

**BAB II**

**URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES**

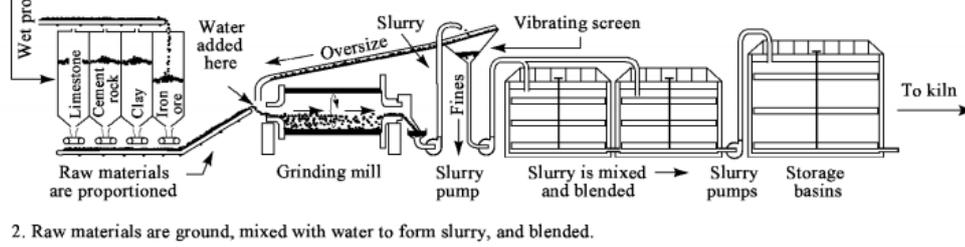
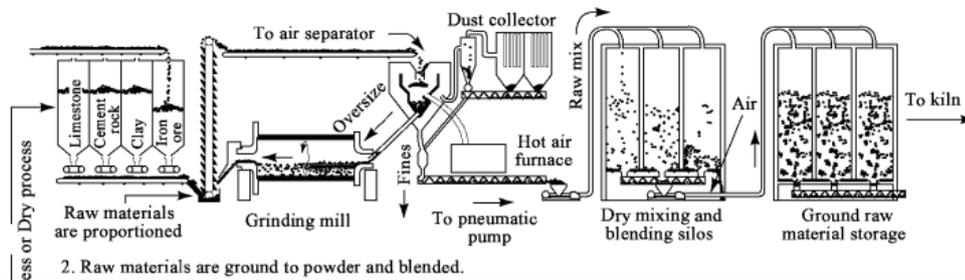
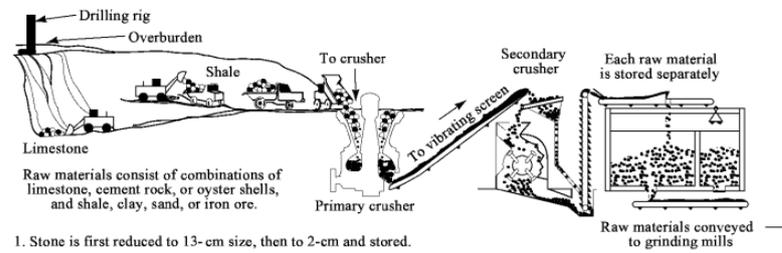
**II.1 Macam – Macam Proses Pembuatan Semen Secara Umum**

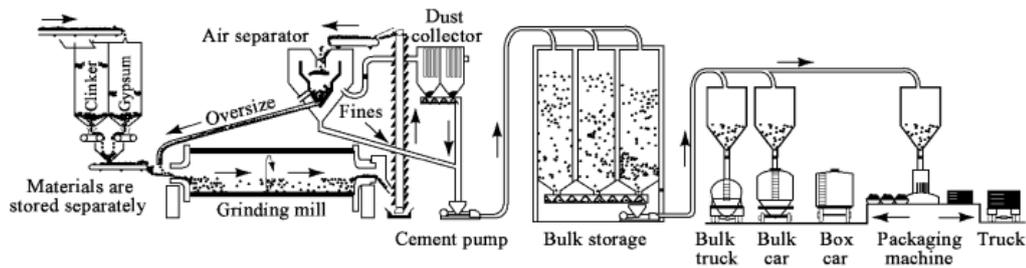
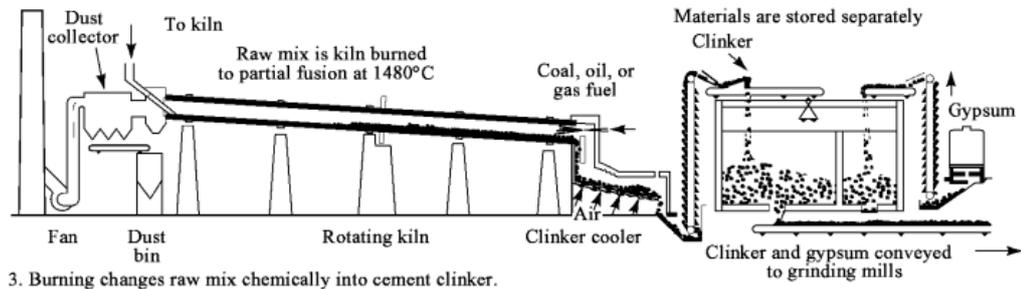
Proses pembuatan semen dapat dilakukan dengan dua metode proses yaitu sebagai berikut:

1. *Wet Process*
2. *Dry Process*

**II.1.1 Wet Process**

Pada proses ini, bahan mentah digiling hingga halus sesuai persentase yang dibutuhkan. Bahan berlempung dicuci dengan air secara menyeluruh untuk menghilangkan bahan organik. Bahan berkapur bubuk dan bahan berlempung yang telah dicuci ditambahkan ke dalam tangki proporsional. Setelah itu, bahan mentah tersebut dicampur dengan baik di pabrik penggilingan untuk membuat pasta atau *slurry*. *Slurry* dimasukkan ke dalam *rotary kiln* (Patel, 2023).





