

## **BAB III**

### **SISTEM PRODUKSI**

#### **3.1 Bahan Baku**

Bahan baku adalah persediaan yang dibeli oleh perusahaan untuk diproses menjadi barang setengah jadi dan akhirnya barang jadi atau produk akhir dari perusahaan tersebut akan didistribusikan. Bahan baku merupakan *input* penting dalam berbagai produksi di mana bahan baku merupakan syarat berlangsungnya suatu proses produksi. Dalam sebuah perusahaan, bahan baku dan bahan penolong memiliki arti yang sangat penting, karena menjadi modal terjadinya proses produksi sampai hasil produksi.

Bahan baku adalah bahan yang digunakan dalam pembuatan produk di mana bahan sepenuhnya terlihat dalam produk jadi (atau merupakan bagian terbesar dari bentuk barang). Pengertian secara umum bahan baku adalah bahan yang membentuk dasar untuk pembuatan suatu produk di mana bahan dapat dikonversi menjadi bentuk lain melalui proses tertentu. Berikut ini akan kami uraikan beberapa pengertian bahan baku menurut para ahli:

1. Menurut Masiyal Kholmi (2013), bahan baku merupakan bahan yang membentuk bagian besar produk jadi. Bahan baku yang diolah dalam perusahaan manufaktur dapat diperoleh dari pembelian lokal, impor, atau hasil pengolahan sendiri.
2. Menurut Bustami dan Nurlela (2013), bahan baku adalah bahan dasar yang diolah menjadi produk selesai. Bahan baku ini dapat dibagi menjadi 2, yaitu bahan baku langsung dan bahan baku tak langsung.

Dalam pengadaan bahan baku, PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. memilih bahan baku yang berkualitas untuk memperoleh hasil produksi yang baik. Bahan baku inilah yang nantinya akan diolah menjadi produk semen dan siap untuk didistribusikan hingga ke pelosok negeri. Berikut merupakan bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan semen pada PT Semen Indonesia (Persero) Tbk., yaitu sebagai berikut:

### 3.1.1 Bahan Baku Utama

Bahan baku utama merupakan bahan dasar dalam industri semen. Bahan baku utama terdiri dari:

1. Batu Kapur ( $\text{CaCO}_3$  atau Calcium Carbonat)

Pada dasarnya *Calcareous Materials* atau *Carbonic Material* adalah bebatuan yang mengandung  $\text{CaCO}_3$  lebih besar dari 75%,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Contohnya *limestone* atau batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ). *Limestone* adalah bahan yang paling umum digunakan, di samping *chalk*, *marl*, dan *shell deposit*. Batu kapur dengan kadar kapur tinggi disebut *lime component*, terdiri dari *calcite*, *dolomite*, dan *aragonite*. *Calcite* berupa kristal heksagonal, sedangkan *aragonite* berbentuk kristal rhombik. *Limestone* murni berwarna putih. Untuk pembuatan semen, komposisi batu kapur dibatasi sebagai berikut: CaO min 50%, MgO mak 3%,  $\text{H}_2\text{O}$  mak 12%. Tingginya kadar MgO menyebabkan terjadinya perubahan bentuk semen setelah terjadi pengerasan, yaitu timbulnya retak-retak.

Batu kapur pada umumnya tercampur  $\text{MgCO}_3$  dan  $\text{MgSO}_4$ . Batu kapur yang baik dalam penggunaan pembuatan semen memiliki kadar air  $\pm 5\%$  dan penggunaan batu kapur dalam pembuatan semen itu sendiri sebanyak  $\pm 81\%$ . Kandungan zat dalam batu kapur dapat diamati pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.1 Spesifikasi Batu Kapur secara Umum

Parameter	<i>High Grade</i>	<i>Medium Grade</i>	<i>Low Grade</i>
Kenampakan	Putih	Lebih Kusam	Kusam
CaCO <sub>3</sub>	97–99%	88–90%	85–87%
MgCO <sub>3</sub>	Maksimal 2%	Maksimal 2%	Maksimal 2%
SiO <sub>2</sub>	0,08–2%	0,08–2%	0,08–2%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01–0,4%	0,01–0,4%	0,01–0,4%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09–1%	0,09–1%	0,09–1%
H <sub>2</sub> O,Na <sub>2</sub> O,K <sub>2</sub> O	Sisa	Sisa	Sisa

(Sumber: H.N Banerjea, 1980)

Tabel 3.2 Komposisi Batu Kapur pada Pembuatan Semen *Portland*

Komponen Penyusun	% Berat
CaO	40–56
SiO <sub>2</sub>	1–15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1–6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2–5
MgO	0,2–4
Alkali Oksida	0,2–4
SO <sub>3</sub>	2,1–3
Cl <sub>2</sub>	0,2–1
H <sub>2</sub> O	7–10

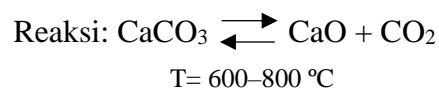
(Sumber: H.N Banerjea, 1980)

Menurut Puja Hadi Purnomo (1994), sifat fisika batu kapur adalah sebagai berikut:

- Fase : Padat
- Warna : Putih
- Kadar air : 7–10% H<sub>2</sub>O
- *Bulk density* : 1,3 ton/m<sup>3</sup>
- *Specific gravity* : 2,49

- Titik leleh : 825 °C
- Kandungan CaO : 47–56%
- Kuat tekan : 31,6 N/mm<sup>2</sup>
- Silika ratio : 2,6
- Alumina ratio : 2,57

Menurut R.H. Perry (1984), salah satu sifat kimia batu kapur adalah mengalami kalsinasi.



## 2. Tanah Liat (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>.xH<sub>2</sub>O)

Tanah liat (*Clay*) termasuk ke dalam kelompok mineral Siliceous dan Argillaceous, yaitu mineral sumber silika (SiO<sub>2</sub>), besi alumina (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), serta kandungan CaCO<sub>3</sub> kurang dari 75%. Tanah liat pada dasarnya terdiri atas berbagai variasi komposisi. Pada umumnya tanah liat merupakan senyawa alumina silica hydrate dengan kadar H<sub>2</sub>O maksimal 25% dan kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> minimal 14%.

Tanah liat terbentuk dari beberapa senyawa kimia antara lain: alkali silikat dan beberapa jenis mika. Pada dasarnya warna dari tanah liat adalah putih, tetapi dengan adanya senyawa-senyawa kimia lain seperti Fe(OH)<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, dan CaCO<sub>3</sub> menjadi berwarna abu-abu sampai kuning. Tanah liat yang baik untuk digunakan memiliki kadar air ± 20%, kadar SiO<sub>2</sub> tidak terlalu tinggi ± 46%, dan penggunaan tanah liat dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar ± 9%.

Menurut Puja Hadi Purnomo (1994), sifat fisika tanah liat adalah sebagai berikut:

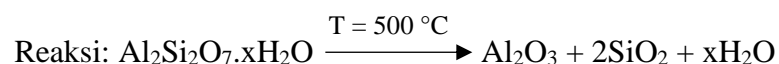
- Fase : Padat
- Warna : Coklat kekuningan
- Kadar air : 18–25%
- *Bulk density* : 1,7 ton/m<sup>3</sup>
- Titik leleh : 1999–2032 °C
- *Specific gravity* : 2,36
- Silika ratio : 2,9
- Alumina ratio : 2,7

Tabel 3.3 Komposisi Tanah Liat pada Pembuatan Semen *Portland*

Komponen Penyusun	% Berat
CaO	1–10
SiO <sub>2</sub>	40–70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1–6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2–5
MgO	0,2–4
Alkali Oksida	0,2–4
SO <sub>3</sub>	2,1–3
Cl <sub>2</sub>	0,2–1
H <sub>2</sub> O	7–10

(Sumber: H.N Banerjea, 1980)

Menurut R.H. Perry (1984), salah satu sifat kimia tanah liat yaitu dapat mengalami pelepasan air hidrat bila dipanaskan pada suhu 500 °C. Sifat dari tanah liat jika dipanaskan atau dibakar akan berkurang sifat keliatannya dan menjadi keras bila ditambah air.



### 3.1.2 Bahan Baku Korektif

Bahan baku korektif merupakan bahan baku penambah untuk koreksi bahan baku ketika terjadi kekurangan. Bahan baku korektif antara lain:

1. Pasir besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) atau *Copper Slag* ( $\text{FeSiO}_3$ ,  $\text{Ca}_2\text{Fe}$ ,  $\text{CuO}$ )

Pasir besi dengan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Ferri Oksida) sebagai komposisi tertinggi (70–80%) terdapat di sepanjang pantai laut selatan Pulau Jawa. Pasir besi selalu tercampur dengan  $\text{SiO}_2$  ataupun Titan yang membahayakan produk semen. Pasir besi berfungsi sebagai penghantar panas dalam pembentukan luluhan terak semen. Pasir besi disebut juga *iron ore* yang depositnya terdapat di sepanjang pantai dan berkadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  15% dan berwarna hitam. Sejak tahun 1998 sebagai pengganti pasir besi digunakan *Copper Slag*. Bahan ini berasal dari limbah yang dihasilkan pabrik peleburan tembaga PT Smelthing Co. Gresik. Kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  nya sekitar 52–64%. Bentuk fisiknya berupa granular dan berwarna merah kehitaman.

