



BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

III.1 Pengertian Semen

Semen berasal dari bahasa latin *cementum*, dimana kata ini mula-mula dipakai oleh bangsa Roma yang berarti bahan atau ramuan pengikat, dengan kata lain semen dapat didefinisikan sebagai suatu bahan perekat yang berbentuk serbuk halus, bila ditambah air akan terjadi reaksi hidrasi sehingga dapat mengeras dan digunakan sebagai pengikat (*mineral glue*). Pada mulanya semen digunakan orang-orang Mesir Kuno untuk membangun piramida yaitu sejak abad ke-5 dimana batu batanya satu sama lain terikat kuat dan tahan terhadap cuaca selama berabad-abad. Bahan pengikat ini ditemukan sejak manusia mengenal api karena mereka membuat api di gua-gua dan bila api kena atap gua maka akan rontok berbentuk serbuk. Serbuk ini bila kena hujan menjadi keras dan mengikat batu- batuan disekitarnya dan dikenal orang sebagai batu Masonry. (Anonim. 1980. Handout Kuliah Teknologi Semen. Jurusan Teknik Kimia, FTI-ITS).

Semen merupakan salah satu bahan perekat yang jika dicampur dengan air mampu mengikat bahan-bahan padat seperti pasir dan batu menjadi suatu kesatuan kompak. Sifat pengikatan semen ditentukan oleh susunan kimia yang dikandungnya. Adapun bahan utama yang dikandung semen adalah kapur (CaO), silikat (SiO₂), alumunia (Al₂O₃), ferro oksida (Fe₂O₃), magnesit (MgO), serta oksida lain dalam jumlah kecil.(Lea and Desch, 1940).

Massa jenis semen yang diisyaratkan oleh ASTM adalah 3,15 gr/cm³, pada kenyataannya massa jenis semen yang diproduksi berkisar antara 3,03 gr/cm³ sampai 3,25 gr/cm³. Variasi ini akan mempengaruhi proporsi campuran semen dalam campuran. Pengujian massa jenis ini dapat dilakukan menggunakan *Le Chatelier Flask* (ASTM C 348-97).

III.2 Fungsi Semen

Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir - butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena



fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan.

III.3 Macam - Macam Semen

Perbedaan macam semen tergantung pada komposisi unsur-unsur penyusunnya dan unsur tambahan lain yang ditambahkan.

Berbagai jenis semen, antara lain :

1. Semen Portland

Merupakan semen hidrolis yang diperoleh dengan menggiling terak yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, bersama bahan tambahan biasanya digunakan gypsum.

Berdasarkan banyaknya presentase kadar masing-masing komponen ASTM (*American Society of Testing Material*) C 150 – 95 membagi lima macam type semen portland. Kelima tipe semen portland tersebut yaitu :

a. Ordinary Portland Cement (Semen Tipe 1)

Menurut G.T. Austin (1985), yaitu semen Portland yang umum digunakan untuk bangunan biasa. Semen ini ada beberapa jenis pula, misalnya semen putih yang kandungan feri oksidanya lebih kecil, semen sumur minyak, semen cepat keras, dan beberapa jenis lain untuk penggunaan khusus.

b. Moderate Heat Cement (Semen Tipe 2)

Menurut G.T. Austin (1985), semen ini digunakan dalam situasi yang memerlukan kalor hidrasi yang tidak terlalu tinggi atau untuk bangunan beton biasa yang dapat terkena aksi sulfat. Kalor yang dilepas saat semen ini mengeras tidak boleh lebih dari 295 joule/gram sesudah 7 hari dan 335 joule/gram sesudah 28 hari.

c. High Early Strength Cement (Semen Tipe 3)

Menurut G.T. Austin (1985), yaitu semen dengan kekuatan awal tinggi yang terbentuk dari bahan baku yang mengandung perbandingan gamping-silika lebih tinggi dari yang digunakan untuk semen type I, dan penggilingannya pun lebih halus dari type I. Semen ini mengandung trikalsium silikat lebih banyak dari semen portland biasa. Hal ini disamping



kehalusannya menyebabkan semen ini lebih cepat mengeras dan lebih cepat mengeluarkan kalor.

d. *Low Heat Cement* (Semen Tipe 4)

Menurut G.T. Austin (1985), yaitu semen portland kalor-rendah, persen kandungan C_3S dan C_3A lebih rendah. Akibatnya persen tetra kalsium aluminoforit (C_4AF) lebih tinggi karena adanya Fe_2O_3 yang ditambahkan untuk mengurangi C_3A . Kalor yang dilepas pun tidak boleh lebih dari 250 dan 295 joule/gram masing-masing sesudah 7 dan 28 hari, dan kalor hidrasinya adalah 15 - 35 % dari kalor hidrasi semen biasa/HES.

e. *Sulfat Resistance Cement* (Semen Tipe 5)

Menurut G.T. Austin (1985), semen portland tahan sulfat adalah semen yang karena komposisinya atau cara pengolahannya, lebih tahan terhadap sulfat daripada keempat jenis lainnya. Semen type V ini digunakan bila penerapannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Semen ini mengandung C_3A lebih rendah dari ketiga semen lain.

Akibatnya kandungan C_4AF -nya lebih tinggi.

2. *Semen Putih*

Menurut I Ketut Arsha Putra (1995), semen putih dibuat untuk tujuan dekoratif bukan untuk tujuan konstruktif, misalnya untuk bangunan arsitektur. Pembuatan semen ini membutuhkan persyaratan bahan baku dan proses pembuatan yang khusus, misalnya bahan mentah mengandung oksida besi dan oksida mangan yang sangat rendah yaitu dibawah 1%.

3. *Semen Alumina Tinggi*

Menurut E. Jasjfi (1985), semen ini pada dasarnya adalah Semen Kalsium Aluminat yang dibuat dengan melebur campuran batu kapur dan bauksit. Bauksit ini biasanya mengandung oksida besi, silika dan magnesium. Semen ini mengeras sangat cepat dan banyak digunakan pada daerah pelabuhan, namun semen ini tidak tahan terhadap sulfat.

4. *Semen Anti Bakteri*

Menurut G.T. Austin (1985), semen ini adalah campuran yang homogen antara semen portland dengan anti bacteriac agent seperti germicide. Bahan tersebut ditambahkan untuk self desinfectant beton terhadap serangan bakteri dan jamur



yang tumbuh. Biasa digunakan pada pembuatan kolam, kamar mandi. Semen ini mempunyai sifat hampir sama dengan semen portland type I.

5. *Semen Pozzoland*

Menurut G.T. Austin (1985), semen ini diperoleh dengan menggiling terak. Semen portland dengan trass sebagai bahan pozzolannya. Jenis semen ini diproduksi untuk pengecoran beton massa, irigasi, bangunan di tepi laut dan tanah rawa yang memerlukan katahanan sulfat dan panas hidrasi rendah.

6. *Water Proofed Cement*

Menurut G.T. Austin (1985), semen ini adalah campuran yang homogen antara Semen Portland dengan Water Proofing agent dalam jumlah kecil seperti kalsium, aluminium atau logam stearat lainnya. Semen ini dipakai untuk konstruksi beton yang berfungsi sebagai penahan tekanan hidrolis, misalnya tangki penyimpan cairan kimia.

7. *Oil Well cement*

Menurut G.T. Austin (1985), semen ini adalah *Semen Portland* yang dicampur dengan bahan retarder seperti *asam borat, casein, lignin, gula atau organik hidroxid acid*. Fungsi retarder untuk mengurangi kecepatan pengerasan semen, sehingga adukan dapat dipompakan dalam sumur minyak atau gas. Umumnya semen ini digunakan pada *primary cementing*.

III.4 Proses Kegiatan Produksi

A. Bahan Baku Utama dalam Pembuatan Semen

1. Batu Kapur (CaCO_3 /Calcium Carbonat)

Batu kapur pada umumnya tercampur MgCO_3 dan 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 $\pm 81\%$.

Batu kapur dalam keadaan murni berupa bahan CaCO_3 yang mengandung kalsit dan aragonit. Batu kapur tersusun atas struktur butiran kristal yang baik. Kekerasan batu kapur dipengaruhi oleh umur geologinya. Semakin tua umur batu kapur biasanya semakin keras.

Pada dasarnya *Calcareous Materials / Carbonic Material* adalah bebatuan yang mengandung bebatuan yang banyak mengandung CaCO_3 lebih besar dari 75%, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 . Contohnya lime stone / batu kapur (CaCO_3). *Limestone*



adalah bahan yang paling umum digunakan, disamping *chalk*, *marl*, *shell deposit*. Batu kapur dengan kadar kapur tinggi disebut lime component, terdiri dari *calcite*, *dolomite*, dan *aragonite*

Tabel 3.1 Spesifikasi Batu Kapur secara Umum

Parameter	High Grade	Medium Grade	Low Grade
CaCO ₃	97 - 99%	88 - 90%	85 - 87%
MgCO ₃	Maksimal 2%	Maksimal 2%	Maksimal 2%
SiO ₂	0,08 – 2 %	0,08 – 2 %	0,08 – 2 %
Fe ₂ O ₃	0,01 – 0,4 %	0,01 – 0,4 %	0,01 – 0,4 %
Al ₂ O ₃	0,09 – 1 %	0,09 – 1 %	0,09 – 1 %
H ₂ O, Na ₂ O, K ₂ O	Sisa	Sisa	Sisa

Sumber: H.N Banerjea, 1980

Tabel 3.2 Komposisi Batu Kapur pada Pembuatan Semen Portland

Senyawa	% senyawa
CaO (%)	55
SiO ₂ (%)	1 – 15
Al ₂ O ₃ (%)	1 – 6
Fe ₂ O ₃ (%)	0,2 – 5
MgO (%)	0,2 – 4
Alkali (%)	0,2 – 4
SO ₃ (%)	1 – 3
Cl (%)	0,2 – 1
H ₂ O (%)	7 – 10

Sumber: H.N Banerjea, 1980

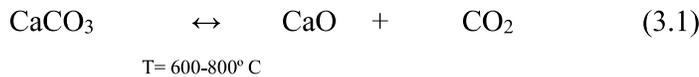
Menurut Puja Hadi Purnomo, 1994, sifat fisika batu kapur sebagai berikut:

- ❖ Fase : Padat
- ❖ Warna : Putih Kekuningan
- ❖ Kadar Air : 7 - 10% H₂O
- ❖ Bulk Density : 1,3 ton/m³



- ❖ *Spesific Gravity* : 2,4 gr/cm³
- ❖ Kandungan CaCO₃ : 85 93%
- ❖ Kandungan CaO : 47 – 56%
- ❖ Kuat Tekan : 31,6 N/mm²
- ❖ Silika Ratio : 2,60
- ❖ Alumina Ratio : 2,57

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



2. Tanah Liat (Al₂O₃.2SiO₂.xH₂O)

Semua jenis tanah liat adalah hasil pelapukan kimia yang menyebabkan adanya pengaruh air dan gas CO₂, batuan andesit, granit, dan sebagainya. Batuan-batuan ini menjadi bagian yang halus dan tidak larut dalam air tetapi mengendap berlapislapis. Tanah liat (Clay) termasuk kedalam kelompok mineral Siliceous dan Argillaceous, yaitu mineral sumber silika (SiO₂), besi alumina (Fe₂O₃), serta kandungan CaCO₃ kurang dari 75%. Tanah liat pada dasarnya terdiri atas berbagai variasi komposisi. Pada umumnya tanah liat merupakan senyawa alumina silica hydrate dengan kadar H₂O maksimal 25% dan kadar Al₂O₃ 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)₃, Fe₂S₃ dan CaCO₃ menjadi hanya berwarna abu-abu sampai kuning. Tanah liat yang baik untuk digunakan memiliki kadar air ± 20%, kadar SiO₂ tidak terlalu tinggi ± 46%, dan penggunaan tanah liat dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar ± 9%.