(Othmer, 2001)

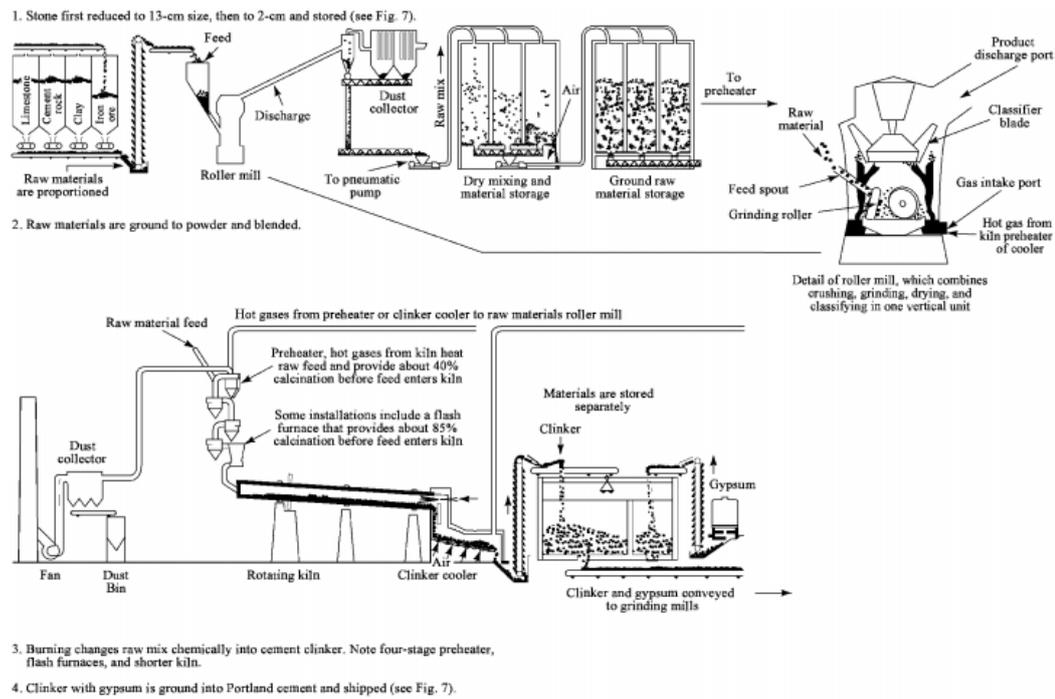
Gambar II.1 *Wet Process* dalam Pembuatan Semen

Tahap pertama *wet process* dengan pengecilan ukuran bahan baku dengan *crusher* atau *ball mill*. Proses penggilingan bahan baku terdiri dari dua tahap, yaitu *primary crusher* dan *secondary crusher*. Setelah digiling, setiap jenis bahan baku disimpan di tempat yang terpisah. Bahan baku kemudian di umpankan ke dalam *grinding mill*, sehingga campuran bahan baku yang dihasilkan berupa *slurry*. *Slurry* diaduk sehingga menghasilkan campuran homogen. *Slurry* yang sudah homogen dibakar untuk menghasilkan *clinker* lalu didinginkan dengan cooler. Bahan tambahan yang diperlukan untuk membuat *clinker* menjadi semen yaitu *gypsum* yang telah digiling. *Clinker* dan *gypsum* di campur dan digiling menggunakan *grinding mill* sehingga dihasilkan semen dalam bentuk bubuk dan siap di kemas.

### II.1.2 *Dry Process*

Tahap pertama *dry process* dengan pengecilan ukuran bahan baku menggunakan *crusher* dan *ball mill*. Penggilingan dilakukan dengan dua tahapan yaitu *primary crusher* dan *secondary*. Setelah digiling, setiap jenis bahan baku disimpan ditempat terpisah. Pada *dry process raw material* berupa batu kapur, tanah liat dan lain – lain dihancurkan tanpa penambahan air, dikeringkan dan digiling di dalam *grinding mill*. Kemudian dilakukan pencampuran dengan *blending silo*

menggunakan sirkulasi udara yang kurat. Pada proses tersebut akan menghasilkan campuran abu insinerasi yang homogen dan diumpun ke *kiln*, didalam *kiln* akan dilakukan proses pembentukan *clinker*. Lalu di tambahkan dengan *gypsum*, pada penggilingan akhir untuk menghasilkan bentuk bubuk.