Tabel 3.4 Komposisi *Copper Slag* pada Pembuatan Semen *Portland*

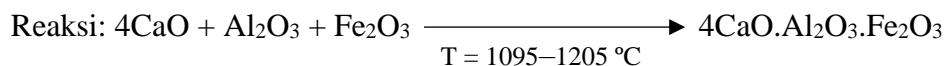
% $\text{SiO}_2$	% $\text{Al}_2\text{O}_3$	% $\text{Fe}_2\text{O}_3$	% LOI
5–10	2–5	85–95	0–5

(Sumber: H.N Banerjea, 1980)

Menurut PT Smelting (2010), sifat fisika *copper slag* adalah sebagai berikut:

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

Menurut R.H. Perry (1984), salah satu sifat kimia *copper slag* yaitu dapat bereaksi dengan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CaO}$  membentuk kalsium alumina ferrit.



## 2. Pasir Silika ( $\text{SiO}_2$ )

Pasir silika digunakan sebagai pembawa oksida silika ( $\text{SiO}_2$ ) dengan kadar yang cukup tinggi yaitu sekitar 90%, dalam keadaan murni berwarna putih sampai kuning muda. Selain mengandung  $\text{SiO}_2$ , pasir silika juga mengandung oksida aluminium dan oksida besi. Warna pasir silika dipengaruhi adanya kotoran seperti oksida logam dan bahan organik.

Tabel 3.5 Komposisi Pasir Silika pada Pembuatan Semen *Portland*

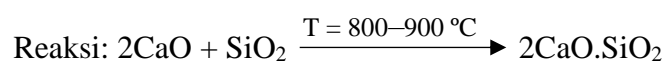
% CaO	% $\text{SiO}_2$	% $\text{Al}_2\text{O}_3$	% $\text{Fe}_2\text{O}_3$	% MgO	% Alkali	% LOI
1–3	85–95	2–5	1–3	1–3	1–2	2–5

(Sumber: H.N Banerjea, 1980)

Menurut Puja Hadi Purnomo (1994), sifat fisika pasir silika sebagai berikut:

- Fase : Padat
- Warna : Coklat kemerahan
- Kadar air : 6%  $\text{H}_2\text{O}$
- *Bulk density* : 1,45 ton/ $\text{m}^3$
- *Specific gravity* : 2,37 gr/ $\text{cm}^2$
- Silika ratio : 5,29
- Alumina ratio : 2,37

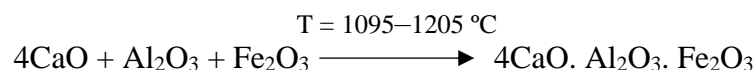
Menurut R.H. Perry (1984), salah satu sifat kimia pasir silika yaitu dapat bereaksi dengan CaO membentuk garam kalsium silikat.



## 3. *Specific Gravity*

Menurut R.H. Perry (1984), salah satu sifat kimia *copper slag* yaitu dapat bereaksi dengan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan CaO membentuk *calcium alumina ferrit*.

Reaksi:



### 3.1.3 Bahan Tambahan (Aditif)

Bahan tersebut ditambahkan dalam klinker agar didapatkan sifat-sifat tertentu. Bahan-bahan tambahan yang dibutuhkan yaitu sebagai berikut:

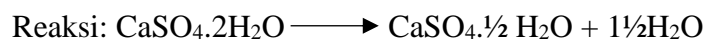
1. *Gypsum* ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

*Gypsum* adalah bahan sedimen  $\text{CaSO}_4$  yang mengandung 2 molekul hidrat yang berfungsi sebagai penghambat proses pengeringan pada semen. *Gypsum* terdapat di danau atau gunung dan kristalnya berwarna putih. Penambahan *gypsum* dengan kadar 91% dilakukan pada penggilingan akhir dengan perbandingan 96 : 4. *Gypsum* dapat diambil dari alam ataupun secara sintesis.

Menurut Puja Hadi Purnomo (1994), sifat fisika *gypsum* adalah sebagai berikut:

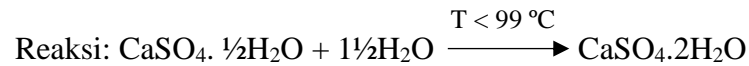
- Fase : Padat
- Warna : Putih
- Kadar air : 10%  $\text{H}_2\text{O}$
- *Bulk density* : 1,7 ton/ $\text{m}^3$
- Ukuran *material*: 0–30 mm

Menurut E. Jasjfi (1985), sifat kimia *gypsum* yaitu dapat mengalami pelepasan air hidrat bila dipanaskan sedikit.



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





## 2. *Trass* ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ )

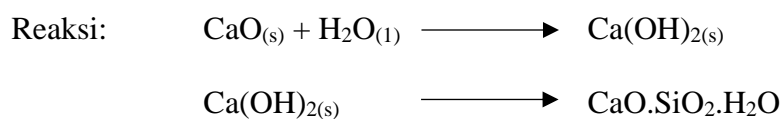
*Trass* adalah bahan hasil letusan gunung berapi yang berbutir halus dan banyak mengandung silika amorf ( $\text{SiO}_2$ ) yang telah mengalami pelapukan hingga derajat tertentu. *Trass* digunakan sebagai bahan campuran semen PPC sebagai *pozzolan activity*. Penambahan *trass* bertujuan agar kadar *freelime* dapat direduksi sehingga kualitas semen menjadi lebih baik dan memberikan kuat tekan awal yang kurang tapi kuat tekan akhir yang stabil. Penambahan *trass* dilakukan di dalam *finish mill* dengan *gypsum* dan terak (*clinker*).

Sifat fisika *trass*:

- Fase : Padat
- Warna : Putih keabu-abuan
- Bentuk : Butiran
- *Specific gravity* :  $2,68 \text{ gr/cm}^3$
- Ukuran *material*: 0–30 mm

Sifat kimia *trass*:

*Trass* yang memiliki kandungan utama silika aktif  $\text{SiO}_2$  akan bereaksi dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  saat ditambahkan air dan membentuk CSH di mana senyawa ini memberikan kontribusi terhadap kuat tekan.  $\text{Ca(OH)}_2$  ini didapat dari reaksi  $\text{CaO}$  bebas dalam terak dengan  $\text{H}_2\text{O}$ .



### 3.1.4 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 semen dapat mengolah limbah B3 dengan mencampurkannya ke dalam 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 di antaranya adalah:

1. *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 masalah mengenai tempat penyimpanan.

2. *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*.

Tabel 3.6 Perbandingan Sifat Kimia Antara Abu Terbang dan Semen *Portland*

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

### 3. *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 3.7 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

#### 4. *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).

Tabel 3.8 Komposisi Senyawa Limbah Padat Kertas

Komposisi Kimia	Kadar dalam <i>sludge</i> (%)
Silikon Dioksida	2,35
Aluminium Oksida	7,7
Ferri Oksida	1,68
Kalsium Oksida	56,38
Magnesium Oksida	3,62
Sulfur Trioksida	11,26
Timbal Dioksida	0,14
Karbon Dioksida	0,75
Air	16,11

### 3.2 Permesinan

Adapun mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi semen pada PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. GHOPO Pabrik Tuban adalah sebagai berikut:

#### 1. Mesin *Crusher*



Gambar 3.1 Mesin *Crusher*

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

Spesifikasi mesin:

Kapasitas : 50t / jam–500t / jam

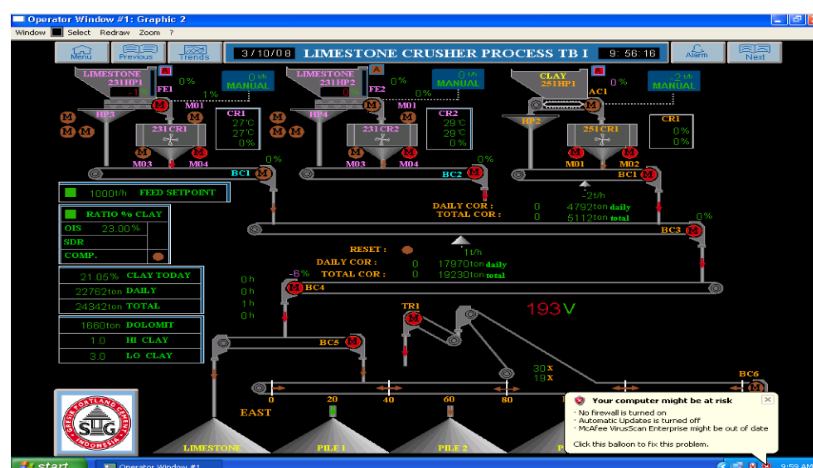
Daya Motor : 11–132kw

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 *Central Control Room (CCR)* pada Proses *Crusher*

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

## 2. Mesin Penggiling Bahan Baku



Gambar 3.3 Mesin *Raw Mill*

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

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.

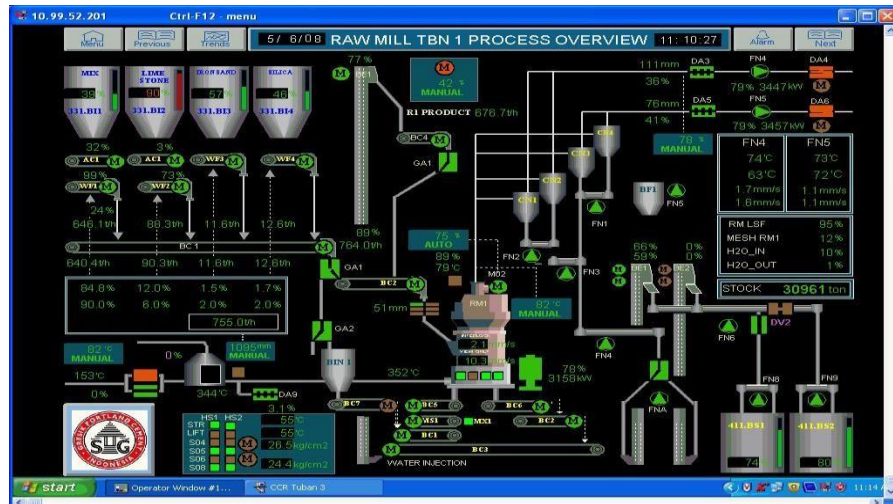


Gambar 3.4 Mesin *Reclaiming Scraper*

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

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%.

