukan beton segar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Mudah dicampur dan diangkut
2. Adukan beton harus seragam atau memenuhi syarat homogenitas
3. Mudah dialirkan dan dibentuk
4. Dapat dipadatkan dengan baik tanpa mengeluarkan banyak tenaga

5. Tidak terjadi segregasi saat penuangan
6. Dapat diselesaikan dengan mudah (finishing), dengan cetok ataupun alat penghalus permukaan lainnya

(S. Mindess, Francis Y. dan D. Darwin,2003)

### **2.3.2. Segregasi**

Segregasi adalah pemisahan agregat kasar dari campuran adukan beton. Ada dua tipe pemisahan agregat, yaitu pemisahan partikel berat ke dasar beton segar atau pemisahan agregat kasar dari campuran beton karena penggetaran yang salah. (S. Mindess, Francis Y. dan D. Darwin,2003)

Faktor-faktor yang menyebabkan segregasi adalah :

1. Campuran yang kurus (kurang semen)
2. Campuran yang terlalu banyak air
3. Semakin besar butir agregat kasar
4. Semakin kasar permukaan agregat
5. Jumlah agregat halus sedikit

Segregasi berakibat kurang baik terhadap beton setelah mengeras. Untuk mengurangi kecenderungan pemisahan agregat tersebut, maka dapat diupayakan sebagai berikut:

1. Mengurangi jumlah air yang digunakan
2. Adukan beton jangan dijatuhkan dengan ketinggian terlalu besar
3. Cara mengangkut, penuangan maupun pemadatan harus mengikuti cara-cara yang betul

### **2.3.3. Bleeding**

Bleeding adalah keluarnya air pada permukaan beton sesudah dicampur tetapi belum mengalami pengikatan. Jadi bleeding adalah bentuk dari

segregasi. Bleeding disebabkan karena partikel-partikel agregat dalam campuran beton tidak mampu menahan air.

Bleeding dapat menyebabkan kelemahan, porositas dan keawetan yang kurang. Kantung-kantung air terjadi di bawah agregat kasar atau di bawah tulangan, yang menimbulkan daerah-daerah lemah dan mereduksi ikatan-ikatan. Jika air menguap sangat cepat akan terjadi retakan-retakan plastis. (S. Mindess, Francis Y. dan D. Darwin, 2003)

Bleeding dapat direduksi dengan :

1. Memberi lebih banyak semen
2. Menggunakan air seminimal mungkin
3. Menggunakan pasir lebih banyak
4. Meningkatkan hidrasi semen dengan menggunakan semen dengan kadar  $C_3S$  yang tinggi

#### **2.3.4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Workabilitas**

Sifat mampu dikerjakan / workabilitas dari beton sangat tergantung pada sifat bahan, perbandingan campuran, dan cara pengadukan serta jumlah seluruh air bebas. Faktor-faktor yang mempengaruhi workabilitas beton antara lain :

##### **1. Faktor Air Semen**

Air diperlukan untuk memicu proses kimiawi beton yaitu bersenyawa dengan semen. Air juga berfungsi untuk membasahi agregat sampai keadaan jenuh. Dengan peningkatan faktor air semen, maka jumlah air yang tersisa lebih banyak. Air akan mengisi ruang antar partikel sehingga adukan lebih encer. Hal ini dapat meningkatkan kemudahan pengerjaan dan pemadatan.

##### **2. Semen**

Semakin halus semen, akan menurunkan workabilitas beton segar, semen membutuhkan lebih banyak air karena luas permukaannya makin bertambah dan reaksi hidrasi akan berjalan lebih cepat.

### 3. Agregat

#### a. Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus

Workabilitas adukan beton plastis dapat diusahakan dengan menggunakan gradasi agregat yang baik. Gradasi menerus dapat menghasilkan beton yang padat dengan volume rongga yang kecil, sehingga didapat beton dengan kekuatan yang besar.

#### b. Perbandingan agregat kasar dan agregat halus

Jika perbandingan agregat kasar lebih banyak daripada agregat halus, bisa menyebabkan campuran kasar, terjadi segregasi dan sukar dikerjakan.