(Othmer, 2001)

Gambar II.2 *Dry Process* dalam Pembuatan Semen

Untuk membuat potongan-potongan kecil, bahan mentah dihancurkan dengan cara berputar penghancur. Mereka digiling menjadi bubuk halus di ball mill dan disimpan secara terpisah. Kemudian dicampur dengan baik dan selanjutnya dihaluskan dalam tube mill. Ini disebut ‘*dry raw mix*’ dan dimasukkan ke dalam *rotary kiln* (Patel, 2023). Proses pencampuran dilakukan pada kondisi kering atau tanpa penambahan air, pada tahap pencampuran inilah yang membedakan proses kering dengan proses basah. Maka dari itu proses kering (*dry process*) tidak membutuhkan tambahan air.



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “ORDINARY PORTLAND CEMENT (OPC) DARI FLY ASH SEBAGAI BAHAN FILLER DENGAN DRY PROCESS”

#### II.2 Pemilihan Proses

##### 1. Kadar Air

Wet Process, dalam proses basah umpan tanur berupa slurry dengan kadar air berkisar 25-40%. Kadar air yang cukup besar ini nantinya akan mengakibatkan dimensi kiln relatif lebih besar. Sedangkan Dry Process, sedikit kandungan air karena dalam proses penghancuran tidak perlu tambahan air. Panjang kiln lebih kecil dari proses basah.

##### 2. Power Supply

Pasokan energi yang dibutuhkan pada proses basah lebih besar dari proses kering, karena membutuhkan energi yang besar untuk mengevaporasi kandungan air pada kiln.

##### 3. Banyak Debu Yang Dihasilkan

Untuk mengurangi polusi akibat debu, proses basah lebih tepat digunakan karena pada proses basah pencampuran bahan dilakukan dalam bentuk slurry sehingga tidak menghasilkan banyak debu.

##### 4. Ekonomis

Berdasarkan pertimbangan ekonomis dry process lebih ekonomis. Karena pada wet process memiliki kadar air yang lebih tinggi sehingga dibutuhkan energi yang besar untuk mengurangi kadar air.

Tabel II.1 Pertimbangan Pemilihan Proses Pembuatan Semen Tipe I Portland

No.	Kriteria Petimbangan	Proses Basah	Proses Kering
1	Kadar Air	Banyak (campuran berupa slurry)	Sedikit (campuran berupa bubuk)
2	Air Proses Pabrik	Banyak	Sedikit
3	Biaya Bahan Bakar	Banyak	Sedikit
4	Power supply	Banyak	Banyak
5	Banyaknya debu yang diakibatkan	Sedikit	Banyak

Berdasarkan pertimbangan yang diuraikan pada Tabel II.1 tentang pertimbangan proses pembuatan semen dengan *wet process* dan *dry process*. Maka akan dibuat pabrik semen Ordinary Portland Cement (OPC) dengan *dry process*



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “ORDINARY PORTLAND CEMENT (OPC) DARI FLY ASH SEBAGAI BAHAN FILLER DENGAN DRY PROCESS”

tanpa tambahan air yang berlebih sehingga tidak memerlukan tambahan energi untuk mengurangi kadar air pada semen. Kekurangan proses kering terletak pada campuran yang kurang seragam dan mengakibatkan banyak debu, maka proses dilengkapi dengan *Electrostatic Precipitator* untuk menangkap debu yang terikut pada udara yang akan dibuang.

### II.3 Proses Pembuatan Semen Terpilih

Proses pembuatan semen *Ordinary Portland Cement* (OPC) dengan *Dry Process* meliputi beberapa tahapan, diantaranya adalah:

1. Proses penyiapan bahan baku
2. Proses penggilingan awal
3. Proses pembakaran
4. Proses penggilingan akhir

#### II.3.1 Proses Penyiapan Bahan Baku

##### a. Batu Kapur

Batu kapur yang telah ditampung dari supplier tambang pada gudang penyimpanan (F-140) diumpankan ke dalam *hammer mill* (C-142) menggunakan *belt conveyor* (J-141) untuk dihancurkan dari ukuran 31,5 mm, setelah keluar dari *hammer mill* (C-142) diumpankan ke *ball mill* (C-145) menggunakan *belt conveyor* (J-143) untuk dilakukan penghalusan dan *screening* menjadi ukuran 10 mm. Selanjutnya ditampung pada *silo* penyimpanan bahan baku (F-132).

