

## BAB III

### SISTEM PRODUKSI

#### 3.1 Bahan Baku

Bahan baku semen terdiri dari empat komponen yaitu: batu kapur, tanah liat, pasir silica dan pasir besi. Sebagai sumber utama bahan baku semen tersebut, yang terdiri dari batu kapur dan tanah liat yang berasal dari beberapa area tambang yang terletak di beberapa desa.

##### 1. Bahan baku utama

Sebagai sumber utama bahan baku semen tersebut, yang terdiri dari batu kapur dan tanah liat yang berasal dari beberapa area tambang di beberapa desa.

##### a. Batu Kapur CaCO<sub>3</sub> (80%)

Batu kapur (*Limestone*) diambil dari desa Sumberarum, Pongpongan dan milik Perhutani. Tahap pertama *quarry* yang diambil adalah dari desa Pongpongan dan tanah milik Perhutani, yang berjarak sekitar 4-5 km dari *plant site* ke arah tenggara. Ketinggian yang paling tinggi adalah 110 m dari permukaan laut. Kebutuhan batu kapur untuk pembuatan semen sekitar 80% dari total bahan baku.

Batu kapur merupakan sumber utama oksida yang mempunyai rumus CaCO<sub>3</sub> (Calcium Carbonat), pada umumnya tercampur MgCO<sub>3</sub> dan MgSO<sub>4</sub>. Batu kapur yang baik dalam penggunaan pembuatan semen memiliki kadar air ± 5%.

Menurut R.H. Perry, 1984, salah satu sifat kimia batu kapur yaitu dapat mengalami kalsinasi. Reaksi :



T= 600-800°C

b. Tanah Liat  $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (15%)

Tanah liat (*clay*) diambilkan dari daerah desa Tobo, Sugihan, Temandang, Mliwang, dan Telogowaru. Tahap pertama *quarry* yang dioperasikan dari desa Mliwang, Tlogowaru, Temandang, dan Sugihan. Jarak *quarry* ke *Plant Site* sekitar 3–4 km ke arah timur laut. Warna tanah liat adalah putih bila tanpa adanya zat pengotor, tetapi bila ada senyawa besi organik tanah liat akan berwarna coklat kekuningan. Tanah liat yang baik untuk digunakan memiliki kadar air  $\pm 20\%$ , kadar  $\text{SiO}_2$  tidak terlalu tinggi  $\pm 46\%$ , dan penggunaan tanah liat dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar  $\pm 9\%$ .

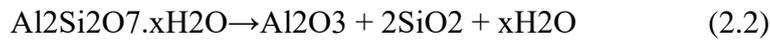
Tabel 3.1 Sifat Fisika Tanah Liat

Fase	Padat
Warna	coklat dan abu-abu kehitaman
Kadar Air	18– 25%
Bulk Density	1,4 ton/m <sup>3</sup>
Spesific Gravity	2,36 gr/cm <sup>3</sup>
Kandungan $\text{Al}_2\text{O}_3$	18– 22 %
Kandungan $\text{SiO}_2$	60– 70 %
Kandungan $\text{Fe}_2\text{O}_3$	5 – 10 %
Kuat Tekan	31,6 N/mm <sup>2</sup>
Silika Ratio	2,30
Alumina Ratio	2,70

(Sumber : Puja Hadi Purnomo, 1994)

Menurut R.H. Perry, 1984, salah satu sifat kimia tanah liat yaitu dapat mengalami pelepasan air hidrat bila dipanaskan pada suhu 500°C.

Reaksinya :



T = 500°C

## 2. Bahan Koreksi/Penunjang

Bahan Baku Koreksi/Penunjang semen terbagi menjadi dua bagian yaitu pada saat proses awal dan pada proses pencampuran di akhir. Bahan koreksi yang digunakan mempunyai fungsi untuk menyeimbangkan unsur kimia yang terdapat dalam batu kapur dan tanah liat agar memperoleh hasil sesuai kebutuhan dan jenis dari semen yang akan dibuat. Macam-macam bahan Koreksi yang ditambahkan adalah sebagai berikut:

### 1. Bahan Baku Koreksi pada saat awal produksi.

#### a. Pasir Silika SiO<sub>2</sub> (4%)

Pada umumnya pasir silika tercampur dengan logam-logam lainnya, sehingga prosentasenya kurang dari 100%. Untuk pembuatan semen dengan mutu baik diperlukan kadar yang tinggi. Bila kadarnya kurang dari 80% maka sudah tidak dapat digunakan untuk pembuatan semen dan sudah bersifat tanah liat. Kadar air bahan ini pada musim hujan mencapai -15% dan pada musim kemarau -5%. Pasir silika berfungsi sebagai pembawa oksida silika (SiO<sub>2</sub>) dengan kadar yang cukup tinggi yaitu sekitar 90-95 %. Depositnya berbentuk gunung-gunung pasir silika dan berkadar SiO<sub>2</sub> sekitar 90 %. Semakin murni pasir silika akan semakin putih warnanya dan biasa disebut pasir kuarsa yang berkadar SiO<sub>2</sub> mencapai 98,5 – 98 %. Warna pasir silika dipengaruhi oleh

adanya kotoran seperti Oksida Logam dan bahan Organik. Pasir silika ini digunakan sebagai bahan tambahan pada pembuatan semen jika kadar SiO<sub>2</sub> nya masih rendah.

Tabel 3.2 Spesifikasi Pasir Silika

Fase	Padat
Warna	Coklat Kemerahan
Kadar Density	10 – 25 % H <sub>2</sub> O
Kandungan SiO <sub>2</sub>	80 – 90 %
Spesifik Gravity	2,37 gr/cm <sup>3</sup>
Bulk Density	1,45 ton/m <sup>3</sup>
Ukuran Material	□ 30 mm
Silika Ratio	5,29
Alumina Ratio	2,37

(Sumber : Puja Hadi Purnomo, 1994)

b. Pasir Besi FeO<sub>3</sub> (1%) atau *Copper Slag*

Keadaan pasir besi selalu bercampur dengan SiO<sub>2</sub>, bila kadar FeO<sub>3</sub> sampai 80% sudah termasuk baik. Selama ini pasir yang dipakai antara 60%-80% FeO<sub>3</sub>. Pasir besi ini berfungsi sebagai penghantar panas dalam pembuatan terak (*clinker*) dari umpan *kiln*, dan karena itu bersifat menggumpal dan berat jenisnya paling tinggi dari bahan baku yang ada. *Copper slag* merupakan produk samping pada proses peleburan dan pemurnian tembaga dari bahan baku konsentrat tembaga. *Copper slag* dihasilkan dari proses peleburan tembaga disemelter dari hasil pengikatan besi dengan pasir silika dan batu gamping yang ditambahkan sebagai fluks untuk membentuk senyawa stabil dari CaO-FeO-SiO<sub>2</sub>. Komponen utama copper slag adalah Oksida Besi (FeO), Dioksida Silikon

(SiO<sub>2</sub>), Oksida Kalsium (CaO) dan Oksida Alumminium(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Copper slag mempunyai sifat fisik dan kimiawi sangat stabil. *Copper slag* ini sebagai pengganti pasir besi.

Pasir besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) berfungsi sebagai penghantar panas dalam proses pembuatan terak semen. penggunaan pasir besi dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar ± 1%. *Copper slag* digunakan karena mempunyai kandungan besi yang tinggi, sehingga menyebabkan material ini mempunyai densitas lebih tinggi dibandingkan pasir alam. Material ini mempunyai sifat fisik yang sangat keras dan porositas optimum.

Sifat fisiknya, antara lain :

- Fase : Padat
- Warna : Hitam
- *Bulk density* : 1,8 ton/m<sup>3</sup>

c. *Specific gravity*

Menurut R.H. Perry, 1984, salah satu sifat kimia *copper slag* yaitu dapat bereaksi dengan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan CaO membentuk *calcium alumina ferrit*.