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

- † Fase : Padat
- † Warna : coklat dan abu-abu kehitaman
- † Kadar Air : 18 - 25% H₂O
- ❖ *Bulk Density* : 1,4 ton/m³
- ❖ *Spesific Gravity* : 2,36 gr/cm³



- ❖ Kuat Tekan : 31,6 N/mm²
- ❖ Silika Ratio : 2,9
- ❖ Alumina Ratio : 2,7

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

Reaksinya :



Sifat dari tanah liat jika dipanaskan atau dibakar akan berkurang sifat keliatannya dan menjadi keras bila ditambah air. Warna tanah liat adalah putih bila tanpa adanya zat pengotor, tetapi bila ada senyawa besi organik tanah liat akan berwarna coklat kekuningan.

Tabel 3.3 Komposisi Tanah Liat pada Pembuatan Semen Portland

CaO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	Alkali (%)	SO ₃ (%)	H ₂ O (%)
1 – 10	40 – 70	15 – 30	3 – 10	1 – 5	1 - 4	<2	18 - 25

Sumber : H.N Banerjea, 1980

A. Bahan Pembantu dalam Pembuatan Semen

1. Pasir Silika (SiO₂)

Pasir silika adalah salah satu mineral yang umum ditemukan dalam kerak bumi. Mineral ini memiliki struktur kristal heksagonal yang terbuat dari silika trigonal terkrystalisasi (Silikon Dioksida, SiO₂) dengan densitas 2,65 g/ dan titik lebur 17150 °C. Pada umumnya pasir silika terdapat bersama oksida logam lainnya, semakin murni kadar SiO₂ semakin putih warna pasir silikanya, semakin berkurang kadar SiO₂ semakin berwarna merah atau coklat, disamping itu semakin mudah menggumpal karena kadar airnya yang tinggi. Semakin murni pasir silika, maka akan semakin putih warnanya dan biasa disebut pasir kuarsa 100%. Pasir silika yang baik untuk pembuatan semen adalah dengan kadar SiO₂ ± 90%, dan penggunaan pasir silika dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar ± 9%.



Tabel 3.4 Komposisi Pasir Silika pada Pembuatan Semen Portland

Senyawa	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Alkali	LOI
%	1 – 3	85 – 95	2 – 5	1 – 3	1 – 3	1 – 2	2 – 5

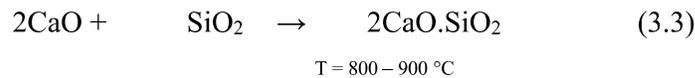
Sumber: H.N Banerjea, 1980

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

- ❖ Fase : Padat
- ❖ Warna : coklat kemerahan
- ❖ Kadar air : 6 – 10 % H₂O
- ❖ Spesifik Gravity : 2,37 gr/cm³
- ❖ Bulk Density : 1,45 ton/m³
- ❖ 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.

Reaksi:



Pasir silika banyak terdapat di daerah pantai. Derajat kemurnian pasir silika dapat mencapai 95 – 99,8% SiO₂. Warna pasir silika dipengaruhi oleh adanya kotoran seperti oksida logam dan bahan organik,

2. Pasir Besi (Fe₂O₃)

Copper slag digunakan sebagai pembawa oksida besi yang berfungsi sebagai pengganti pasir besi. Pasir besi (Fe₂O₃) 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 kehitaman.

Tabel 3.5 Komposisi *Copper Slag* pada Pembuatan Semen Portland

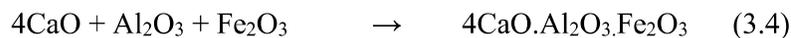
SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	LOI (%)
5 – 10	2 – 5	85 – 95	0 – 5

Sifat fisiknya, antara lain: (Dokumen PT. Smelting, 2010)

- Fase : Padat
- Warna : Hitam
- Bulk density : 1,8 ton/m³

Menurut R.H. Perry, 1984, salah satu sifat kimia *copper slag* yaitu dapat bereaksi dengan Al₂O₃ dan CaO membentuk *calcium alumina ferrit*.

Reaksi:



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

3. Gypsum (CaSO₄·2H₂O)

Kebutuhan *Gypsum* diperoleh dari Petrokimia Gresik, PLTU Jepara, PT.SMELTHING. Gypsum diangkut dengan truck ke pabrik berupa kerikil. *Gypsum* ini digunakan untuk bahan tambahan pembuatan semen type I atau semen OPC (*Ordinary Protland Cement*). Gypsum dipakai sebagai bahan campuran pada terak untuk digiling pada penggilingan akhir. Tujuan penambahan gypsum pada saat penggilingan terak adalah untuk memperlambat pengerasan pada semen, mencegah adanya *false set*, serta memberikan tekanan pada semen. Penambahan *gypsum* dengan kadar 91 % dilakukan pada penggilingan akhir dengan perbandingan 96 :4. *Gypsum* dapat diambil dari alam ataupun secara sintetis.

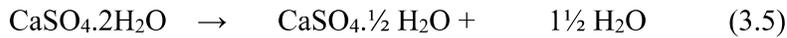
Spesifikasi *Gypsum* adalah sebagai berikut:

- ❖ Fase : padat
- ❖ Warna : putih kotor
- ❖ Kadar air : 10% H₂O
- ❖ Bulk density : 1,4 ton/m³
- ❖ Ukuran material : 0-30 mm



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

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:



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

Trass adalah bahan hasil letusan gunung berapi yang berbutir halus dan banyak mengandung silika amorf (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).

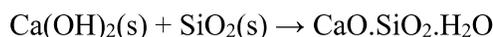
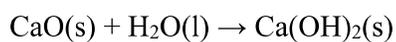
Sifat fisika *trass*:

† Fase	: Padat
† Warna	: Putih keabu-abuan
† Bentuk	: Butiran
† Specific gravity	: 2,68 gr/cm ³
† Ukuran material	: 0 – 30 mm

Sifat kimia *trass* :

Trass yang memiliki kandungan utama silika aktif SiO_2 akan bereaksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ saat ditambahkan air dan membentuk CSH dimana senyawa ini memberikan kontribusi terhadap kuat tekan dan akan tahan terhadap asam, baik sulfat maupun klorida. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ini didapat dari reaksi CaO bebas dalam terak dengan H_2O .

Reaksi:





5. Fly ash

Fly ash merupakan abu dari sisa pembakaran batu bara dengan kandungan oksida silika amorf (SiO_2) sebesar 40,0%. Penambahan bahan ini yaitu untuk meningkatkan kuantitas produk semen.

6. Dust

Digunakan sebagai filler. Dust merupakan bahan pencampur pada pembuatan semen OPC yang didapatkan dari Semen Indonesia (Raw Mill).

B. Fungsi Senyawa Kimia dalam Bahan Baku

Jika dinyatakan dalam bentuk oksidanya, ada 7 senyawa kimia penting yang terdapat dalam bentuk bahan baku. Senyawa kimia tersebut adalah sebagai berikut:

1. Oksida Kalsium (CaO)

Sumber utama oksida kalsium adalah CaCO_3 dalam batu kapur. Dalam proses semen CaO merupakan oksida terpenting, sebab disamping merupakan senyawa terbesar jumlahnya juga merupakan senyawa bereaksi dengan senyawa-senyawa silikat, aluminat dan besi membentuk senyawa-potensial penyusun senyawa semen. CaO dalam batu kapur tidak semuanya berikatan membentuk mineral potensial biasanya tidak berikatan dengan senyawa lain yang biasa disebut CaO bebas.

2. Oksida Silica (SiO_2)

SiO_2 terutama diperoleh dari peruraian mineral-mineral kelompok montmorillonit yang berasal dari tanah liat. Disamping itu juga SiO_2 bebas yang berasal dari pasir silika. Dalam semen, SiO_2 selalu terdapat dalam keadaan berikatan dengan CaO .

3. Oksida Alumunium (Al_2O_3)

Al_2O_3 juga terdapat di dalam tanah liat yaitu pada kelompok mineral nontronik, bersama CaO merupakan oksida pembentuk mineral potensial kalsium alumina, bersama CaO dan Fe_2O_3 akan membentuk senyawa alumina ferri. Al_2O_3 berperan sebagai fluks (penurunan titik leleh) campuran bahanbahan baku.

4. Oksida Ferrum (Fe_2O_3)

Fe_2O_3 juga terdapat dalam tanah liat yaitu dalam kelompok mineral



kaolonit. Bersama-sama CaO dan Al_2O_3 , Fe_2O_3 akan bereaksi membentuk senyawa alumina ferrit. Selain berperan dalam reaksi pembentuk mineral potensial juga berperan sebagai fluks.

5. Oksida Magnesium (MgO)

MgO terutama diperoleh dari peruraian dolomite (CaCO_3) kadang-kadang MgO bisa juga berasal dari mineral-mieneral tanah liat. MgO tidak berfungsi sebagai salah satu mineral potensial sebab dalam proses pembuatan semen, MgO tidak bereaksi dengan oksida-oksida lainnya. Peranannya hanya sebagai fluks dan pewarna semen.

6. Oksida Alkali (Na_2O dan K_2O)

Oksida alkali umumnya berasal dari dekomposisi mineral-mineral tanah liat yaitu kelompok illit dan jumlahnya relatif kecil. Oksida alkali bukan merupakan pembentuk mineral potensial tetapi sebagai fluks saja.

7. Oksida Belerang (SO_3)

Oksida belerang dalam semen terutama diperoleh dari penambahan senyawa $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Selain itu ada juga SO_3 yang berasal dari bahan bakar yang digunakan dalam proses pembuatan semen. Senyawa oksida belerang sama sekali tidak berpengaruh dalam pembentukan mineral potensial penyusun semen, tetapi fungsinya terutama pada pemakaian semen.

8. Oksida Fosfar (P_2O_5)

Umumnya kandungan P_2O_5 pada semen tidak lebih dari 0,2%. Adanya P_2O_5 dapat memperlambat pengerasan semen, karena turunnya kadar C_3S dimana terbentuk P_2O_5 dan CaO . Kadar P_2O_5 yang tinggi dapat menyebabkan *unsoundness* karena terbentuknya kapur bebas pada P_2O_5 2,5%.