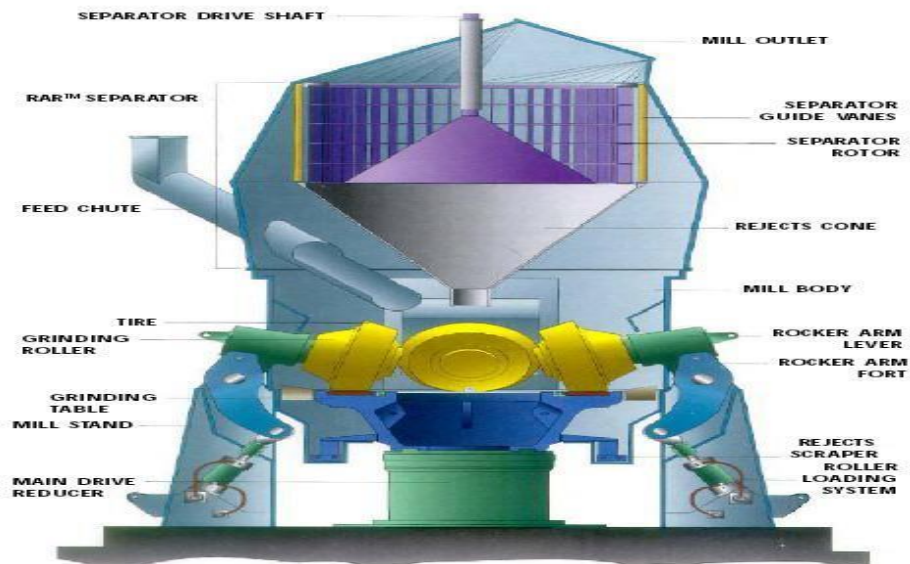




Gambar 3.5 Central Control Room (CCR) pada Proses Raw Mill

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

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)* sebagai berikut:



Gambar 3.6 Bagian-Bagian *Vertical Roller Mill*

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

Gambar 3.6 menerangkan tentang prinsip kerja dari *raw mill* adalah melindas *material* di mana terdapat 4 buah *roll* yang melindasnya. *Roll* berputar mengikuti putaran *table* di mana 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 *classifier* 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 *air slide* untuk seterusnya menuju ke *silo* (tempat penampungan).

### 3. Mesin *Blending Silo*



Gambar 3.7 Mesin *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 di-transport 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 *air slide feed* sistem yang bergantian dengan ketebalan *layer maximal* 1 meter. *Layer-layer material* yang terbentuk di dalam *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 ke dalam *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 di-transport ke ILC (*in line calciner*) dan SLC (*separate line calciner*) *preheater* lewat *air slide*, *air lift*, dan *air slide*.

#### 4. Mesin *Preheater*



Gambar 3.8 Mesin *Preheater*

Spesifikasi mesin:

Kapasitas pemanasan awal : 200–600 t / hari

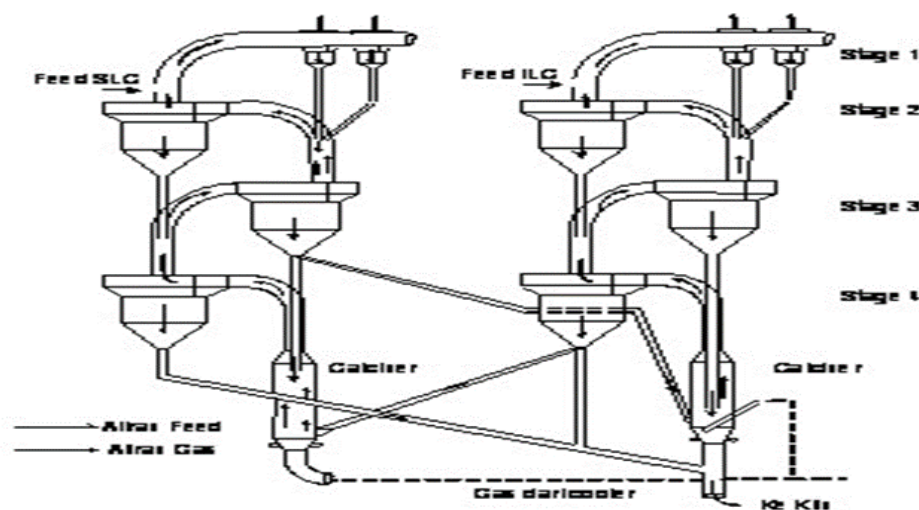
*Quantity of push rod* : 4–12

Tinggi : 4–4,5 m

*Feed size* : 10–50 mm

Jenis *preheater* yang digunakan oleh PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. 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* di dalam *preheater* maka pada *stage* I dipasang *double cyclone*. Pada *stage* I sampai dengan *stage* III berfungsi sebagai pemanas

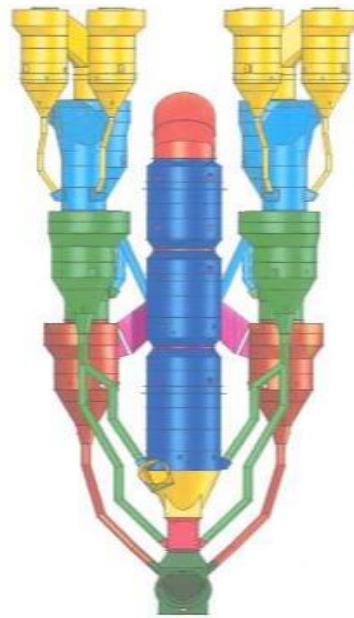
awal umpan *kiln*, sedangkan pada *stage 4* digunakan untuk memisahkan produk yang keluar dari *calsiner* yang telah terkalsinasi.



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  $50^{\circ}\text{C}$ – $60^{\circ}\text{C}$ . Umpan *kiln* yang masih dingin masuk ke dalam *riser duct stage I* pertama dengan laju alir 260 ton/jam, kemudian bercampur dengan aliran gas panas ikut masuk ke dalam *cyclone*. Di dalam *cyclone* umpan *kiln* dipisahkan dari campuran antara gas dan *material*. Campuran antara umpan *kiln* dan gas panas masuk ke dalam *cyclone* dengan arah tangensial sehingga akan terjadi pusaran angin. Pusaran angin tersebut mengakibatkan terjadinya gaya sentrifugal, gaya gravitasi, dan gaya angkat gas di dalam *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 di antara 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

## 5. Mesin *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

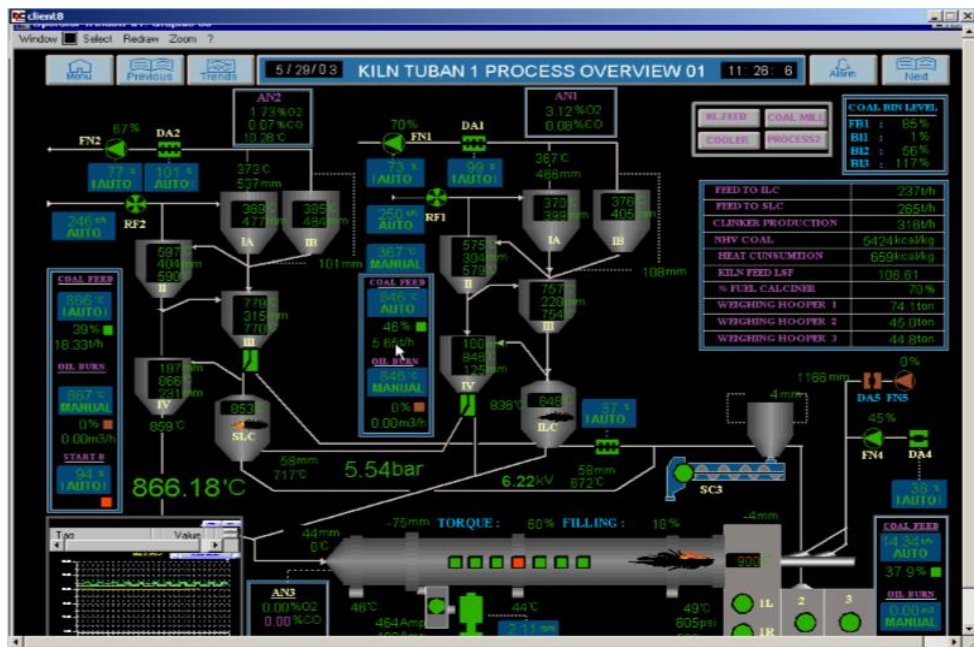
Bahan yang berlaku : Semen, batu bata semen, tanah liat, bentonite, dan sebagainya.

*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 di mana 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 klinker.



