



---

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Uraian Proses

##### II.1.1 Pengertian Semen

Semen merupakan suatu material bangunan yang biasa digunakan pada pekerjaan konstruksi yang memiliki sifat adhesif dan kohesif. Fungsi dari semen adalah untuk mengikat pasir dan butiran kuarsa serta untuk mengisi ruang antar pasir dan butiran kuarsa (Hargono, 2009). Semen (cement) adalah hasil industri dari paduan bahan baku batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/bulk, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membantu pada pencampuran dengan air. Bila semen dicampurkan dengan air, maka terbentuklah beton.

##### 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 ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  atau  $\text{C}_2\text{S}$ )
2. Ticalcium Silicate ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  atau  $\text{C}_3\text{S}$ )
3. Tricalcium Alumina ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  atau  $\text{C}_3\text{A}$ )
4. Tetra Calcium Aluminate Ferrite ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) atau  $\text{C}_4\text{AF}$ )

##### II.1.3 Karakteristik Semen

###### A. Sifat Fisika Semen

###### 1. Hidrasi Semen

Hidrasi pada semen terjadi jika ada kontak antara mineral alam dalam semen dengan air. Faktor-faktor yang mempengaruhi rekasi hidrasi diantaranya jumlah air yang ditambahkan, temperatur, kehalusan semen



dan bahan tambahan. Faktor-faktor tersebut yang akan mengakibatkan terbentuknya pasta semen yang mana dalam jangka waktu tertentu akan mengalami pengerasan.

2. Panas Hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang dihasilkan oleh reaksi hidrasi (reaksi eksoterm) apabila semen dicampur dengan air.

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 menentukan 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

Ada tiga macam penyusutan yang terjadi pada pasta semen dalam campuran beton, yaitu Hidration Shrinkage, Drying Shrinkage dan Carbonation Shrinkage. Yang paling mempengaruhi keretakan beton adalah Drying Shrinkage. Penyusutan terjadi karena adanya penguapan air bebas dari pasta semen selama proses Setting time dan Hardening.

8. Daya Tahan Semen terhadap Asam dan 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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

9. Kehalusan (Blaine)

Semakin halus semen, panas hidrasi, kebutuhan air satu per satuan berat semen akan semakin tinggi, serta reaksi hidrasi akan semakin cepat.

10. Napa soil

Penambahan Napa soil menyebabkan tingginya kadar SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam semen, sedangkan komposisi lain dalam semen seperti CaO, MgO, dan SO<sub>3</sub>.

B. Sifat Kimia Semen

1. Hilang Pijar (LOI)

Pada semen sifat ini disebabkan karena terjadinya penguapan air kristal yang berasal dari gypsum serta penguapan CO<sub>2</sub>.

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 penambahan waktu sedikit sekali kenaikannya, dan C3S banyak.

### 3. Alumina Ratio (AR)

Jika nilai alumina 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.

## 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 :

- 1) Proses pengeringan dan penggilingan bahan baku di rotary dryer dan roller meal.
- 2) Proses pencampuran (homogenizing raw meal) untuk memperoleh campuran yang homogen.
- 3) Proses pembakaran raw meal untuk memperoleh terak (clinker, bahan setengah jadi yang diperlukan untuk pembuatan semen).
- 4) Proses pendinginan clinker.
- 5) Proses penggilingan akhir, dimana clinker dan gypsum digiling dengan cement mill. Dari proses diatas akan terjadi penguapan karena pembakaran pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$  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 :

### 1. 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.

### 2. Penggilingan dan pencampuran bahan mentah

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

### 3. Homogenisasi dan pencampuran bahan mentah

### 4. 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.

5. Penggilingan hasil pembakaran

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

6. Pendinginan dan pengepakan

Proses pendinginan semen Portland dan pengepakan untuk segera di distribusikan.

### **II.1.5 Produk Semen**

Produk Semen Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Semen Portland Tipe I

Dikenal sebagai Ordinary Portland Cement (OPC) yang merupakan semen hidrolisis yang dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum, seperti konstruksi bangunan yang tidak memerlukan persyaratan khusus, seperti perumahan, bangunan, jembatan, gedung-gedung bertingkat, jalan raya dan landasan pacu.

2. Semen Portland Tipe II

Dikenal sebagai semen yang mempunyai ketahanan terhadap sulfat dan panah hidrasi sedang. Contohnya untuk bangunan pinggir laut, dermaga, tanah rawa, beton massa, bendungan dan saluran irigasi.

3. Semen Portland Tipe III

Merupakan semen yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan bangunan yang memerlukan kekuatan tekan awal yang tinggi setelah proses pengecoran dilakukan dan memerlukan penyelesaian secepat mungkin. Contohnya digunakan untuk pembuatan bangunan tingkat tinggi, bandar udara dan jalan raya.

4. Semen Portland Tipe V

Semen ini dipakai untuk konstruksi bangunan-bangunan pada air/tanah yang mengandung sulfat tinggi dan sangat c<sup>o</sup>Cok untuk konstruksi dalam



air, instalasi pengolahan limbah pabrik, jembatan, pembangkit tenaga nuklir, pelabuhan dan terowongan.

5. Special Blended Cement (SBC)

Semen ini merupakan semen khusus yang diciptakan untuk pembangunan mega proyek jembatan Surabaya-Madura (Suramadu) dan c<sup>o</sup>Cok digunakan untuk bangunan di lingkungan air laut. Dikemas dalam bentuk curah.

6. Portland Pozzolana Cement (PPC)

Semen hidrolisis yang dibuat dengan menggiling terak, gypsum dan pozzolan. Digunakan untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Misalnya jalan raya, jembatan, perumahan, dermaga, bendungan, beton massa, bangunan irigasi dan fondasi pelat penuh.

(Putri, 2020)