C. Proses Umum Pembuatan Semen

1. Penyediaan bahan Baku

Langkah – Langkah penyediaan bahan baku, antara lain:

a. Pembersihan (*Cleaning*)

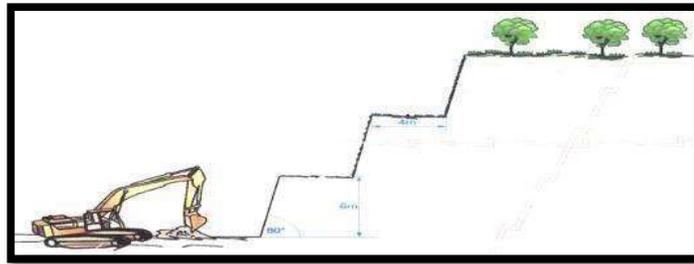
Pembersihan dilakukan untuk membuka daerah penambangan baru. Langkah ini perlu dilakukan untuk membersihkan permukaan tanah dari kotoran yang mengganggu proses penambangan.

b. Pengupasan (*Stripping*)

Tahap ini dilakukan dengan cara membat dan mengupas tanah (*top soil*) yang berada di lapisan permukaan batuan dengan menggunakan bulldozer dan shovel.

c. Pengeboran (*Drilling*)

Pengeboran dilakukan untuk membuat lubang pada batu kapur sebagai tempat meletakkan bahan peledak. Jarak dan kedalaman lubang pengeboran disesuaikan dengan kondisi batuan dan lokasi penambangan.



Gambar 3.1 Bentuk *Bench* Penambangan Batu Kapur

Umumnya dibuat dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Diameter lubang : 3 inch
- Kedalaman : 6 - 9 m
- Jarak antar lubang : 1,5 - 3 m

Peralatan yang umumnya dipakai untuk pengeboran adalah :

- *Crawl Air Drill* (alat bor)
- Kompresor (alat penggerak bor)

d. Peledakan (*Blasting*)

Tahap ini dilakukan untuk melepaskan batuan dari batuan induknya. Langkah pertama adalah mengisi lubang yang telah dibuat dengan bahan peledak. Proses *blasting* dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Proses *Blasting*

Bahan - bahan peledak yang digunakan adalah :

- *Damotin (Dynamit ammonium gelatin)*, merupakan bahan peledak primer
- *ANFO (Campuran 96 persen Ammonium Nitrat dan 4 persen Fuel Oil)*, merupakan bahan peledak sekunder
- *Detonator*

Peralatan – peralatan yang digunakan untuk peledakan adalah:

- *Blasting Machine* (mesin peledak)
- *Blasting Ohmmeter* (alat ukur daya ledak)

Batu kapur hasil dari peledakan memiliki ukuran maksimal 300mm dan siap diangkut menuju *limestone storage*.

e. Pengerukan dan Pengangkutan

Batu kapur hasil dari peledakan yang memiliki ukuran maksimal 300 mm, dikeruk, dan diangkut dengan menggunakan *shovel* atau *loader* menuju ke *limestone storage* untuk disimpan. Selanjutnya dibawa ke *limestone crusher* untuk pengecilan ukuran, menggunakan *dump truck* yang mempunyai kapasitas 20 - 30 ton/*truck*. Pengangkutan batu kapur tersebut dilakukan kira - kira 25 - 30 kali/hari.

2. Penyediaan Bahan Lain

Bahan yang berupa *copper slag*, pasir silika, dan *gypsum* tidak disediakan sendiri oleh PT. Semen Gresik.

- a. Pasir silika diperoleh dari daerah Bangkalan, Cilacap, dan daerah sekitar Tuban
- b. *Copper slag* diperoleh dari PT. Smelting
- c. *Gypsum* diperoleh dari PT. Petrokimia



3. Pengolahan Bahan

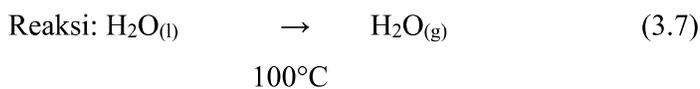
Bahan-bahan yang telah melalui tahap pengecilan ukuran di *crusher* seperti batu kapur dan tanah liat, selanjutnya akan masuk ke *Mix Pile*. Bahan pembuatan semen yang terdiri dari batu kapur, tanah liat, *copper slag* dan pasir silika dengan komposisi tertentu diumpukan kedalam *raw mill*. Di dalam *raw mill* bahan - bahan tersebut mengalami penggilingan dan pencampuran serta pengeringan sehingga diperoleh produk *raw mill* dengan kehalusan 90 persen lolos ayakan dengan ukuran 90 mikron dan kandungan air kurang dari 1%. Dari *raw mill*, material akan masuk *cyclone* kemudian masuk ke dalam *blending silo*. Fungsi dari *blending silo* adalah sebagai tempat penampungan sementara material sebelum diumpukan ke *kiln*, sekaligus untuk alat homogenisasi produk *raw mill* agar komposisi kimia dari produk tersebut lebih merata sehingga siap untuk diumpukan ke *kiln*.

4. Pembakatan dan pendinginan

Material dari *Blending Silo* selanjutnya akan masuk ke Preheater kemudian ke *Rotary Kiln* untuk dilakukan pembakaran dengan suhu yang sangat tinggi. Di dalam *Rotary Kiln* akan terjadi reaksi pembentukan komponen-komponen semen. Setelah dilakukan pembakaran, produk *Kiln* atau yang biasa disebut dengan *clinker* akan didinginkan secara mendadak di *Cooler* sampai suhu tertentu agar dapat diproses di tahap selanjutnya.

Unit pembakaran merupakan bagian terpenting, kerana terjadi pembentukan komponen utama semen. Unit ini terdiri dari *suspenser preheater*, *kiln* dan *great cooler*. Menurut I Ketut Arsha Putra, 1995, proses yang terjadi pada unit ini adalah

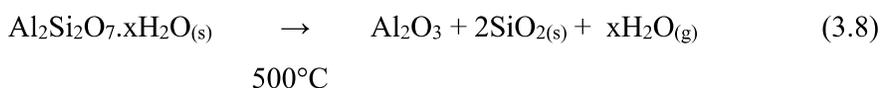
1. Proses pengurangan kadar air. Terjadi pada suhu 100°C



2. Pelepasan air hidrat *clay* (tanah liat)

Air kristal akan menguap pada suhu 500°C. Pelepasan kristal ini terjadi pada kristal hidrat dari tanah liat.

Reaksi:

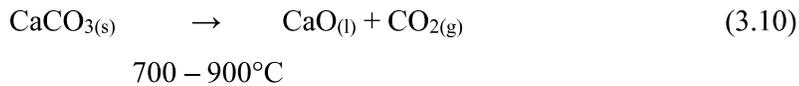
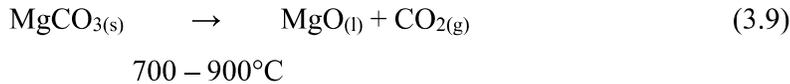




3. Terjadi proses kalsinasi

Tahapan penguapan CO_2 dari *limestone* dan mulai *calsinasi* terjadi pada suhu $700 - 900^\circ\text{C}$.

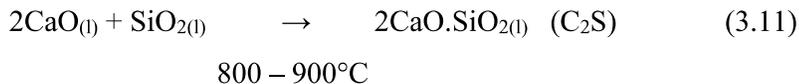
Reaksi:



4. Reaksi pembentukan senyawa semen C_2S

Pada suhu $800 - 900^\circ\text{C}$ terjadi pembentukan *calcium silikat*, sebenarnya sebelum suhu 80°C sebagian kecil sudah terjadi pembentukan garam *calciumsilikat* terutama C_2S .

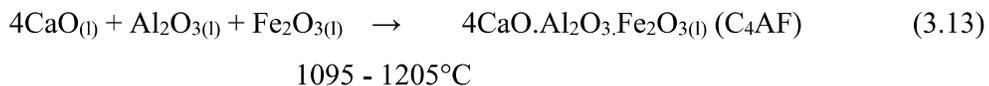
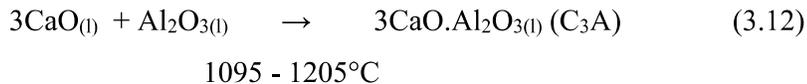
Reaksi:



5. Reaksi pembentukan senyawa semen C_3A dan C_4AF

Pada suhu $1095 - 1205^\circ\text{C}$ terjadi pembentukan kalsium aluminat dan kalsium alumina ferrit.

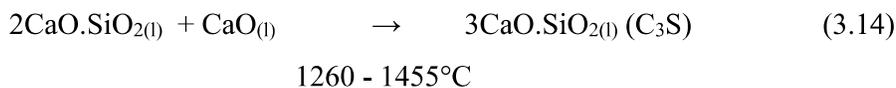
Reaksi:



6. Reaksi pembentukan senyawa semen C_3S

Pada suhu $1260 - 1455^\circ\text{C}$ terjadi pembentukan *calcium silikat* terutama C_3S yang mana persentase C_2S mulai menurun karena membentuk C_3S .

Reaksi :





5. Penggilingan Semen

Setelah dilakukan pendinginan clinker di dalam *cooler* selanjutnya dilakukan penggilingan di *finish mill*. Pada proses ini dilakukan penambahan *gypsum* dengan kadar 91% dengan perbandingan 96 : 4 yang berfungsi sebagai penghambat proses pengeringan pada semen. Penggilingan dilakukan dalam dua tahap yaitu dalam *hidraulic roll crusher* (HRC) sebagai penggilingan awal, di tahap ini, prinsip penggilingan menggunakan *ball mill* dengan berbagai ukuran. Bentuk dari alat ini adalah horizontal yang di dalamnya dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama, dengan panjang ± 3 m terjadi penghancuran material dan bagian kedua dengan panjang ± 6 m terjadi penghalusan material. Kemudian dilanjutkan dengan penggilingan dalam *Tube Mill* untuk mendapatkan produksemen yang diinginkan. Didalamnya, semen mengalami pengecilan ukuran dari 100 mesh menjadi 325 mesh dan lolos ayakan 90%. Produk halus yang dihasilkan akan masuk ke silo semen.

6. Pengisian dan Pengantongan Semen

Semen dari produk *finish mill* diangkut oleh *air slide* menuju ke *bucket elevator* untuk masuk ke semen silo. Semen dilewatkan ke *vibrating screen* untuk memisahkan semen dari kotoran pengganggu seperti logam, kertas, plastik atau bahan lain yang terikut dalam semen dan selanjutnya masuk ke dalam bin semen. Semen curah langsung dibawa ke bin semen curah dan selanjutnya diangkut oleh truk dengan kapasitas 18 - 40 ton untuk didistribusikan ke konsumen. Semen kantong dibawa ke bagian packer untuk dilakukan pengisian dan pengantongan semen.

Kapasitas harian atau jumlah kantong semen yang dihasilkan tiap harinya bervariasi sesuai dengan Rencana Kerja Anggaran Perusahaan (RKAP), kebijaksanaan pemerintah, dan kemampuan pabrik, sehingga sifatnya tergantung pada permintaan pasar. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban mengemas semen dalam 2 kemasan yaitu kemasan 40 kg dan 50 kg sesuai standar SNI. Tiap kantong berkapasitas 50 kg semen untuk semua type 1 (OPC) yang merupakan produksi utama pabrik semen Tuban dan 40 kg semen untuk jenis PPC yang hanya digunakan sesuai pesanan.