Reaksi :



$$T = 1095 - 1205^\circ\text{C}$$

2. Bahan Baku Koreksi pada saat akhir pencampuran produksi.

a. Batu Gips (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O)

Batu Gips (*Gypsum*) digunakan sebagai bahan campuran pada terak sebagai penghambat reaksi (*cement retarder*) untuk selanjutnya digiling pada *finish mill*.

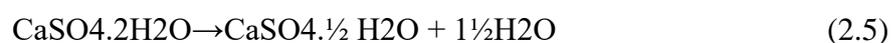
Tujuan penambahan gips pada saat penggilingan terak adalah untuk memperlambat pengerasan pada semen. Gips merupakan bahan galian alam sebagai mineral kalsium sulfat berbentuk *hydrous* yang disebut *gypsum* dan berbentuk *anhydrous* yang disebut *anhydrant* ( $\text{CaSO}_4$ ). Deposit ini mula-mula terjadi karena endapan kimia dari air laut yang kadar garamnya tinggi. Deposit ini berasal dari deretan deposit batu kapur, gips, *anhydrant* dan garam lainnya.

Peristiwa geologi yang terjadi menyebabkan batu kapur berubah menjadi deposit karena reaksi sulfat air laut. Gips dan *anhydrant* yang terjadi bersifat lunak, berbentuk butiran dan terkadang berserat. Jika gips bercampur dengan tanah liat dan tanah lainnya disebut *gypsite*. Gips digunakan untuk mencegah adanya *fulse set* dan akan memberi *setting time* serta memberikan kekuatan tekanan pada semen. Untuk pembuatan semen gypsum yang diijinkan mempunyai kandungan  $\text{CaSO}_4$  50–60 % dan air bebas 2,8 %. Menurut Puja Hadi Purnomo, 1994, sifat fisika *gypsum* sebagai berikut:

- Fase : Padat
- Warna : Putih
- Kadar air : 10%  $\text{H}_2\text{O}$
- Bulk density : 1,7  $\text{ton/m}^3$
- Ukuran material : 0 - 30 mm

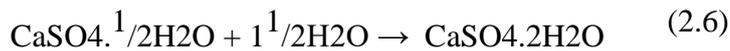
Sifat kimia *gypsum* yaitu dapat mengalami pelepasan air hidrat bila sedikit dipanaskan.

Reaksi :



Jika pemanasan dilakukan pada suhu yang lebih tinggi, *gypsum* akan kehilangan semua airnya dan menjadi kalsium sulfat anhidrat. *Gypsum* juga dapat mengalami hidrasi dengan air menjadi hidrat kristal padat.

Reaksi :



$T < 99^\circ\text{C}$

(Sumber : “Teknologi Semen”, Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT. Semen Indonesia Tbk)

b. *Trass* ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ )

*Trass* merupakan hasil pelapukan endapan vulkanik sebagian besar mengandung *silica*, besi dan alumina dengan ikatan gugus oksida. Sifat dari *Trass* meliputi warna: putih kemerahan, kecoklatan, kehitaman, kelabu, kekuningkuningan, coklat tua, coklat muda, dan abu-abu. Dalam keadaan sendiri tidak mempunyai sifat mengeras, bila ditambah kapur tohor dan air akan memiliki masa seperti semen dan tidak larut dalam air. Hal ini disebabkan karena senyawa *silica* aktif dan senyawa alumina reaktif dengan reaksi:  $2\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2 + 7\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2(2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ . Mengerasnya semen *pozzoland* lebih lambat dari *Portland* meskipun kekuatannya bertambah terus *Trass* tahan terhadap agregat alkalin, nilai penyusutan dan pemuaiannya kecil, kelulusan air kecil (kedap air), tahan terhadap asam tanah maupun air laut, sifat lentur tidak mudah retak.

3. Bahan baku alternatif

Banyaknya target produksi yang harus berjalan setiap hari beriringan dengan menipisnya ketersediaan bahan baku di lapangan. Dikarenakan proses

pembuatan semen melalui proses pembakaran dengan suhu yang sangat tinggi menjadikan pabrik semen dapat mengolah limbah B3 dengan mencampurkannya kedalam bahan baku semen. Limbah B3 tersebut didapatkan melalui suatu perjanjian dengan perusahaan lain *non*-semen yang membutuhkan bantuan dalam pengolahan limbah B3 yang dihasilkannya. Limbah B3 tersebut biasa digunakan sebagai bahan baku alternatif pengganti tanah liat namun tetap dalam komposisi tertentu. Limbah B3 tersebut diantaranya adalah:

a. *Drilling Cutting*

Limbah padat dari eksplorasi minyak bumi (*drilling cutting* dan *cement cutting*) yang dihasilkan dari proses pengeboran minyak bumi memiliki karakteristik serupa dengan tanah terkontaminasi oleh minyak bumi. Pada saat ini sebanyak 5% limbah padat *drilling cutting* dipakai dalam proses pembuatan *paving block*, dan sisanya sebanyak 95% masih belum terolah sehingga makin lama akan makin bertambah dan menimbulkan *problem* mengenai tempat penyimpanan.

b. *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA)

Abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, namun dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang dikandung di dalam abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan yang mengikat. Abu batu bara dapat digunakan pada beton sebagai material terpisah atau sebagai bahan dalam campuran semen dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat beton. Fungsi abu batu bara sebagai bahan aditif dalam beton bisa sebagai pengisi (*filler*) yang akan menambah internal kohesi dan mengurangi porositas daerah transisi yang merupakan daerah terkecil dalam beton,

sehingga beton menjadi lebih kuat. Pada umur sampai dengan 7 hari, perubahan fisik abu batu bara akan memberikan kontribusi terhadap perubahan kekuatan yang terjadi pada beton, sedangkan pada umur 7 sampai dengan 28 hari, penambahan kekuatan beton merupakan akibat dari kombinasi antara hidrasi semen dan reaksi *pozzolan*.

Mineralogi abu terbang sangat beragam. Fase utama yang dihadapi adalah fase kaca, bersama-sama dengan kuarsa, mulit dan oksida besi hematit, magnetit serta/atau maghemit. Fase lainnya sering diidentifikasi adalah kristobalit, anhidrit, kapur, periklas, kalsit, silvit, halit, *portlandite*, rutil serta anatase. Mineral anortit, gehlenit, akermanit yang memiliki Ca serta berbagai silikat kalsium dan aluminat kalsium identik dengan yang ditemukan dalam semen *Portland* dapat diidentifikasi dalam abu terbang kaya-Ca. Kandungan merkuri dapat mencapai 1 ppm, tetapi umumnya termasuk dalam kisaran 0.01-1 ppm untuk batu bara bituminus.

Konsentrasi unsur penjejak lainnya bervariasi serta sesuai dengan jenis batubara yang dibakar untuk membentuk ia. Bahkan, dalam kasus batubara bituminus, dengan pengecualian dari boron, jejak konsentrasi unsur umumnya sama dengan konsentrasi unsur jejak di tanah bebas polusi.

Tabel 3.3 Perbandingan Sifat Kimia Antara Abu Terbang Dan Semen *Portland*

<b>Komponen</b>	<b>Abu terbang</b>	<b>Semen <i>Portland</i></b>
<u>SiO<sub>2</sub></u> (%)	20-60	17-25
<u>CaO</u> (%)	1-12	60-65
<u>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u> (%)	5-35	3-8
<u>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u> (%)	10-40	0.5-6
<u>MgO</u> (%)	0-5	0.5-4
<u>SO<sub>3</sub></u> (%)	0-4	1-2
<u>Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O</u> (%)	0-7	0.5-1

Dua tipe abu terbang didefinisikan oleh ASTM C618: abu terbang tipe C dan abu terbang tipe F. Perbedaan utama antara kelas-kelas tersebut adalah jumlah kalsium, silika, alumina, serta kandungan besi dalam abu. Sifat-sifat kimia dari abu terbang tersebut sangat dipengaruhi oleh kandungan kimia dari batu bara yang dibakar (yaitu, antrasit, bituminus, serta lignit).

c. *Bleaching Earth*

*Bleaching Earth* (BE) adalah nama dagang dari bentonite. BE merupakan bahan pemucat yang berfungsi sebagai *absorben* yang bertugas untuk menyerap unsur-unsur pembawa warna yang terdapat pada CPO. CPO semula berwarna *orange* kemerahan namun setelah melewati tahapan *bleaching*, warna CPO berubah menjadi kuning pucat. Jumlah BE yang dibutuhkan pada proses *bleaching* berbanding lurus dengan kuantitas dan kualitas produk yang ingin dihasilkan.

