



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Proses

II.1.1 Proses Pembuatan Semen

Jenis-jenis proses pembuatan semen Menurut Duda (1983), ditinjau dari kadar air umpan maka teknologi pembuatan semen dibagi menjadi 4 proses, yaitu:

1. Proses Basah

Proses basah dalam pembuatan semen adalah proses di mana bahan baku dicampur dengan air hingga menjadi slurry (bubur bahan). *Slurry* ini kemudian dikeringkan menggunakan rotary dryer sebelum masuk ke *kiln* dengan kadar air sekitar 25–40%. Umumnya, proses ini menggunakan *long rotary kiln* untuk menghasilkan terak. Menurut Deolalkar (2009), kelemahan dari proses basah adalah penggunaan bahan bakar yang relatif lebih banyak. Secara umum, proses basah memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan yang perlu diperhatikan diantaranya yaitu:

a. Kekurangan

1. Bersifat sangat korosif terhadap pipa
2. Kiln yang dipakai lebih panjang dibandingkan pada proses kering
3. Membutuhkan air proses dalam jumlah besar
4. Kapasitas produksinya lebih rendah dibandingkan proses lainnya

b. Kelebihan

1. Komposisi umpan sangat homogen
2. Debu yang dihasilkan relatif sedikit; dan
3. Kadar alkalis (Na_2O dan K_2O) tidak menimbulkan gangguan penyempitan dalam saluran preheater atau pipa. Kadar alkalis (Na_2O dan K_2O) tidak menimbulkan gangguan penyempitan dalam saluran preheater atau pipa.

2. Proses Semi Basah

Menurut Deolalkar (2009), pada proses semi basah, bahan baku terlebih dahulu dihancurkan, lalu pada tahap homogenisasi ditambahkan air dalam jumlah tertentu dan dicampur dengan lumpur tanah liat hingga terbentuk bubur halus (*slurry*)



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT SEMEN GERSIK PABRIK REMBANG
SEKSI OPFM (OPERASI FINISH MILL)



dengan kadar air sekitar 15–25%. Slurry ini kemudian disaring menggunakan filter press, sehingga diperoleh *filter cake* berbentuk pelet. Selanjutnya, pelet tersebut dikalsinasi di dalam *long rotary kiln*. Pada bagian awal *kiln* terdapat rantai (*chain section*) yang berfungsi sebagai area perpindahan panas awal, dan akhirnya terbentuk clinker sebagai hasil kalsinasi. Kebutuhan panas pada proses semi basah ini berkisar 1000–1200 Kcal/kg clinker.

a. Kekurangan

1. *Kiln* yang dipakai masih lebih panjang dibanding *kiln* pada proses kering.
2. Konsumsi energi cukup tinggi, yaitu sekitar 1000–1200 kcal per kg terak.
3. Membutuhkan alat penyaring khusus berupa filter putar kontinyu untuk memisahkan *slurry* sebelum masuk ke *kiln*.

b. Kelebihan

1. Bahan baku yang masuk ke *kiln* lebih homogen dibandingkan proses kering.
2. Debu yang dihasilkan lebih sedikit.
3. Biaya operasional lebih rendah dibandingkan proses basah.

3. Proses Semi Kering

Proses semi kering adalah proses peralihan antara cara basah dan kering dalam pembuatan semen. Pada proses ini, bahan baku awalnya berupa tepung kering. Tepung tersebut kemudian disemprot air menggunakan alat pelletizer sehingga terbentuk butiran kecil (*granul*) berukuran sekitar 10–15 mm dengan kadar air sekitar 10–12%. Menurut Deolalkar (2009), proses ini juga disebut *grate process*. Selanjutnya, butiran bahan ini dimasukkan ke dalam *shaft kiln* atau *long rotary kiln* untuk dikalsinasi hingga akhirnya terbentuk clinker. Proses semi kering ini memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan dibanding proses lain.

a. Kekurangan

1. Proses ini masih menimbulkan cukup banyak debu
2. Campuran bahan baku kurang merata, karena saat digiling kondisinya masih kering



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT SEMEN GERSIK PABRIK REMBANG
SEKSI OPFM (OPERASI FINISH MILL)



b. Kelebihan

1. Kiln yang digunakan lebih pendek dibanding kiln pada proses basah
2. Pemakaian bahan bakar lebih hemat dibandingkan proses basah

