

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menyambut MEA (Masyarakat Ekonomi ASEAN) persaingan di dunia industri semakin ketat. Setiap perusahaan berusaha untuk menyempurnakan proses maupun produknya dengan menggunakan teknologi yang semakin berkembang pesat. Selain itu peningkatan kualitas dari produk yang dihasilkan serta harga yang dapat bersaing di pasaran merupakan keunggulan yang ingin diciptakan oleh setiap perusahaan agar tidak kalah dengan *competitor*-nya.

PT Semen Indonesia (Persero) merupakan salah satu produsen semen terkemuka di Indonesia. Dengan kualitas yang sangat baik karena menggunakan bahan baku bermutu tinggi dan menformulasikannya dengan tepat serta menerapkan prosedur kontrol mutu yang dilengkapi dengan pengujian di Laboratorium menjadikan produk semen yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan dipercaya oleh konsumen.

PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan salah satu industri penghasil semen dengan kapasitas produksi mencapai 30.000.000 ton/tahun. Produk yang dihasilkan di Semen Indonesia yaitu tipe *Ordinary Portland Cement* (OPC), *Portland Pozzolan Cement* (PPC), dan *Special Blended Cement* (SBC).

Semen memiliki peranan penting dalam bidang industri. Indonesia sebagai negara berkembang masih terus melakukan pembangunan di segala bidang. Beberapa pembangunan di Indonesia yang menggunakan produk PT Semen Indonesia diantaranya renovasi Candi Borobudur dan pembangunan Masjid Istiqlal. Serta pembangunan jembatan Suramadu yang menggunakan tipe khusus yaitu SBC (*Special Blended Cement*). Keberhasilan proyek-proyek diatas membuka mata dunia bahwa produk PT Semen Indonesia tidak kalah dengan produk semen lainnya.

Tingginya permintaan pasar serta tantangan AFTA (*Asean Free Trade Area*), maka Semen Indonesia telah menerapkan sistem manajemen dan mendapatkan beberapa sertifikat sebagai berikut, Sistem Manajemen Mutu SNI 19-9001-2001 dan ISO 9001:2000, sertifikat No. ID03/0267 dari SGS sejak Mei 1996, Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14001:2004, sertifikat no

GB01/19418 dari SGS sejak Februari 2001, Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Sejak 1999 dan OHSAS 18001:2007 sejak bulan Nopember 2007 dari SGS, Memperoleh Sertifikat Akreditasi Laboratorium Pengujian Bahan dari KAN yang telah menerapkan secara konsisten ISO/IEC 17025:2000 sejak Nopember 2002 dan ISO/IEC 17025:2005 sejak Maret 2007, API Monogram Sertifikat no. 10A-0044 dari American Petroleum Institute New York.