Tabel 3.4 Unsur Kimia Pada SBE Komponen Persentase (%)

Komponen	Persentase (%)
SiO <sub>2</sub>	83,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,57
CaO	0,41

d. *Paper sludge*

*Sludge* merupakan limbah buangan padat sisa dari produksi industri baik itu minyak logam, maupun kertas yang biasanya berwarna hijau, abu abu atau hitam, dengan komposisi sebesar 80% air dan 20% padat yang diperoleh dari proses pengendapan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Limbah padat yang dihasilkan industri kertas berasal dari beberapa unit proses yang umumnya berasal dari proses penyaringan bubur pulp dan proses pengolahan air limbah (IPAL). Setiap unit proses pada produksi pulp dan kertas menghasilkan limbah cair yang

komponen utamanya berupa serat dan senyawa organik maupun anorganik (Syamsudin dkk., 2007).

Tabel 3.5 Komposisi Senyawa Limbah Padat Kertas

Komposisi Kimia	Kadar dalam <i>Sludge</i> (%)
Silikon Dioksida ( $\text{SiO}_2$ )	2,35
Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	7,70
Ferri Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	1,68
Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ )	56,38
Magesium Oksida ( $\text{MgO}$ )	3,62
Sulfur Trioksida ( $\text{SO}_3$ )	11,26
Timbal Dioksida ( $\text{TiO}_2$ )	0,14
Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ )	0,75
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	16,11

### 3.2 Mesin yang digunakan

#### a. Crusher



Gambar 3.1 Mesin *Chruser*

Spesifikasi mesin:

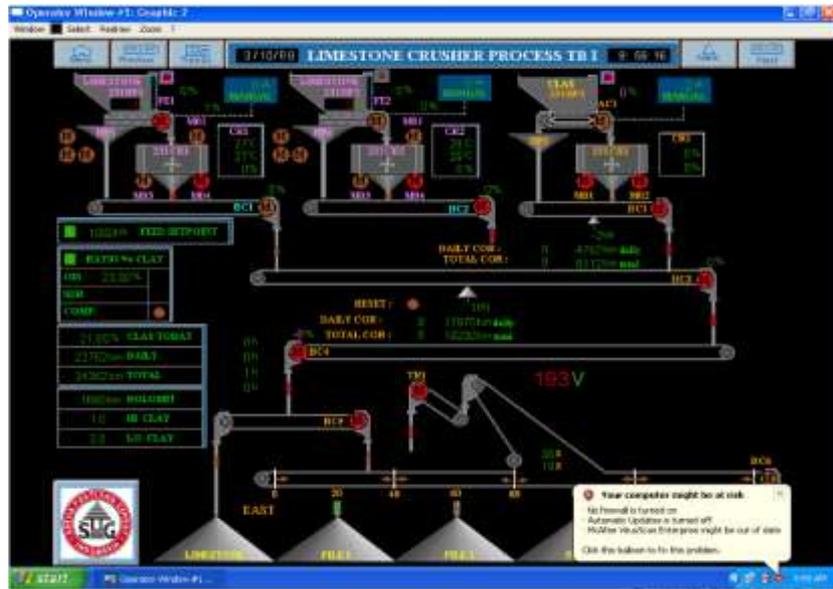
Kapasitas: 50t / jam - 500t / jam

Daya Motor: 11-132kw

Model: 600-1350

Proses *Crusher* mempunyai tujuan mereduksi ukuran batu kapur menjadi batu kapur yang lebih kecil untuk mempermudah proses di dalam *roller* dan *kiln*. Untuk *plant* 1,2 dan 3 di pabrik Tuban masing-masing dilengkapi 2 unit *hammer mill* untuk batu kapur. Masing-masing unit dilengkapi dengan *hopper* berkapasitas 75 ton yang berfungsi menerima material dari *dump truck*. Sedangkan untuk *plant* 4 hanya dilengkapi dengan 1 unit *hammer mill* dengan sistem 2 rotor. *Hammer mill* untuk batu kapur hanya 1 unit yang dioperasikan sedangkan 1 unit yang lain dalam keadaan *stand by*. *Hammer mill* memiliki kapasitas 700 ton/jam untuk produk basis kering dengan spesifikasi 95% lolos berukuran kurang dari 108 mm. *Hammer mill* bekerja baik untuk menghancurkan batu kapur berdiameter maksimal 1 meter. Material diterima oleh *hopper* kemudian dengan gerakan *wobbler feeder*, material akan bergerak menuju *hammer mill*. Hanya material yang berukuran kurang dari 70 mm saja yang dapat lolos dari sela-sela *wobbler feeder* dan dapat langsung turun menuju *belt conveyor*.

Pertemuan antara batu kapur dan tanah liat berada diproses transportasi menuju ke penyimpanan *pile*, tepatnya berada pada *belt conveyor*. Pada *plant* tuban 1 dan 4 *clay* dan *limestone* bertemu di *belt conveyor* 3 sedangkan pada *plant* tuban 2 dan 3 pada *belt conveyor* 5. Pada *crusher* tuban 1 ditemukan perbedaan dengan *plant* yang lain. Perbedaan ini dapat ditemukan dengan tidak adanya *surge bin* pada *plant* tuban 1. *Surge bin* merupakan tempat penampungan sementara batu kapur yang telah direduksi ukurannya. *Plant* tuban 1 tidak menggunakan sistem *surge bin* dikarenakan pertemuan antara *limestone* dan *clay* yang relatif dekat dekat.



Gambar 3.2 Pantauan *Central Control Room (CCR)* pada *Limestone Crusher*

Sumber : PT Semen Indonesia, 2021

b. Penggilingan Bahan Baku



Gambar 3.3 Mesin *Raw Mill*

Spesifikasi mesin:

Kapasitas: 30-720 t / jam

Daya: 17-20 kWh / t

Output: 80  $\mu$ mR 12-15%

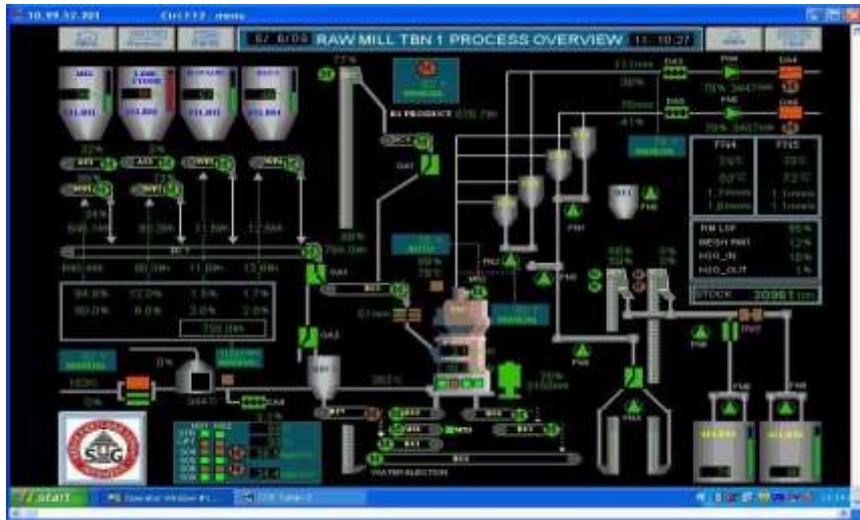
*Raw Material Reclaiming* merupakan sub unit yang berfungsi sebagai pencampuran awal *preblending* material batu kapur dan tanah liat, selain itu juga untuk mengurangi kandungan air pada material. Batu Kapur dan tanah liat produk *Crusher* setelah melewati penimbangan *Belt Scale System* dibawa oleh *Belt Conveyor* dengan laju alir 680 ton/jam dan kecepatan 1,02 m/detik melewati *Tripper* dengan laju alir 2.800 ton/jam untuk disimpan dalam *Limestone/Clay Mix Storage* yang berfungsi sebagai pencampuran awal. Pada *Limestone/Clay Mix Storage* dilengkapi pula dengan *Reclaimer* yang laju alirnya 750 ton/jam dan panjang *bridge* adalah 39 m, yang berfungsi untuk menarik/menggaruk material campuran batu kapur dan tanah liat secara vertikal, sehingga terjadi pencampuran material. Hasil garukan dan tarikan *Reclaimer* tersebut akan dibawa oleh *Belt Conveyor* untuk dimasukkan ke dalam *Mix Bin* yang kapasitasnya 250 ton.



