

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. BETON**

Beton adalah materi bangunan yang paling banyak digunakan di bumi ini. Dengan beton dapat dibangunnya bendungan, pipa saluran, pondasi, basement, bangunan pencakar langit maupun jalan raya.

Beton adalah material komposit yang tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air. Adapun bahan tambah yang digunakan dalam beton berupa bahan kimia pembantu (*admixture*) untuk mengubah sifat-sifat beton ketika masih berupa beton segar (*fresh concrete*) atau beton keras.

Beton mempunyai kuat tekan yang besar sementara kuat tariknya yang kecil. Tetapi sebelum material beton mengeras beton, campuran beton merupakan campuran yang plastis, sehingga keadaan ini sering kita sebut sebagai kelecakan beton.

Pada pekerjaan beton, sering kita mengenal istilah beton normal (*plain concrete*). Beton normal adalah beton yang menggunakan bahan dasar agregat, semen dan air. Sedangkan beton yang menggunakan admixture diberi nama yang lebih spesifik sesuai dengan spesifikasinya, misalnya beton mutu tinggi, beton mengalir (*flowing concrete*) dan lain sebagainya.

#### **2.2. MATERIAL YANG DIGUNAKAN**

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air. Jika diperlukan, bahan mineral pembantu (*Fly Ash*) dan bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan. Bahan mineral pembantu biasanya digunakan dengan berbagai tujuan, antara lain untuk mengurangi pemakaian semen, mengurangi bleeding atau menambah kelecakan beton segar. Sedangkan bahan tambah biasanya digunakan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton.

### 2.2.1. Semen

Semen merupakan bahan utama pembentuk beton yang bersifat hidrolis, yaitu akan memiliki sifat adhesif dan kohesif apabila telah bereaksi dengan air dan berperilaku sebagai perekat bagi agregat-agregat beton. Semen juga merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*). Penggunaan semen sudah lama, hingga pada tahun 1824 diusulkan oleh Joseph Aspdin, nama semen portland karena campuran air, pasir dan batu-batuan yang bersifat pozzolan dan berbentuk bubuk ini pertama kali di olah di pulau Portland, Inggris. Semen portland pertama kali di produksi di pabrik oleh David Saylor di Coplay Pennsylvania, Amerika Serikat pada tahun 1875. Sejak saat itu, semen portland berkembang dan terus di buat sesuai dengan kebutuhan.

Semen portland adalah semen yang banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Menurut ASTM C-150,1985, 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 dengan bahan utamanya.

Semen portland memiliki beberapa senyawa kimia yang masing-masing memiliki sifat sendiri-sendiri. Empat senyawa kimia yang utama dari semen portland antara lain Trikalsium Silikat ( $C_3S$ ), Dikalsium Silikat ( $C_2S$ ), Trikalsium Aluminat ( $C_3A$ ), Tetrakalsium Aluminoferrit ( $C_4AF$ ). Keempat senyawa utama dalam tabel 2.1 disebut **Komposisi Bogue**.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Paul Nugraha dan Antoni, *Teknologi Beton dari material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*, penerbit Andi, 2007

Nama Oksida Utama	Rumus Empiris	Rumus Oksida	Notasi Pendek	Kadar rata-rata (%)
Trikalsium Silikat	Ca <sub>3</sub> SiO <sub>5</sub>	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S	50
Dikalsium Silikat	Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S	25
Trikalsium Aluminat	Ca <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A	12
Tetrakalsium Aluminoferrit	Ca <sub>3</sub> SiO <sub>5</sub>	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF	8
Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum)		CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	C $\bar{S}$ H <sub>2</sub>	3,5

Tabel 2.1 Empat senyawa utama dalam semen portland

ASTM (*American Standard for Testing Material*) menentukan komposisi semen portland menjadi lima type, yaitu:

- a. **Type I** : Semen portland yang digunakan untuk semua bangunan beton yang tidak mengalami perubahan cuaca yang dasyat atau dibangun dalam lingkungan yang sangat korosif.
- b. **Type II** : Jenis semen yang mengeluarkan panas hidrasi lebih rendah serta dengan kecepatan penyebaran panas yang rendah pula, selain itu juga lebih tahan terhadap serangan sulfat.
- c. **Type III** : Jenis semen yang cepat mengeras, yang cocok untuk pengerasan beton pada suhu rendah. Jenis ini digunakan bilamana kekuatan yang harus dicapai dalam waktu sangat singkat dan biasanya dipakai pada pembuatan jalan yang harus cepat dibuka untuk lalu lintas.
- d. **Type IV** : Semen jenis ini menimbulkan panas hidrasi yang rendah
- e. **Type V** : Semen portland jenis ini tahan terhadap serangan sulfat serta mengeluarkan panas hydrasi 25%-40% lebih rendah dari semen type I.

Sifat dari semen portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sifat fisika dan sifat kimia. Adapun sifat dan karakteristik semen portland yang bersifat fisika, yaitu :

- a. Kehalusan butiran (*fineness*)

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya *bleeding* atau naiknya air

kepermukaan, tetapi menambah kecenderungan beton menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut.

b. Kepadatan (*density*)

Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah  $3,15 \text{ Mg/m}^3$ . Pada kenyataannya, berat jenis semen yang diproduksi berkisar antara  $3,05 \text{ Mg/m}^3$  sampai  $3,25 \text{ Mg/m}^3$ .

c. Konsistensi

Konsistensi semen Portland lebih banyak dipengaruhi pada saat pencampuran awal, yaitu pada saat terjadi pengikatan sampai pada saat beton mengeras. Konsistensi yang terjadi bergantung pada rasio antara semen dan air serta aspek-aspek bahan semen seperti kehalusan dan kecepatan hidrasi.

d. Waktu pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekan. Ada dua jenis waktu ikat semen, yaitu : 1) waktu ikat awal (*initial setting time*) yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan, 2) waktu ikat akhir (*final setting time*) yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras.

e. Panas hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram. Jumlah panas yang dibentuk antara lain bergantung pada jenis semen yang dipakai dan kehalusan butir semen.

f. Kekalan (perubahan volume)

Kekalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan-bahan campurannya dan kemampuan untuk mempertahankan volume setelah pengikatan terjadi. Di Indonesia menggunakan Standar Industri Indonesia, (SII-0013-81) yang mengadopsi ASTM C-150-80.

g. Kekuatan tekan

Kekuatan tekan semm diuji dengan cara membuat mortar yang kemudian ditekan sampai hancur. Contoh semen yang akan diuji dicampur dengan pasir silika dengan perbandingan tertentu, kemudian dibentuk menjadi kubus 5x5x5 cm. setelah berumur 3, 7, 14 dan 28 hari dan mengalami perawatan dengan perendaman, benda uji tersebut diuji kekuatan tekannya.

