



---

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Uraian Proses

##### II.1.1 Pengertian Semen

Semen merupakan bahan yang digunakan untuk konstruksi dan bersifat *adhesive* serta *cohesive*. Semen berfungsi sebagai material perekat untuk kerikil (agregat kasar), pasir, batubata, dan material jenis lainnya. Kata semen berasal dari bahasa latin yaitu “*caementum*” yang artinya memotong menjadi bagian-bagian kecil menjadi tak beraturan. Bahan baku utama untuk memproduksi semen adalah bahan-bahan yang mengandung mineral kapur (CaO), Silika (SiO<sub>2</sub>), Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dan besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (Mahendra, 2019). Dalam pengertian umum yang dimaksud semen adalah bahan yang mempunyai sifat *adhesive* dan *cohesive* digunakan sebagai bahan pengikat (*bonding material*), sedangkan semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (Menurut SNI 15 2049-2004) (Febrianto, 2022).

##### II.1.2 Komponen Semen

Dalam industri semen komponen utamanya adalah silikat yang mempunyai kemampuan untuk mengikat jika ditambahkan dengan air dan menjadi keras sehingga dapat digunakan sebagai bahan bangunan. Komponen yang terdapat didalam semen adalah sebagai berikut :

1. Dicalcium Silicate (2CaO.SiO<sub>2</sub> atau C<sub>2</sub>S)
2. Ticalcium Silicate (3CaO.SiO<sub>2</sub> atau C<sub>3</sub>S)
3. Tricalcium Alumina (3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> atau C<sub>3</sub>A)
4. Tetra Calcium Aluminate Ferrite (4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) atau C<sub>4</sub>AF



### II.1.3 Karakteristik Semen

#### A. Sifat Fisika Semen

##### 1. Hidrasi Semen

Hidrasi pada semen berlangsung ketika mineral alam dalam semen berinteraksi dengan air. Beberapa faktor yang mempengaruhi reaksi hidrasi ini meliputi jumlah air yang ditambahkan, suhu, tingkat kehalusan semen, serta bahan tambahan. Faktor-faktor tersebut akan membentuk pasta semen, yang seiring waktu akan mengalami proses pengerasan.

##### 2. Panas Hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang ditimbulkan saat semen bereaksi dengan air. Besarnya panas hidrasi tergantung dari komposisi semen dan kehalusan dari semen serta temperatur proses. Alat pengujinya adalah Bomb Calometer.

Tabel II. 1 Panas Hidrasi dari Komposisi Semen

Komponen	Senyawa Hidrasi yang Terbentuk	Panas Hidrasi (Kj/Kg)
$C_3S(+H)$	$C-S-H + CH$	520
$B - C_2S (+H)$	$C-S-H + CH$	260
$C_3A (+CH+H)$	$C_4AH_{19}$	1160
$C_3A (+H)$	$C_3AH_6$	910
$C_3A (+CSH_2+H)$	$C4ASH_{12}$	1140
$C_3A(+CSH_2+H)$	$C_6AS_3H_{32}$	1670
$C_3AF (+CH+H)$	$C_3(A_2F)H_6$	420

Sumber : Lea's Chemistry of Cement and Concrete, ed, ke-4

##### 3. Setting Time dan Hardening

Setting time sangat dipengaruhi oleh temperatur dan kelembaban relatif. Setting time akan menurun jika klinker tidak terbakar sempurna, partikel semen halus, tingginya kandungan alumina, alkali dan soda kasutik. Setting time akan meningkat jika klinker dibakar pada temperatur yang sangat tinggi, partikel semen



---

kasar, gypsum yang ditambahkan berlebih, tingginya kadar silika, Natrium Klorida (NaCl), Barium Klorida (BaCl<sub>2</sub>), Sulfida (SO<sub>3</sub>), senyawa sulfat dan air sadah.

#### 4. False Set

False set merupakan hasil dari dehidrasi gypsum yang disebabkan karena pemanasan berlebih. False set merupakan proses pengerasan semen yang tidak normal apabila air ditambahkan ke dalam semen, sehingga dalam beberapa menit pengerasan segera terjadi. Pengerasan ini terjadi karena adanya CaSO<sub>4</sub>.1/2H<sub>2</sub>O dalam semen. Plastisitas akan diperoleh apabila campuran tersebut diaduk kembali. False set dapat dihindari dengan mengatur temperatur semen saat penggilingan di dalam Cement Mill agar gypsum tidak berubah menjadi CaSO<sub>4</sub>.1/2H<sub>2</sub>O, selain itu gypsum yang digunakan harus cukup kuat dan belum di dehidrasi.