Pemasukkan semen ke dalam kantong diatur rentang berat 39,5 – 40,5 kg untuk semen jenis PPC dengan berat 40 kg dan rentang berat 49,5 – 50,5 kg untuk semen jenis OPC dengan berat 50 kg. Jika berat semen kurang dari 39,5 dan 49,5 kg maka akan terpantau oleh penimbang. Semen yang tidak lolos akan diayak dan produk yang jatuh saat pengisian di Roto *packer* akan dibawa *screw conveyor* kemudian dikembalikan ke *bucket elevator*. Semen yang lolos uji dibawa ke *belt conveyor* menuju Truck untuk didistribusikan ke konsumen.

III.5 Proses Pembuatan Semen di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk

A. Seksi Perancangan dan Pengawasan Tambang

Pengawasan jalannya tambang dan pemberian instruksi untuk mengatur jalannya tambang yaitu tugas pokok dari seksi perencanaan dan pengawasan tambang. Penambangan yang dilakukan oleh PT. Semen Gresik (Persero) Tbk bertujuan untuk mendapatkan batu kapur (*limestone*) dan tanah liat (*clay*), yang tersebar di daerah dekat pabrik seperti batu kapur di desa Temandang dan Merakurak, sedangkan tanah liat diperoleh di desa Mliwang dan Tlogowaru. Bahan tambahan lainnya seperti *copper slag* diperoleh dari PT. Smelting Gresik, *gypsum* dan *trass* diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik, *fly ash* diperoleh dari limbah penambangan batubara.



A



B

Gambar 3.3 Penambangan dengan Cara Peledakan dan *Surface Miner*

Bahan baku utama yang ditambang adalah batu kapur / batu gamping. Tempat penambangan berada di kawasan terdekat pabrik agar transportasi material dapat berjalan dengan baik. Luas tambang sekitar 800 hektar. Batas akhir penambangan dengan ketinggian sekitar 30 m diatas permukaan laut. Untuk melakukan penambangan batu kapur ada 2 cara, yaitu dengan peledakan dan *surface miner*. Proses peledakan dilakukan jika lokasi tambang batu kapur terletak jauh dari pemukiman warga, sedangkan penambangan dengan *surface miner* dilakukan ketika lokasi tambang batu kapur berada di dekat pemukiman warga.



Ditinjau dari sisi produktivitas dan ekonomi, penambangan dengan peledakan lebih menguntungkan, akan tetapi jika lokasi tambang berada di dekat pemukiman warga maka penambangan tidak boleh dilakukan dengan peledakan karena akan mengganggu warga sekitar.

Penambangan batu kapur dilakukan dengan cara *open pit type* dikarenakan lokasi batu kapur yang terdapat di tuban berada di areal perbukitan. Penambangan terbuka dimaksudkan sebagai penambangan yang dilakukan dalam ruang terbuka di permukaan tanah. Penambangan ini dilakukan dengan sistem berteras. *Bench* dibuat menyusuri bukit dan berjarak sekitar 50 m dari titik puncak acuan. Tinggi *bench* sekitar 6 m dengan lebar 4 m dan kemiringan sekitar 80°. Batu kapur yang dibutuhkan idealnya memiliki komposisi (% berat) CaCO_3 84-92 % dan H_2O maksimum 12%.

Faktor-faktor penentu dalam sistem penambangan, meliputi:

1) Lokasi yang akan digali

Dengan memperhatikan yang telah disyaratkan maka dapatlah ditentukan perencanaan penambangannya, daerah mana yang akan digali dan daerah mana yang harus ditinggalkan atau disingkirkan.

2) Arah kemajuan penambangan

Dengan tetap memperhatikan lokasi yang akan digali, penambangan dimulai dari lapisan deposit paling atas kemudian turun ke jenjang maksimal 6 meter sampai batas akhir penambangan. Selain itu kualitas yang ditentukan oleh laboratorium dan kuantitas yang bisa dicapai menjadi acuan dalam memulai penambangan.

Dengan adanya berbagai faktor penentu dan jenis-jenis kegiatan maka penentuan perencanaan pada pemilihan alat tambang harus tepat pada fungsi dan kapasitasnya serta sesuai dengan kondisi dan situasi dari faktor-faktor penentunya.

1. Proses Penambangan Batu Kapur

a. Penyiapan daerah penambangan

1) *Cleaning* (Pembabatan)

Pembabatan ini dimaksudkan untuk membersihkan permukaan tanah dari kotoran yang mengganggu proses penambangan, seperti semak-semak dan rumput-rumputan di atas lahan yang akan ditambang dengan menggunakan *bulldozer*.



2) *Stripping Top Soil*

Merupakan pengupasan tanah bagian atas (*top soil*) atau tanah subur, sampai permukaan bukit yang berkapur. Pengupasan ini bisa mencapai 1 – 2 m permukaan tanah dari semak-semak dan rumput-rumputan dengan *Buldozer* dan *Shovel*. Tujuan dari pengupasan ini adalah agar lapisan tanah yang tidak berguna dibersihkan dari batu kapur, karena dapat mengurangi persentase kandungan kapur. Tanah liat ini nanti akan digunakan kembali untuk reklamasi setelah penambangan.

3) Penyiapan jalan produksi

Dibuat untuk transportasi bahan galian dari *front* penambangan.

4) Penyiapan *sump*

Pada penambangan “*pit type*” dibuat *sump* sehingga sewaktu musimhujan, air akan tertampung untuk dipompa keluar. Dengan demikian bahan baku yang akan digali tidak akan tergenang air.

b. Operasi penambangan

1) *Drilling*

Sebelum batu kapur digiling harus dilakukan pengeboran untuk menanamkan bahan peledak. Jarak dan kedalaman antar lubang untuk menanamkan bahan peledak harus disesuaikan, umumnya:

- Diameter lubang : 3,5 inci
- Kedalaman : 6 – 9 meter
- Jarak antar lubang : 1,5 – 3 meter
- Jumlah tiap blok : 150 lubang

Peralatan yang dipakai adalah *Crawl Air Drill type Atlas Copco ROC F7* (alat bor) dan kompresor (alat penggerak bor).

2) *Blasting*

Langkah pertama adalah mengisi lubang dengan bahan peledak, tetapi tidak semua lubang yang dibuat diisi dengan bahan peledak. Lubang yang tidak diisi berfungsi sebagai peredam getaran dan retakan akibat ledakan yang ditimbulkan. Sumber pemicu peledak adalah *electric detonator*. Bahan peledak yang digunakan:



- Damotin (*Dynamite Ammonium Gelatine*) merupakan bahan peledak primer.
- ANFO (campuran 94,5% ammonium nitrat dan 5,5% *fuel oil*), merupakan bahan peledak sekunder.

Peralatan yang dipakai adalah *blasting machine* (alat peledak) dan *blasting ohmmeter* (alat pengukur daya ledak). Peledak ini juga menggunakan *power gel* sebagai pemancing getaran selanjutnya yang biasanya disebut dinamit yang panjangnya 20cm dan beratnya 200 gram serta sebagai sumber pemicu peledakan adalah *electric detonator*. ANFO dapat bekerja (aktif atau meledak) jika mendapatkan tekanan tinggi dari *power gel* yang dihubungkan dengan *electric detonator*. Material yang diperoleh berukuran maksimal 1,2 m dengan jumlah ledakan 40 kali.

3) *Surface Mining*

Penambangan dengan alat *surface miner* dilakukan Ketika area penambangan dekat dengan lokasi pemukiman sehingga tidak menggunakan Langkah *drilling* dan *blasting*.

4) Penggalian dan Pemutaran

Pengangkutan atau pengambilan material untuk ditempatkan ke alat transportasi dan diteruskan ke penimunan. Peralatan yang digunakan adalah *loader*, *wheel loader*, dan *power shovel*.

Merupakan pemindahan material material dari *quarry* ke unit *crusher*, sedangkan peralatan yang digunakan adalah *dump truck*. Ada 2 macam *hauling*, yaitu:

- *Hauling load*, adalah pengangkutan batu kapur ke pabrik dengan menggunakan *dump truck*.
- *Hauling empty*, adalah *dump truck* kosong dari pabrik kembali ke lokasi pengembalian batu kapur.

6) Penimbunan

Batu kapur yang sudah ditimbulkan di dalam *limestone storage* selanjutnya dilakukan pembagian zona. Pembagian zona ini dimaksudkan untuk membedakan kualitas dari batu kapur, baik kandungan air, CaCO_3 ,



CaO, maupun kandungan MgO. Pada penimbunan peralatan yang digunakan adalah *travelling tripper*.

2. Proses Penambangan tanah Liat

Bahan baku lainnya adalah tanah liat yang didapat langsung dari daerah Meliwang dan Tlogowaru. Penambangan tanah liat berbeda dengan Batu Kapur dimana tanah liat hanya dikeruk dengan mesin pengeruk yang kemudian akan diangkut oleh *dump truck*. Dari truck tersebut, tanah liat akan disimpan dalam *Clay Storage*. Di dalam *clay storage*, terdapat tempat penyimpanan limbah B3 yang nantinya akan ditambahkan bersama tanah liat dengan komposisi yang telah ditentukan. Limbah B3 yang digunakan untuk campuran bahan baku yaitu *Fly Ash*, *Bottom Ash*, dan CoCS.

Cara penambangan hampir sama dengan batu kapur, hanya saja tidak menggunakan *drilling* dan *blasting*. Penambangan menggunakan sistem open pit dengan dibuat blok-blok dengan panjang 300 m dan lebar 200 m dan kedalaman 4 m. Penambangan akan terus dilakukan sampai ketinggian tanah tidak kurang dari 0 meter dari permukaan air laut. Adapun langkah penambangan sebagai berikut:

a) *Cleaning* dan *stripping*

Langkah ini merupakan pembersihan kotoran dan tumbuhan yang ada diatas lapisan tanah liat. Pembersihan dilakukan dengan pembabatan dan pengupasan dengan *buldoser*.

b) Pengerukan (*Dingging*)

Adalah tahap pengambilan tanah liat dari *quary*, dengan cara digali atau dikeruk, dengan menggunakan *Back Hoe* atau *Truck Loader*.

c) *Loading* dan *Transporting*

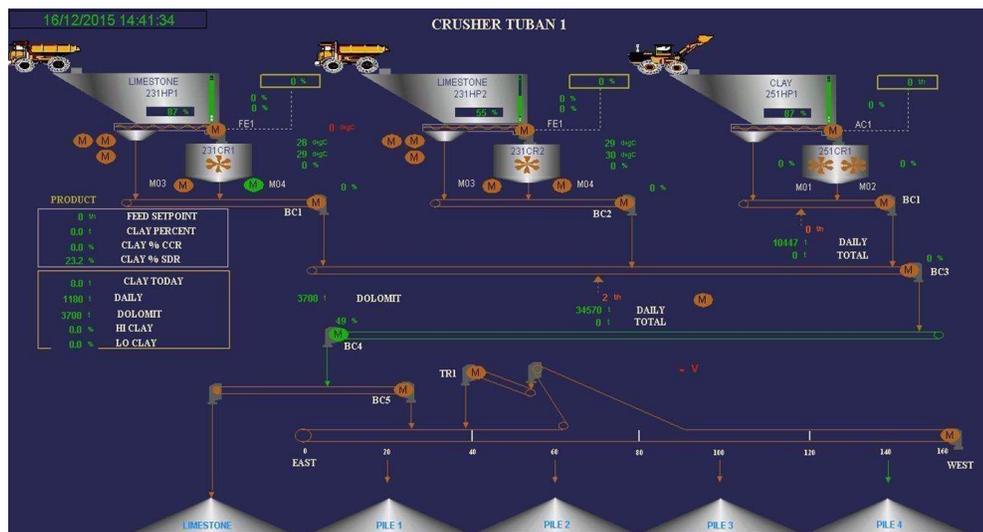
Adalah proses pengangkutan tanah liat dengan *Fron Sovel* dan pemindahan dengan *Dump Truck* dari daerah tambang menuju *storage clay* berkapasitas 47.000 ton yang lokasinya dekat dengan unit *crusher*. d)*Dumping*

Adalah menjatuhkan material tanah liat dari *clay storage* ke *hopper crusher* dengan menggunakan *Truck Loader*.