Gambar 3.4 *Reclaiming Scraper*

Mengingat kenyataan bahwa hanya bahan-bahan yang kering dapat digiling sampai halus, sedangkan bahan-bahan mentah untuk pembuatan semen umumnya lembab, lengket dan plastis maka, bahan-bahan ini pertama-tama harus dikeringkan. Sebagai akibat dari perkembangan *suspension preheater kiln*, dan variasi besi tahan aus, *mill* yang memproduksi secara cepat menjadi bertambah

populer pada industri semen. *Material* produk *roller mill* ini memiliki ukuran 170 *mesh* maksimum sebanyak 12% dengan kadar air kurang dari 1%.

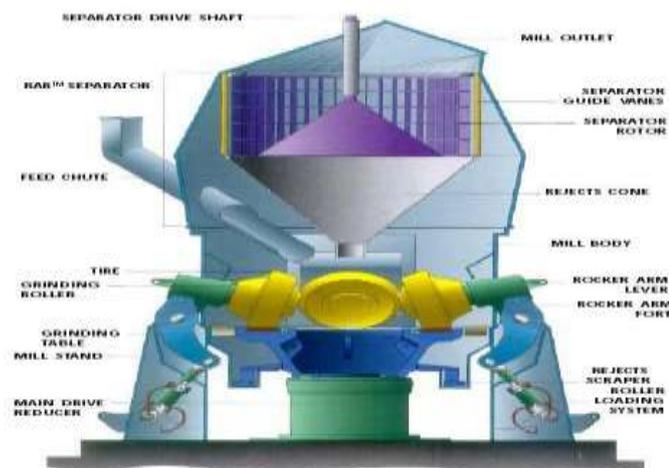


Gambar 3.5 Pantauan *Central Control Room* (CCR) pada Proses *Raw Mill*

Sumber : PT Semen Indonesia, 2021

Gambar 3.5 menerangkan jika di dalam vertikal *raw mill* terjadi pula proses *drying while grinding*. Proses tersebut memanfaatkan gas panas yang berasal dari *suspension preheater* dan *clinker cooler* yang masing-masing bertemperatur sekitar 380° C dan 320° C.

Prinsip Kerja *Raw Mill* (*Roller Mill*) :



Gambar 3.6 Bagian-Bagian *Vertical Roller Mill*

Gambar 3.6 menerangkan tentang prinsip kerja dari *raw mill* adalah melindas material dimana terdapat 4 buah *roll* yang melindasnya. *Roll* berputar mengikuti putaran *table* dimana putaran *table* diatur oleh *hydraulic speed system*, arah putaran *table* searah jarum jam dan diameter *grinding table* sebesar 6 meter. Setelah material yang terlindas oleh *roll* menjadi halus seperti bubuk, maka *clasifier* akan menarik material tersebut karena ada hisapan udara yang kuat dari *fan*. Selanjutnya akan diumpun menuju ke *cyclone* untuk memperoleh material yang lebih halus dan dari *cyclone* menuju *airslide* untuk seterusnya menuju ke *silos* (tempat penampungan).

c. Blending Silo



Gambar 3.7 *Blending Silo*

Spesifikasi:

Kapasitas : 100 kg/jam

Kapasitas tampung: 20.000 ton

Power : 375 watt, 220 V

Dimensi : 80 cm x 60 cm x 164 cm

Bahan : *stainless steel*

Produk dari *Raw Mill* yang disebut tepung baku ditransport menuju *Blending Silo* yang kapasitasnya 20.000 ton. *Type Blending Silo* yang digunakan adalah *Continous Mixing silo* yang berfungsi sebagai *Mixing Chamber* dan *Storage Silo* yang beroperasi secara *Continous Flow Silo*. Prinsip dari proses pencampuran material berdasarkan atas perbedaan *layer material* yang bercampur sewaktu material dikeluarkan dari *silo*. Jadi proses *blending* akan berjalan dengan baik bila terbentuk sebanyak mungkin *layer material* yang berbeda komposisi. Terbentuknya *layer* dilakukan dengan pengumpanan ke dalam kedua *silo* lewat *AirSlidefeed* sistem yang bergantian dengan ketebalan *layer maximal* 1 meter. *Layer-layer material* yang terbentuk didalam *silo* akan bergantian dan tercampur sewaktu proses pengeluaran akan aliran *material* akan membuat saluran. Untuk memperoleh hasil pencampuran yang baik, isi *silo* harus dijaga agar sedikitnya berisi setengah dari kapasitas *silo* yaitu sekitar 10.000 ton. Sebab bila isi *silo* kurang dari setengahnya akan mengakibatkan proses pencampuran material menjadi tidak baik.

*Material* yang keluar dari kedua *Silo* merupakan umpan *Kiln*, dilewatkan melalui *Air Slide* dikirim ke *kiln Feed Bin* yang kapasitasnya 90 ton yang dilewatkan *Air Slide* masuk kedalam *Junction Box* dan kemudian dengan salah satu *Bucket Elevator* kapasitas 354 ton/jam material dibawa *Air Slide* masuk ke *Kiln Feed Bin*. Dari *Kiln Feed Bin* umpan *Kiln* dibagi ke dalam *Calibration Bin* yang kapasitasnya masing-masing 50 ton. Keluar dari kedua *Calibration Bin* ditimbang oleh *Flow Meter* yang kemudian ditransport ke ILC (*In Line Calciner*) dan SLC (*Separate Line Calciner*) *Preheater* lewat *Air Slide*, *Air Lift* dan *Air Slide*.

d. Preheater



Gambar 3.8 Mesin *Preheater*

Spesifikasi mesin:

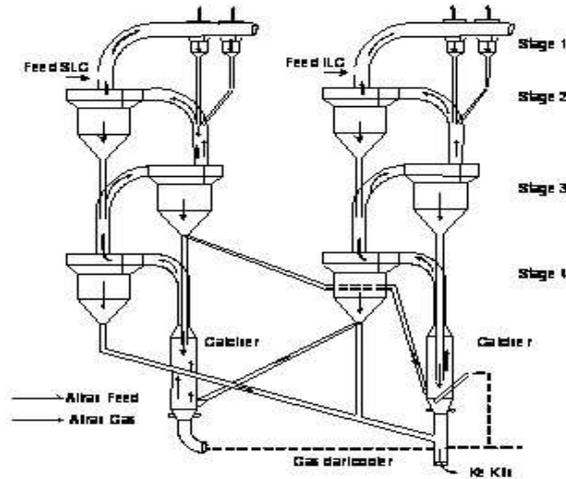
Kapasitas pemanasan awal: 200-600 t / hari

*Quantity of push rod*: 4-12

Tinggi: 4-4,5 m

*Feed size*: 10-50 mm

Jenis *Preheater* yang digunakan oleh PT. Semen Indonesia adalah *Double String Preheater* (441.PH-1) dengan 4 *stages*, yang dilengkapi dengan ILC dan SLC *Calciner*. Aliran *material* berlawanan arah atau *countercurrent* dengan gas panas, yaitu umpan masuk dari atas *Cyclone*, sedangkan gas panas dialirkan dari bawah *Cyclone*. Untuk meningkatkan efisiensi pemisahan antara gas panas dan material didalam *Preheater* maka pada *stage* I dipasang *double cyclone*. Pada *stage* I sampai dengan *stage* III berfungsi sebagai pemanas awal umpan *kiln*, sedangkan pada *stage* 4 digunakan untuk memisahkan produk yang keluar dari *Calsiner* yang telah terkalsinasi.