#### c. Bentuk dan tekstur agregat

Bentuk dan tekstur agregat juga mempengaruhi workabilitas. Agregat dengan bentuk sferis dan permukaan licin semakin mudah untuk dikerjakan. Partikel bentuk sferis memiliki rasio luas permukaan/volume yang kecil sehingga dibutuhkan sedikit mortar untuk melapisi partikel. Sedang bentuk pipih dan memanjang membutuhkan mortar lebih banyak.

#### d. Ukuran maksimum agregat

Kekuatan tekan beton akan berkurang bila ukuran maksimum agregat bertambah besar. Selain itu juga akan menambah kesulitan dalam pengerjaan. Oleh karena itu dalam perancangan beton bertulang digunakan batasan ukuran agregat maksimum adalah 40mm.

#### e. Daya serap agregat

Semakin tinggi penyerapan air semakin berkurang workabilitas adukan beton. Semen memerlukan air untuk melakukan proses hidrasi, jika air yang ada lebih banyak terserap oleh agregat maka proses hidrasi semen terganggu karena kekurangan air. Proses tersebut mengakibatkan adukan beton menjadi lebih kaku.

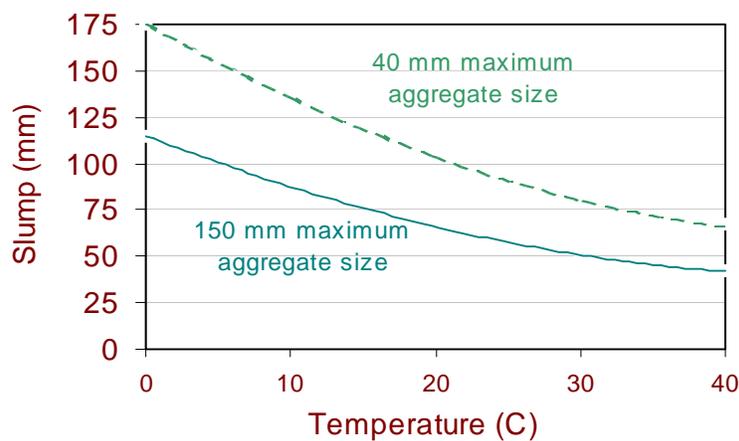
### 4. Waktu

Selama dalam bentuk plastis, adukan beton akan mengalami penurunan workabilitas dengan fungsi waktu. Hal ini disebabkan karena proses hidrasi  $C_3S$  dan  $C_3A$  dan sebagian oleh kehilangan air akibat penguapan dan penyerapan

agregat. Untuk mempertahankan workabilitas bisa ditambahkan air pada adukan beton. Akan tetapi harus disertai dengan penambahan semen agar nilai fas tetap.

#### 5. Suhu

Peningkatan temperatur dapat menurunkan workabilitas adukan beton sebagaimana ditunjukkan pada grafik 2.1. Karena kenaikan temperatur akan menyebabkan meningkatnya laju penguapan dan hidrasi semen. Jadi diperlukan banyak air untuk daerah panas pada tingkat workabilitas yang sama.



**Grafik 2.1.**Korelasi antara slump dan temperatur

(S. Mindess, Francis Y. dan D. Darwin,2003)