B. Seksi Operasi Crusher

Seksi Operasi Crusher ini bertugas untuk mengkoordinasi seluruh kegiatan mulai dari perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, dan perawatan alat crusher. Tugas

utama dari *crusher* ini adalah mengecilkan ukuran batu kapur dan tanah liat yang berasal dari tambang. Jika ukuran batu kapur dan tanah liat yang sudah ditampung dalam *storage* masih berukuran relatif besar akan mengganggu proses pembuatan semen. Oleh karena itu, dibutuhkan pengecilan ukuran (*size reduction*) agar batu kapur dan tanah liat dapat dimanfaatkan untuk proses lebih lanjut. Untuk batu kapur digunakan *hammer mill crusher* dan untuk pemotongan tanah liat dilakukan oleh unit *clay cutter*.

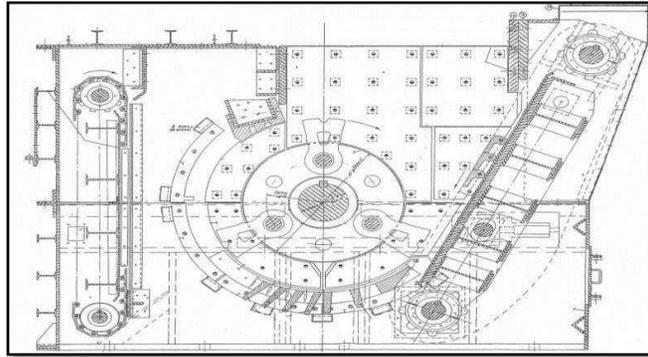


Gambar 3.4 Flowsheet Crusher CCR Tuban 1

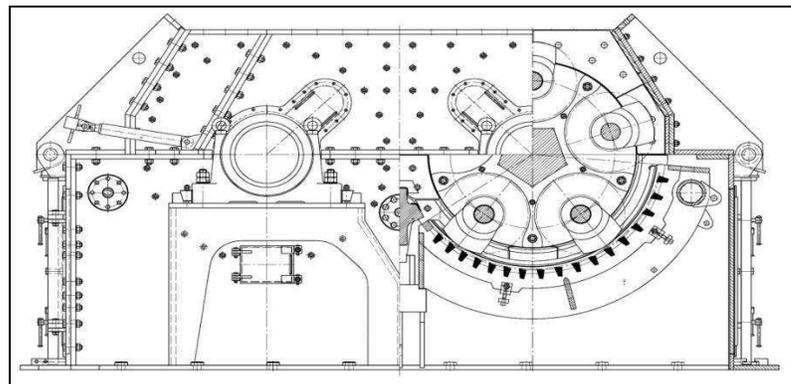
Proses penyiapan bahan baku terdiri dari 2 tahap proses utama, yaitu: proses alir batu kapur (*limestone*) dan proses alir tanah liat (*clay*).

1. Proses Alir Pemecahan Batu Kapur

Proses penyiapan bahan baku tersebut dimulai dari penyiapan bahan baku utama yaitu batu kapur berukuran diameter maksimum 1200 x 1200 mm dengan kandungan air 18 % diambil dari *storage*, kemudian diangkut dengan menggunakan *dump truck* ditumpahkan kedalam *hopper* berkapasitas 75 ton. Batukapur tersebut dilakukan pengecilan ukuran menggunakan alat *hammer mill*. Prinsip kerja hammer mill adalah rotor dengan kecepatan tinggi akan memutar palu - palu pemukul di sepanjang lintasannya. Putaran rotor berlawanan arah jarum jam, sehingga hammer memukul material ke bawah. Bahan yang masuk akan bertumbukan dengan palu, dinding, dan sesama material yang mengakibatkan adanya pemecahan bahan. Proses ini berjalan terus menerus hingga didapatkan bahan yang lolos dari ayakan di bagian bawah alat. Akibat adanya gaya gravitasi, batu kapur jatuh diatas *wobbler*

Gambar 3.6 *Hammer Mill* Tuban 1, 2, dan 3

- Alat : *Hammer Mill crusher* Tuban 1, 2 dan 3
- Jenis : *Non-Clog Hammer Mill, Single Shaft/Rotor* (3 small shaft per rotor, 6 *hammer per small shaft*)
- Material : *Limestone*

Gambar 3.7 *Hammer Mill* Tuban 4

- Alat : *Hammer Mill crusher* Tuban 4
- Jenis : *Non-Clog Hammer Mill, Double Shaft/Rotor* (5 small shaft per rotor, 8 *hammer per small shaft*)
- Material : *Limestone*

2. Proses alir Tanah Liat

Proses penyiapan bahan baku utama lain yaitu tanah liat. Dimulai dari pengambilan tanah liat dengan *moisture* 28% dari *clay storage*, kemudian dibawa *dump truck* untuk ditumpahkan ke *hopper*, selanjutnya tanah liat berdiameter <500 mm diumpankan oleh *hopper* ke *apron conveyor* untuk dibawa ke *clay cutter*. Di dalam alat ini, tanah liat dipotong-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*. Produk dari *Clay Cutter* 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 50.000 ton tetapi biasanya hanya di isi 45.000 ton. Pembentukan *pile* ini diharapkan agar campuran batu kapur dengan tanah liat lebih homogen.

Mix pile yang dihasilkan oleh unit *crusher* terdiri dari 75% batu kapur, 24% tanah liat, 1% limbah(pasir besi dan silika). Dan jika terjadi kekurangkadar cao maka akan digunakan batu kapur *high grade* untuk mengkoreksi *mix pile* tersebut. *Pile mix* yang berada di dalam *storage* di *reclaiming* dengan *Scraper Reclaimer* untuk dimasukkan ke dalam *Mix Bin* berkapasitas 250 ton untuk ditampung. *Scraper Reclaimer* terdiri atas *Harrow* berupa batang segitiga besi dilengkapi paku-paku besar sebagai penggaruk *pile*, serta pelat-pelat baja yang dapat mengambil *mix* yang rontok akibat *Harrow* untuk kemudian dibawa oleh *Belt Conveyor* menuju *Mix Bin*. Bahan baku koreksi, yaitu batu kapur koreksi jenis *high grade* dengan diameter < 90 mm dari *Conical Pile* berkapasitas 7200 ton diumpankan dari *Hopper* ke *Limestone Bin* berkapasitas 60 ton, sedangkan pasir besi dan pasir silika menggunakan *Loader* dari *Open Storage* dimasukkan kedalam *Hopper* yang kapasitasnya 75 ton secara bergantian, lalu ditampung ke *Bin* masingmasing dengan kapasitas 150 ton.

Sehingga seksi operasi *crusher* ini menghasilkan 3 produk yaitu :

1. *Correction Pile*

Dalam *Correction Pile* ini terdapat bahan koreksi berupa Batu Kapur dengan konsentrasi yang tinggi. Dan juga ada tambahan pasir besi dan silika. Untuk *crusher* Tuban I, II, III dibuat dalam bentuk gunung kerucut yang disimpan di *storage mix pile* sisi *corr pile*. Untuk *crusher* Tuban IV dibuat dalam 2 gunung prisma disimpan di *storage mix pile* sisi *corr pile*. Kapasitas pengisian hingga 10.000 ton setiap gunung.

2. *Mix Pile*

Dalam *Mix Pile* ini terdapat campuran dari batu kapur dan tanah liat. Dibuat dalam bentuk gunung (prisma) yang disimpan di storage *mix pile*. Kondisi normal dibentuk menjadi 2 gunung dengan kapasitas 45.000 ton sepanjang 150 m untuk setiap gunung.

3. *Dolomite Pile*

Dolomite Pile ini berisi dolomite. Dibuat dalam bentuk gunung kerucut. Pengisian kondisional tergantung permintaan operasi.

C. Seksi *Raw Mill, Kiln, dan Coal Mill (RKC)*

Tugas pokok Seksi *Raw Mill, Kiln, dan Coal Mill (RKC)* adalah bertanggung jawab dalam proses pembuatan *clinker*. Seksi RKC mengkoordinasikan antara *raw mill, kiln, dan coal mill* dalam menjalankan proses produksi *clinker* yang saling terintegrasi. Selain itu seksi RKC akan melakukan koordinasi dengan jaminan mutu sehingga kualitas semen yang sudah jadi memiliki kualitas yang baik dan sesuai standart yang sudah ditentukan.

1. *Raw Mill*

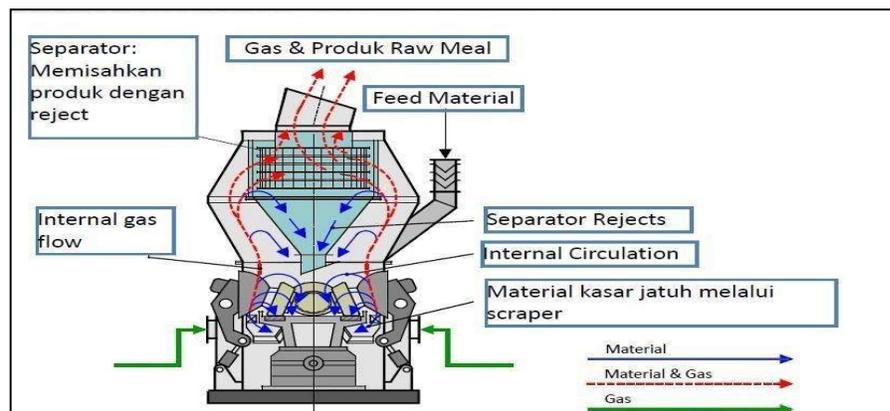


Gambar 3.8 *Flowsheet Raw Mill CCR Tuban 1*

Pada gambar 3.8 dijelaskan alur proses di unit *raw mill*. *Mix pile* dan *correction pile* dari unit crusher akan dibawa oleh *reclaimer* menuju ke bin – bin yang ada di unit *raw mill*. Di unit *raw mill* ada 4 buah bin yaitu bin 1 berisi material campuran (batu kapur, tanah liat, dan limbah B3), bin 2 berisi batu kapur *high grade*, bin 3 berisi copper slag sebagai bahan pengganti dari pasir besi, dan bin 4 berisi pasir silika. Pada setiap bagian bawah bin terdapat *weight feeder (WF)* yang berfungsi sebagai alat timbang dan mengatur jumlah material yang akan masuk ke *raw mill*. Dari *weight feeder* material akan ditransportasikan menuju ke *raw mill*

menggunakan *belt conveyor* (BC).