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

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



## 6. Mesin *Clinker Cooler*



Gambar 3.13 Mesin *Clinker Cooler*

Spesifikasi mesin:

Efisiensi termal :  $\geq 72\%$

Suhu bahan makanan :  $1370\text{ }^{\circ}\text{C}$

Suhu pemakaian bahan :  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  + suhu sekitar

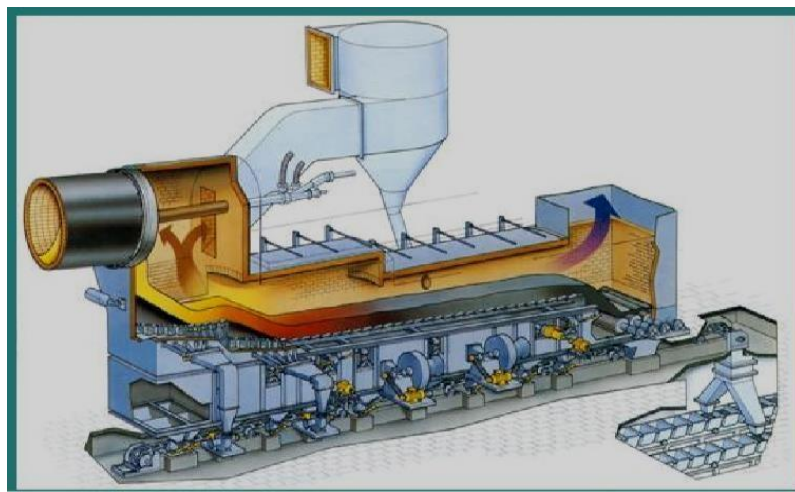
Granularitas *clinker* keluaran :  $\leq 25\text{mm}$

*Clinker Cooler* berfungsi sebagai pendingin klinker 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  $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$  keluar dari *rotary kiln*. Selanjutnya *clinker* langsung diterima oleh *grate-grate* (sarangan). Pendinginan secara cepat bertujuan untuk:

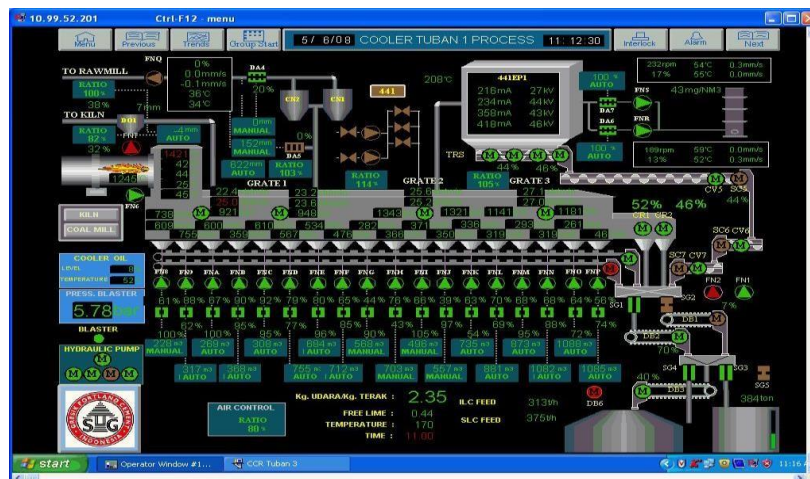
- Mendapatkan klinker yang *amorf* sehingga lebih mudah digiling mencegah terbentuknya kristal MgO. Kadar MgO dalam semen sangat dibatasi karena dapat menyebabkan ekspansi semen yang berlebihan.
- Semen yang dihasilkan memiliki ketahanan yang baik terhadap sulfat.

- Menghambat perubahan  $C_3S$  menjadi  $C_2S$ .

Pendinginan dilakukan secara mendadak, yaitu untuk menghindari terjadinya pengerasan semen atau dekomposisi  $C_3S$  menjadi  $C_2S$ , sehingga klinker yang dihasilkan menjadi *amorf* supaya mudah digiling. Pendinginan dilakukan sampai suhu *clinker* menjadi  $82\text{ }^{\circ}\text{C}$  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 *clinker storage silo* yang berkapasitas 75.000 ton.



Gambar 3.14 Mesin *Clinker Cooler*



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

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

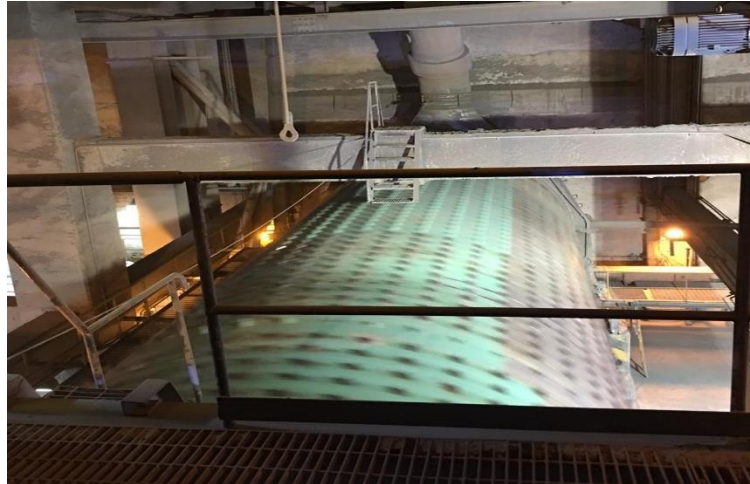
Gambar 3.15 menerangkan *clinker cooler*, *grate-grate* bergerak dengan cara bergeser, sehingga *clinker* akan terdorong menuju *outlet cooler* yang dilengkapi dengan klinker *breaker/crusher* yang berfungsi menghancurkan *clinker* yang masih kasar. Udara yang digunakan untuk mendinginkan klinker panas dipakai kembali oleh *kiln*, *calciner*, dan *roller mill*.

#### 7. Mesin *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 *filler*-nya, sedangkan semen *Portland Pozzolan Cement* (PPC) terdiri dari bahan klinker dan *gypsum* dengan *trass* sebagai *filler*-nya. 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, dan 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* konsepnya hampir sama dengan *roller mill*.



Gambar 3.16 Mesin *Ball Mill*



Gambar 3.17 Mesin *Vertical Mill*

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2021

Spesifikasi *Ball Mill*:

Kapasitas alat	: 215 ton/jam
<i>Milldrive</i>	: <i>symmetro</i> TSX–2160 A, 4900 KW
Diameter	: 4,6 m
Panjang	: 13 m
Kecepatan	: 16,6 rpm
<i>Power</i>	: 36 KW/ton semen
<i>Power</i> 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*.

#### 8. Mesin Pengemas (*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 20.000 ton. Alur proses semen dari keempat *silo* tersebut dibagi menjadi 2 jalur, jalur 1 untuk semen yang keluar dari *silo* 5 dan 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 *air slide* 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 di-*transport* ke *bin roto packer* yang di dalamnya dilengkapi dengan *spot tube*, yaitu semacam suntikan untuk memasukkan semen ke dalam kantong semen. Pemasukan 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 (Persero) Tbk.



Gambar 3.18 Pengemasan (*Packer*)

Sumber: “Teknologi Semen”, Pusat Pendidikan dan Pelatihan

PT Semen Indonesia (Persero) 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

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. GHOPO Pabrik Tuban memiliki tenaga kerja dalam jumlah yang relatif banyak. Untuk itu dibutuhkan klasifikasi ataupun penggolongan tenaga kerja demi kemudahan dalam pengorganisasiannya.

Klasifikasi ini juga sangat membantu untuk mengetahui jumlah karyawan yang ada pada PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. GHOPO Pabrik Tuban.

### **3.3.1 Jumlah Tenaga Kerja**

Tenaga kerja PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. GHOPO Pabrik Tuban terdiri dari tenaga kerja induk dan *outsourcing*. Tenaga kerja ini meliputi tenaga kerja langsung dan tidak langsung. Tenaga kerja langsung yang meliputi bagian operasional proses produksi. Tenaga kerja tidak langsung yang meliputi pimpinan 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 induk/organik yang ada di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. GHOPO Pabrik Tuban adalah 915 orang, sedangkan untuk tenaga kerja *outsourcing* berjumlah kurang lebih sekitar 4000 orang.

### **3.3.2 Jam Kerja**

Jam kerja di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. GHOPO Pabrik Tuban yaitu mulai dari hari Senin sampai dengan hari Jumat dengan jam kerja sesuai pada Tabel 3.9 di bawah. Di mana waktu istirahat karyawan pada hari Senin sampai Kamis yaitu selama satu jam dan dua jam pada hari Jumat. Adapun ketentuan waktu kerja PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. GHOPO Pabrik Tuban untuk setiap harinya tidak ada perbedaan antara karyawan induk/organik dan karyawan non organik (PKWT). Adapun jam kerja untuk karyawan induk/organik dan karyawan non organik (PKWT) yaitu sebagai berikut:



Tabel 3.9 Jam Kerja Karyawan

No.	Hari	Tenaga Kerja Induk dan <i>Outsourcing</i>	
		Jam Kerja	Jam Istirahat
1.	Senin–Kamis	07.30–16.30	12.00–13.00
2.	Jumat	07.30–16.30	11.00–13.00
3	Sabtu dan Minggu	Libur	

(Sumber: PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. GHOPO Pabrik Tuban, 2019)

### 3.4 Proses Produksi Semen

Proses produksi semen di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. GHOPO Pabrik Tuban mengacu pada peta proses operasi atau *Operation Process Chart* (OPC) yang terlampir pada bagian lampiran. Untuk penjelasannya adalah sebagai berikut:

#### 3.4.1 Proses Penghancuran Batu Kapur

Alat utama untuk menghancurkan bahan baku adalah *crusher*. Bahan baku hasil penambangan diangkut menggunakan *dump truck* dan kemudian dicurahkan ke dalam *hopper*. Di mana fungsi dari *hopper* adalah sebagai alat penampung awal untuk memasukan ke dalam *crusher*. *Crusher* yang digunakan untuk menghancurkan batu kapur terdiri dari dua bagian. Bagian yang pertama disebut *vibrator*, yang fungsinya untuk mengayak atau menyaring batu kapur sehingga batu kapur yang ukurannya lebih kecil akan langsung jatuh menuju *belt conveyor*. Batu kapur yang tertinggal akan secara langsung menuju bagian yang kedua, yaitu bagian yang memiliki alat penghancur yang dinamakan *hammer*. Setelah mengalami penghancuran, batu kapur tersebut akan jatuh menuju *belt conveyor* yang sama.