#### 6. Penambahan admixture

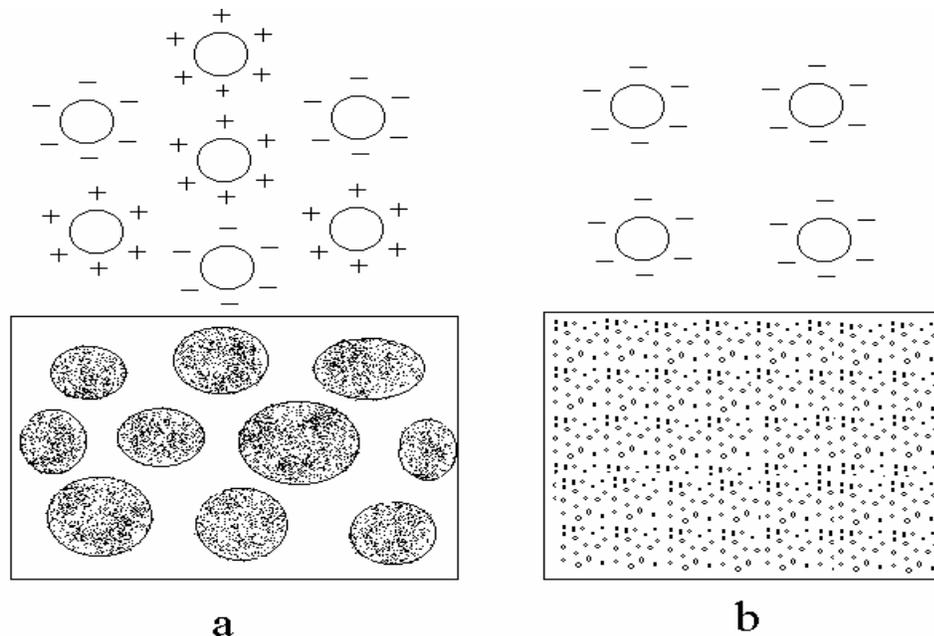
Bahan tambah admixture yang sering digunakan untuk meningkatkan workabilitas beton adalah superplasticizers. Bahan ini dapat menghasilkan beton “mengalir” tanpa terjadi pemisahan yang tak diinginkan. Bahan ini dapat meningkatkan kekuatan beton, karena memungkinkan pengurangan faktor air semen namun dengan workabilitas yang tinggi.

Semen mempunyai ion-ion positif dan negatif pada permukaannya. Saat terbentuk pasta semen, partikel semen yang berdekatan akan saling tarik menarik sehingga terbentuk gumpalan partikel. Sejumlah air terikat dalam

gumpalan ini dan membasahi permukaan agregat. Air yang tersisa digunakan untuk mengurangi kekentalan campuran tersebut.

Molekul-molekul superplasticizers menyebabkan permukaan agregat mempunyai ion-ion yang seragam. Gaya tolak-menolak lebih besar dari pada gaya tarik-menarik sehingga menyebabkan campuran terdispersi dan mudah mengalir.

Berikut ini gambar 2.1 yang mendeskripsikan pengaruh superplasticizers pada campuran.



a. tanpa superplasticizers (flocculated paste)      b. dengan superplasticizers (dispersed paste)

Gambar 2.1. Pengaruh superplasticizers pada adukan beton

### 2.3.5. Pengaruh Penambahan Air Pada Workabilitas

Pengukuran workabilitas biasanya ditunjukkan dengan uji slump. Nilai slump yang tinggi menunjukkan beton makin mudah dikerjakan. Penambahan air akan membuat campuran lebih encer. Air yang tersisa akan mengisi ruang-ruang di antara butir agregat dan semen. Air berfungsi sebagai bahan pelumas antar butir

agregat. Makin banyak air yang tersisa, makin besar jarak antar partikel semen dan agregat. Sehingga partikel-partikel dalam adukan lebih leluasa bergerak. Workabilitasnya makin tinggi.

## 2.4. PENGUKURAN WORKABILITAS

Dari uraian diatas, diketahui bahwa workabilitas beton segar dipengaruhi oleh banyak faktor. Untuk mengetahui tingkat workabilitas beton segar ada beberapa metode yang bisa dilakukan, antara lain :

### 2.4.1. Kerucut Abrams (*Slump Test*)

Tes slump dengan alat kerucut Abrams seperti terlihat pada gambar 2.2. merupakan metode atau prosedur tertua yang paling sering dipakai baik di Indonesia maupun negara negara lain. Pengujian ini terdapat pada standar ASTM C-143. Percobaan ini menggunakan alat-alat sebagai berikut :

- a. Corong baja yang berbentuk konus berlubang pada kedua ujungnya. Bagian bawah berdiameter 20 cm, sedang bagian atas berdiameter 10 cm dan tinggi 30 cm. Pada kedua sisinya yang berhadapan terdapat pegangan yang berfungsi untuk pegangan tangan saat menaikkan konus tersebut.
- b. Tongkat baja diameter 16 mm dan panjang 60 cm. Bagian ujung baja berbentuk setengah bulat (*hemispherical*) untuk memadatkan adukan beton yang sudah dimasukkan kedalam kerucut Abrams.