Material yang masuk ke dalam *raw mill* akan ditempatkan dalam sebuah meja yang berputar dan akan dihantam dan ditekan oleh roller mill berjumlah 4 yang terpasang di samping dinding *raw mill* sehingga material akan lebih halus. Pada bagian bawah *raw mill* mengalir udara panas dari kiln dengan suhu 300 – 350°C untuk menurunkan kadar air dari material. Pada bagian atas terdapat *classifier* yang berfungsi sebagai *screen* dengan nomor mesh 170. Dengan bantuan *fan*, material dan udara panas yang lolos dari *classifier* akan terhisap keluar dari *raw mill* dan akan masuk ke dalam *cyclone*. Material yang ukurannya masih diatas 90 mikron tidak akan terhisap keluar dan jatuh kembali ke meja *raw mill* untuk mengalami proses penggilingan lebih lanjut. Dengan prinsip gaya sentrifugal, maka di dalam *cyclone* terjadi pemisahan material berdasarkan perbedaan berat jenis dan ukurannya. Material yang memiliki berat jenis lebih tinggi akan masuk ke *silo* dengan bantuan *bucket elevator* (BE). Sedangkan material yang lebih ringan akan terhisap masuk ke dalam electrostatic precipitator (EP) agar udara yang ke luar ke lingkungan bebas dari debu – debu halus. Udara yang dibuang keluar memiliki kadar maksimal 17 mg/Nm³. Prinsip kerja EP yaitu material yang semula bermuatan netral akan terionisasi menjadi bermuatan negative dan akan menempel pada collecting plate yang bermuatan positive. Material yang menempel tersebut akan diberi gaya pukul (*rapping*) oleh palu sehingga akan jatuh ke hopper dan ikut diakumulasikan kedalam silo.



Gambar 3.9 Aliran Material di dalam *Raw Mill*

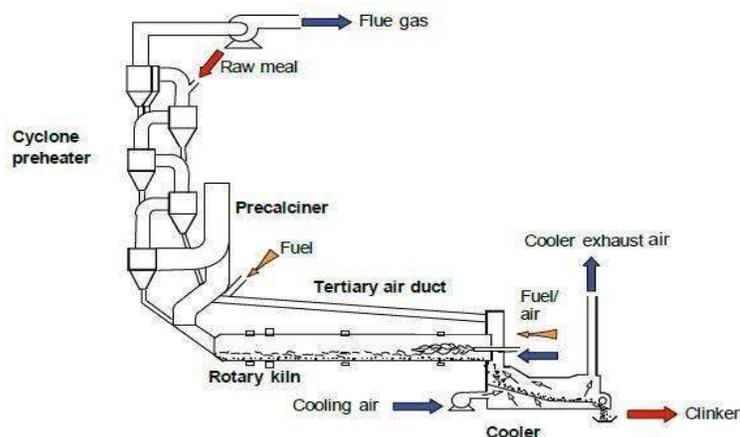
Di dalam *silo* material mengalami pencampuran melalui proses aerasi dengan cara udara di lingkungan dihisap oleh blower dan dihembuskan pada bagian

bawah *silo*. Material dari silo akan keluar melalui outlet yang berjumlah 7 secara bergantian dan masuk ke dalam *bin* yang nantinya akan digunakan sebagai umpan dari *kiln*. Dari *kiln feed bin* material ditransportasikan dengan *air slide* dan masuk ke dalam *bucket elevator*. Dari *bucket elevator* masuk lagi ke dalam *air slide* yang kemudian di *split* menjadi dua arah aliran untuk masuk ke *preheater string* satu yaitu berupa *In Line Calciner (ILC)* dan *string* dua berupa *Separator Line Calciner (SLC)*.

2. Kiln

a. Proses Pembakaran Awal (*Pre Heater*)

Pre heater yang digunakan adalah jenis *double string* dengan empat stage (empat *cyclone*) yang dipasang seri untuk efisiensi memisahkan antara material dengan gas panas di dalam *preheater*. Dimana pada setiap *string* pada *Preheater* terdiri dari 4 tahap (*stage*) *Cyclone* yang terpasang secara seri satu di atas yang lain.. *Cyclone* I sampai III berfungsi sebagai pemanas awal material umpan kiln, sedangkan *Cyclone* IV dipakai sebagai pemisah produk luar dari *calciner* yang telah terkalsinasi. *String* 1 adalah *In Line Calciner (ILC)* dan *string* 2 berupa *Separator Line Calciner (SLC)*. Pemberian nama *stage* dimulai dari atas ke bawah. Arah masuknya material (*kiln feed*) dengan gas panas adalah *countercurrent*. Pada ILC maupun SLC gas panas ditarik oleh *fan* kemudian dikeluarkan melalui *dumper*. Debu yang terikut oleh gas panas dari *kiln* disaring oleh kanvas yang berada dalam *drop out box* agar yang masuk ke dalam *pre heater* hanya berupa gas panas. Sedangkan debu klinker turun ke *chain conveyor* untuk dimasukkan ke dalam *clinker cooler*.



Gambar 3.10 Prinsip kerja *Suspension Preheater*



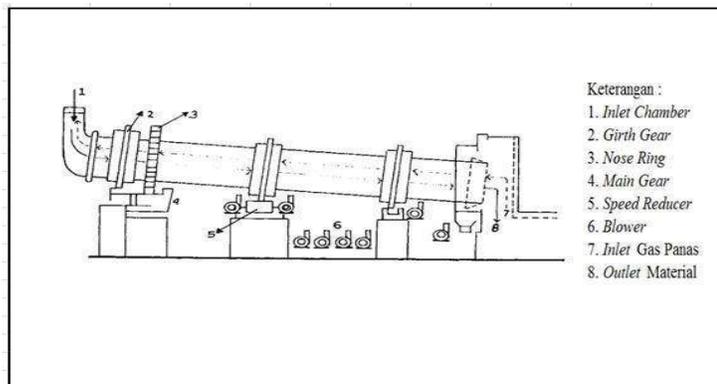
Proses pemanasan pada *pre heater* ILC menggunakan gas panas yang berasal dari sisa *kiln* dan dari cooler. Sedangkan pembakar di *kiln* menggunakan udara primer yang dihembuskan oleh *fan*, yang berfungsi sebagai pengumpan bahan bakar batu bara ke *kiln*, di mana udara primer ini akan bercampur dengan udara sekunder di dalam *kiln*, dan akhirnya keluar dari *kiln* dan tertarik oleh *fan* masuk ke dalam *pre heater* ILC. Selain itu, proses pemanasan pada *pre heater* ILC juga menggunakan udara tersier yang berasal dari proses pendinginan pada *clinker cooler*, yang akhirnya keluar menuju *pre heater* ILC dengan temperatur 794 °C.

Proses pemanasan umpan kiln dan gas panas masuk ke pusaran angin. Pusaran tersebut mengakibatkan terjadinya gaya sentrifugal selain itu juga gaya gravitasi yang lebih dominan. Karena adanya gaya sentrifugal tersebut, maka material akan jatuh kedalam *down pipe* karena adanya gaya gravitasi. Dengan demikian, material yang halus akan terangkat oleh gas, dan keluar kedalam riser *duct cyclone* stage ke 2, lalu mengalami proses seperti *cyclone* ke-1, demikian seterusnya.

Material yang bersuhu 160 °C dari *kiln feed bin* masuk ke dalam *pre heater* ILC. Perjalanan material dimulai dari *stage* I melalui *rotary feeder* yang berfungsi mencegah udara panas dari *kiln* pada *stage* I (*double cyclone*). Pada *stage* I digunakan *double cyclone* dengan ukuran yang lebih kecil karena diharapkan material dapat jatuh terpisahkan seluruhnya oleh gas dan tidak ada yang terbang bersama dengan gas melalui *dumper* yang tertarik oleh *fan*. Material jatuh ke bawah menuju *down pipe* dan tertarik oleh *fan* masuk ke *stage* II dengan temperatur material 377 °C. Material dari *stage* II jatuh ke bawah melalui *down pipe* dan tertarik oleh *fan* menuju ke *stage* III dengan temperatur 576 °C. Setelah dari *stage* III, material jatuh melalui *down pipe* menuju ke *calciner* ILC dengan suhu 749 °C. Pada *calciner* ILC material mendapatkan pemanasan yang lebih tinggi yaitu 844 °C sehingga proses kalsinasi terjadi sampai 65%. Kemudian material menuju *stage* IV dengan suhu 855 °C karena tarikan udara dari *fan*. Bila menggunakan dua *string* (ILC dan SLC) maka *gate* akan mengarahkan material untuk masuk ke *calciner* SLC dengan temperatur 862 °C, dengan demikian material ILC akan bercampur dengan material yang masuk ke SLC. Di dalam *calciner* SLC ini terjadi kalsinasi 91%. Setelah dari *Calciner* SLC, karena tarikan *Fan*, material menuju *Stage* IV

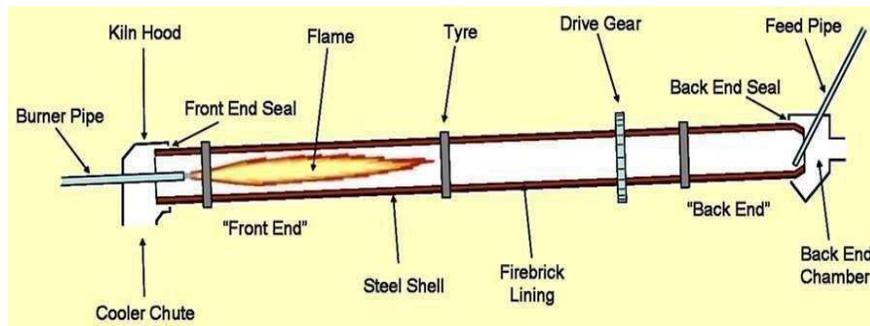
SLC, dengan temperatur 880°C. Bila menggunakan hanya satu *string* maka *preheater* hanya bisa menggunakan ILC saja. Proses pemanasan pada *pre heater* selain menggunakan panas dari *kiln*, *pre heater* (SLC dan ILC) juga menggunakan bahan bakar tambahan untuk mencapai kalsinasi hingga 91%. Biasanya membutuhkan *supply* batu bara untuk ILC 5,65 t/h, sedangkan untuk SLC hingga 21,83 t/h karena membutuhkan panas yang lebih besar. Pada *preheater* terjadi pelepasan air hidrat dan mulai terbentuk CaO walaupun belum sempurna. Keluar dari *preheater* umpan dalam kondisi siap (panas).

b. Proses Pembakaran Akhir (*Rotary Kiln*)



Gambar 3.11 *Rotary Kiln*

Material yang keluar dari *cyclone stage IV* SLC lewat *riser duct* diumpankan ke dalam *kiln* dengan temperatur masuk 880 °C. Disini material akan mengalami proses pembakaran menjadi klinker. Karena kalsinasi 91% sudah terjadi pada Calciner SLC, maka umpan di dalam Kiln akan mengalami kalsinasi lebih lanjut hingga 100% pada *calcining zone* dengan temperatur 900 – 1000°C, kemudian diteruskan melewati *transition zone* dengan suhu sekitar 1000 – 1260°C. Di daerah ini terjadi perubahan material ke fasa cair. Setelah itu material melewati *burning zone* dengan suhu 1260 – 1510°C, sehingga terjadi reaksi dalam fasa cair menghasilkan senyawa clinker (C_2S , C_3S , C_4AF , C_3A). Dinding bagian luar kiln di daerah *burning zone* dilengkapi dengan 12 Fan yang berfungsi untuk mencegah kerusakan dinding kiln akibat adanya pembakaran Kiln yang mempunyai temperatur sangat tinggi yaitu 1450 °C.