### 2.2.2. Agregat

Agregat adalah material granular (suatu bahan keras/kaku) yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau mortar. Agregat dapat berasal dari bahan organik dan an-organik. Dalam beton volume agregat akan menempati sekitar 70-75%.

Mengingat bahwa agregat menempati 70-57% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis. Pengaruhnya bisa dilihat pada tabel 2.2.

Sifat Agregat	Pengaruh pada	Sifat Beton
Bentuk, tekstur, gradasi	Beton cair	Kelecekan Pengikatan dan Pengerasan
Sifat Fisik, sifat kimia, mineral	Beton Keras	Kekuatan, kekerasan, ketahanan ( <i>durability</i> )

Tabel 2.2 Pengaruh sifat agregat pada sifat beton

Dalam teknologi beton, agregat yang digunakan terdiri dari banyak klasifikasi yaitu :

1. Penggolongan agregat berdasarkan asalnya yang akan diperoleh agregat dibagi menjadi dua, yaitu :
  - a. Agregat Alam  
Agregat alam adalah agregat yang menggunakan bahan baku batu alam atau hasil penghancurannya. Agregat alam ini dapat dibedakan menjadi 3

kelompok yaitu : kerikil dan pasir alam, agregat batu pecah, dan agregat batu apung.

b. Agregat Buatan

Agregat batuan adalah suatu agregat yang dibuat dengan tujuan penggunaan tertentu (khusus), atau karena kekurangan agregat dari batuan alam. Agregat yang umum dibuat adalah agregat ringan.

2. Penggolongan agregat berdasarkan berat isi beton yang akan diperoleh agregat dibagi menjadi tiga, yaitu :

a. Jenis agregat berat

- Berat isi beton yang akan diperoleh  $> 2400 \text{ kg/m}^3$ .
- Agregat yang umum dipakai : batu barit (berat jenis 4,15 - 4,45) dan bijih besi (berat jenis 4,4 - 5,00).
- Kegunaan beton berat untuk konstruksi reaktor.

b. Jenis agregat normal

- Berat isi beton yang akan diperoleh  $1800 - 2400 \text{ kg/m}^3$ .
- Agregat yang umum dipakai : agregat yang berasal dari batuan beku, endapan malihan dengan berat jenis 2,6 - 2,7.
- Kegunaan beton normal untuk konstruksi secara umum, bangunan gedung, jembatan, jalan, dan sebagainya.

c. Jenis agregat ringan

- Berat isi beton yang akan diperoleh berkisar antara  $300 - 1800 \text{ kg/m}^3$ .
- Agregat yang umum dipakai : batu apung, lempung bekal.
- Kegunaan beton ringan sebagai bata ringan dan konstruksi beton ringan.

3. Penggolongan agregat berdasarkan besar butiran yang akan diperoleh agregat dibagi menjadi dua, yaitu :

a. Agregat Halus

Definisi agregat halus adalah agregat yang butirannya menembus ayakan dengan lubang 4,8 mm.

Menurut British Standar (BS) yang juga dipakai di Indonesia saat ini. Kekasaran pasir dapat dibagi menjadi 4 (empat) kelompok gradasi (zone), yaitu pasir yang halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Keempat gradasi tersebut disebut sebagai Daerah I (zone 1), Daerah II (zone 2), Daerah III (zone 3), Daerah IV (zone 4).

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Tembus Kumulatif			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
9,6	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

Tabel 2.3 Syarat Gradasi Agregat Halus/Pasir Menurut SKSNI T-15-1990-03 [PU1]

c. Agregat Kasar

Agregat kasar yaitu agregat dengan butiran-butiran tertinggal di atas ayakan dengan lubang 4,8 mm, tetapi lolos ayakan 40 mm.

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Tembus Kumulatif			
	Ukuran Butir Nominal (mm)			
	37,5-4,75	25-4,75	19-4,75	12-4,75
50	100	-	-	-
37,5	95-100	100	-	-
25	-	95-100	100	-

19	35-70		90-100	100
12,5	-	25-60		90-100
9,5	30-6-		20-55	40-70
4,75	0-5	0-10	0-10	0-15
2,36	-	0-5	0-5	0-5

Tabel 2.4 Syarat Gradasi Agregat Kasar Menurut ASTM

4. Penggolongan agregat berdasarkan bentuk butiran yang akan diperoleh agregat dibagi menjadi dua, yaitu :
  - a. *Angular*, yang berarti tidak ada keausan. Dan secara umum merupakan bentuk yang terbaik untuk kelecakan beton.
  - b. *Well rounded*, yang berarti bulat, bentuk aslinya sudah tidak kelihatan namun untuk beton merupakan bentuk yang memiliki kekuatan yang tinggi.
  - c. Pipih (*flaky*), memanjang (*elongated*), dan pipih memanjang (*flaky & elongated*), yang merupakan bentuk yang kurang baik untuk beton karena sulit untuk dipadatkan. Menurut SII, agregat yang berbentuk pipih memanjang tidak boleh lebih dari 20% berat.

Adapun fungsi agregat dalam beton :

- a. Menghemat penggunaan bahan perekat.
- b. Mengurangi susut pada beton.
- c. Menambah/ meningkatkan kekuatan.
- d. Mengendalikan kemudahan dikerjakan.
- e. Dengan gradasi yang baik kan menjadikan beton padat.

### 2.2.3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung



minyak, asam, alkali, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan, menurunkan kualitas beton dan merusak sifat-sifat beton yang dihasilkan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut Faktor Air Semen (*water cement ratio*). Air yang berlebih akan menyebabkan 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, kekuatan beton pada umur 7 hari dan 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar/suling.

#### **2.2.4. Bahan Mineral Pembantu (*Fly Ash*)**

*Fly Ash* (abu terbang) adalah material yang berasal dari sisa pembakaran batubara yang tidak terpakai. Pembakaran batu bara kebanyakan digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap. PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) yang menghasilkan abu terbang ini misalnya PLTU Suralaya dan PLTU paiton. Abu terbang juga dihasilkan oleh pabrik kertas maupun pabrik kimia. Sekitar 75-90% abu yang keluar dari cerobong asap dapat ditangkap oleh system elektrostatik precipitator. Sisa yang lain didapat di dasar tungku (disebut *bottom ash*). Mutu fly ash tergantung pada kesempurnaan proses pembakarannya.

Material ini mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik. Kandungan fly ash sebagian besar terdiri dari silikat dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dan kalsium ( $\text{CaO}$ ), serta magnesium, potassium, sodium, titanium, dan sulfur dalam jumlah yang lebih sedikit.