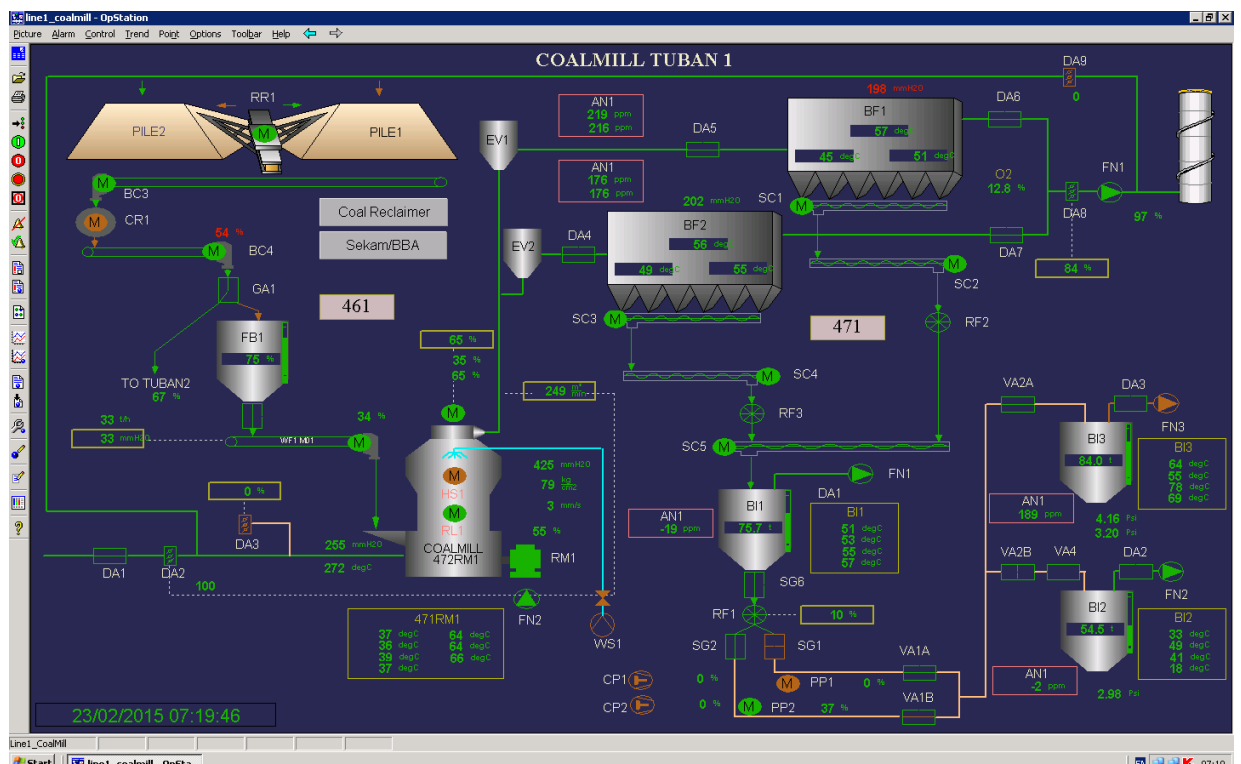
Untuk menerapkan ilmu-ilmu yang didapatkan pada beberapa mata kuliah seperti Proses Industri Kimia, Operasi Teknik Kimia, Perpindahan Panas, Azas Teknik Kimia, Pengendalian Proses, serta berbagai mata kuliah lain yang berhubungan dengan teknik kimia, maka PT Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan salah satu perusahaan yang dapat dijadikan lokasi kegiatan prakerind. Dari uraian diatas, kami tertarik untuk melakukan Praktek Kerja Industri di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk dengan harapan dapat mengaplikasikan dan mengimplementasikan ilmu terapan yang sudah diperoleh diperkuliahan, sehingga kami mendapat bekal dan keterampilan tentang dunia industri. Praktik Kerja Industri ini dilaksanakan selama 1 bulan dan berlokasi pada seksi RKC 1 ( *Raw Mill, Kiln, dan Coal Mill*).

## 1.2 Tujuan dan Manfaat

### 1.2.1 Tujuan

Adapun tujuan dari Praktik Kerja Industri ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui dan memahami proses produksi semen mulai dari persiapan



Setelah melakukan Praktik Kerja Industri ini mahasiswa dapat memperoleh manfaat, antara lain :

**a. Bagi Politeknik Negeri Malang**

1. Mengenalkan institusi pendidikan Politeknik Negeri Malang khususnya Jurusan Teknik Kimia.
2. Memperkokoh *link and match* antara Politeknik Negeri Malang dengan dunia industri.
3. Mengevaluasi kesesuaian antara kurikulum yang telah diterapkan sesuai dengan kebutuhan dan keterampilan tenaga kerja di bidangnya.

**b. Bagi Perusahaan**

1. Mengetahui kualitas pendidikan yang ada di Politeknik Negeri Malang.
2. Memberikan penilaian kriteria tenaga kerja yang dibutuhkan oleh perusahaan yang bersangkutan.
3. Menjembatani antara perusahaan dengan institusi pendidikan Politeknik Negeri Malang untuk berkerja sama, baik di bidang akademik maupun organisasi.
4. Menentukan kebijaksanaan perusahaan di masa yang akan datang.

**c. Bagi Mahasiswa**

1. Menerapkan ilmu yang diperoleh dari bangku kuliah dan mengetahui perbandingan antara ilmu pengetahuan di bangku kuliah dengan dunia kerja.
2. Meningkatkan kualitas, keterampilan, dan kreatifitas diri dalam lingkungannya sesuai dengan ilmu yang dimiliki secara teori maupun praktek sesuai bidangnya.
3. Meningkatkan status dan kepribadian sehingga mampu berinteraksi, berkomunikasi, dan bertanggung jawab.

### **1.3 Metodologi Pengumpulan Data**

Dalam melakukan penelitian, kami memperoleh dan mengumpulkan data melalui beberapa cara pengumpulan data, yaitu:

1. Observasi, yaitu dengan mengumpulkan data secara langsung dari lapangan.
2. Wawancara, yaitu dengan cara bertanya langsung kepada operator pabrik dan staf lainnya yang bertanggung jawab terhadap bidang terkait dengan penelitian kami.

3. Studi pustaka, melalui telaah / studi dari berbagai laporan penelitian, diagram alir (flowsheet) pembuatan semen, jurnal penelitian, serta buku literature yang relevan.

## 1.4 Metodologi Penyusunan Laporan

Setelah kegiatan Praktik Kerja Industri selesai dilakukan, selanjutnya disusun laporan dengan metode sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk menulis laporan.
2. Menulis laporan Praktek Kerja Industri berdasarkan data-data yang didapatkan.