#### 5. Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan suatu material menahan beban. Kuat tekan sangat diperlukan dalam menetukan mix design dari beton untuk suatu konstruksi tertentu. Nilai kuat tekan akan meningkat jika nilai Lime Saturation Factor (LSF) tinggi, nilai alumina Ratio rendah, nilai silica Ratio tinggi, kandungan SO<sub>3</sub> rendah, dan tingkat kehalusan semen tinggi.

#### 6. Kelembaban

Semen mudah menyerap uap air dan CO<sub>2</sub> dari udara selama penyimpanan atau pengangkutan. Hal ini akan mengakibatkan menurunnya kualitas semen.

#### 7. Penyusutan

Penyusutan dibagi dalam tiga macam, yaitu hidration shrinkage, drying shrinkage, dan carbonation shrinkage. Penyebab keretakan yang terbesar pada beton adalah drying shrinkage, yang disebabkan oleh penguapan air yang terkandung dalam pasta semen selama berlangsungnya proses setting dan hardening. Shrinkage dipengaruhi oleh komposisi semen, jumlah air pencampur, concentrate mix dan curing condition.



#### 8. Daya Tahan Semen terhadap Asam Sulfat

Pada umumnya daya tahan semen terhadap asam lemah, sehingga mudah terdekomposisi atau terurai oleh asam-asam kuat seperti asam klorida (HCl) dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ).

#### 9. Kehalusan (Blaine)

Kehalusan sangat berpengaruh terhadap kecepatan hidrasi semen, semakin tinggi kehalusan kecepatan hidrasi semen akan semakin meningkat. Efek kehalusandapat dilihat setelah 7 hari setelah reaksi semen dengan air. Alat pengukur kehalusan adalah ayakan dan alat blaine.

#### 10. Napa Soil

Penambahan Napa soil menyebabkan tingginya kadar  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  dalam semen, sedangkan komposisi lain dalam semen seperti  $CaO$ ,  $MgO$ , dan  $SO_3$ .

#### 11. Pengembangan Volume

Pengembangan Volume Sifat ini mengarah pada kemampuan pengerasan dan pengembangan volume semen setelah bereaksi dengan air. Kurangnya pengembangan volume semen disebabkan karena jumlah  $CaO$  bebas dan  $MgO$  yang terlalu tinggi. Alat pengembangan volume adalah autoclave.

### B. Sifat Kimia Semen

#### 1. Hilang Pijar (LOI (Lost Of Ignition))

LOI adalah hilangnya beberapa mineral akibat pemijaran. Senyawa yang hilang akibat pemijaran adalah air dan  $CaO$ . Kristal-kristal tersebut mudah terurai mengalami perubahan bentuk untuk jangka waktu yang panjang, sehingga dapat menimbulkan kerusakan beton setelah beberapa tahun. Oleh karena itu kadar LOI perlu diketahui agar penguraian mineral dalam jumlah yang besar dapat dicegah.

#### 2. Silica Ratio (SR)

Perubahan Silica Ratio dapat menyebabkan perubahan pada pembentukan Coating pada Burning Zone dan Burnability Clinker. Silica Ratio yang rendah dapat menyebabkan Raw meal mudah dibakar, temperatur klinkerisasi rendah, cenderung membentuk ring coating dalam Kiln apalagi bila Lime Saturation Factor



---

(LSF) rendah, kekuatan awal tinggi tetapi dengan pertambahan waktu sedikit sekali kenaikannya, dan  $C_3S$  banyak.

### 3. Alumina Ratio (AR)

Jika nilai alumnia ratio (AR) tinggi, maka akan menurunkan silica ratio (SR), sehingga akan menghasilkan semen dengan waktu pengikatan yang cepat. Jika Alumina Ratio (AR) rendah maka akan menyebabkan semen yang dihasilkan tahan terhadap sulfat yang tinggi, mudah dibakar, temperatur klinkerisasi lebih rendah, reaksi klinkerisasi lebih cepat, fasa cair banyak dan resistensi terhadap uap air laut serta senyawa kimia tinggi.