Gambar 2.2 **Kerucut Abrams**

Pengukuran dengan tes slump ini bertujuan untuk mengukur tinggi penurunan adukan beton setelah wadah diangkat. Slump yang tinggi menunjukkan bahwa adukan beton terlalu cair, begitu juga sebaliknya. Adukan beton yang mudah dikerjakan atau dituang dan dipadatkan dalam cetakan (acuan), biasanya mempunyai nilai slump antara 7 sampai 12 cm. Untuk beton yang pematatannya dengan alat penggetar, nilai slump 5 cm masih cukup baik untuk dikerjakan. Akan tetapi jika nilai slumpnya lebih dari 12,5 cm, pemadatan dengan alat getar harus dihindari karena dapat mengakibatkan terjadinya pemisahan butir (*segregasi*) dan *bleeding*. (Wuryati S. dan Candra R.,2001)

Nilai slump yang diperoleh akan menentukan cara pemadatan yang sesuai untuk adukan. Berikut ini tabel 2.3. yang menjelaskan klasifikasi tingkat workabilitas berdasarkan nilai slump dan cara pemadatan yang sesuai.

Tabel 2.3. **Klasifikasi tingkat workabilitas adukan beton**

	Tingkat workabilitas	Tes Slump	Cara Pemadatan yang sesuai
	as	$\phi$ max 20 mm	
	Tinggi	100-175 mm	Pemadatan secara manual/dengan tangan
	Sedang	25-100 mm	Beton bertulang dimensi kecil, pemadatan dengan tangan. Beton bertulang dimensi besar, pemadatan dengan penggetaran (alat vibrator)
	Rendah	25-50 mm	Beton bertulang dimensi kecil, pemadatan dengan vibrator. Perkerasan jalan dan pelat dengan alat penggetar yang dioperasikan dengan tangan Beton berat dengan alat vibrator
	Sangat rendah	0-25 mm	Beton pada tempat yang dangkal dipadatkan dengan alat vibrator
	Sangat rendah sekali	-	Pemadatan beton secara intensif dengan tekanan dan putaran.

Tes Slump cocok untuk beton segar dengan workabilitas sedang sampai workabilitas tinggi (25 mm 12,5 mm). Untuk campuran yang terlalu kering, dengan nilai slump 0, tes slump tidak dapat membedakan beberapa campuran. Sehingga harus diuji dengan metode yang lain. (ML. Gambir,1986).

#### **2.4.2. Tes Faktor Pemasatan (*Compacting Factor Test*)**

Tes ini pertama kali dikembangkan di Inggris pada tahun 1947. Alat yang digunakan mempunyai ketinggian 12 m, sehingga tidak cocok digunakan di lapangan. Terdiri dari 2 hopper yang berbentuk seperti kerucut slump dan satu silinder. Hopper mempunyai pintu bersendi pada bagian dasar. Semua bagian permukaannya halus, bertujuan untuk mengurangi gesekan antara adukan dan alat. Bentuk alat ini sebagaimana terlihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Alat compacting factor

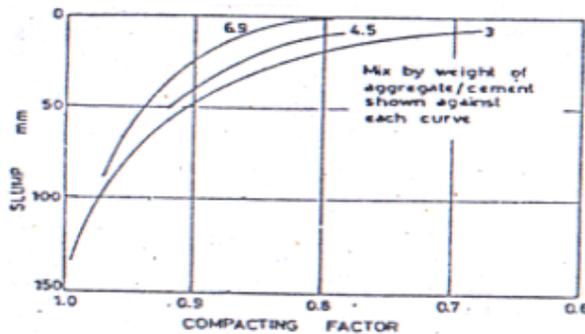
Dalam pengujian, bagian atas hopper diisi dengan bahan uji beton representatif. Setelah penuh, suatu pintu yang bersendi pada dasarnya dibuka dan beton dibiarkan jatuh ke dalam hopper yang kedua. Dengan cara yang sama beton dilepaskan dari hopper kedua dan jatuh ke dalam tempat yang berbentuk silinder. Kelebihan beton dipotong oleh dua baja yang bekerja simultan dari luar pusat silinder. Silinder berisi beton pada volume tertentu yang telah mengalami sejumlah pekerjaan tertentu sewaktu jatuh dari hopper kedua ditimbang. Sehingga diketahui berat beton yang sudah dipadatkan sebagian ( $W_p$ ).