## 1.5 Definisi Istilah

<i>Air Slide</i>	: Alat transportasi produk yang berbentuk halus dengan fluida udara sebagai penggerak.
<i>Apron Feeder</i>	: Pembawa material dari hopper.
<i>Bag filter</i>	: Alat penangkap debu.
<i>Belt Coveyor</i>	: Alat untuk mentransportasikan material.
<i>Bin</i>	: Tempat Penyimpanan.
<i>Blending Sillo</i>	: Alat untuk mencampur material untuk kiln feed.
<i>Bucket elevator</i>	: Alat transportasi material.
<i>Classifier</i>	: Pengaturan kehalusan produk.
<i>Clay cutter</i>	: Alat pemotog tanah liat.
<i>Clinker</i>	: Produk semen setengah jadi.
<i>Clinker Cooler</i>	: Pendinginan Clinker.
<i>Coal mill</i>	: Penggilingan Batubara.
<i>Conveyor</i>	: Alat untuk mentransportasikan material.
<i>Cyclone</i>	: Alat pemisah antara material dengan udara.
<i>Dome Clinker</i>	: Lokasi penyimpanan klinker yang keluar dari cooler.
<i>Electrostatic Precipitator</i>	: Alat penangkap debu.
<i>Fan</i>	: Kipas.
<i>Fly Ash</i>	: Abu dari sisaa pembakaran batu bara

<i>Free lime</i>	: Kandungan CaO bebas.
<i>Finish Mill</i>	: Alat penggiling akhir
<i>Hammer Mill</i>	: Alat untuk menghancurkan material.
<i>Hopper</i>	: Tempat penampung material.
<i>HRC</i>	: <i>Hidraulic Roller Crusher</i> (alat pemecah terak / clinker sebelum masuk ke ball mill)
<i>IDO</i>	: Industrial Diesel Oil
<i>ILC</i>	: In Line Calsiner
<i>LOI</i>	: Lost Of Ignition (hilang nya beberapa mineral akibat pemijaran)
<i>Mix Pile</i>	: Gabungan dari material batu kapur dan tanah liat yang keluar dari crusher
<i>OPC</i>	: Ordinary Portland Cement ( Semen Tipe 1 )
<i>Pile</i>	: Tempat penyimpanan material
<i>PPC</i>	: Pozolan Portland Cement ( Semen Tipe 2 )
<i>Quarry</i>	: Tempat penambangan
<i>Raw material</i>	: Bahan baku
<i>Reclaimer</i>	: Alat untuk mengeruk material dalam mix pile untuk disalurkan ke belt conveyor
<i>Roller Mill</i>	: Alat untuk penggilingan bahan baku
<i>Rotary Kiln</i>	: Alat untuk memasak/membakar clinker
<i>SLC</i>	: <i>Separate Line Calsiner</i>
<i>Tripper</i>	: Alat pencurah material
<i>Trass</i>	: Bahan hasil letusan gunung berapi yang berbutir halus dan banyak mengandung oksida silika amorf serta telah mengalami pelapukan pada suhu tertentu
<i>Weight feeder</i>	: Timbangan untuk memantau feed yang masuk
<i>Wobbler Feeder</i>	: Alat pembawa material ke hammer mill

## BAB II

### HASIL PRAKTIK KERJA INDUSTRI

## **2.1 Gambaran Umum Tempat Praktik Kerja Industri**

### **2.1.1 Sejarah**

Pada tahun 1935 - 1938, Ir. Van Es mengadakan survei di daerah Gresik Jawa Timur ternyata daerah tersebut banyak mengandung batu kapur dan tanah liat yang merupakan bahan dasar semen. Pemerintah Hindia Belanda setelah mengetahui hal itu bermaksud mendirikan pabrik Semen di Gresik, tetapi tidak terwujud karena pecah perang dunia ke-2.

Bapak Drs. Moh. Hatta pada tahun 1950 berusaha untuk memprakarsai berdirinya pabrik semen di Gresik. Pada tahun 1951 oleh Dr. F. Lauver dan Dr. A. Kraef dari Jerman mengadakan penyelidikan secara intensif terhadap batu kapur dan tanah liat di daerah Gresik.

Pada tahun 1953 tepatnya pada tanggal 25 Maret 1953 pemerintah RI menugaskan Bank Industri Negara (BAPINDO) untuk membentuk badan hukum NV di pabrik Semen Gresik dengan akta notaris No. 14 dari Raden Master Soemandi di Jakarta dan yang ditunjuk sebagai Komisaris Dirut adalah bapak Ir. Ibrahim bin Moh Zahier.