4. Proses Kering

Pada proses kering, bahan baku mula-mula dihancurkan lalu digiling sambil dialiri udara panas di dalam raw mill hingga menjadi tepung dengan kadar air tidak lebih dari 1%. Tepung yang sudah merata kemudian dialirkan ke *suspension preheater* untuk pemanasan awal. Di bagian ini terjadi kontak langsung antara gas panas dan material dengan arah aliran yang berlawanan, sehingga kadar air bisa hilang dan sebagian proses kalsinasi sudah berlangsung. Dengan adanya *suspension preheater*, beban panas *kiln* berkurang dan ukuran *kiln* bisa lebih pendek. Setelah itu, material diproses di *kiln* hingga terbentuk clinker. Clinker yang dihasilkan langsung didinginkan secara cepat agar berubah menjadi kristal amorf yang mudah digiling. Tahap terakhir adalah penggilingan clinker bersama gypsum dan bahan tambahan lain, misalnya trass, di dalam *finish mill* untuk menghasilkan semen.

a. Kelebihan

1. *Rotary* kiln yang dipakai lebih pendek dibanding proses lain
2. Mampu menghasilkan kapasitas produksi yang besar dengan biaya operasi yang lebih rendah
3. Konsumsi panas lebih efisien, hanya sekitar 800–1000 kcal per kilogram terak, sehingga kebutuhan bahan bakar lebih sedikit.

b. Kekurangan

1. Kandungan air dalam bahan baku bisa mengganggu proses karena membuat material menempel pada peralatan
2. Adanya unsur pengotor seperti Na_2O dan K_2O dapat menyumbat saluran pada preheater
3. Proses ini menghasilkan banyak debu sehingga memerlukan lebih banyak alat penangkap debu
4. Homogenitas campuran bahan kurang optimal karena pencampuran dilakukan dalam kondisi kering.

(Hariawan,2001)



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT SEMEN GRESIK PABRIK REMBANG
SEKSI OPFM (OPERASI FINISH MILL)**



Dari empat jenis teknologi produksi semen yang ada, PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Rembang menerapkan proses kering, karena teknologi ini memiliki keunggulan berupa biaya operasional yang lebih rendah serta kapasitas produksi yang besar, sehingga memberikan keuntungan yang signifikan bagi pabrik.

Komposisi Semen Menurut Taylor (1990), semen tersusun dari 4 senyawa utama, yaitu Kalsium oksida (CaO) 67%, Silika oksida (SiO_2) 22%, Feri oksida (Fe_2O_3) 3% dan Aluminium oksida (Al_2O_3) 5%. Kandungan dari keempat oksida utama tersebut kurang lebih 97% dari berat semen dan biasanya disebut “*Major Oxide*”, sedangkan sisanya 3% disebut “*Minor Oxide*” seperti senyawa SO_3 , senyawa alkali, CaO free lime dan MgO . Keempat oksida mayor tersebut akan menghasilkan senyawa-senyawa penyusun semen yaitu:

1. Trikalsium silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ atau C_3S)
 - a. C_3S terbentuk pada suhu 1260 - 1450°C dan mempunyai sifat:
 - b. Mempercepat pengerasan semen.
 - c. Mempengaruhi pengikatan kekuatan awal, terutama memberi kekuatan awal sebelum 28 hari.
 - d. Menimbulkan panas hidrasi 120 kal/gram.
 - e. Kandungan C_3S pada semen Portland antara 35-55%.
2. Dikalsium silikat ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ atau C_2S)
 - a. C_2S terbentuk pada suhu 800-900°C dan mempunyai sifat:
 - b. Memberi kekuatan penyokong selama 1 hari.
 - c. Panas yang dilepas selama proses hidrasi 62 kal/gram.
 - d. Kandungan C_2S pada semen Portland antara 15-35%.
3. Trikalsium aluminat ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ atau C_3A)
 - a. C_3A terbentuk pada suhu 1095-1205°C dan mempunyai sifat:
 - b. Panas hidrasi 220 kal/gram.
 - c. Memberikan pengaruh terhadap kecepatan pengerasan pada semen.
 - d. Kandungan C_3A pada semen Portland antara 7-15%.
4. Tetrakalsium Aluminoferrit ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ atau C_4AF)
 - a. Kurang berpengaruh pada kekuatan semen.



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT SEMEN GERSIK PABRIK REMBANG
SEKSI OPFM (OPERASI FINISH MILL)**



- b. Panas hidrasi 70 kal/gram.
- c. Memberikan pengaruh pada warna semen.
- d. Kandungan C_4AF pada semen Portland antara 5-10%.