### 4. Free Lime (Kapur Bebas)

Sifat kimia lain semen adalah kandungan free lime yang dimilikinya. Free lime adalah kapur ( $CaO$ ) yang tidak bereaksi selama pembentukan terak. Kadar  $CaO$  di dalam semen dibatasi max 1 %. Kadar free lime yang tinggi membuat beton memiliki kuat tekan yang rendah (akibat ekspansi kapur bebas) membentuk gel yang akan mengembang (swelling) dalam keadaan basah sehingga dapat menimbulkan keretakan pada beton

## II.1.4 Proses Pembuatan Semen

Proses pembuatan semen dibagi menjadi :

### 1. Proses Basah (Wet Process)

Pada proses ini semua bahan baku dicampur dengan air, dihancurkan dan diuapkan lalu dibakar menggunakan bahan bakar minyak (bunker crude oil). Proses ini jarang digunakan karena keterbatasan energi BBM. Proses basah ini diawali dengan pengecilan ukuran bahan baku (raw material) menggunakan crusher. Setelah digiling, setiap jenis bahan baku disimpan di tempat yang terpisah. Proses penggilingan disertai dengan penambahan air ke wash mill, sehingga kombinasi bahan baku yang dihasilkan berupa slurry yang mengandung air 25-40%. Slurry diaduk sehingga menghasilkan campuran yang homogen. Slurry yang homogen dibakar menggunakan long rotary kiln untuk menghasilkan clinker kemudian didinginkan dalam cooler. Komponen tambahan yang diperlukan untuk membuat



---

clinker menjadi semen Portland adalah gypsum yang telah digiling. Gypsum dan clinker digiling dengan menggunakan ball mill, sehingga dihasilkan semen dalam bentuk bubuk kemudian siap dikemas.

2. Proses Kering (Dry Process)

Pada proses ini teknik yang digunakan adalah teknik penggilingan dan blending kemudian dibakar dengan bahan bakar batu bara. Proses ini terdiri dari lima tahap pengelolaan, yaitu sebagai berikut :

- a. Proses pengeringan dan penggilingan bahan baku di rotary dryer dan roller meal.
- b. Proses pencampuran (homogenizing raw meal) untuk memperoleh campuran yang homogen.
- c. Proses pembakaran raw meal untuk memperoleh terak (clinker, bahan setengah jadi yang diperlukan untuk pembuatan semen).
- d. Proses pendinginan clinker.
- e. Proses penggilingan akhir, dimana clinker dan gypsum digiling dengan cement mill. Dari proses diatas akan terjadi penguapan karena pembakaran pada suhu 900°C sehingga menghasilkan sisa (residu) yang tidak larut, sulfur trioksida, silika yang larut, besi dan aluminium oksida, kalsium, oksida besi, magnesium, fosfor, kapur bebas dan alkali.

Secara garis besar, proses produksi semen terdiri dari enam tahap, yaitu :

- a. Penambangan dan Penyimpanan Bahan Mentah

Semen yang umum digunakan adalah semen Portland yang memerlukan empat komponen bahan kimia utama untuk mendapatkan komposisi kimia yang sesuai. Bahan tersebut adalah batu kapur, silika, alumina (tanah liat), dan besi oksida (bijih besi). Gypsum dalam jumlah yang sedikit ditambahkan selama penghalusan untuk memperlambat pembekuan.

- b. Penggilingan dan Pencampuran Bahan Mentah

Semua komponen atau bahan baku dihancurkan hingga menjadi bubuk halus dan dicampur sebelum memasuki proses pembakaran.

- c. Homogenisasi dan pencampuran bahan mentah



d. Pembakaran

Pada proses ini terjadi proses konversi kimia sesuai rancangan dan proses fisika untuk mempersiapkan campuran bahan baku membentuk clinker. Proses ini dilakukan dalam rotary kiln dengan menggunakan bahan bakar fosil berupa padatan (batu bara), cairan (solar) atau bahan bakar alternatif.

e. Penggilingan hasil Pembakaran

Proses penghalusan clinker dengan menambahkan sedikit gypsum, kurang dari 4% untuk dihasilkan semen Portland tipe I.

f. Pendinginan dan pengepakan

Proses pendinginan semen Portland dan pengepakan untuk segera di distribusikan.

(Arinton, 2020)