 Gambar 3.12 Prinsip Kerja *Rotary Kiln*

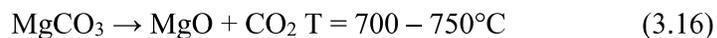

Gambar 3.13 Kiln

Pada *Rotary Kiln* dibagi menjadi 4 zona, yaitu:

1) Zona kalsinasi (suhu 900 – 1000°C)

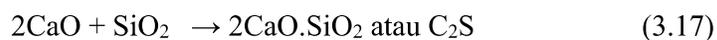
Merupakan zona kalsinasi CaCO_3 yang tersisa setelah melewati *preheater* dan Sebagian Cao yang sudah terurai dari proses kalsinasi di dalam *preheater*, mulai membentuk campuran C_{12}A_7 dan sebagai Cao dan oksida silika terbentuk yaitu C_2S . dindingnya dilapisi batu tahan api.

- a. Pada zona ini temperature proses kalsinasi sekitar 600 – 800°C dan reaksi yang terjadi:



- b. Proses pembentukan kalsium silikat (C_2S) pada temperatur 800 – 900°C, tetapi Sebagian kecil telat terjadi sebelum temperature 800°C.

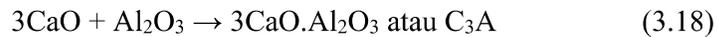
Reaksinya:





2) Zona transisi (suhu 1000 – 1250°C)

Pada zona ini proporsi CaO akan semakin besar, sebaliknya proporsi CaCO₃ semakin kecil dan sempurna habis pada temperatur bahan sekitar 900°C, pada temperature tersebut proporsi C₂S semakin meningkat sampai temperatur bahan sekitar 1200°C, sedang oksida besi mulai mengikat campuran oksida kalsium dan oksida alumina membentuk campuran C₂(A,F), dengan meningkatnyatemperature maka oksida kalsium (CaO) bergabung dengan kalsium alumina dan C₂(A,F) masing-masing membentuk C₃A dan C₄AF. Pembentukan C₃A dan C₄AF terjadi pada temperatur ± 1000 – 1200°C, reaksi tersebut adalah:



3) Zona Pembakaran (*burning*) (suhu 1250 – 1450°C)

Di daerah ini terjadi pelelehan pada temperatur tinggi (± 1200 – 1350 °C) di mana campuran kalsium alumina ferit mengalami fase cair.

- Bagian CaO yang tidak bereaksi dengan oksida-oksida alumina besi dan silika biasanya dalam bentuk CaO bebas atau *free lime*, banyaknya persentase dibatasi dibawah 1%.
- Pada temperatur tinggi ini sisa unsur CaO mengikat C₂S untk membuat campuran C₃S.

Reaksi yang terjadi:



4) Zona pendinginan (*coolong*) (suhu 1450 – 1300°C)

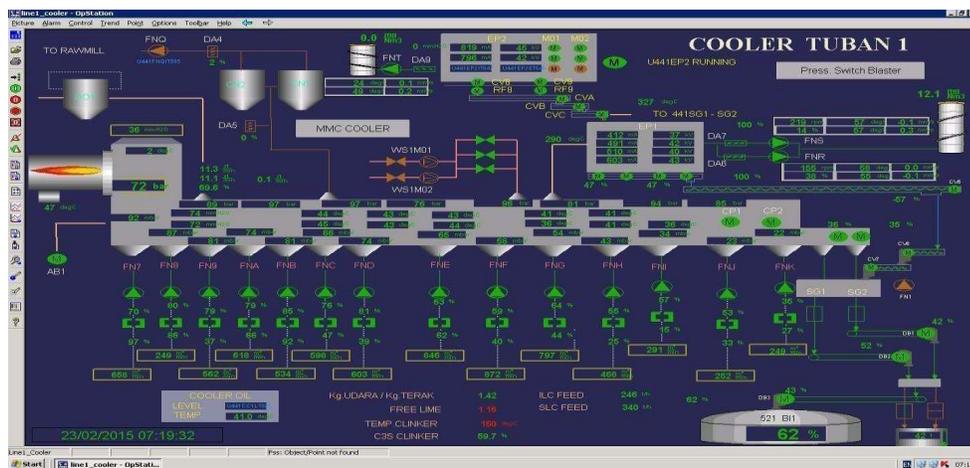
Di daerah ini campuran kalsium alumina ferrit yang berbentuk cairanbentuk fisisnya berubah mengkristal setelah terjadi pendinginan di dalam *cooler*. Temperatur dalam zona ini sekitar 1350 – 800 °C, sehingga material keluar *Kiln* mempunyai suhu ± 800 °C. Dinding zona ini dilapisi dengan batu tahan api.

a. Proses pendinginan (*Clinker Cooler*)

Pada proses pendingan, klinker panas yang keluar dari *kiln* dengan temperatur sekitar 1450 °C turun ke *clinker cooler* untuk pendinginan sampai temperatur 82 °C di atas udara *ambient*. Turunnya temperatur secara mendadak bertujuan agar senyawa yang telah terbentuk tidak berubah kembali dan membentuk senyawa baru. *Clinker cooler* yang digunakan adalah jenis *reciprocating grate cooler* yang terdiri atas 9 kompartemen. Sebagai media pendingin digunakan udara

dihasilkan oleh 18 buah *fan* ke dalam kompartemen.

Klinker halus dengan temperatur 229°C tertarik oleh *cooler vent fan* masuk dan menempel ke dalam *electrostatic precipitator* akibat temperatur klinker yang masuk terlalu tinggi ($> 350\text{ }^{\circ}\text{C}$), maka untuk menghindari terjadinya ledakan, *Electrostatic Precipitator* dimatikan, sehingga klinker akan terlepas dari dinding *electrostatic precipitator* terbawa oleh *cooler vent fan* dan keluar bersama-sama ke lingkungan melalui *E.P. Stack*. Sedangkan klinker yang masih kasardihancurkan terlebih dahulu oleh *clinker breaker*, kemudian masuk ke *pan conveyor* dan akhirnya dimasukkan ke dalam *clinker storage silo* yang berkapasitas 75.000 ton pada temperatur 82 °C.



Gambar 3.14 Flowsheet Clinker Cooler CCR Tuban 1

Bila terjadi kondisi *up set*, artinya terjadi gangguan pada *kiln* yang disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya yaitu lepasnya maupun pecahnya lapisan batu tahan api (*brick*), sehingga terjadi kebocoran pada *cell kiln*, akibatnya udara dari luar akan masuk, dengan demikian proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Pembakaran yang tidak sempurna pada *rotary kiln* ini menyebabkan terbentuknya klinker (terak) mentah. Klinker yang masih mentah bisa dimanfaatkan lagi dengan cara memasukkannya ke *reject bin* yang kapasitasnya 1.000 ton dan kemudian dibawa *dump truck* dimasukkan ke dalam *hopper* dicampur terak dari *clinker storage silo* menuju ke *bin clinker* yang berkapasitas 175 ton. Udara yang digunakan untuk mendinginkan terak menjadi panas dan udara panas ini digunakan ulang dalam *kiln*, *calcliner*, dan *raw mill*. Udara paling panas digunakan sebagai udara pembakar sekunder. Udara kompartemen berikutnya



digunakan sebagai udara pembakar sekunder. Udara kompartemen berikutnya digunakan sebagai udara pembakar di *Calcliner* (ILC dan SLC). Sisa udara keluar ke *electrostatic precipitator* atau dihembuskan melalui *booster fan* ke sistem *raw mill*.

Laju kecepatan pendinginan klinker menentukan komposisi akhir klinker. Jika klinker yang terbentuk selama pembakaran didinginkan perlahan maka beberapa reaksi yang telah terjadi di kiln akan berbalik (reverse), sehingga C_3S yang telah terbentuk di kiln akan berkurang dan terlarut pada klinker cair yang belum sempat memadat selama proses pendinginan. Dengan pendinginan cepat fasa cair akan memadat dengan cepat sehingga mencegah berkurangnya C_3S .

Fasa cair yang kandungan SiO_2 -nya tinggi dan cair alumino-ferric yang kaya lime akan terkristalisasi sempurna pada pendinginan cepat. Laju pendinginan juga mempengaruhi keadaan kristal, reaktivitas fasa klinker dan tekstur klinker. Pendinginan klinker yang cepat berpengaruh pada perilaku dari oksida magnesium dan juga terhadap soundness dari semen yang dihasilkan. Makin cepat proses pendinginannya maka kristal periclase yang terbentuk semakin kecil yang timbul pada saat kristalisasi fasa cair. Klinker dengan pendinginan cepat menunjukkan daya spesifik yang lebih rendah. Hal ini disebabkan proporsi fasa cair yang lebih besar dan sekaligus ukuran kristalnya lebih kecil.

Klinker di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk juga dapat dijadikan produk ekspor ke Rusia, Thailand, dan Singapura. Oleh karena itu sebelum masuk ke *clinker storage silo* dipasang *shut off gate* yang dipakai untuk mengeluarkan klinker dari *pan conveyor*, kemudian dimasukkan ke dalam *dump truck*. *shut off gate* ini digunakan apabila akan mengekspor saja.

3. Coal Mill

Batu bara (*coal*) dari *open yard* (lapangan) dibawa oleh *loader* dan diumpankan ke *hopper*, kemudian dibawa oleh *apron conveyor* serta *belt conveyor* ke *tripper* untuk dicurahkan ke dalam *coal storage* menjadi pile-pile batu bara yang masing-masing pile mempunyai berat 7.500 ton. Batu bara dari *Coal Storage* dibawa oleh *Reclaimer* untuk diumpankan ke *feed bin* melalui *belt conveyor*. *Belt conveyor* ini dilengkapi dengan *metal detector* yang dapat mendeteksi adanya metal/logam

pada umpan batu bara. Pada *metal detector* terdapat dua buah lampu yang berwarna hijau dan merah. Jika terdapat kandungan logam dalam umpan batu bara sensor akan membaca adanya logam dan lampu merah pada *metaldetector* akan menyala, dengan demikian *gate* akan menutup aliran batu bara ke *feed bin* dalam waktu 5 detik. Batu bara yang mengandung logam akan di-*reject* dan dibuang melalui *down pipe*.