Keempat semen Portland mengandung komposisi C_3S dan C_2S 75%: Memberikan pengaruh terhadap kekuatan tekan semen. C_4AF dan C_3A 25%: C_4AF memberikan sedikit pengaruh terhadap warna semen. Sedangkan C_3A memberikan pengaruh terhadap kecepatan pengerasan semen. Selain contoh oksida di atas, contoh oksida minor yang terdapat pada semen menurut Duda pada tahun 1983 adalah:

1. Magnesium oksida (MgO)

Salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam proses produksi semen adalah kandungan MgO . Batas kadar MgO yang dianjurkan tidak lebih dari 2%. Jika kadarnya melebihi angka tersebut, semen berisiko mengalami perubahan bentuk setelah mengeras, yang ditandai dengan munculnya retakan atau lengkungan pada hasil akhirnya.

2. Sulfur trioksida (SO_3)

Gypsum merupakan penyumbang utama kandungan SO_3 dalam semen. Namun, penggunaannya harus dibatasi sesuai kadar SO_3 , karena kelebihan unsur ini dapat memicu ekspansi sulfat yang berakibat pada timbulnya retakan pada beton. Batas maksimum kandungan SO_3 dalam semen berkisar antara 1,6% hingga 3%.

3. Alkali (Na_2O , K_2O)

Kandungan alkali maksimal 1%, tetapi disarankan 0,2-0,3%, semakin tinggi kandungan alkali akan berakibat naiknya liquid contact yang akan membentuk coating.

4. Free lime (kapur bebas)

Free lime adalah bagian dari kapur yang tidak bereaksi selama proses klinkerisasi dan tertinggal dalam semen dalam keadaan bebas. Hal ini terjadi karena:

- a. Ukuran partikel bahan baku tidak cukup halus
- b. Pembakaran clinker tidak sempurna



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT SEMEN GERSIK PABRIK REMBANG
SEKSI OPFM (OPERASI FINISH MILL)



- c. Kandungan alkali dalam bahan baku terlalu tinggi
- d. Dekomposisi mineral clinker selama proses pendinginan

Semen berkualitas baik, kandungan free lime harus dibawah 2%, maka beton akan memiliki kekuatan yang tinggi dan menjadi kenyal

5. Ignition Lost (IL)

Ignition Loss ditetapkan sebagai syarat untuk menghindari keberadaan mineral yang dapat terurai saat proses pemijaran. Nilai hilang pijar dipengaruhi oleh jumlah air kristal pada gypsum, yaitu sekitar 2,5–3%. Kehilangan ini pada semen umumnya terjadi akibat penguapan air kristal dari gypsum, serta pelepasan uap air dan CO₂ ke atmosfer.

II.1.2 Proses Pembuatan Semen di PT. Semen Gresik Pabrik Rembang

Secara umum, proses produksi semen di Semen Gresik, 2025 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan utama pembuatan semen adalah batu kapur dan tanah liat (*clay*) yang diperoleh dari hasil penambangan. Setelah ditambang, material tersebut dihancurkan menggunakan crusher mill dan *clay cutter* hingga berukuran lebih kecil, lalu ditumpuk dalam bentuk pile.

2. Penggilingan Bahan baku

Bahan baku yang sudah disiapkan kemudian diproses dalam tahap penggilingan. Ada empat jenis pile yang digunakan, yaitu campuran *clay* dan batu kapur (*mix pile*), *limestone pile*, *silica sand*, serta *copper slag*. Semua material ini dicampur sesuai komposisi yang ditentukan, lalu digiling di grinding mill hingga berbentuk serbuk halus (debu).

3. *Blending* Silo

Serbuk hasil penggilingan kemudian masuk ke *blending* silo untuk proses homogenisasi. Tahap ini bertujuan untuk meratakan ukuran dan kualitas material agar lebih konsisten.



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT SEMEN GERSIK PABRIK REMBANG
SEKSI OPFM (OPERASI FINISH MILL)



4. Proses Pembakaran (Pyro Process)

Setelah homogen, material dipanaskan lebih dulu di *preheater* sebelum dibakar di *rotary kiln* pada suhu sekitar 1400°C . Dari proses ini terbentuk material cair menyerupai lava yang kemudian didinginkan cepat di *clinker cooler* sehingga berubah menjadi butiran padat yang disebut clinker (terak). Clinker yang sudah terbentuk dihancurkan kembali dengan *Heavy-Duty Roller Breaker*. Clinker berkualitas rendah biasanya dialihkan ke *export bin* untuk dijual, sedangkan yang bagus disimpan di *Clinker Storage*.

5. Pengilingan Semen (*Cement Grinding*)

Clinker yang sudah jadi kemudian dicampur dengan batu kapur, gypsum, dan bahan tambahan lainnya. Campuran ini digiling kembali di *Finish Mill* hingga menjadi serbuk halus yang siap digunakan sebagai semen.