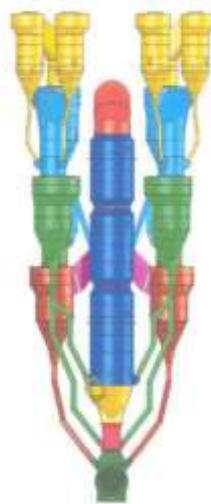


Gambar 3.9 Proses Antar *Stage* Pada SLC dan ILC

Gambar 3.9 menerangkan proses pemanasan umpan pada *stage* I sampai III terjadi karena adanya perpindahan panas antara gas panas yang keluar *kiln* dan *kalsiner* dengan umpan *kiln* yang masih dingin. Suhu umpan masuk *Riser Duct stage* I yaitu 50°C–60°C. Umpan *kiln* yang masih dingin masuk kedalam *riser duct stage* pertama dengan laju alir 260 ton/jam, kemudian bercampur dengan aliran gas panas ikut masuk kedalam *cyclone*. Di dalam *cyclone* umpan *kiln* dipisahkan dari campuran antara gas dan material. Campuran antara umpan *Kiln* dan gas panas masuk kedalam *Cyclone* dengan arah tangensial, sehingga akan terjadi pusaran angin. Pusaran angin tersebut mengakibatkan terjadinya gaya sentrifugal, gaya gravitasi dan gaya angkat gas didalam *Cyclone*. Untuk *material* kasar gaya gravitasi dan gaya sentrifugal lebih dominan. Gaya sentrifugal menyebabkan *material* menumbuk dinding *Cyclone* sehingga akan jatuh ke *downpipe* karena gaya gravitasi. Untuk *material* halus gaya angkat gas sangat dominan sehingga *material* akan terangkat gas keluar dari *Cyclone*.

Berebeda dengan *plant* pabrik lainnya, *plant* tuban 4 menggunakan preheater dengan model ILC (In Line Calsiner). Hal ini dimaksudkan agar waktu

tinggal gas dan material lama karena volume calciner yang besar dengan putaran yang moderat, cocok untuk bahan bakar *low grade*, umur *brick* lama karena *thermal load* yang rendah dan *coating* yang stabil, emisi NOx terendah diantara sistem kiln *calciner* tradisional, Normal kapasitas 1500 – 6000 tpd dan dengan *multi string* bisa 10000 tpd, Rasio pembakaran di calciner 55 – 65 % dan, kalsinasi sampai di inlet kiln 90 – 95%.



Gambar 3.10 Model ILC *Preheater Plant* Tuban 4

e. *Rotary Kiln*



Gambar 3.11 Mesin *Rotary Kiln*

Spesifikasi mesin:

Kapasitas: 300-6000 t / hari

Diameter silinder:  $\Phi 3.2$ - $\Phi 4.8$ m

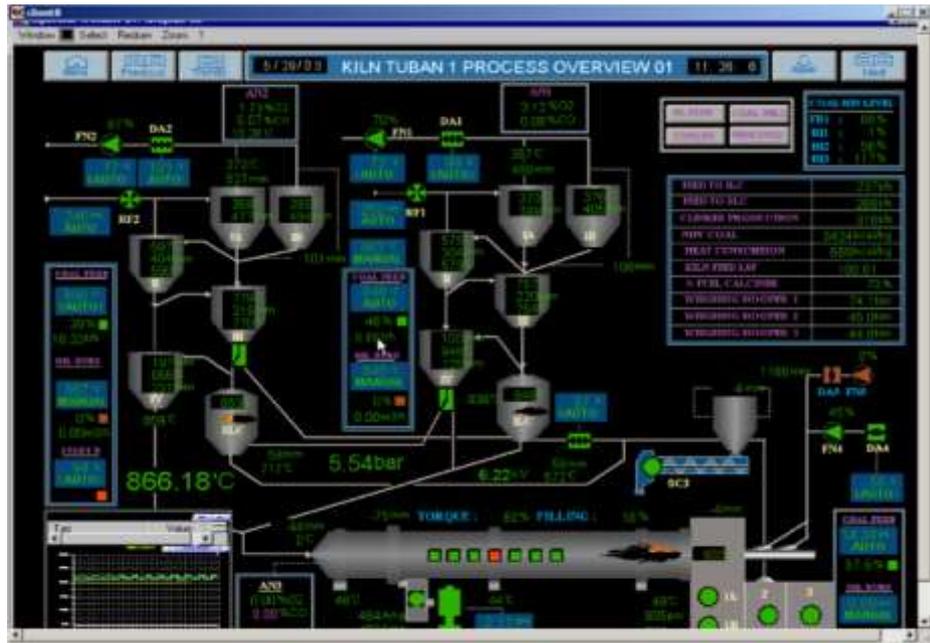
Suhu: 900-1450 °C

Bahan yang berlaku: semen, batu bata semen, tanah liat, bentonit dan sebagainya.

*Rotary Kiln* digunakan untuk membakar *material* dari *preheater* agar menjadi *clinker*. Sumber panas dalam *Rotary Kiln* dihasilkan dari pembakaran batu bara. *Rotary Kiln* dibagi menjadi 4 *zone* sesuai dengan reaksi yang terjadi pada suhu dimana reaksi tersebut berlangsung. *Zone-zone* tersebut adalah :

- *Zone* Kalsinasi, pada kondisi suhu 900 – 1100°C
- *Zone* Transisi, pada kondisi suhu 1100 – 1200°C
- *Zone* Klinkerisasi, pada kondisi suhu 1250 – 1450°C
- *Zone* Pendinginan, pada kondisi suhu 1450 – 1300°C

Material keluar dari *Preheater* bersuhu 800°C masuk ke dalam *Rotary Kiln* (441.KL-1) dengan laju alir 7800 ton/jam, umpan *kiln* tersebut mengalami pemanasan oleh gas panas dari batu bara. Pemanasan berlangsung secara *Counter Current*, sehingga kontak antara panas dan umpan *kiln* lebih efisien. Akibat kontak antar partikel maka akan terjadi perpindahan panas dari gas panas menuju ke umpan *kiln*. Umpan *kiln* terus terbakar dan meleleh hingga akhirnya akan terbentuk senyawa-senyawa semen yang disebut *clinker*.