Gambar 3.15 Flowsheet Coal Mill CCR Tuban 1

Batu bara dari *feed bin* dengan diameter 2-3 cm diumpunkan ke dalam *coal mill* untuk digiling menjadi batu bara dengan diameter 20 mikron. Gas panas yang digunakan oleh *coal mill* berasal dari *preheater* ILC yang mempunyai temperatur 210 °C. Di dalam *coal mill* terjadi pengurangan kadar air pada batubara hingga menjadi 4%. Batu bara yang halus dengan temperatur 73 °C ditangkap oleh *bag filter*.

Batu bara mempunyai sifat yang rawan terhadap panas dan dapat menyebabkan ledakan jika dalam temperatur dan tekanan yang tinggi. Untuk itu, setelah *coal mill* dilengkapi *explosion vent* pada masing-masing *bag filter* untuk menghindari ledakan yang dapat merusak alat dan membahayakan lingkungan. Jika menggunakan satu *bag filter* maka *dumper* akan membuka dan *dumper* akan tertutup, begitu juga sebaliknya. jika digunakan kedua-duanya, maka *dumper* akan terbuka semua di mana pembukaannya diatur oleh ccr (*central control room*) dengan persentase yang ditentukan. Dari *bag filter* material jatuh ke bawah karena adanya vibrasi yang dilakukan setiap 5 detik sekali secara otomatis, dengan menggunakan *screw conveyor* material ditransfer ke *screw conveyor* tetapi sebelum

masuk ke *screw conveyor* material melewati *Rotary Feeder* untuk mencegah masuknya udara ke *Screw Conveyor*.



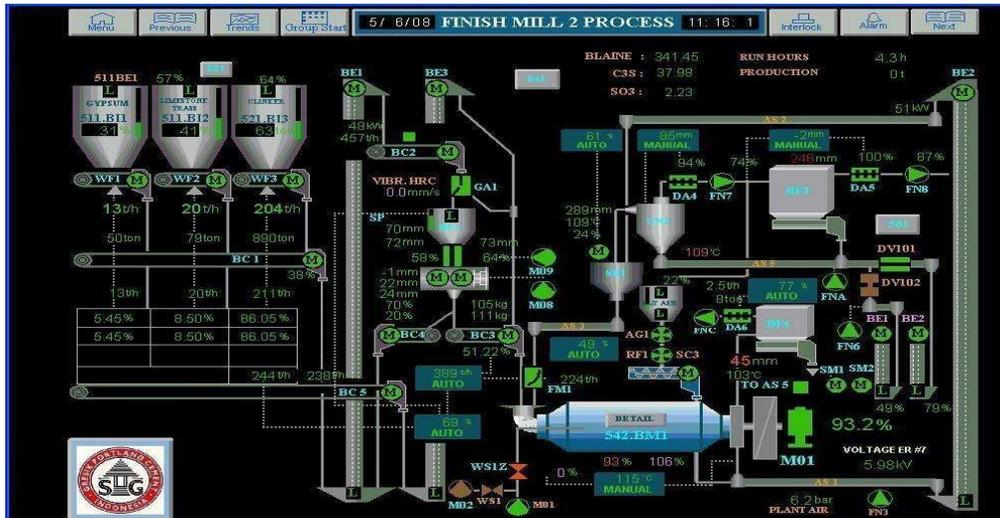
Gambar 3.16 *Coal Mill*

Pada *bag filter* material juga jatuh ke bawah karena adanya *jet pulse*, yang mampu menghembuskan udara bertekanan 6 bar setiap 5 detik sekali secara otomatis, sehingga material akan jatuh terlepas dari filternya. Setelah itu dengan menggunakan *screw conveyor* material ditransfer ke *screw conveyor* tetapi sebelum masuk ke *screw conveyor* batu bara halus melewati *rotary feeder* untuk mencegah masuknya udara ke *screw conveyor*. Batu bara halus bertemu di *screw conveyor* dan masuk ke *pulvurize coal bin* dengan kapasitas 120 ton untuk ditampung. Pada *pulvurize coal bin* dilengkapi *CO₂ Tank* yang berfungsi menginjeksikan *CO₂* apabila terjadi kebakaran pada *pulvurize coal bin* yang disebabkan terjadinya reaksi antara batu bara dengan oksigen pada suhu > 100 °C, oleh sebab itu di dalam *coal bin* benar-benar oksigen dikondisikan dengan kadar serendah-rendahnya. Kebakaran di *coal bin* dapat menyebabkan kenaikan temperatur dan volume gas CO hasil pembakaran tidak sempurna. Dengan demikian tekanan di dalam *coal bin* akan semakin meningkat, dan hal ini dapat mengakibatkan terjadinya ledakan.

Pada *pulvurize coal bin* juga dilengkapi *bag filter*, karena tarikan *fan* debu batu bara dapat ditangkap dan dimasukkan kembali ke *Pulvurize Coal Bin*. Batu bara keluar dari *pulvurize coal bin* dengan dua aliran keluar diatur oleh CCR (*Central Control Room*), untuk dimasukkan ke dalam *pulvurize coal bin*. Dari *pulvurize coal bin* dengan kapasitas 120 ton batu bara halus masuk ke *pfister feeder* dengan menggunakan *blower*. Dari *pfister feeder*, menggunakan *blower* batu bara masuk ke *calciner ilc*, dan dari *pfister feeder* menggunakan *blower* batu bara masuk ke *calciner SLC*. Pada *pulvurize coal bin* yang berkapasitas 120 ton batu bara

dengan diameter 20 mikron masuk ke *pfister feeder* dengan menggunakan *blower* untuk dimasukkan ke *kiln*.

D. Seksi Finish Mill

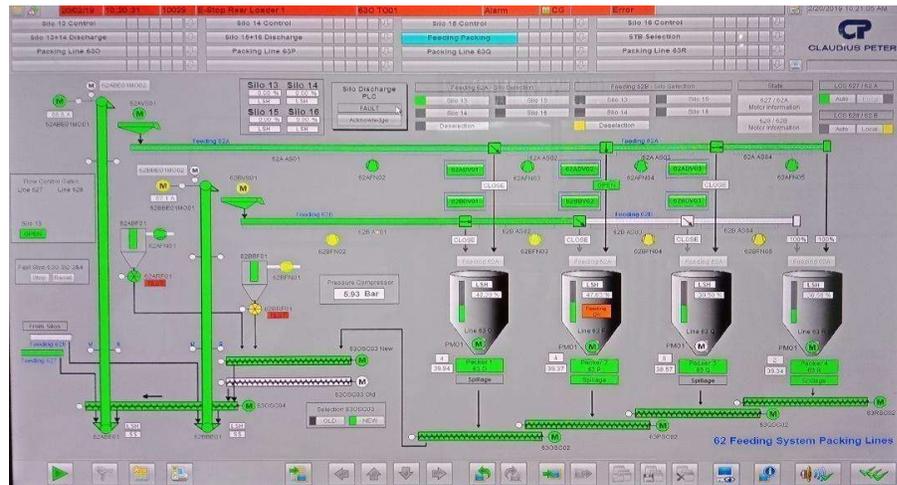


Gambar 3.17 Flowsheet Finish Mill CCR Tuban 2

Tujuan dari finish mill ini adalah untuk menggiling clinker hasil dari pembakaran yang dicampur dengan gypsum yang berfungsi sebagai retorder, yaitu untuk mengatur waktu pengerasan semen, dan trass sebagai bahan aditif tanpa mengurangi mutu semen yang dihasilkan.

E. Seksi Pengemasan (Unit Packer)

Pada unit kerja pengemasan (*unit packer*), proses dimulai dari *silo*. *Silo* berjumlah 4, tetapi pada setiap pengoperasiannya hanya digunakan 2 *silo* secara bergantian. Di dalam *silo* terdapat *fan* 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 oleh *air slide* dan *bucket elevator*.



Gambar 3.18 Flowsheet Packer Tuban 3

Dari *bucket elevator*, material (semen) ditransportasikan pada masing-masing *line* ke *vibrating screen* untuk yang berguna untuk memisahkan semen dengan pengotor seperti logam, kertas, plastik atau bahan lain yang terikut dalam semen. Pengotor akan dibuang melalui pipa buang, sedangkan untuk semen yang lolos dari *vibrating screen* akan ditransportasikan ke 2 *bin* sentral melalui *air slide*. Material (semen) dari *bin* sentral ditransportasikan lewat *air slide* ke *bin packer*, kemudian secara gravitasi material (semen) turun ke mesin *packer* yang berkapasitas 2.000 sak tiap jam.



Gambar 3.19 Packing Machine

Pada mesin *packer*, sak semen 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 mesin SX untuk

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

Semen yang telah dipisahkan akan dimasukkan ke *binsentral* kembali melalui *screw conveyor*, *bucket elevator* dan *air slide*. Sedangkan sak semen yang memenuhi syarat akan ditransportasikan oleh *belt conveyor* menuju ke *truck storage*. Dari sini semen dapat didistribusikan melalui *dump truck*.

Produk semen di PT. Semen Indonesia yang ada di pasaran ada beberapa jenis diantaranya:

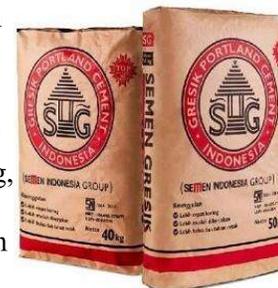
1. Semen Portland

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



2. Semen Portland Pozzolan Cement (PPC)

Adalah bahan pengikat hidrolis yang dibuat dengan menggiling terak, *gypsum*, dan bahan *pozzolan*. Digunakan untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang, seperti :jembatan, jalan raya, perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, bangunan irigasi, dan fondasi pelat penuh.



3. Semen Portland Composite Cement (PCC)

Adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak, gypsum, dan satu atau lebih bahan anorganik. Kegunaan semen jenis ini sesuai untuk konstruksi beton umum, pasangan batu bata, plesetan bangunan khusus seperti beton para-cetak dan paving block.



4. Super White Cement

Semen putih berkualitas tinggi yang dapat diaplikasikan untuk keperluan dekorasi baik interior maupun eksterior, serta melapisi nat sambungan keramik, profile, dan lainnya. Selain lebih putih, produk semen putih Semen Gresik memiliki banyak keunggulan seperti lebih hemat, lebih rekat dan lebih kuat.



5. Special Blended Cement

Special Blended Cement adalah tipe semen khusus yang dikhususkan untuk bangunan yang berada di lingkungan air laut. Semen ini mengandung Silika Amorf, yang mampu mengeliminasi efek negatif Kalsium Hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sehingga lebih tahan terhadap serangan sulfat, klorida, dan magnesium yang dapat menyebabkan korosi. Digunakan pada pembangunan megaproyek jembatan Surabaya-Madura (Suramadu) dan sesuai digunakan untuk bangunan di lingkungan air laut biasa dikemas dalam bentuk curah.