Batu kapur berukuran diameter maksimal 1200 x 1200 mm dengan kandungan air 18% diambil dari *storage*, kemudian diangkut dengan menggunakan

*dump truck* di tumpahkan ke dalam *hopper* berkapasitas 75 ton. Akibat adanya gravitasi, batu kapur jatuh di atas *wobbler feeder* yang berfungsi sebagai penyaring (ayakan) dan pengumpan batu kapur ke *crusher*. Untuk batu kapur yang lolos dari ayakan *wobbler feeder* jatuh ke dalam *belt conveyor* untuk dicampur dengan bahan baku lain, sedangkan batu kapur yang mempunyai diameter  $>90$  mm akan diumpankan *wobbler feeder* ke dalam *limestone crusher* untuk dihancurkan dengan per unit *hammer mill plant* 1, 2, dan 3 yang mempunyai kapasitas 700 ton per jam menjadi bongkahan lebih halus dengan diameter  $<90$  mm, kemudian dijatuhkan ke dalam *belt conveyor* yang sama dan bertemu dengan batu kapur yang lolos dari ayakan.

Campuran batu kapur ini dibawa *belt conveyor* menuju ke penampungan, *surge bin*, yang berkapasitas 500 ton. *Surge bin* berfungsi sebagai penampung sementara agar *suplay* tidak terhambat saat *dump truck* terlambat. Untuk mengendalikan emisi debu pada saat pengangkutan ke *surge bin*, *bag filter* di atas *belt conveyor* yang mampu menarik debu dan batu kapur dengan bantuan *fan*. Gas yang masuk bersamaan dengan debu, setelah melewati *filter bag* keluar ke lingkungan melalui *outlet pipe*. Batu kapur dari *surge bin* diumpankan ke *belt conveyor* untuk dicampur dengan tanah liat hasil produk *clay cutter* membentuk *lime stone clay mix*. Sebelumnya, digunakan 2 mesin *lime crusher* dengan kapasitas masing-masing alat 700 ton per jam. Berbeda dengan sebelumnya, saat ini digunakan 1 mesin *lime crusher* untuk mempersiapkan bahan baku dengan kapasitas menjadi  $\pm 1.600$  ton per jam. Sementara itu, 1 mesin *lime crusher* yang lain digunakan bila terdapat gangguan pada mesin lainnya.

### 3.4.2 Proses Penghancuran Tanah Liat

Proses penyiapan bahan baku utama lain yaitu tanah liat dimulai dari pengambilan tanah liat dengan *moisture* 28% dari *clay storage*, kemudian di bawah oleh *loader* untuk ditumpahkan ke *hopper*, selanjutnya tanah liat berdiameter <500 mm diumpangkan oleh *hopper* ke *appron conveyor* untuk di bawah ke *clay cutter*. Di dalam alat ini tanah liat lalu di potong-potong oleh dua buah *cutter* (pisau) yang berputar berlawanan dengan kecepatan yang berbeda menjadi partikel dengan diameter <90 mm. Ukuran partikel tanah liat ini akan mempermudah proses pengeringan pada saat pengolahan bahan baku di dalam *raw mill*.

Saat ini, *mix pile* yang dipersiapkan oleh *unit crusher* terdiri atas 75% batu kapur, 24% tanah liat, dan 1% limbah B3. Produk koreksi (*corection pile*) digunakan untuk mengkoreksi *mix pile* jika terjadi kekurangan CaO di *unit raw mill*. Produk koreksi yang dipersiapkan terbuat dari batu kapur *high grade*. Rata-rata produk koreksi yang digunakan adalah 7–10% per hari.

### 3.4.3 Lime Stone Clay Mix

Campuran batu kapur dan tanah liat (*limestone clay mix*) dibawa *belt conveyor* menuju *secondary crusher* untuk dihancurkan kembali menjadi partikel dengan diameter < 60mm, hal ini dilakukan untuk menanggulangi terbentuknya gumpalan-gumpalan *material mix* yang besar akibat campuran batu kapur dan tanah liat. Produk dari *secondary crusher* dibawa *belt conveyor* menuju ke *limestone clay mix storage* untuk disimpan dalam bentuk *pile* (gundukan) sekaligus di *preblending*. Sebagai alat pembentuk *pile* digunakan *tripper* yang mencurahkan *mix* sesuai limit target, di mana satu *pile* berkapasitas 40.000–45.000 ton. Pembentukan *pile* ini diharapkan agar campuran batu kapur dengan tanah liat lebih homogen.

#### 3.4.4 Proses *Raw Mill* (Penggilingan *Raw Material*)

Penggilingan bahan baku semen adalah proses fisika untuk menurunkan ukuran *material* (*size reduction*) dari ukuran maksimum 10 cm menjadi *material* yang berbentuk bubuk (90 micron). Bahan baku dicampur dengan proporsi tertentu sesuai kualitas bahan baku perkiraan proporsi:

- Batu kapur sekitar 80%
- Tanah liat 15,5%
- Pasir silika 3%
- Pasir besi 1,5%

Campuran keempat bahan baku tersebut digiling halus menjadi ukuran 90 micron. Selain itu, dalam proses di *raw mill* ini juga terjadi pengeringan bahan baku dan diangkut ke *homogenizing silo* untuk dihomogenkan campurannya.

Berikut ini dijelaskan alur proses di *unit raw mill* PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. GHOPO Pabrik Tuban. *Reclaimer* membawa *mix pail* dan *correction pail* dari *unit crusher* menuju ke *bin-bin* yang ada di *unit raw mill*. Pada *unit* ini terdapat 4 buah *bin* yang masing-masing *bin* berisi bahan baku yang berbeda-beda. *Bin 1* berisi campuran (batu kapur, tanah liat, dan limbah B3), *bin 2* berisi tanah liat *high grade*, *bin 3* berisi pasir besi, dan *bin 4* berisi pasir silika. Batu kapur *high grade*, pasir besi, dan pasir silika berfungsi sebagai bahan baku koreksi bila bahan baku utama (*mix*) kekurangan CaO, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Pada bagian bawah *bin-bin* terdapat *Weight Feeder* (WF) yang berfungsi untuk mengatur berapa banyak jumlah meterial yang akan di proses pada *roll mill*. Alat yang digunakan untuk membawa *material* dari *bin* ke *raw mill* adalah *Belt Conveyor*. Selain

berfungsi sebagai alat transportasi, *Belt Conveyor* juga berfungsi sebagai tempat bercampurnya bahan baku utama dengan bahan baku koreksi.

*Roll mill* tersusun atas meja pada bagian bawah yang berputar dan 4 buah *buffle* yang terletak pada 4 sisi *roll mill*. Pada bagian atas terdapat *screen* yang berfungsi untuk memisahkan *material* halus dan kasar. Pada bagian bawah, mengalir udara panas yang berasal dari *unit kiln*. Udara panas yang masuk ke *roll mill* memiliki suhu  $\pm 300\text{--}350$  °C dan berfungsi untuk mengurangi kadar air *material* sehingga tidak lengket. Sementara itu, suhu di dalam *roll mill* adalah  $\pm 105$  °C. Bila umpan masuk dalam kondisi basah maka jumlah umpan masuk diturunkan. Udara panas yang masuk ke *roll mill* ditarik oleh *fan* (FN4 dan FN5). Selain menarik udara panas, *fan* juga menarik *material* halus dari mesin *roll mill* sehingga *material* dapat melewati *screen*. Setelah melewati *screen* *material* masuk ke *Cyclone* (CN). *Cyclone Separator* adalah alat yang menggunakan prinsip gaya sentrifugal dan tekanan rendah karena adanya perputaran untuk memisahkan *material* berdasarkan perbedaan berat jenis dan ukuran. *Material* yang memiliki berat jenis lebih tinggi masuk ke *silo* melewati *Bucket Elevator* (BE). Sementara itu, *material* yang memiliki berat jenis lebih rendah tertarik oleh *fan* dan masuk ke *Dush Bin*. Sama seperti *Cyclone*, *Dush Bin* memisahkan *material* berdasarkan berat jenis. *Material* dengan berat jenis lebih tinggi akan masuk ke *silo* dan *material* dengan berat jenis lebih rendah akan masuk ke *Electrstatic Precipitator* (EP).

EP adalah suatu perangkat listrik yang berfungsi sebagai alat pengendap atau pemisah debu dari udara yang menggunakan listrik statis. Prinsip kerja EP yaitu EP terdiri dari elektrode-ektroda yaitu *discharge elektrode* dan *collecting plate*. Tegangan tinggi DC yang dihasilkan transformator DC akan dialirkan ke *discharge*

*electrode* yang merupakan muatan negatif yaitu sekitar 50 KV DC. Ketika debu dilewatkan melalui celah antara *discharge electrode* dengan *collectioning plate* maka debu yang tidak bermuatan akan terionisasi menjadi negatif. Sementara *collecting plate* yang ditanahkan (*grounding*) akan bermuatan positif.