Gambar 3.12 Pantuan *Central Control Room* (CCR) pada Proses *Preheater* dan *Kiln*

Sumber : PT Semen Indonesia (Persero) Tbk., 2018

f. *Clinker Cooler*



Gambar 3.13 Mesin *Clinker Cooler*

Spesifikasi mesin:

Efisiensi termal:  $\geq 72\%$

Suhu Bahan Makanan: 1370 °C

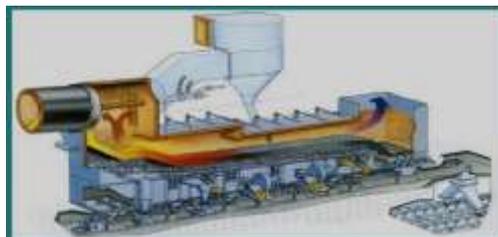
Suhu pemakaian bahan: 65 °C + suhu sekitar

Granularitas *Clinker* Keluaran:  $\leq 25\text{mm}$

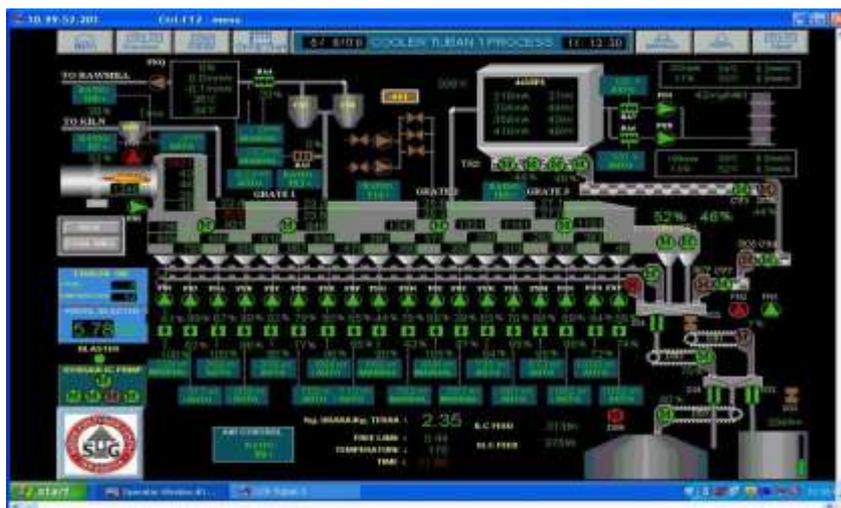
*Clinker Cooler* berfungsi sebagai pendingin *clinker* yang sudah terbentuk dan memproduksi udara pembakar sekunder yang digunakan dalam *Rotary Kiln*. *Clinker Cooler* yang digunakan terdiri dari 16 kompartemen. Sebagai media pendingin digunakan udara yang dihasilkan oleh 14 buah *Fan*. *Klinker* hasil pembakaran yang mempunyai suhu  $1400^{\circ}\text{C}$  keluar dari *Rotary Kiln*. Selanjutnya *clinker* langsung diterima oleh *grate-grate* (sarangan). Pendinginan secara cepat bertujuan untuk :

- Mendapatkan *clinker* yang *amorf* sehingga lebih mudah digiling mencegah terbentuknya kristal MgO. Kadar MgO dalam semen sangat dibatasi karena dapat menyebabkan ekspansi semen yang berlebihan.
- Semen yang dihasilkan memiliki ketahanan yang baik terhadap sulfat.
- Menghambat perubahan  $\text{C}_3\text{S}$  menjadi  $\text{C}_2\text{S}$ .

Pendinginan dilakukan secara mendadak, yaitu untuk menghindari terjadinya pengerasan semen atau dekomposisi  $\text{C}_3\text{S}$  menjadi  $\text{C}_2\text{S}$ , sehingga *clinker* yang dihasilkan menjadi *amorf* supaya mudah digiling. Pendinginan dilakukan sampai suhu *clinker* menjadi  $82^{\circ}\text{C}$  keluar dari *Clinker Cooler* dibawa oleh *Drug Conveyor* (satu *stand by*) ke *Drug Conveyor* selanjutnya yang laju alirnya 470 ton/jam dan dimasukkan ke dalam *Klinker Storage Silo* yang berkapasitas 75.000 ton.



Gambar 3.14 *Clinker Cooler*



Gambar 3.15 Pantuan *Central Control Room (CCR)* pada Proses *Clinker Cooler*

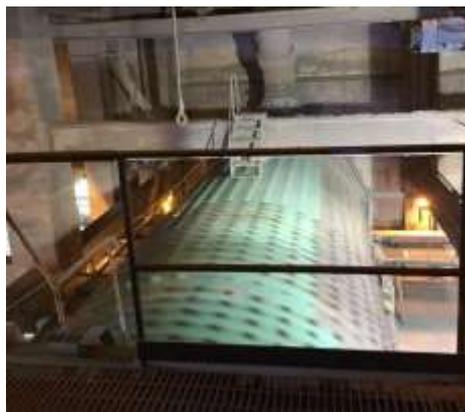
Sumber : PT Semen Indonesia (Persero) Tbk., 2018

Gambar 3.15 menerangkan *Clinker Cooler*, *grate-grate* bergerak dengan cara bergeser, sehingga *clinker* akan terdorong menuju *outlet cooler* yang dilengkapi dengan *Klinker Breaker/Crusher* yang berfungsi menghancurkan *clinker* yang masih kasar. Udara yang digunakan untuk mendinginkan *clinker* panas dipakai kembali oleh *Kiln*, *Calciner* dan *Roller Mill*.

g. Finish Mill

Gambar 3.15 menerangkan laju alir umpan total yang boleh masuk *finish mill* maksimum 500 ton/jam. Jumlah *material* tersebut dikontrol oleh *weight feeder*. Komposisi umpan sesuai dengan jenis semen yang akan dibuat. Semen *Ordinary Portland Cement (OPC)* terdiri dari bahan klinker dan *gypsum* dengan batu kapur sebagai *fillernya* sedangkan semen *Pozzolan Portland Cement (PPC)* terdiri dari bahan *klinker* dan *gypsum* dengan *trass* sebagai *fillernya*. Semen PPC cocok dipakai di daerah pantai karena memiliki sifat tahan sulfat sedangkan semen OPC dipakai untuk konstruksi bangunan di daratan.

Untuk pembuatan semen *pozzolan* maka *klinker*, *gypsum*, dan *pozzolan* yang telah ditimbang akan dibawa oleh *belt conveyor* menuju *hydraulic roll crusher (HRC)* untuk mengalami penghancuran awal. Dari HRC, *material* kemudian dibawa dengan *belt conveyor* menuju *finish mill*, sebagian *material* dikembalikan ke HRC untuk menjaga agar umpan masuk *finish mill* tidak berlebihan. *Finish mill* yang digunakan di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. ada 2 jenis, berbentuk silinder horisontal yang memiliki panjang 13 m, diameter 4,8 m, kapasitas 215 ton/jam produk yang biasa disebut dengan *ball mill* dan *OK Mill* atau biasa disebut dengan *vertical mill*. Silinder *finish mill* terbagi menjadi dua kompartemen. Bagian pertama memiliki panjang 2,5 m dan kompartemen kedua sepanjang 10,5 m. Pada masing-masing bagian terdapat *grinding ball* sebagai alat penggiling dengan prinsip gerusan. *Grinding ball* bagian satu memiliki diameter lebih besar dari *grinding ball* bagian dua. Bagian satu bertujuan untuk menghancurkan semen sedangkan bagian dua bertujuan untuk menghaluskan dan menghomogenisasi semen. Sedangkan untuk *ok mill* konsep nya hampir sama dengan *roller mill*



Gambar 3.16 Mesin *Ball Mill*



Gambar 3.17 Mesin *Vertical Mill*

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

Spesifikasi *Ball Mill*:

Kapasitas alat : 215 ton/jam

*Milldrive* : *symmetro* TSX – 2160 A, 4900 KW

Diameter : 4,6 m

Panjang : 13 m

Kecepatan : 16,6 rpm

*Power* : 36 KW/ton semen

*Power* maksimal : 7740 KW/jam

Gambar 3.16 merupakan tempat terjadinya tumbukan bola dengan material pada intensitas tinggi menyebabkan suhu di dalam *mill* meningkat. Temperatur di dalam *mill* diatur dengan *mill venting* dan *water spray*. Temperatur maksimal yang diperbolehkan di dalam *mill* adalah 107°C karena temperatur yang terlalu tinggi akan menyebabkan *gypsum* terhidrasi. Jika temperatur *milloutlet* mencapai 121°C, maka dilakukan:

- Menjalankan *water spray*

- Memindahkan FD *klinker dome* untuk mencari *klinker* yang lebih ringan
- Mencampur dengan *klinker* dingin dengan bantuan *belt conveyor*

*Material* yang keluar dari *finish mill* dibawa dengan *air slide* menuju *bucket elevator* kemudian masuk separator yang memisahkan *material* halus dan sesuai spesifikasi menuju *silo-silo* penyimpanan semen sedangkan *material* yang masih kasar dikembalikan ke *finish mill*. Gas pembawa *material* halus dihisap oleh *fan* menuju *bag filter* dengan terlebih dahulu melewati siklon sehingga *material* semen yang terbawa dapat dipisahkan dan dialirkan ke dalam *silo* semen dengan *air slide*.