##### b. Tanah Liat

Tanah liat yang berasal dari supplier tambang yang ditampung pada gudang penyimpanan (F-120) diumpankan menuju *ball mill* (C-123) menggunakan *belt conveyor* (J-121) untuk dilakukan panghalusan dan *screening* bahan baku dengan ukuran awal 11 mm menjadi ukuran sebesar 10 mm. Kemudian ditampung pada *silo* penyimpanan bahan baku (F-124).

##### c. Pasir Besi dan Pasir Silika

Pasir besi dengan ukuran 1 mm dan pasir silika dengan ukuran 1 mm dari supplier tambang ditampung pada gudang penyimpanan pasir besi (F-110) dan



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “ORDINARY PORTLAND CEMENT (OPC) DARI FLY ASH SEBAGAI BAHAN FILLER DENGAN DRY PROCESS”

gudang penyimpanan pasir silika (F-120) maka langsung di angkut dengan *belt conveyor* (J-111) dan *belt conveyor* (J-131). Kemudian disimpan pada *silo* penyimpanan bahan baku pasir besi (F-112) dan *silo* penyimpanan bahan baku pasir silika (F-146).

#### II.3.2 Tahap Penggilingan Awal

Material yang berupa pasir silika, pasir besi, batu kapur, dan tanah liat keluar dari silo masing-masing kemudian ditimbang terlebih dahulu dengan *weight feeder* lalu diangkut oleh *belt conveyor* (J-150) menuju *bucket elevator* (J-151) untuk diumpankan pada *roller mill* (C-210) dihaluskan menjadi 5 mm. Sisa debu yang lolos akan diumpankan menuju *cyclone* (H-211) dan ditangkap oleh *electrostatic precipitator* (H-212) sebelum dilepaskan ke atmosfer. Produk dari *roller mill* (C-210) masuk ke dalam *blending silo* (F-310) untuk dilakukan proses homogenisasi. Setelah masuk kepada tahapan penggilingan awal maka akan melewati proses homogenisasi. Proses homogenisasi dilakukan bertujuan untuk memaksimalkan pencampuran dari *raw meal* dengan menggunakan teknik fluidisasi. Pada teknik fluidisasi, angin dihembuskan melewati *raw meal* yang berada di dalam silo. *Raw meal* yang sudah terfluidisasi berperilaku seperti liquid sehingga *raw meal* dapat bercampur. *Raw meal* yang keluar dari *blending silo* (F-310) diteruskan untuk proses pemanasan yang terjadi di 4 *stage pre-heater* dengan *Pre-heater 1* (E-313), *Pre-heater 2* (E-314), *Pre-heater 3* (E-315), dan *Pre-heater 4* (E-316).

#### II.3.3 Tahap Pembakaran

*Pre-heater* berfungsi untuk memanaskan material. *Pre-heater* di dalam pabrik ini menggunakan 4 stages. *Raw meal* masuk *pre-heater* pada suhu sekitar 60°C, lalu *raw meal* masuk kedalam *kiln* pada suhu 900 - 1000°C.

Tabel II.2 Suhu pada setiap stage di *preheater*

Stage	Suhu Gas yang Keluar
I	350°C



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “ORDINARY PORTLAND CEMENT (OPC) DARI FLY ASH SEBAGAI BAHAN FILLER DENGAN DRY PROCESS”

---

II	500°C
III	700°C
IV	800°C

Selanjutnya yang terjadi pada rotary klin (B-410), material yang keluar dari *pre-heater IV* (E-316) diumpankan ke dalam kiln (B-410) dengan suhu masuk 800°C dan keluar pada suhu sekitar 1500°C. Berikut ini adalah reaksi yang terjadi pada material dalam pre-heater, dimana suhu 300°C - 320°C terjadi penguapan H<sub>2</sub>O bebas. Suhu 320°C - 500°C terjadi penguapan air kristal atau hidrat yang terjadi dalam tanah liat. Pada suhu 500°C - 800°C terjadi penguraian garam – garam karbonat. Suhu pembakaran pada kiln tergantung pada pembentukan senyawa semen. Zona kalsinasi, terjadi dekomposisi batu kapur (CaCO<sub>3</sub>) menjadi kalsium oksida (CaO) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Proses ini berlangsung pada suhu 800°C - 900°C di ikuti dengan pembentukan kalsium silikat terutama C<sub>2</sub>S. Pembentukan senyawa semen C<sub>3</sub>A1 dan C<sub>4</sub>AF terjadi pada suhu 1095°C - 1205°C dimana kalsium aluminat dan kalsium aluminat ferrit akan terbentuk. Pada suhu 1260 – 1500°C terjadi pembentukan calsium silikat terutama C<sub>3</sub>S yang mana persentase C<sub>2</sub>S mulai menurun karena membentuk C<sub>3</sub>S