*Material* dari 4 *cyclone* yang dipasang paralel oleh *air slide* dibawa menuju *air slide* untuk dikirim ke *bucket elevator* melewati *gate* untuk dikirim ke *blending silo* sebagai umpan *kiln*. Proses *blending* (pencampuran) yang terjadi di dalam *blending* terjadi proses aerasi dengan cara udara dari luar dihisap oleh *blower*, kemudian dihembuskan pada bagian bawah *blending silo*. Tujuan aerasi adalah untuk melancarkan proses transport *material* dari *blending silo* menuju *bin kiln feed*. Selain itu, pada masing-masing *blending silo* terdapat 7 *outlet* berupa *air slide* dengan kemiringan 6°, dan tiap-tiap *outlet*-nya terdiri atas *slide gate*, *shut off gate*, dan *flow gate* merupakan *gate* yang berfungsi untuk membuka dan menutup *outlet* sesuai persentase yang diinginkan. *Shut off gate* merupakan *gate* yang hanya berfungsi membuka (100%) atau menutup (0%) saja, dan hanya digunakan saat terjadi *problem*. Sedangkan *slide gate* merupakan *gate* yang berfungsi untuk membuka dan menutup *outlet* sesuai dengan yang dikehendaki dan digerakkan secara manual apabila terjadi *problem* pada *flow gate* dan *shut off gate*.

*Outlet* yang berjumlah 7 ini dihubungkan dengan *bin*, dan sistem *outlet* ini bekerja secara bergantian, akibatnya *material* yang berasal dari *blending silo* akan turun melalui *outlet* atau *air slide* masuk ke dalam *bin* berkapasitas 60 ton dengan membentuk pola melingkar. Proses turunnya *material* dengan pola ini menyebabkan terjadinya pencampuran sempurna di dalam *kiln feed bin*. Untuk memperoleh hasil pencampuran yang baik, perlu menjaga isi dari setiap *blending*

*silo*, setidaknya setengah dari kapasitas *blending silo*, yaitu 10.000 ton. Apabila isi dari *blending silo* kurang atau lebih dari setengah maka proses pencampuran *material* menjadi tidak baik.

Dari *kiln feed bin*, *material* keluar lewat *air slide* masuk ke dalam *Loss of Weight* untuk ditimbang. Setelah mengalami penimbangan, *material* keluar melalui *air slide* dan masing-masing masuk ke dalam *bucket elevator*, kemudian dilanjutkan menuju ke *air slide*. Dari sini *material* melewati *diverter valve*, masuk bersama-sama dan bercampur menjadi satu dalam *air slide*, kemudian dilanjutkan menuju *air slide*. Pada alat transportasi ini terdapat *splitter gate* yang berfungsi sebagai pemisah aliran *material*, yaitu dari satu aliran menjadi dua aliran. Setelah aliran terpisah menjadi dua dengan laju yang telah ditentukan maka aliran *material* pertama akan dialirkan menuju *string I* yaitu ILC (*In Line Calciner*) dan aliran kedua akan dialirkan menuju SLC (*Separator Line Calciner*).

Untuk pengeringan *material* yang digiling dalam *raw material system*, digunakan sisa udara panas dari *preheater* yang temperaturnya 349 °C dan dari *cooler* dengan temperatur 252 °C. Bila *raw mill* tidak beroperasi maka gas panas dari *preheater* dan *klinker cooler* yang mencapai 350 °C di *by pass* lewat *conditioning tower* untuk dikondisikan sampai suhu 150 °C dengan cara di *spray water* dengan *water spray* sebelum masuk ke *electrostatic precipitator* agar tidak terjadi ledakan. Temperatur maksimum gas pada *electrostatic precipitator* yaitu 86–350 °C.

### **3.4.5 Proses Pembakaran Kiln**

*Unit* pembakaran (*Kiln*) merupakan *unit* terpenting dalam proses pembuatan semen. Pada *unit* ini senyawa-senyawa penyusun semen seperti dikalsium silikat

(C<sub>2</sub>S), trikalsium silikat (C<sub>3</sub>S), trikalsium aluminat (C<sub>3</sub>A), dan tetrakalsiumalumina ferit (C<sub>4</sub>AF) terbentuk. Berikut merupakan tahapan pembakaran di *kiln feed*:

1. Proses Pembakaran Awal (*Preheater*)

Pada *suspension preheater*, PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. GHOPO Pabrik Tuban menggunakan *preheater* jenis *double string* dengan empat *stage* atau empat *cyclone* yang dipasang seri, di mana *string* I merupakan ILC (*In Line Calciner*) dan *string* II adalah SLC (*Separate Line Calciner*). Proses pemanasan pada *preheater* ILC menggunakan gas panas yang berasal dari sisa *kiln* dan sebagian kecil *cooler*. Sedangkan pembakar di *kiln* menggunakan sedikit udara primer yang berasal dari *fan* utama di mana berfungsi sebagai pengumpan bahan bakar batu bara ke *kiln*. Udara primer ini akan bercampur dengan udara sekunder di dalam *kiln* dan akhirnya keluar *kiln* tertarik oleh *fan* masuk ke dalam *preheater* ILC. Selain itu, proses pemanasan pada *preheater* ILC juga menggunakan udara sekunder yang berasal dari proses pendinginan pada *clinker cooler*, yang akhirnya keluar menuju *preheater* ILC dengan temperatur + 794 °C.

2. Proses Pembakaran Akhir (*Kiln*)

Sistem pembakaran *rotary kiln* yang digunakan adalah *indirrect firing*, yaitu batu bara hasil penggilingan di coal mill dan menggunakan gas panas dari *preheater*. Batu bara yang digunakan mempunyai diameter 20 mikron dan kebutuhan batu bara yang digunakan untuk pembakaran terak di *kiln* sebesar 15 ton/jam, sedangkan *supply* udara primer sebagai pembakar di *rotary kiln* berasal dari *primary air fan*, udara sekunder berasal dari gas buang *cooler* kompartemen I. *Rotary kiln* mempunyai ketebalan 1 inch (2,5 cm) dan dilapisi batu api (*brick*) dengan ketebalan 22,5 cm sehingga mempunyai ketebalan 25 cm dari dinding luar



*rotary kiln*. Bila batu tahan api tersebut lepas atau pecah, ini menyebabkan *cell* pada *rotary kiln* berlubang akibat *clinker* temperatur tinggi dan akan menjadikan kalsinasi tidak sempurna (kurang dari 96%). temperatur yang sangat tinggi pada *kiln* dapat menyebabkan terbentuknya *coating* (lapisan), dengan adanya *coating* ini proses pemanasan pada *kiln* akan lebih sempurna dan stabil. Pergerakan *material* di dalam *kiln* menuju *clinker cooler* disebabkan karena adanya kemiringan  $4^\circ$  dan mempunyai putaran 3,5 rpm. Bila secara tiba-tiba *kiln* tidak dapat dijalankan karena putusnya aliran listrik ke *kiln*, untuk menghindari bengkoknya hingga berlubangnya dinding *kiln* akibat temperatur *kiln* yang tinggi maka *kiln* dilengkapi *help motor* yang berfungsi untuk memutar *rotary kiln* dengan menggunakan tenaga listrik dari mesin diesel.

Setelah keluar dari *burning zone*, *clinker* atau terak dengan kandungan *moisture*  $<1\%$  berubah menjadi bentuk kristal karena mengalami proses pendinginan yang terjadi di dua tempat yaitu pertama terjadi di *kiln* pada daerah *cooling zone* dan selanjutnya diteruskan di luar *kiln* yaitu di dalam *clinker cooler*. Pendinginan di dalam *kiln* disebabkan adanya udara sekunder yang berasal dari *clinker cooler* dengan suhu sekitar  $800\text{--}900^\circ\text{C}$ . *Clinker* yang keluar dari *kiln* dengan suhu sekitar  $1200\text{--}1250^\circ\text{C}$  akan mengalami pendinginan lebih lanjut di dalam *clinker cooler*. Sebagai media pendingin digunakan udara luar yang dihembuskan oleh 14 buah *fan*.

#### **3.4.6 Proses Pendinginan**

*Clinker* panas yang keluar dari *kiln* dengan temperatur sekitar  $1400^\circ\text{C}$  turun ke *clinker cooler* untuk pendinginan sampai temperatur  $100^\circ\text{C}$  di atas udara *ambient*. *Clinker cooler* yang digunakan adalah jenis *reciprocating grate cooler*

yang terdiri atas 9 kompartemen. Sebagai media pendingin digunakan udara yang dihasilkan oleh 14 *fan* dan terhembus ke dalam kompartemen. *Clinker* halus dengan temperatur + 229 °C tertarik oleh *cooler vent fan* masuk dan menempel ke dalam *electrostatic precipitator* yang bermuatan positif. *Clinker cooler* memiliki tiga *section* dengan tiga pompa hidrolis untuk menggerakkan *grade plate*. *Section 1* terdapat *venting* di atas ruang-ruang udara di bawah *grade plate*, sedangkan untuk *section 2* dan *3* tidak ada.

Apabila terjadi gangguan pada *electrostatic precipitator* akibat temperatur *clinker* yang masuk terlalu tinggi (>350 °C) maka untuk menghindari terjadinya ledakan, *electrostatic precipitator* dimatikan sehingga *clinker* akan terlepas dari dinding *electrostatic precipitator* terbawa oleh *cooler vent fan* dan keluar bersama-sama ke lingkungan melalui *electrostatic precipitator stack*. Pada *electrostatic precipitator* terdapat *water spray* untuk mendinginkan debu yang masuk agar suhunya tidak > 300 °C. *Clinker* yang masih kasar dihancurkan terlebih dahulu oleh *clinker breaker*, kemudian masuk ke *drag belt conveyor* dan akhirnya masuk ke dalam *dome*.