Sebagian besar komposisi kimia dari abu terbang tergantung tipe batu bara. Menurut ASTM C618-86, terdapat dua jenis abu terbang, kelas F dan C. Kelas F dihasilkan dari pembakaran batubara jenis antrasit dan bituminous, sedangkan kelas C dari batubara jenis lignite dan subbituminous. Kelas C memiliki

kadar kapur tinggi. Fly Ash dapat dibedakan menjadi 3 jenis (ACI Manual of Concrete Practice 1993 Parts 1 226.3R-3), yaitu :

a. Kelas C

Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara (batubara muda).

- Kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 50%.
- Kadar CaO mencapai 10%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 35% dari total berat binder.

b. Kelas F

Fly ash yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batubara.

- Kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 70%.
- Kadar CaO < 5%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 25% dari total berat binder.

c. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chertz dan shales, tuff dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik.

Penggunaan fly ash dalam campuran beton mempunyai beberapa keunggulan, yaitu :

a. Pada beton segar

- Kehalusan dan bentuk partikel *fly ash* yang bulat dapat meningkatkan *workability*.
- Mengurangi terjadinya bleeding dan segregasi.

b. Pada beton keras

- Kontribusi peningkatan kuat tekan beton pada umur setelah 52 hari.
- Meningkatkan durabilitas beton.

- Meningkatkan kepadatan (*density*) beton.
- Mengurangi terjadinya penyusutan beton.

### 2.2.5. Bahan Tambah (*Admixture*)

*Admixture* adalah bahan-bahan yang ditambahkan kedalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

*Admixture* atau bahan tambah didefinisikan dalam *Standard Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C.125) dan dalam *Cement Terminology* (ACI SP-19) sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi.

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 saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) sedangkan bahan tambah aditif yaitu yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan.

Menurut ACI *Committee* 212.1R-81, jenis bahan tambah untuk beton dikelompokkan dalam lima kelompok, yaitu : *accelerating, air-entraining, water reducer, and set-controlling, finely devided mineral* dan *miscellaneous*. Sedangkan menurut standar ASTM C.494 dan pedoman Beton 1989 SKBI. 1.4.53.1989, jenis bahan tambah kimia di bedakan menjadi tujuh tipe bahan tambah, yaitu pada tabel 2.5 dibawah ini.

<b>JENIS</b>	<b>DEFINISI</b>
<b>Tipe A “Water-Reducing Admixtures”</b>	Bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.
<b>Tipe B “Retarding Admixtures”</b>	Bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton.
<b>Tipe C “Accelerating Admixtures”</b>	Bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
<b>Tipe D “Water-Reducing and Retarding Admixtures”</b>	Bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.
<b>Tipe E “Water-Reducing and Accelerating Admixtures”</b>	Bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awalnya
<b>Tipe F “Water-Reducing, High Range Admixtures”</b>	Bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Jenis bahan tambah ini dapat berupa <i>superplasticizer</i> .
<b>Tipe G “Water-Reducing, High Range Retarding Admixtures”</b>	Bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga menghambat pengikatan beton

Tabel 2.5. Jenis dan Definisi bahan tambah kimia menurut ASTM

### 2.2.6. Plasticizer/ Superplasticizer

Kegunaan superplasticizer (HRWRA) ataupun plasticizer (WRA) pada beton dapat mengurangi penggunaan air, tanpa harus kehilangan kekecakkannya. Tetapi penggunaan HRWRA dan WRA ini harus hati-hati, baik dari segi dosis maupun dari segi waktu. Karena akibat penggunaan HRWRA/WRA campuran beton sangat dipengaruhi oleh variable waktu. Superplasticizer dapat mengatasi dampak buruk dari bentuk agregat yang buruk dan juga gradasi agregat yang buruk.

Penggunaan superplasticizer pada SCC sangat lazim digunakan. Bahan dan jenis superplasticizer beragam sesuai dengan penelitian dan manufaktur dari industri pembuatnya. Adapun keuntungan dari penggunaan superplasticizer ini antara lain :

- a. Menambah kekuatan tekan (*Compressive Strength*)
- b. Menambah kekuatan flexural
- c. Modulus elastisitas tinggi
- d. Permeabilitas yang rendah
- e. Meningkatkan durability
- f. Meningkatkan kelecakan beton segar

Cara kerja superplasticizer untuk meningkatkan kelecakan adalah dengan menurunkan yield-value fresh concrete dan plastisitas. Akibatnya beton segar sulit menahan beratnya sendiri. Pada kondisi ini kita akan mendapatkan nilai slump yang tinggi.

Ada empat macam atau kelompok superplasticizer yaitu :

- a. Sulfonated melamine formaldehyde condensates (MSF)
- b. Sulfonated naphthalene formaldehyde condensates (NSF)
- c. Modified Lignosulfates
- d. Carboxyl acrylic ester copolymer

## **2.3. SIFAT-SIFAT BETON**

### **2.3.1. Kekuatan beton**

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 Part 115; Part 116 pada umur 28 hari.

Kekuatan tekan relatif antara benda uji silinder dan kubus ditunjukkan pada Tabel 2.6 (menurut standar ISO)

Kuat Tekan (Mpa)	7,0	15,2	20,0	24,1	26,2	34,5	36,5	40,7	44,1	50,3
Kekuatan Rasio Silinder/ Kubus	0,76	0,77	0,81	0,87	0,91	0,94	0,87	0,92	0,91	0,96

Tabel 2.6 Rasio Kuat Tekan Silinder –Kubus<sup>2</sup>

### 2.3.2. Kelecekan/ mudah dikerjakan (*workabilitas*)

Kemudahan pengejaan beton merupakan salah satu kinerja utama yang dibutuhkan. Walaupun suatu struktur beton dirancang agar mempunyai kuat tekan yang tinggi, tetapi jika rancangan tersebut tidak dapat diimplementasikan dilapangan karena sulit untuk dikerjakan maka rancangan tersebut menjadi percuma. Kemajuan teknologi membawa dampak yang nyata untuk mengatasi hal ini, yaitu dengan penggunaan bahan tambah untuk memperbaiki kinerja.

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain :

- a. Jumlah air pencampur. Semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.
- b. Kandungan semen. Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya pun akan lebih tinggi.
- c. Gradasi campuran pasir-kerikil. Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
- d. Bentuk butiran agregat kasar Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan.
- e. Butir maksimum.
- f. Cara pemadatan dan alat pemadat.

<sup>2</sup> Neville, "Properties of Concrete", 3rd Edition, pitman Publishing, London, 1981, p. 544

### 2.3.3. Ketahanan (*Durability*)

Struktur beton harus mampu menghadapi kondisi di mana dia direncanakan, tanpa mengalami kerusakan (*deteriorate*) selama jangka waktu yang direncanakan. Beton yang demikian disebut mempunyai ketahanan yang tinggi (*durable*). Kurangnya ketahanan dapat disebabkan oleh pengaruh luar seperti pengaruh fisik, kimia maupun mekanis, misalnya pelapukan oleh cuaca, perubahan temperatur yang dratis, abrasi, aksi elektrolisis, serangan oleh cairan atau gas alami ataupun industri.