Reaksi pembentukan **C<sub>3</sub>S**



Reaksi pembentukan **C<sub>2</sub>S**



Reaksi pembentukan **C<sub>3</sub>AI**



Reaksi pembentukan **C<sub>4</sub>AF**



Lalu masuk ke dalam *clinker cooler* (E-420). *Clinker* panas yang keluar dari kiln dengan suhu sekitar 1500°C turun ke *clinker cooler* untuk pendinginan sampai suhu 150°C.



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “ORDINARY PORTLAND CEMENT (OPC) DARI FLY ASH SEBAGAI BAHAN FILLER DENGAN DRY PROCESS”

---

#### II.3.4 Tahap Penggilingan Akhir

*Clinker* yang telah keluar dari proses pendinginan diumpukan menuju *bucket elevator* (J-423) untuk disimpan dalam *clinker silo* (F-424). Bahan tambahan yang digunakan yaitu gypsum dan fly ash, dimana gypsum berfungsi sebagai bahan aditif dan fly ash sebagai filler. Gypsum dan fly ash yang diperoleh dari supplier ditampung pada gundang penyimpanan gypsum (F-450) dan gudang penyimpanan fly ash (F-440). Fly ash dengan fisik padatan halus berukuran 0,02 mm diumpukan langsung menuju silo penampungan bahan tambahan (F-453) dengan belt conveyor (J-441). Sedangkan gypsum dilakukan penghalusan dan screening menggunakan ball mill (C-452) dengan ukuran 5 mm. Kemudian akan ditampung pada silo penampungan bahan tambahan (F-453) dengan belt conveyor (J-451). Clinker, gypsum, dan fly ash akan diumpukan bersama dengan belt conveyor (J-460) ke dalam ball mill (C-510) untuk digiling bersama-sama dengan clinker sehingga membentuk semen kasar. Di dalam *ball mill* semen kasar digiling kembali menjadi semen yang berukuran 200 mesh. Kemudian di distribusikan dengan *belt conveyor* (C-511).



## PRA RANCANGAN PABRIK

“ORDINARY PORTLAND CEMENT (OPC) DARI FLY ASH  
SEBAGAI BAHAN FILLER DENGAN DRY PROCESS”

### II.4 Agenda Pendirian Pabrik

Agenda pendirian pabrik di rencanakan selama 3,5 tahun dengan masa kontruksi dimulai dari 2 tahun setelah dilakukan perizinan bangunan dan usaha. Agenda pada tahun pertama akan difokuskan pada pengecetakan lokasi pendirian, harga peralatan dan bahan baku, pembelian lahan, hingga perizinan usaha, sedangkan untuk tahun selanjutnya pembelian peralatan dilakukan dan pembangunan pabrik mulai berjalan. Trial pabrik dan evaluasi akan dilakukan pada akhir tahun 2027 sampai Maret 2028, dilanjutkan dengan training office pada pertengahan tahun 2028 pada bulan April hingga Juli. Pabrik dijadwalkan siap beroperasi mulai bulan Agustus 2028.

Kegiatan	Jan-25	Feb-25	Mar-25	Apr-25	Mei-25	Jun-25	Jul-25	Agus-25	Sep-25	Oktober-25	Nov-25	Des-25	Jan-26	Feb-26	Mar-26	Apr-26	Mei-26	Jun-26	Jul-26	Agus-26	Sep-26	Oktober-26	Nov-26	Des-26	Jan-27	Feb-27	Mar-27	Apr-27	Mei-27	Jun-27	Jul-27	Agus-27	Sep-27	Oktober-27	Nov-27	Des-27	Jan-28	Feb-28	Mar-28	Apr-28	Mei-28	Jun-28	Jul-28														
Survey lokasi pendirian pabrik	█	█																																																							
Survey harga peralatan dan bahan baku	█	█																																																							
Pembelian dan pembebasan lahan			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█									
Perizinan bangunan dan usaha																																																									
Pembangunan pabrik dan fasilitas pendukung																																																									
Pembelian peralatan																																																									
Instalasi peralatan																																																									
Pengecekan operasional alat																																																									
Trial Tahap I																																																									
Evaluasi dan perbaikan																																																									
Trial Tahap II																																																									
Training office																																																									
	2	4	3	18																		6	2	4	3																																
	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan																		Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan	Bulan

Pabrik siap beroperasi