#### **3.4.7 Proses *Finish Mill***

Pada proses ini terdapat bahan yang ditambahkan ke dalam *clinker* untuk memperbaiki sifat-sifat atau mendapatkan sifat-sifat tertentu semen. Bahan yang ditambahkan ini adalah *gypsum* dan *trass*. Setelah itu, *clinker* matang yang dikeluarkan oleh *clinker cooler* dengan temperatur 82 °C dibawa ke *clinker storage silo* yang berkapasitas 75.000 ton melalui *drag belt conveyor*. *Clinker storage silo* mempunyai sebelas *outlet*, masing-masing dengan *discharge gate*. *Gate-gate* ini juga mengumpulkan ketiga *belt conveyor* yang beroperasi di bawah *clinker storage silo*.

*Belt-belt* ini mengumpankan ke *belt* yang lain dan ke *bucket elevator* untuk mencapai ke *Finish Mill Feed Bin* yang berkapasitas 175 ton per jam. *Gypsum* dan *trass* atau batu kapur yang diperlukan oleh tuban *line 2* (*mill 3* dan *mill 4*) diambil dari *line* tuban 1. Setelah *gypsum* dan *trass* atau batu kapur digiling di *crusher* kemudian dipindahkan melalui *belt conveyor* ke *bucket elevator*. Dengan bantuan *diverting gate material* dapat dipisahkan ke *bin* di Tuban 1 atau Tuban 2. *Bin* mempunyai kapasitas 170 ton.

Klinker, *gypsum*, dan batu kapur (OPC) atau *trass* (PPC) masuk ke dalam *bin* masing-masing. Dari *bin* ditimbang dengan menggunakan *weight feeder* (WF 1, 2, dan 3) sehingga dapat dikontrol pada CCR (*Central Control Room*) *feed* yang keluar dari *bin* dengan persentase yang direkomendasikan oleh laboratorium. Klinker setelah mengalami penimbangan di *weight feeder* masuk ke dalam *bin* HRC (*Hidraulic Roller Crusher*) melalui *belt conveyor*, *bucket elevator*, dan *belt conveyor* untuk ditampung. Dari *bin* HRC masuk ke dalam HRC untuk dilakukan *pre-grinding* yaitu memecah terak atau *clinker* sebelum penggilingan terakhir di *Finish Mill*. Sebagian terak tergilind yang lolos melalui HRC dikembalikan lagi ke HRC untuk menjaga ketinggian *material* di atas *roll crusher*. *Weight feeder* untuk *gypsum* dan *trass* atau batu kapur telah dialirkan keluar pada *belt conveyor* baru. *Conveyor* ini memindahkan *material* ke *bucket elevator* yang keluaran *material*-nya langsung ke *Finish Mill*, tanpa melalui HRC. Terak masih diumpankan ke HRC dan dicampur dengan *gypsum* dan *trass* atau batu kapur saat masuk ke *Finish Mill*. Suhu semen diatur oleh *mill venting* dan *water spray* di dalam *mill* dan pendinginan *O-Sepa separator*. *Mill vent* dan *water spray* mengatur *material* keluar *mill* pada suhu maksimal 120 °C.

Pendinginan lebih lanjut dilakukan selama proses pemisahan oleh *O-Sepa Separator*. Suhu semen akhir dikurangi sampai 96 °C untuk semen *type 1*. *Material* keluar *mill* dipindahkan ke sebuah *O-Sepa Separator* di mana ukuran produk yang sesuai ditransportasikan ke sebuah *Fuller Plenum Pulse Dust Collector* melalui aliran udara. Sisa dari *separator* dimasukkan kembali ke dalam *mill* untuk digiling lebih lanjut. Produk dari *dust collector mill* masuk kembali ke *bucket elevator* yang mengumpan ke *O-Sepa Separator*. Produk *dust collector separator* dipindahkan dengan *air slide* dan *bucket elevator* ke semen *silo*. Apabila kapasitas *bin HRC* melampaui batas, maka klinker akan masuk ke dalam *ball mill* melewati *gate*. Kapasitas *feed* klinker yang masuk ke dalam HRC lebih besar daripada kapasitas *feed* yang masuk ke dalam *ball mill*, karena ini menghindari kosongnya kebutuhan klinker pada *ball mill*. Dan sisa di HRC adalah sebagai *overflow* yang diangkut oleh *belt conveyor* dan *bucket elevator* masuk kembali ke *bin HRC*. *Bucket elevator* dilengkapi dengan 2 *bag filter*, agar klinker yang lolos dari pengangkutan *bucket elevator* yang menuju ke HRC dapat ditangkap dan dikirim kembali ke *bucket elevator*, hal ini dilakukan untuk menghindari banyaknya semen berukuran halus yang terbuang akibat pengangkutan, sekaligus mengurangi polusi udara di sekitar lokasi.

#### **3.4.8 Proses Penggilingan Akhir di *Ball Mill***

Setelah masuk ke HRC, klinker yang mengalami *pre-grinding* menjadi lebih halus, kemudian dengan *belt conveyor* klinker tersebut masuk ke dalam *ball mill*. Sedangkan pada bahan pembantu, *gypsum* dengan kecepatan 9,43 ton per jam dan *trass* (PPC) atau batu kapur (OPC) 1,90 ton per jam setelah mengalami penimbangan di *weight feeder* melalui *belt conveyor* dan *bucket elevator* masuk ke

dalam *ball mill* bercampur dengan klinker untuk digiling. Di dalam *ball mill* terdapat dua kompartemen yang dipisahkan oleh diafragma. Pada kompartemen I (*lifting linier*), campuran semen mengalami penggilingan awal menjadi partikel yang berukuran 70 *mesh*. Setelah dari kompartemen I, campuran semen masuk ke dalam kompartemen II (*classifying linier*) melewati diafragma. Di dalam kompartemen II terdapat bola-bola penggiling yang ukurannya lebih kecil daripada bola-bola pada kompartemen I, di sini campuran semen digiling kembali menjadi partikel yang berukuran partikel 90 mikron (325 *mesh*) atau 3.200 + 100 *blaine*. Untuk mengendalikan temperatur campuran semen dalam *ball mill* (115 °C) maka dilakukan *water spray* di dalam *ball mill*.

Untuk menarik campuran semen di dalam *ball mill* dari kompartemen I melewati diafragma ke kompartemen II dan akhirnya keluar *ball mill*, digunakan *fan*, karena pada *ball mill* tidak terdapat derajat kemiringan. Antara *fan* dan *ball mill* dilengkapi dengan *bag filter* untuk menangkap campuran semen halus yang lolos karena tarikan *fan*. Pada periode waktu tertentu campuran semen yang tertangkap pada *bag filter* dijatuhkan menggunakan udara bertekanan dari kompresor (*jet pulse*), lalu menggunakan *air slide* di transportasikan menuju *silo* untuk ditampung. Campuran semen yang halus yang berukuran 325 *mesh* dari *ball mill* melalui *air slide* dan *bucket elevator* masuk ke dalam *separator*. Dari *separator* semen dipisahkan antara yang halus dan yang kasar, yang kasar melalui *air slide* digiling kembali di *ball mill*, sedangkan yang halus ditarik oleh *fan* masuk ke *cyclone* untuk dipisahkan antara gas dan semen dari *separator*. Semen masuk ke dalam *silo* menggunakan *air slide* untuk ditampung, sedangkan gas keluar dan sebagian gas di *recycle* kembali menuju *separator*. Semen yang lolos oleh tarikan

*fan* ditangkap oleh *bag filter*, lalu dengan menggunakan *air slide* semen tersebut masuk ke *silo* untuk ditampung, sedangkan udara keluar melalui *fan*.

### **3.4.9 Proses Packer**

Pada *unit* kerja pengisian (*packer*), proses dimulai dari *Silo* (Silo 3, 4, 5, dan 6). Dari *silo* yang berjumlah 4, tetapi pada setiap pengoperasiannya hanya digunakan 2 *silo* secara bergantian. Di dalam *silo* terdapat *fan* (FN 1 dan 2) yang berfungsi untuk menarik *material* (semen) yang disimpan di dalam *silo* untuk dimasukkan ke dalam alat transportasi *air slide* yang berjumlah 8. *Air slide* yang mempunyai kemiringan 60° ini dilengkapi oleh *blower* yang berfungsi untuk menggerakkan *material* (semen) di dalam *air slide* menuju ke *bin* penampung. Dari *bin* penampung ini, *material* (semen) dibawa *air slide* (AS 3 dan 4), dan *bucket elevator* (BE 1, 2 dan 3). Dari *bucket elevator*, *material* (semen) ditransportasikan pada masing-masing *line* ke *vibrating screen* untuk dipisahkan antara *material* halus dan kasar. Untuk *material* yang kasar akan di buang melalui pipa buang, sedangkan untuk *material* yang halus dari *vibrating screen* akan ditransportasikan ke 2 *bin* sentral melalui *air slide* (AS 5 dan 6). *Material* (semen) dari *bin* sentral ditransportasikan lewat *air slide* ke *bin packer*, kemudian secara gravitasi *material* (semen) turun ke mesin *packer* yang berkapasitas 2000 sak tiap jam.

Pada mesin *packer*, sak yang berkapasitas 40 kg ini dimasukkan pada bagian injeksi semen, kemudian secara otomatis sak terisi oleh semen melalui lubang-lubang yang terdapat pada sudut kantong. Apabila terisi penuh, lubang kantong tersebut akan menutup dengan sendirinya, setelah itu oleh mesin *packer*, sak semen dilempar ke *belt conveyor* menuju ke *belt weight* untuk ditimbang. Setelah ditimbang, sak semen melalui *belt conveyor* menuju ke mesin SX untuk diseleksi.