Sifat daya tahan beton merupakan sifat dimana beton harus tahan terhadap pengaruh lingkungan dan cuaca. Sifat dari daya tahan beton dapat dibedakan dalam beberapa hal, diantaranya :

- a. Tahan terhadap pengaruh cuaca  
Pengaruh yang dimaksud adalah pengaruh cuaca panas dan dingin atau basah dan kering serta polusi udara, akan menimbulkan perubahan warna dan kerusakan-kerusakan lainnya pada permukaan beton.
- b. Tahan terhadap pengaruh kimia  
Daya perusak kimiawi oleh bahan-bahan seperti air laut, rawa-rawa dan air limbah, zat-zat kimia hasil industri dan air limbahnya, buangan air kotor kota dan sebagainya perlu diperhatikan terhadap keawetan beton.
- c. Tahan terhadap erosi  
Erosi ini disebabkan oleh gerakan air yang mengalir dengan cepat, seperti arus sungai, hempasan gelombang laut dan sebagainya.

### 2.3.4. Sifat-sifat lain

Adapun sifat-sifat lain yang dimiliki beton yang mempengaruhi mutu beton, yaitu :

- a. **Segregasi**, segregasi terjadi karena turunnya butiran ke bagian bawah dari beton segar, atau terpisahnya agregat kasar dari campuran, akibat cara penuangan dan pemadatan yang salah.
- b. **Bleeding**, bleeding sering terjadi setelah beton dituang dalam acuan. Bias dilihat terbentuknya lapisan air pada permukaan beton. Karena berat jenis

semen lebih dari tiga kali berat jenis air maka butir semen dalam pasta, terutama yang cair, cenderung turun.

- c. **Temperatur**, temperatur tinggi menambah kecepatan hidrasi semen. Ini mengakibatkan dua pengaruh yang sangat berlawanan pada kekuatan beton, yaitu pada kekuatan awal dan kekuatan akhir.
- d. **Penyusutan (sringkage)**, Shrinkage adalah perubahan volume beton. Rambatan suhu (perubahan suhu) pada beton selama pengikatan dan proses pengerasan, yang disebabkan adanya hidrasi semen oleh air menyebabkan terjadinya efek pemuai pada beton.
- e. **Rangkak (creep)**, rangkak adalah perubahan bentuk dibawah beban tetap. Pemberian beban pertama-tama akan menyebabkan deformasi elastis. Pemberian beban yang diperpanjang durasinya akan menyebabkan deformasi yang lambat yang disebut rangkak (*creep*), juga disebut *flow* atau *plastis yield*.
- f. **Modulus Elastisitas**, dan lain sebagainya.

#### 2.4. BETON PRECAST

Istilah 'beton precast' atau beton pracetak digunakan karena beton tersebut diproduksi di dalam pabrik yang bersifat permanen atau dalam kondisi lapangan sementara dengan pemasangan di lapangan (*erection*) sebagai penyelesaian akhir. Konstruksi dengan sistem beton pracetak pada berbagai bentuk konstruksi merupakan sistem alternatif dari sistem yang selama ini dipakai yaitu sistem cor di tempat (*cast insitu concrete*).

Patent pertama untuk beton precast dibuat pada tahun 1875 oleh William lascelles, untuk system bangunan perumahan. Eugene Freyssinet dari Perancis mengembangkan beton precast pada tahun 1927. Pada tahun 1946 diperkenalkan cladding dari beton precast untuk bangunan tingkat tinggi dengan percobaan Le Corbusier pada kehidupan urban : *Unite d'Habitation* di Marseilles.

Pada prinsipnya sistem pelaksanaan antara beton pracetak dengan sistem beton cor di tempat sangatlah sedikit perbedaannya, yaitu bahwa pelaksanaan beton cor ditempat semua bahan dan alat yang dipakai berada pada tempat dimana



konstruksi tersebut akan dibuat. Sedangkan untuk pelaksanaan dengan sistem beton pracetak, bahan yang akan digunakan telah diproduksi dipabrik dengan bentuk konstruksi sesuai dengan gambar desain kemudian di kirim ke lapangan untuk di pasang dengan alat yang telah tersedia di lapangan, misalnya mobil *crane* atau *tower crane*.

Adapun keuntungan dan kerugian dalam pemakaian beton pracetak, yaitu :

1. Keuntungan

- a. Waktu pelaksanaan sebuah konstruksi akan lebih cepat
- b. Efisiensi pekerjaan-pekerjaan bekisting (cetakan)
- c. Konstruksi tidak dipengaruhi cuaca
- d. Produksi dapat di buat massal dan presisi
- e. Produk yang dihasilkan akan lebih baik

2. Kerugian

- a. Sambungan-sambungan antara elemen bentuk pracetak menjadi perhatian khusus
- b. Beton pracetak tidak dapat di desain dengan ukuran yang terlalu besar untuk setiap unit/elemen.
- c. Membutuhkan alat berat untuk pengangkutan, penyimpanan dan pemasangannya.
- d. Dilihat dari sudut pandang arsitektur, bentuk dari beton pracetak tidak indah dan kaku karena bentuknya yang seragam.

## 2.5. BETON MUTU TINGGI

Sesuai dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, ternyata beton mutu tinggi juga berubah sesuai dengan perkembangan jaman dan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai. Sebenarnya sudah sejak lama beton mutu tinggi digunakan untuk bangunan tinggi dan berhasil diproduksi untuk pekerjaan-pekerjaan khusus dibeberapa Negara maju.

Banyak parameter yang mempengaruhi kekuatan tekan beton, diantaranya adalah kualitas bahan-bahan penyusunnya, rasio air-semen yang rendah dan kepadatan yang tinggi. Beton segar yang dihasilkan dengan memperhatikan parameter tersebut biasanya sangat kaku, sehingga sulit dibentuk atau dikerjakan terutama pengerjaan pemadatan. Namun semenjak ada admixture sebagai bahan pengencer dari beton yang berefek mencairkan beton tanpa menambah campuran air dalam beton, maka hal tersebut tidak menjadi masalah.

Kekuatan tekan akhir sebuah beton keras akan ditentukan oleh konstituen yang terlemah. Konstituen utama beton padat terdiri dari agregat kasar yang biasanya berbentuk batu dan matriks semen-pasir.