#### h. Pengemasan (*Packer*)

*Packer* adalah tahap akhir dari proses pembuatan semen yaitu pengantongan pada tahap ini pengantongan semen dimulai dari *silo* penyimpanan semen yaitu silo 5,6,7 dan 8 yang masing-masing berkapasitas 20000 ton. Alur proses semen dari keempat *silo* tersebut dibagi menjadi 2 jalur, jalur 1 untuk semen yang keluar dari *silo* 5, 6 dan jalur 2 untuk semen yang keluar dari jalur 7 dan 8. *Material* yang keluar dari *silo* diatur oleh pengendali aliran, dengan selang waktu pengendalian adalah 8-12 menit.

Dari *silo* semen dihembuskan oleh udara yang dibawa dengan *airslide* menuju *bucket elevator* yang memiliki kapasitas 500 ton/jam. Dari *bucket*, *material* dilewatkan melalui *vibrating screen* untuk memisahkan semen dengan *material* asing dan dibawa masuk ke *Bin* pusat, aliran semen dibagi menjadi 2 yaitu aliran semen curah dan aliran semen kantong.

Gambar 3.14 menerangkan aliran semen ke beberapa kantong setelah melewati *Bin* Semen lalu akan dilewatkan ke *Bin* Semen yang lebih kecil melalui *Air Slide* selanjutnya akan ditransport ke *Bin Roto Packer* yang didalamnya

dilengkapi dengan *Spot Tube*, yaitu semacam suntikan untuk memasukkan semen ke dalam kantong semen. Pemasukkan semen ke dalam kantong diatur rentang berat 39,5 – 40,5 kg untuk semen jenis OPC dengan berat 40 kg dan rentang berat 49,5 – 50,5 kg untuk semen jenis PPC dengan berat 50 kg. Jika berat semen kurang dari 39,5 dan 49,5 kg maka akan terpantau oleh penimbang dan dikeluarkan lewat *Bin Reject*. Semen yang tidak lolos akan diayak dan dibawa *Screw Conveyor* kemudian dikembalikan ke *Bucket Elevator*. Semen yang lolos uji dibawa ke *Belt Conveyor* menuju truck untuk didistribusikan ke konsumen.

Berikut ini adalah gambar proses packer pada PT. Semen Indonesia Tbk.



Gambar 3.18 Pengemasan (*Packer*)

Sumber : “Teknologi Semen”, Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT Semen

Indonesia Tbk., 2021

Spesifikasi mesin *packer* (*Roto Packer*):

Fungsi : untuk mengisikan material semen produk ke dalam kemasan.

Kapasitas : 2000 sack/hari

Jumlah filling spouts : 6 buah

Udara tekan : 22 N<sub>3</sub>/jam

Tinggi mesin : 18 M

Kebutuhan daya : 15 KW

### 3.3 Tenaga Kerja dan Jam Kerja

Tenaga kerja PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. terdiri dari direksi, tenaga kerja tetap, tenaga kerja bulanan/percobaan, dan tenaga kerja *outsourse*. Tenaga kerja meliputi tenaga kerja langsung dan tidak langsung. Tenaga kerja langsung yang meliputi bagian operasional proses produksi. Tenaga kerja tidak langsung yang meliputi pemimpin perusahaan, bagian administrasi dan umum, bagian produksi dan bagian pemasaran, serta beberapa karyawan yang tidak terkait langsung dengan proses produksi. Saat ini jumlah tenaga kerja organik/ tetap yang ada di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. di Pabrik Tuban adalah 816 orang. Sedangkan untuk tenaga kerja *outsourse* berjumlah sekitar 2500 orang. Jumlah tenaga kerja organik/ tetap yang ada di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban bisa dilihat di tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Data Tenaga Kerja Organik/Tetap PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Operasional Tuban.

<b>Rentang Usia</b>	<b>Pria</b>	<b>Wanita</b>	<b>Jumlah</b>
21-25	16	0	16
26-30	138	1	139
31-35	138	3	141
36-40	35	0	35
41-45	310	2	312
46-50	132	7	139
51-55	33	0	33
56-60	1	0	1
<b>Total</b>	<b>803</b>	<b>13</b>	<b>816</b>

(Sumber : HRIS PT Semen Indonesia, 2019)

Dari tabel di atas, dapat dijelaskan bahwa jumlah tenaga kerja organik/ tetap yang berjenis kelamin wanita berjumlah 13 orang. Sedangkan jumlah tenaga kerja organik/ tetap yang berjenis kelamin pria berjumlah 803. Jadi, total keseluruhan

tenaga kerja organik/tetap PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban berjumlah 816 orang.

Adapun ketentuan waktu kerja PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. untuk setiap harinya tidak ada perbedaan antara karyawan *organic* dan karyawan Non *Organic*.(PKWT). Adapun waktu kerja untuk karyawan *organic* dan karyawan Non *Organic* (PKWT) adalah sebagai berikut :

Senin-Jumat : 07.30 – 16.30  
 Sabtu dan Minggu : Libur  
 Waktu istirahat Senin-Kamis : 12.00-12.45  
 Waktu istirahat Jumat : 11.00-13.00

### 3.4 Hasil Produksi

Hasil produksi yang dihasilkan oleh PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. sangatlah banyak. Dapat diketahui dari tabel di bawah ini

Tabel 3.7 Produksi Semen Tahun 2017-2019

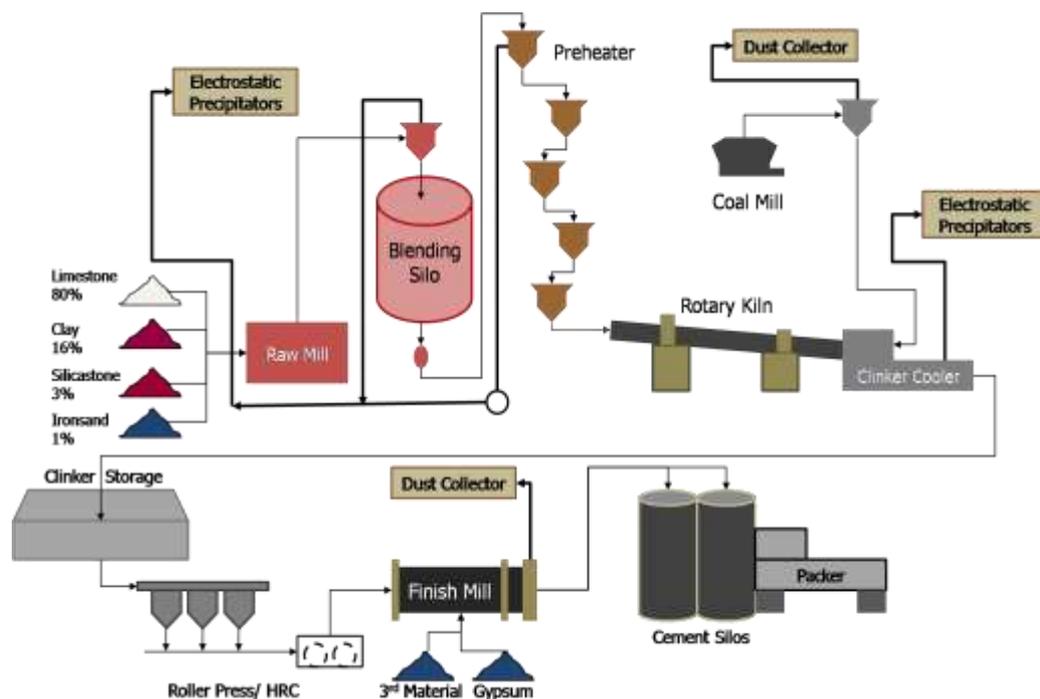
<b>Periode</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
Januari	1.066.836	938.375	1.062.715
Februari	1.011.891	890.330	916.920
Maret	1.136.628	958.425	952.312
April	1.100.630	989.129	850.279
Mei	1.047.334	1.117.192	964.924
Juni	871.346	675.393	1.083.118
Juli	1.049.767	1.178.290	1.083.118
Agustus	1.190.844	1.236.087	1.112.903
September	1.147.439	1.190.019	1.166.070
Oktober	1.230.489	1.327.862	1.250.407
Nopember	1.187.062	1.237.565	1.188.332
Desember	1.100.545	1.220.843	-