Sak semen yang kurang dari kapasitas yang telah ditentukan ( $40 + 1$  kg) akan di *reject* secara otomatis dengan dilewatkan pada *blade-blade* pemecah sak yang bekerja secara berlawanan untuk memisahkan kantong dan semen.

Semen yang telah dipisahkan akan dimasukkan ke *bin* sentral kembali melalui *screw conveyor*, *bucket elevator*, dan *air slide* (AS 5 dan 6). Sedangkan sak semen yang memenuhi syarat akan ditransportasikan oleh *belt conveyor* (BC 3 dan 4) menuju *truck storage*. Dari sini semen dapat di distribusikan melalui *truck*. Untuk memudahkan pengontrolan dan penelusuran apabila terjadi komplain dari konsumen maka pada setiap kantong terdapat kode-kode yang meliputi tanggal pengiriman, tanggal pengepakan, dan lain-lain sehingga mutu dari semen yang didistribusikan masih dapat diatasi dengan baik oleh perusahaan. Hasil dari pengemasan semen baik dalam bentuk kantong semen, *jumbo pack*, maupun bentuk curah untuk didistribusikan lewat angkutan darat dan angkutan laut.

### **3.5 Metode Kerja**

Dalam sistem produksinya, PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. memerlukan kerja sama antar bidang yaitu seksi pemasaran yang bertugas menerima *order* dari *customer* kemudian menginformasikan ke seksi perencanaan dan pengendalian bahan baku. Di bagian ini dilakukan perencanaan kebutuhan bahan baku untuk diinformasikan ke bagian seksi produksi agar memproduksi sesuai dengan jadwal dan kebutuhan yang telah ditetapkan oleh seksi perancangan dan pengendalian bahan baku. Seksi pengadaan bahan baku melakukan pembelian kebutuhan bahan baku dan *spare part* sesuai dengan instruksi dari bagian seksi perancangan dan pengendalian bahan baku.

Bahan baku datang dan diterima oleh seksi penerimaan bahan baku. Seksi produksi melakukan pemesanan bahan baku ke bagian pergudangan (*Warehouse Raw Material*). Dalam keseluruhan proses produksi dilakukan pengendalian kualitas oleh seksi jaminan mutu. Produk yang sudah jadi disimpan ke dalam *silo* penyimpanan semen dan siap dikirim ke *customer* dalam bentuk kantong, *jumbo bag*, ataupun berbentuk curah. Bahan baku yang digunakan oleh PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. sebagian besar adalah dari bahan tambang sendiri, yaitu sekitar 95% (meliputi 80% batu kapur dan 15% tanah liat). Hal ini dikarenakan bahan baku dari lokal dapat mencukupi kebutuhan bahan baku yang diperlukan perusahaan.

Pengiriman barang ke *customer* dilakukan oleh PT Semen Indonesia Logistik (SILOG) yang merupakan anak usaha dalam bidang jasa logistik dan transportasi. SILOG telah mendapatkan kepercayaan penuh dari PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. untuk mendistribusikan dan menjangkau pasokan semen serta produk industri hingga ke pelosok negeri. Persebaran produk PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. tidak hanya mencakup dalam negeri karena juga mengeksport produk ke beberapa negara di Asia Tenggara, Asia Timur, Asia Tengah, Australia, hingga Afrika. Sebelum produk dikirim, dilakukan pengecekan oleh bagian seksi jaminan mutu untuk memastikan bahwa produk dari PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. sudah terjamin kualitasnya.

### **3.6 Produk**

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. memproduksi berbagai macam semen untuk memenuhi kebutuhan *customer*. Adapun produk utama yang dihasilkan



adalah semen OPC atau tipe I, semen non OPC (tipe II sampai dengan tipe V). Selain itu, PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. juga memproduksi semen dengan penggunaan terbatas di antaranya adalah tipe khusus dan juga *mixed cement*. Berikut merupakan macam-macam semen yang diproduksi oleh PT Semen Indonesia (Persero) Tbk., yaitu:

1. Semen *Portland* Tipe I

Semen *portland* tipe I atau *Ordinary Portland Cement* (OPC) merupakan jenis semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan oleh jenis lain. Biasanya tipe semen ini diaplikasikan pada gedung, jembatan, jalan raya, rumah pemukiman, landasan pacu pesawat terbang, beton *precast* dan *prestress*, elemen bangunan seperti genteng, *hollow brick*, batako, *paving block*, *roster*, pabrikan berbasis semen, dan lain sebagainya. Karakteristik dan keunggulan OPC di antaranya cepat kering dan dapat digunakan untuk semua mutu beton.

2. Semen *Portland* Tipe II

Semen *portland* tipe II merupakan semen *portland* yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang. Jenis semen ini dapat tahan terhadap kandungan sulfat antara 0,10 sampai dengan 0,20%. Biasanya diaplikasikan pada pembuatan gedung, jembatan, jalan raya, rumah pemukiman, irigasi, bendungan, pelabuhan, *power plant*, dan bangunan di tepi pantai.

3. Semen *Portland* Tipe III

Semen *portland* tipe III merupakan semen *portland* yang penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi. Jenis

semen ini biasanya diaplikasikan pada pembuatan jalan beton, bangunan-bangunan tingkat tinggi, landasan mesin, dan lain sebagainya.

#### 4. Semen *Portland* Tipe IV

Semen *portland* tipe IV merupakan semen *portland* yang penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Jenis semen ini biasanya diaplikasikan pada pengecoran beton massa. Persyaratan panas hidrasi pada 7 hari adalah 60 kalori per gram, sedangkan pada 28 hari adalah 70 kalori per gram.

#### 5. Semen *Portland* Tipe V

Semen *portland* tipe V merupakan semen *portland* yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap kandungan sulfat yang tinggi. Jenis semen ini dapat tahan terhadap kandungan sulfat lebih dari 0,20%. Jenis semen ini biasanya diaplikasikan pada pengecoran struktur terpapar air laut seperti jembatan, pelabuhan, instalasi pengelola limbah, dan lain sebagainya.

#### 6. *Special Blended Cement* (SBC)

*Special Blended Cement* (SBC) merupakan jenis tipe semen yang memenuhi SNI 0302 2014 IP-K. Konstruksi dengan persyaratan khusus yang membutuhkan ketahanan sulfat yang tinggi. Keunggulan semen ini antara lain adalah ketahanan terhadap sulfat tinggi, selain itu panas hidrasi rendah, setara dengan *portland* tipe V yang memiliki pengembangan kuat tekan untuk jangka panjang. Pengaplikasiannya biasanya pada konstruksi dengan persyaratan ketahanan sulfat tinggi dan panas hidrasi rendah, seperti jembatan yang terpapar air laut, dermaga, *power plant*, fasilitas pengolahan air limbah, dan lain sebagainya.

7. *Super Masonry Cement (SMC)*

*Super Masonry Cement (SMC)* merupakan jenis semen yang memenuhi SNI 3758-2004, digunakan untuk penggunaan konstruksi ringan, mutu < K225. Semen ini memiliki beberapa keunggulan yaitu *workability* yang tinggi, permukaan aplikasi lebih halus, dan panas hidrasi rendah. Tipe semen ini biasanya diaplikasikan pada bangunan rumah sederhana dan rumah sangat sederhana, pasangan bata, plesteran, dan acian.

8. *Portland Pozzolan Cement (PPC)*

*Portland Pozzolan Cement (PPC)* merupakan semen *portland* dengan campuran *pozzolanik material* sampai dengan 40% (IP-U), memenuhi SNI 0302 : 2014 IP-U. Adapun beberapa keunggulan dari semen ini adalah ketahanan sulfat sedang, panas hidrasi sedang, dan semakin lama semakin kuat. Pengaplikasian semen ini biasanya pada gedung, jembatan, jalan raya, rumah pemukiman, irigasi, bendungan, pelabuhan, *power plant*, dan bangunan di tepi pantai.

9. *Portland Composite Cement (PCC)*

*Portland Composite Cement (PCC)* merupakan jenis semen yang memenuhi SNI 7064 : 2014. Penggunaan semen ini untuk semua konstruksi umum. Karakteristik dan keunggulan PCC di antaranya lebih mudah dikerjakan, suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak, lebih tahan terhadap sulfat, lebih kedap air, dan permukaan acian lebih halus. Biasanya diaplikasikan pada gedung, jalan raya, rumah pemukiman, beton *precast* dan *prestress*, elemen bangunan seperti genteng, *hollow brick*, *paving block*, dan *roster*.

10. *Oil Well Cement (OWC)*

*Oil Well Cement (OWC)* merupakan jenis semen yang memenuhi SNI 10426-1-1992 / API 10 A HSR, yaitu semen khusus untuk pengeboran sumur minyak dan gas alam. Beberapa keunggulan tipe semen OWC adalah dapat mengalir pada temperatur dan tekanan tinggi dan panas hidrasi yang rendah. Biasanya diaplikasikan pada pembuatan sumur minyak dan gas alam di daratan ataupun lepas pantai.

11. *Super White Cement (SWC)*

*White Cement* atau kerap disebut *Super White Cement* adalah semen yang digunakan untuk *finishing* dan aplikasi dekoratif maupun arsitektural pada bangunan umum. Diproduksi dengan membatasi kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam bahan baku tetap rendah. Karakteristik dan keunggulan SWC di antaranya ketahanan sulfat tinggi, panas hidrasi rendah, dan pengembangan kuat tekan jangka panjang.