## **2.6. SELF COMPACTING CONCRETE**

### **2.3.1. Definisi *Self-Compacting Concrete***

*Self-Compacting Concrete* adalah beton performance tinggi yang dapat mengalami konsolidasi dengan sendirinya (memadat sendiri) tanpa bantuan alat pemadat seperti penggetar atau sejenisnya. Dengan kemampuan berkonsolidasi sendiri *Self-Compacting Concrete* juga mampu menjangkau ruang yang banyak tulangnya atau ruang-ruang sempit dan jauh. Homogenitas beton lebih mungkin terjadi pada *Self-Compacting Concrete* akibat reduksi faktor pengerjaan casting beton.

Untuk beton biasa, kita akan membutuhkan ketrampilan khusus untuk melakukan proses pemadatan beton dengan baik. Pelaksanaan pemadatan mungkin tidak merata, memakan waktu yang lebih lama, bahkan kadang sukar dilakukan terutama bila struktur yang dibuat melengkung seperti jembatan-jembatan model arch (busur). Pemadatan dengan vibrator ini berarti biaya dan berhadapan dengan peluang kesalahan pengerjaan, memakan banyak waktu dan tenaga. Kualitas pekerja akan mempengaruhi kualitas dan kekuatan beton. Kehadiran *Self Compacting Concrete* diharapkan mampu menjawab tantangan ini. Bagaimana caranya, akan kita uraikan pada bagian selanjutnya.

Kontrol yang diperlukan dalam penggunaan *Self Compacting Concrete* dilapangan hanyalah penanganan campuran yang tepat. Begitu campuran beton

jadi, maka pekerjaan itu relative memiliki variasi hasil yang kecil, Karena faktor yang harus diperhatikan dalam penentuan campuran ditentukan terlebih dahulu. Seperti : cara penyaluran pasta beton ke cetakan, apakah dipompa atau diangkut dengan roda/pita berjalan. Perlu diperhatikan pula kandungan udara yang diperlukan, viskositas dan kohesif pasta beton.

### 2.6.1.1. Manfaat *Self Compacting Concrete*

Manfaat *Self Compacting Concrete* yang sangat dirasakan bila pekerjaan beton bersifat misal. Beberapa laporan menyebutkan penggunaan *Self Compacting Concrete* untuk pembuatan angkur jembatan, pembuatan dam, pekerjaan subbase precast terowongan dan lain sebagainya. Penerapan penggunaan metode *Self Compacting Concrete* ditahap pabrik untuk mengerjakan beton-beton precast juga mengalami peningkatan.

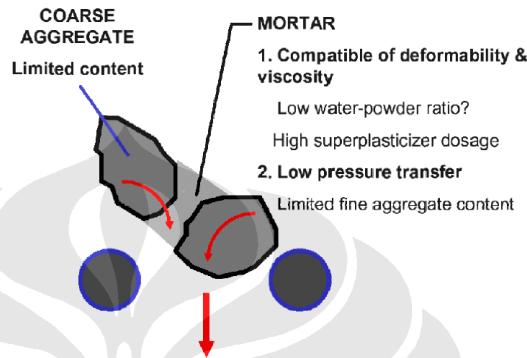
Beberapa faktor yang dapat dipandang sebagai keuntungan *Self Compacting Concrete* bila dibandingkan dengan beton normal/biasa dapat dilihat pada Tabel 2.7

<b>Faktor</b>	<i>Self-Compacting Concrete</i>
<b>Waktu Konstruksi</b>	Lebih Cepat
<b>Tenaga Kerja Lapangan</b>	Berkurang
<b>Permukaan beton</b>	Lebih baik
<b>Peletakan (Placing)</b>	Lebih Mudah
<b>Durability</b>	Meningkat
<b>Kebebasan Desain Struktur</b>	Meningkat
<b>Ketebalan Penampang Beton</b>	Lebih Tipis
<b>Tingkat kebisingan</b>	Berkurang
<b>Keamanan SITE</b>	Lebih aman

Tabel 2.7 Manfaat *Self-Compacting Concrete*

### 2.6.1.2. Mekanisme Konsolidasi Sendiri dari *Self Compacting Concrete*

Metode pemadatan yang dikembangkan dalam *Self Compacting Concrete* bukan hanya untuk menghasilkan beton yang padat tetapi juga untuk mencegah terjadinya segregasi agregat dan mortar pada saat pasta mengalir dari titik yang banyak tulangan.



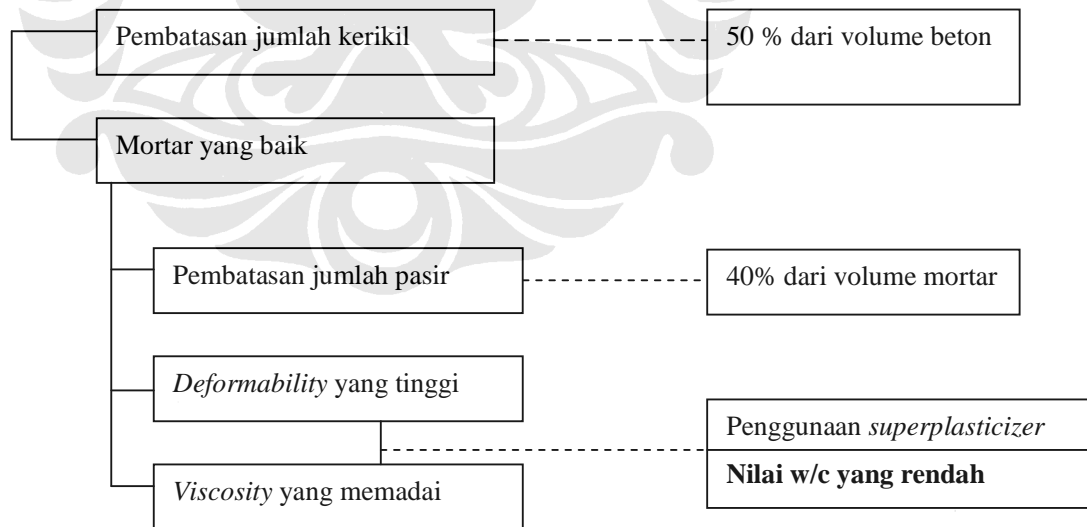
Gambar 2.1 Mekanisme Konsolidasi *Self Compacting Concrete*<sup>3</sup>

Untuk mendapatkan kondisi *Self Compacting Concrete* pada campuran beton, agregat harus terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar dan semen menjadi material utama yang akan menahan tegangan. Agregat halus berfungsi mengisi celah-celah yang tidak terisi oleh agregat kasar. Agregat halus akan menyalurkan gaya dalam juga. Untuk mendapatkan *Self Compacting Concrete*, maka jumlah agregat kasar harus dikurangi bila dibandingkan dengan jumlah agregat kasar pada beton normal. Sebaliknya jumlah agregat halus pada beton *Self Compacting Concrete* menjadi bertambah. Penambahan kandungan agregat halus berfungsi agar beton *Self Compacting Concrete* itu dapat mengalir dengan baik dan karena ukurannya yang kecil maka agregat halus ini diharapkan akan selalu mengisi ruang-ruang yang kosong selama pengecoran. Maka dibutuhkan juga sifat kekentalan beton untuk mendukung pergerakan agregat ini.