Silinder kemudian diisi kembali dengan contoh bahan yang sama. Setiap lapisan kurang lebih 50 mm, beton ditumbuk dengan keras sehingga dicapai kepadatan maksimal. Bagian muka atas diratakan lalu beton ditimbang. Didapat berat beton dengan kepadatan penuh ( $W_f$ ).

Yang disebut dengan faktor pemadatan adalah perbandingan dari berat beton yang dipadatkan sebagian dengan beton yang dipadatkan penuh ( $W_p/W_f$ ). (L. J. Murdock dan K. M. Brook, 1999)

Compaction factor cocok untuk beton dengan workabilitas medium sampai workability rendah (0,9 – 0,8), karena akan memberi hasil yang lebih konsisten. Untuk workabilitas rendah (kurang dari 0,7), tes tidak cocok digunakan, karena beton tidak bisa dipadatkan secara penuh sebagai pembanding seperti cara yang telah dijelaskan dalam tes. (ML. Gambhir, 1986)

Hubungan antara nilai slump dan faktor pemadatan dapat dilihat pada grafik 2.2 di bawah ini :



Grafik 2.2. Hubungan antara slump dan compacting factor

(ML. Gambhir, 1986)

### 2.4.3. Tes Ve Be

Tes ini dikembangkan sejak tahun 1940 dan banyak digunakan di Eropa. Tes ve be hanya diterapkan pada beton segar dengan ukuran agregat maksimum kurang dari 40 mm. Alat yang digunakan hampir sama seperti kerucut slump dengan sebuah plat berbentuk lingkaran tembus pandang (*transparent disk*) terletak di bagian atas kerucut. Kemudian digetarkan dengan frekwensi dan

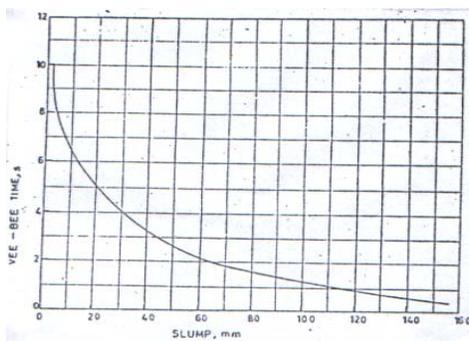
amplitudo yang terkontrol sehingga permukaan bawah *transparent disk* tertutup oleh mortar beton. Waktu yang diperlukan disebut waktu vebe. Kesulitan dari pengujian ini adalah tidak seragamnya penutupan *transparent disk* oleh mortar, sehingga sulit untuk menentukan titik akhir dari tes ini. (S. Mindess, Francis Y. dan D. Darwin, 2003)



**Gambar 2.4.** Alat ve be

Tes ve be cocok digunakan untuk beton dengan workabilitas rendah sampai workabilitas sangat rendah. Untuk workabilitas tinggi akan mengalami kesulitan. Saat digetarkan, mortar yang sangat encer akan memenuhi *transparent disk* dengan sangat cepat, sehingga waktunya tidak dapat terukur. (ML. Gambhir, 1986)

Hubungan antara nilai slump dan waktu ve be dapat dilihat pada grafik 2.3 di bawah ini :



**Grafik 2.3.** Hubungan antara slump dan waktu ve be  
(ML. Gambhir, 1986)

#### 2.4.4. Kelly Ball (*Penetration test*)

Tes ini mengukur kedalaman penetrasi alat dengan berat 13,6 kg ke dalam permukaan beton segar. Pengujian alat ini terdapat dalam standar ASTM C-360.