Periode	2017	2018	2019
Total	13.140.811	12.959.510	11.631.098

Sumber : Data Perusahaan

### 3.5 Proses Produksi

Urutan proses yang diperlukan untuk dapat menghasilkan semen yang siap dikirim dapat dijelaskan melalui Gambar 3.19 berikut ini:



Gambar 3.19 Proses Produksi Semen

(Sumber: *Annual Report PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.*, 2018)

Gambar di atas merupakan alur proses produksi yang ada di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Proses produksi tersebut dimulai dengan penyiapan bahan baku, lalu dilakukan penggilingan awal bahan baku, pembakaran, penggilingan akhir, dan pengemasan.

Persiapan bahan baku yang dibutuhkan untuk tiap jenis produk semen berbeda-beda, sesuai dengan kombinasi campuran dari jenis produk semen tersebut. Untuk bahan baku utama dari semen terdiri dari batu kapur, dan tanah liat yang

diperoleh dari hasil pertambangan dan penggalian yang dilakukan oleh perseroan sendiri. Sebelum Seksi Operasi Tambang dapat memulai *blasting* (peledakan), dilakukan pengujian kualitas bahan baku dari lokasi pengeboran awal tersebut oleh Seksi Pengendalian Proses. Begitu juga untuk penentuan lokasi tambang dari tanah liat, diawali dengan pengambilan sampel untuk diteliti kandungannya sebelum dilakukan penggalian secara menyeluruh. Untuk bahan baku pelengkap, seperti pasir silica, pasir besi, *cooper slag*, *fly ash*, *trass*, dan *Blash Furnance Slag* (BFS) didapatkan melalui pembelian dari *supplier*.

Proses selanjutnya, batu kapur dan tanah liat mengalami proses penggilingan awal (*crusher*). Batu kapur dimasukkan ke dalam mesin *Hammer Mill*, sedangkan tanah liat dimasukkan ke dalam mesin *Cutter Clay*. Setelah itu, kedua bahan tersebut dicampur menjadi *Correction Pile* (batu kapur saja) dan *Mix Pile* (batu kapur dengan tanah liat). Kemudian bahan-bahan tersebut masuk ke dalam mesin *Raw Mill* untuk proses penggilingan lagi menjadi komponen yang berukuran lebih kecil, dan dilanjutkan dengan proses pengeringan. Selanjutnya, bahan-bahan tersebut dibakar pada mesin *Kiln* dengan temperature 1350°C sampai 1450°C.

Pada mesin *Kiln*, terdapat beberapa proses, yaitu *pre-heater*, *pre-kiln*, pendinginan, hingga bahan-bahan tersebut menjadi *clinker* (terak). Selanjutnya, terak tersebut mengalami proses penggilingan akhir (*Finish Mill*) sesuai komposisi terak yang lebih ditetapkan. Selain itu, ditambahkan juga komponen lain, seperti *gypsum*, *pazzolan*, dan bahan anorganik, sehingga terak berlebih akan disimpan pada tempat penyimpanan terak. Pada proses mesin *Finish Mill*, terdapat proses

penggilingan menggunakan *grinding ball* (bola besi) yang berfungsi untuk memperkecil diameter semen.

Selain itu juga terdapat proses penambahan *material* isian atau *material* substitusi terak, antara lain, *fly ash*, *trass*, dan *Blast Furnance Slag* (BFS) sesuai dengan komposisi yang telah ditetapkan. Setelah menjalani serangkaian proses penggilingan, diambil sampel dari hasil akhir semen tersebut untuk diuji oleh Seksi Jaminan Mutu sesuai standar yang dimiliki oleh PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. setelah lolos uji mutu, dilakukan proses pengemasan maupun pengiriman (untuk curah). Pengemasan dan pengiriman dapat dilakukan ketika telah mendapatkan surat perintah dari Seksi *Packer* dan Pelabuhan.

### **3.6 Produk**

Jenis semen yang diproduksi PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk pabrik Tuban adalah semen *Portland* yang menurut standart indonesia SNI15-2049-2004 dapat didefinisikan sebagai berikut : 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. Adapun semen *Portland* yang diproduksi di PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk. pabrik Tuban ada dua tipe yaitu:

1. OPC (*Ordinary Portland Cement*)



Gambar 3.20 OPC (*Ordinary Portland Cement*)

*Ordinary Portland Cement* (OPC) merupakan 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. *Ordinary Portland Cement* (OPC) digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat, jembatan, jalan raya, landasan bandar udara, pembuatan beton pracetak, dan pratekan, dan industri produk-produk lainnya. Semen *Portland* terutama terdiri dari oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO<sub>2</sub>), oksida alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Kandungan keempat oksida tersebut kurang lebih 95% dari berat semen dan biasanya disebut major oxides, sedangkan sisanya sebanyak 5% terdiri dari oksida magnesium (MgO) dan oksida lain. Semen tipe ini mempunyai kandungan C<sub>2</sub>S lebih kecil dari kandungan C<sub>3</sub>S yang mana kandungan C<sub>3</sub>S antara 55%-56% sedangkan kandungan SO<sub>3</sub> 1,3%-1,4%. Semen ini mempunyai sifat antara *moderat heat cement* dan *high early strength cement* yang mana jenis semen ini dipasarkan dalam bentuk:

- Kantong lem/jahit isi 50 kg
- Curah

## 2. PCC (*Pozzoland Portland Cement*)



Gambar 3.21 PCC (*Pozzoland Composite Cement*)

Menurut SNI 15-0302-2004, Semen *Composite Pozolan* (PCC) didefinisikan sebagai suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen *portland* dan pozolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen *portland* dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen *portland* dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, di mana kadar pozolan 6% sampai dengan 40% massa semen *portland*. Semen yang memenuhi persyaratan mutu semen *Portland Pozzoland* SNI 15-0302-2004 dan ASTM C 595 M-05 s. Dapat digunakan secara luas seperti :

- Konstruksi beton massa (bendungan, dam dan irigasi)
- Konstruksi Beton yang memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat (Bangunan tepi pantai, tanah rawa).
- Bangunan/instalasi yang memerlukan kekedapan yang lebih tinggi.
- Pekerjaan pasangan dan plesteran.

Menurut ASTM (*American System for Teting Material*) bahan pozzoland yang ditambahkan berkisar antara 15% - 40%. Semen tipe ini mempunyai kandungan C2S lebih besar dari pada C3S, sedangkan kandungan SO<sub>3</sub> antara 1,2%

- 1,3%. Semen tipe ini mempunyai kuat tekan awal rendah akan tetapi kuat tekan selanjutnya lebih stabil. Jenis semen ini dipasarkan dalam bentuk:

- Kantong lem/jahit isi 40 kg
- Kantong lem/jahit isi 50 kg
- Curah