Kekentalan ini mempunyai sifat mengalir tetapi memiliki sifat padat (tidak encer) yang baik (kohesif), penambahan air akan memberikan mobilitas pada pasta beton. Artinya meningkatkan *flowability*. Namun penggunaan air ini dapat

<sup>3</sup> *Self-Compacting Concrete*, hajime okamura and masahiro ouchi, *journal of advanced concrete technology*, vol.1, no.1, 2003

meningkatkan potensi terjadinya segregasi. Dan apabila beton sudah mengering ruang yang dulunya terisi oleh air yang berlebihan tersebut akan menjadi pori-pori sehingga beton tidak lagi memiliki kepejalan. Bila distribusi partikel agregat kita baik, maka sifat mengalir pasta beton lebih bisa dipertahankan. Saat ukuran besar tertahan, maka ukuran kecil akan tetap mengalir mengisi celah-celah yang ada. Energi yang berasal dari alat-alat pemadatan atau alat-alat penggetar dapat memberikan energi yang mengakibatkan segregasi pada saat pengecoran. Ilustrasinya dapat dilihat dari gambar ukuran Agregat mempengaruhi *passing ability*, dimana bila agregat yang terdesak diantara pembesian atau diantara kerapatan partikel disekitarnya malah akan bergerak akibat getaran yg terjadi dan akibat reaksi balik pembesian yang rapat yang seolah memuntahkan partikel-partikel yg mencoba melewati celah-celah sempit. Dari uraian diatas, untuk memperoleh *flowability* beton *Self Compacting Concrete* maka digunakan perbandingan antara agregat halus dan agregat kasar yang baik, serta pengurangan jumlah air. Namun pengurangan jumlah air menyebabkan *Workability*-nya rendah. Untuk mengatasi ini dapat digunakan *admixture* yang berfungsi meningkatkan plastisitas pasta beton. Admixture ini adalah ADVA *Superplasticizer (High Range Water Reducing Admixture)*.



Gambar 2.2 Metode mendapatkan *Self-Compacting Concrete*

## 2.3.2. Sifat beton dengan campuran

### 2.6.2.1. Pengaruh stabilitas beton terhadap performance beton

Stabilitas dapat kita artikan sebagai kemampuan campuran *Self Compacting Concrete* untuk mempertahankan penyebaran material tercampur secara merata (seragam).

Instabilitas dapat berbentuk bleeding, penumpukan (*settlement*) agregat kasar dan menjadi penghalang dalam aliran. Penyebab instabilitas dapat bermacam-macam. Misalnya karakteristik campuran, susunan tulangan, tinggi jatuh pengecoran dan tekanan yang digunakan pada pompa. Kestabilan dikategorikan dalam dua kategori, stabilitas dinamis dan stabilitas statis.

Stabilitas dinamis adalah karakteristik beton yang mampu mencegah segregasi pada saat pengecoran. Salah satu yang menyebabkan segregasi pada saat pengecoran adalah energi input dalam bentuk vibrasi (getaran). Energi ini berasal dari pompa, tinggi jatuh. Selain itu bentuk bekisting, kelengkungan dan penghalang seperti pembesian dapat memisahkan semen dari agregatnya (*aggregate blocking*), dan karakteristik SCC yang bersangkutan dengan ini disebut kemampuan melewati (*passing ability*).

Stabilitas statis berhubungan dengan ketahanan campuran beton terhadap bleeding, segregasi dan penurunan partikel. Jika beton secara statis tidak stabil, maka partikel yang berat akan turun sebaliknya partikel yang ringan akan naik. Pada beton normal partikel paling ringan adalah udara dan air sehingga udara dan air akan bergerak kepermukaan sehingga akan mengurangi pengerasan pada beton. Hal pokok yang bersangkutan dengan stabilitas statis adalah kekuatan gravitasi dan waktu<sup>4</sup>

Variable material	Efek terhadap stabilitas dinamis	Efek terhadap stabilitas statis
Semen	Memberi kekentalan ( <i>viscosity</i> ) pada pasta sehingga kemungkinan separasi ( <i>separation</i> ) agregat rendah	Memberi kekentalan ( <i>viscosity</i> ) pada pasta sehingga kemungkinan separasi ( <i>separation</i> ) agregat rendah
Agregat	Ukuran volume berkaitan erat dengan <i>passing ability</i> pada titik-titik yang	Baik volume ataupun berat jenis agregat berpengaruh pada potensi

<sup>4</sup> Stability of self –consolidating Concrete, Assumed or ensured?, Joseph A. Dacko

<b>kasar</b>	sukar dilalui pasta beton	pengendapan ( <i>settlement</i> ) dan segregasi. Gradasi mempengaruhi bleeding
<b>Agregat halus</b>	Ukuran volume tidak memberi dampak dinamis	Gradasi mempengaruhi potensi bleeding dan segregasi. Berat jenis terhadap settlement
<b>Air</b>	Mempengaruhi <i>viscosity</i> pada titik-titik yang terhalang ( <i>blocking area</i> )	Pengaruh <i>viscosity</i> memberi potensi segregasi
<b>Admixture</b>	Merusak beton bila <i>overdosis</i>	Merusak beton bila <i>overdosis</i>

Tabel 2.8 Pengaruh variabel material terhadap stabilitas beton<sup>5</sup>

Metode Test	Statik/Dinamik	Karakteristik Stabilitas
L-Box	Dinamik	Passing Ability/Blocking Resistance
U-Box	Dinamik	Passing Ability/Blocking Resistance
J-Ring	Dinamik	Passing Ability/Blocking Resistance
Slump Flow	Statik/Dinamik	Flow Separation, Static Segregation, Air Migration
GTM Screen Stability Test	Statik	Statik Segregation
Pressure Bleeding Test	Statik/Dinamik	Dinamic Segregation
Coloumn Segregation Test	Statik	Statik Segregation
Bleeding Test (ASTM C 232)	Statik	Bleed
V-Funnel	Dinamik	Passing Ability/Blocking Resistance
Surface Settlement	Statik	Segregasi Statik
Penetration Apparatus	Statik	Aggregate Settlement
Orimet	Dinamik	Dinamic Segregation

Tabel 2.9 Metode Test Stabilitas dan Pengukuran Karakteristik

#### 2.6.2.2. Efek segregasi dan bleeding

Segregasi dapat dikarenakan campuran beton yang encer (mudah mengalir). Bisa juga karena adanya getaran yang dihasilkan vibrator, yang mengakibatkan terjadinya pengelompokan material-material yang sejenis. Penggunaan air untuk menghasilkan beton yang *flowable* berpotensi besar mengalami segregasi, apalagi jika pelaksanaan pekerjaan beton menggunakan pompa. Efek buruk dari segregasi ini adalah beton yang tidak homogen. Sehingga kekuatan beton yang rendah, dan durabilitasnya rendah akibat porositasnya yang