Dengan bentuk alat yang sederhana dan relatif kecil ini memungkinkan penggunaan secara efisien. Alat ini berupa silinder dengan bentuk setengah bola hemispherical di bagian bawah dengan pegangan disertai pijakan untuk meletakkan di permukaan beton serta skala untuk menunjukkan pengukuran.

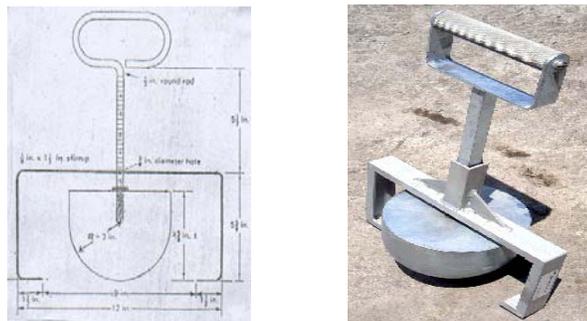
Keuntungan penggunaan alat ini antara lain :

1. Prosedur pengujian lebih sederhana dan cepat dalam pelaksanaan di lapangan.
2. Pengujian dapat dilakukan pada beton dalam truk atau dalam cetakan dengan ketentuan kedalaman lebih dari tiga kali ukuran agregat maksimum dan tidak boleh kurang dari 20 cm serta jarak horisontal minimal 46 cm.
3. Memiliki tingkat ketelitian yang lebih terukur, karena terdapat skala pengukuran yang lebih jelas.

Kekurangan atau kesulitan dalam penggunaan alat ini antara lain :

1. Pada saat pengukuran posisi harus benar benar vertical, disinilah terkadang terjadi kesalahan karena factor manusia.
2. Belum adanya standar yang menunjukkan interval workabilitas dari hasil pengukuran dengan alat ini.

Dari gambaran kelebihan dan kekurangan yang ada, alat Kelly Ball seperti pada gambar 2.5 ini sebenarnya lebih aplikatif dalam penggunaan di lapangan, karena sifatnya yang mudah digunakan untuk pengujian dan prosedur kerjanya yang sederhana.



**Gambar 2.5.** Alat Kelly Ball

#### 2.4.5. K-Slump

Tes ini menggunakan hollow probe diameter 19 mm yang terbuka sehingga mortar beton bisa masuk ke dalam tube. Alat dimasukkan kedalam permukaan beton segar kemudian ditunggu satu menit baru dibaca skala yang ditunjukkan. Pembacaan ini memberikan gambaran konsistensi dan workabilitas. Pembacaan ini dipengaruhi oleh kohesi, adhesi dan kekuatan ikatan campuran beton.

Tes ini menggunakan hollow probe diameter 19 mm yang terbuka sehingga mortar beton bisa masuk ke dalam tube. Alat dimasukkan kedalam permukaan beton segar kemudian ditunggu satu menit baru dibaca skala yang ditunjukkan. Pembacaan ini memberikan gambaran konsistensi dan workability. Pembacaan ini dipengaruhi oleh kohesi, adhesi dan kekuatan ikatan campuran beton.

Kelebihan dari penggunaan alat ini antara lain;

1. Prosedur pengujian lebih sederhana dan mudah serta cepat diaplikasikan di lapangan
2. Pengujian dapat dilaksanakan langsung dalam cetakan atau bekisting dengan ketentuan diameter minimal 15 cm.
3. Memiliki tingkat ketelitian yang lebih jelas karena adanya skala pengukuran pada alat.
4. Kecil dan ringannya alat memudahkan alat untuk dipindahkandari satu titik pengujian ke titik yang lain

Kekurangan atau kesulitan dalam penggunaan alat ini antara lain:

1. Pada saat pengukuran posisi harus benar benar vertical
2. Membutuhkan tingkat kecermatan yang lebih karena sedikit perubahan dapat mengakibatkan perbedaan dalam pembacaan pengukuran.

Dari uraian kelebihan dan kekurangan yang ada , dapat disebutkan bahwa alat K – Slump seperti yang terlihat pada gambar 2.6 ini merupakan alat yang