<sup>5</sup> Joseph A. dacko, et.al

tinggi. Bleeding dapat terjadi diakibatkan air yang berlebihan. Air ini naik kepermukaan beton. Pada bagian pembesian horizontal siar yang berlebihan akan terperangkap pada sisi bawah besi horizontal. Menyebabkan formasi yang lemah. Dipermukaan beton, akibat bleeding, beton akan lebih lambat mengalami proses setting. Akibat bleeding pada permukaan beton ini, terjadilah yang disebut *laitance*, yaitu lapisan yang hanya tersusun oleh air dan semen. Bahaya retak rambut pada permukaan ini, yang dapat mengkontaminasi material dalam beton setelah struktur dibebani beban layan.

#### **2.6.2.3. Slump test dan slump flow test**

Uji slump test yang dilakukan menggunakan standard ASTM C 143. Peralatan dalam uji slump adalah kerucut terpotong (*cone*), kedua ujungnya terbuka (tanpa penutup), diisi campuran beton dan diletakan pada permukaan bidang datar. Kemudian cone diangkat dengan cepat. Tinggi penurunan adalah nilai slump sedangkan diameter akhir puncak pasta adalah nilai *slump flow test*. Uji slump banyak dilakukan karena mudahnya. Variabel yang teruji pada uji ini adalah tegangan. Pasta hanya akan bergerak bila tegangan lelehnya dibawah berat pasta. Sehingga nilai uji slump berkaitan dengan kekuatan (tegangan) beton. Variasi nilai uji slump dipengaruhi oleh proporsi campuran beton.

#### **2.6.2.4. Manfaat workabilitas**

Workabilitas adalah sifat kemudahan campuran beton untuk digunakan dalam kegiatan konstruksi. Termasuk didalamnya pengangkutan dan pencetakan. Untuk beton normal termasuk dalam hal pemadatan. Seiring dengan perkembangan sentuhan arsitektur dan pemahaman stuktur yang lebih baik., sering kita jumpai bentuk-bentuk struktur yang melengkung, dimana bentuk kelengkungannya menyebabkan sulitnya penggunaan alat vibrator. Inilah salah satu wilayah dari pendefinisian workabilitas itu. Kemudahan pengerjaan, pencetakan. Campuran beton harus kohesif agar terhindar dari kemungkinan keropos, *water gain* (berkumpulnya air dibawah partikel agregat akibat bleeding) dan campuran harus terhindar dari kesukaran akibat segregasi. Untuk mengukur



workabilitas ini, salah satu variabel yang menentukan adalah pengujian nilai slump. Dimana nilai slump erat kaitannya dengan rasio jumlah air dan semen (nilai w/c) yang digunakan. Untuk beton normal, pengaruh nilai slump pada tabel berikut ini sebagai gambaran awal hubungannya terhadap workabilitas sebagai berikut :

<b>Tingkat workabilitas</b>	<b>Slump (mm)</b>
Sangat rendah	0 – 25
Rendah sampai sedang	25 – 50
Sedang sampai tinggi	50 - 100
tinggi	100 - 175

Tabel 2.10 Workabilitas dan nilai slump beton normal

Pengujian workability yang akan dilakukan menggunakan ASTM sebagai standar. Yaitu ASTM C-143-30A. Dengan apparatus silinder terpancung, dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, ketinggian 30 cm.

Sebagai referensi, hajime menyarankan pula beton SCC yang baik agar memiliki slump antara 200mm hingga 250 mm. dan untuk nilai slump flow, disarankan antara 550 mm-700 mm. Namun banyak referensi yang menyebutkan merencanakan nilai slumpnya loss (ketinggian campuran yang tersisa relative kira-kira sebesar ukuran agregat maksimumnya). Hal ini akan di bahas pada bab analisa

Beberapa test yang berbeda yang dilakukan untuk menentukan karakteristik properties dari beton SCC adalah merupakan parameter-parameter yang menentukan workabilitas dari beton. Tabel metode test untuk properties workabilitas pada beton SCC dapat dilihat pada table dibawah ini :

<b>No</b>	<b>Metode</b>	<b>Property</b>
1	Slump-Flow dengan Abrams Cone	Filling ability
2	T50 cm slump flow	Filling ability
3	J-ring	Passing ability
4	V-funnel	Filling ability
5	V-funnel pada T 5 menit	Segregation resistance

6	L-box	Passing ability
7	U-box	Passing ability
8	Fill-box	Passing ability
9	GTM screen stability test	Segregation resistance
10	Orimet	Filling ability

Tabel 2.11 Daftar Metode Test Properties Workabilitas dari beton SCC

Untuk metode alternatif yang digunakan pada properties workabilitas properties pada beton SCC dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Property	Lab Test Method	Field test method
Filling ability	Slump-flow dengan Abrams cone	Slump-flow dengan Abrams cone
	T50 cm slump flow	T50 cm slump flow
	V-funnel	V-funnel
	Orimet	Orimet
Passing ability	L-box	J-ring
	U-box	
	Fill-box	
Segregation resistance	V-funnel pada T 5 menit	V-funnel pada T 5 menit
	GTM screen stability test	GTM screen stability test

Tabel 2.12 Metode Alternatif Test Properties Workabilitas dari Beton SCC

Kriteria workabilitas untuk menentukan apakah beton dapat dikategorikan sebagai beton SCC (*SelfCompacting Concrete*) dengan MSA (*Maximum Aggregate Size*) 20 mm ditunjukkan pada tabel di bawah ini :

Metode	Unit	Range Nilai	
		Minimum	Maximum
Slump-flow dengan Abrams cone	mm	650	800
T50 cm slump flow	sec	2	5
-ring	mm	0	10
V-funnel	sec	6	12
V-funnel pada T 5 menit	sec	0	3
L-box	(h2/h1)	0,8	1
U-box	(h2-h1) mm	0	30
Fill-box	%	90	100

GTM screen stability test	%	0	15
Orimet	sec	0	5

Tabel 2.13 Kriteria Range Nilai untuk SCC

#### 2.6.2.5. *Manfaat waktu ikat*

Waktu ikat adalah waktu yang dibutuhkan melakukan proses hidrolisis, dimana hingga satu waktu tertentu, beton tersebut sudah memiliki kekuatan tertentu pula. ASTM menetapkan bahwa waktu yang dibutuhkan beton agar memiliki kuat desak 500 Psi disebut sebagai Initial Setting Time. Sedangkan waktu yang dibutuhkan pasta beton memiliki kekuatan desak 4000 psi disebut sebagai Final Setting Time. Tujuan pengukuran waktu adalah mengidentifikasi waktu yang tersedia untuk beton dalam melakukan mekanisme konsolidasinya. Jika waktu ikat terlalu cepat, maka proses konsolidasi mungkin tidak maksimal. Apalagi bila beton yang kita gunakan adalah beton ready-mix. Sehingga antara tempat pencampuran beton hingga tempat dimana kegiatan konstruksi dilakukan saja sudah membutuhkan waktu.

Secara mikrostruktur, waktu ikat juga erat kaitannya dengan kemungkinan timbulnya *cold Joint*, dimana kehadiran cold joint akan mengganggu proses penyebaran pasta beton itu. Cold joint akan terjadi bila setting time terlalu cepat dan proses pengecoran lama, akibat volume pengecoran yang besar (*mass concrete*). Seperti teruraikan sebelumnya, penggunaan vibrator dapat menambah waktu dari proses pengecoran. Yang artinya menambah pula cold joint yang terjadi. Namun waktu ikat tidak boleh terlalu lama, untuk menghindari terjadinya bleeding atau pun pemisahan zat-zat cair dari pasta beton, menghindari settlement dan menghindari penumpukan material-material yang memiliki berat jenis yang sama.

#### 2.6.2.6. *Faktor air semen*

Faktor air semen adalah perbandingan antara kadar air dan semen. Perbandingan ini sering dinyatakan dalam berat. Bila faktor air semen berdasarkan volume maka harus disebutkan dengan jelas bahwa rasio tersebut berdasarkan

volume. Yang termasuk semen adalah semen yang digunakan pada campuran beton. Tetapi seiring dengan penggunaan admixture bahan-bahan mineral yang bersifat semen maka faktor c sering dinyatakan sebagai factor cm sehingga w/c menjadi w/cm, dimana cm adalah total material semen dan cementious. Pada skripsi ini hanya semen yang digunakan sehingga istilah yang digunakan adalah w/c. pada istilah Indonesia w/c sering disebut sebagai Faktor Air Semen (FAS).

Perubahan nilai w/c pada beton adalah pada komposisi beton. Perubahan yang disebabkan w/c pada beton terjadi pada banyak properties beton. Sering dikaitkan dengan penurunan rasio w/c menambahkan kekuatan tekan beton. w/c yang rendah maka workability menjadi rendah pula. Hal ini mengakibatkan beton sukar dikerjakan.

Pada SCC, kedua hal ini dapat diantisipasi. Penggunaan w/c yang rendah dimaksudkan untuk meningkatkan kekuatan. Penggunaan admixture diperlukan untuk meningkatkan workabilitynya.

#### ***2.6.2.7. Efek penggunaan superplasticizer pada workabilitas beton***

Pada beton SCC bahan admixture superplasticizer lazim digunakan untuk mendapatkan efek plastis karena perbandingan air-semen yang rendah. Agar terjadi konsolidasi yang baik maka pada beton SCC diusahakan terjadi drop slump yang besar atau memiliki fluidity yang besar pada batas tertentu.

Penggunaan superplasticizer pada beton SCC akan mempengaruhi slump loss (loss workability). Dengan rasio air-semen yang rendah maka diperlukan dosis yang efektif untuk mencapai slump loss yang efektif juga, sehingga diperoleh workabilitas beton SCC yang baik.

### **2.7. ADVA SUPERPLASTICIZERS**

*ADVA Superplasticizers* merupakan produk yang digunakan dalam membuat beton menjadi *Self Compacting Concrete*. Sehubungan dengan misi W.R. Grace's sebagai pemimpin teknologi global untuk campuran beton dengan bahan tambah, superplasticizers, ditandai di bawah merek dagang ADVA, telah dikembangkan untuk industri beton. Setelah dipatenkannya teknologi Comb

polimer, ADVA superplasticisers adalah desain yang memberikan nilai yang tinggi dalam kemudahan dikerjakan, slump, dan memberikan kekuatan yang tinggi, yang signifikan mengurangi biaya produksi dan meningkatkan kekuatan dan ketahanan dari beton.



Gambar 2.3. Tanpa penambahan dari ADVA.

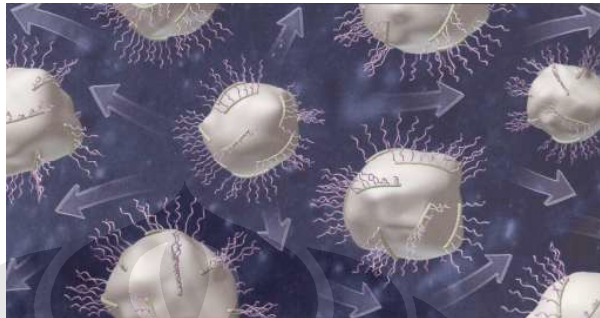
#### 2.7.1. **Kekuatan ADVA dalam memecah semen**

ADVA superplasticizers merupakan bahan yang ditambahkan kedalam adukan beton setelah air dimasukkan sebagian kedalam campuran beton. Setelah ADVA ditambahkan dalam campuran, struktur *polymer* pada butiran semen akan saling memecah/saling tolak menolak disebut dengan *polycarboxilate* dan yang memisahkan butiran semen dan melepaskan air yang mengikat pada flocs semen disebut EO/PO. Sedangkan pada gambar 2.3 merupakan campuran yang tanpa menggunakan bahan tambah/beton normal, maka butir semen akan membentuk ikatan sendiri atau flocs, menjerat air dalam udara.

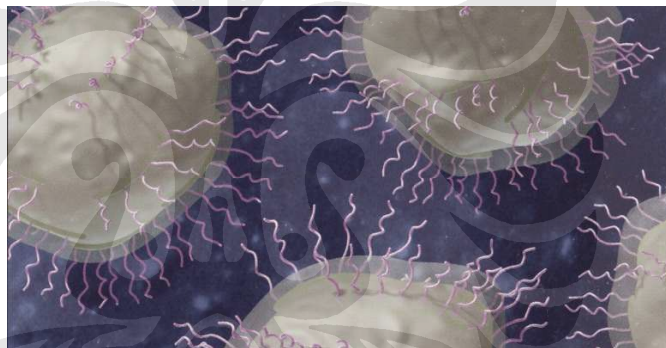


Gambar 2.4 Pemecahan butiran semen.

Setelah butiran semen dipisahkan, air yang terperat dalam udara dapat dilepaskan dan selama proses hidrasi, gel (disebut juga C-S-H gel) akan membentuk disekitar butiran semen.



Gambar 2.5 Pemisahan butiran semen.



Gambar 2.6 Selama proses hidrasi, gel terbentuk di sekitar butir semen.