Gambar 2.1 Peresmian PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk  
(sumber : <http://www.semenindonesia.com/>)

Perusahaan diresmikan di Gresik pada tanggal 7 Agustus 1957 oleh Presiden RI pertama Ir. Soekarno dengan kapasitas terpasang 250.000 ton semen per tahun. Pada tanggal 17 April 1961, NV Pabrik Semen Gresik dijadikan Perusahaan Negara berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 132 tahun 1961, kemudian berubah menjadi PT Semen Gresik (Persero) berdasarkan Akta Notaris J.N. Siregar, S.H. No. 81 tanggal 24 Oktober 1969.

Pada tanggal 8 Juli 1991 PT Semen Gresik (Persero) tercatat di Bursa Efek Jakarta dan Bursa Efek Surabaya serta merupakan BUMN pertama yang *go public* dengan menjual 40 juta lembar saham kepada masyarakat. Pada tanggal 24 September 1994 peresmian Pabrik Tuban I dengan kapasitas 2,3 juta ton semen per tahun.

Pada tanggal 15 September 1995, Perseroan melakukan Penawaran Umum Terbatas I (*Right Issue I*), yang mengubah komposisi kepemilikan saham menjadi Negara RI 65% dan masyarakat 35%. Pada tanggal 15 September 1995 PT Semen Gresik berkonsolidasi dengan PT Semen Padang dan PT Semen Tonasa. Total kapasitas terpasang Perseroan saat itu sebesar 8,5 juta ton semen per tahun.

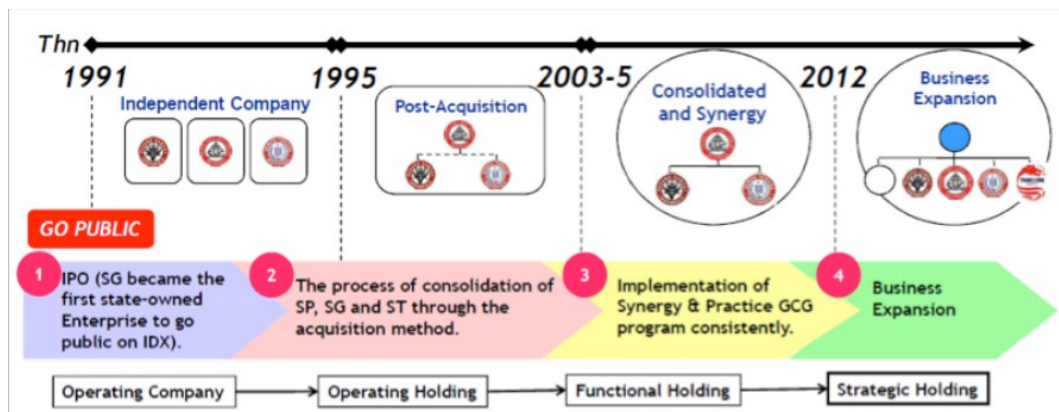
Pada tanggal 17 April 1997 dilakukan peresmian Pabrik Tuban II dengan kapasitas 2,3 juta ton semen per tahun. Pada Maret 1998 dilakukan peresmian Pabrik Tuban III dengan kapasitas 2,3 juta ton semen per tahun.

Pada tanggal 17 September 1998, Negara RI melepas kepemilikan sahamnya di Perseroan sebesar 14% melalui penawaran terbuka yang dimenangkan oleh Cementos Mexico SA de CV (CEMEX), perusahaan semen global yang berpusat di Meksiko. Komposisi kepemilikan saham berubah menjadi Negara RI 51%, masyarakat 35%, dan CEMEX 14%. Kemudian tanggal 30 September 1999 komposisi kepemilikan saham berubah menjadi Pemerintah Negara RI 51,%, masyarakat 23,4% dan CEMEX 25,5%.

Pada tanggal 27 Juli 2006 terjadi transaksi penjualan saham CEMEX Asia Holdings Ltd. kepada Blue Valley Holdings PTE Ltd. sehingga komposisi kepemilikan saham berubah menjadi Negara RI 51%, Blue Valley Holdings PTE Ltd. 24,9%, dan masyarakat 24%. Pada akhir Maret 2010, Blue Valley Holdings PTE Ltd. menjual seluruh sahamnya melalui *private placement*, sehingga komposisi pemegang saham Perseroan berubah menjadi Pemerintah 51,0% dan publik 48,9%.

Tanggal 18 Desember 2012 adalah momentum bersejarah ketika Perseroan melakukan penandatanganan transaksi final akuisisi 70% saham Thang Long Cement, perusahaan semen terkemuka Vietnam yang memiliki kapasitas produksi

2,3 juta ton semen per tahun. Akuisisi Thang Long Cement Company ini sekaligus menjadikan Perseroan sebagai BUMN pertama yang berstatus *multi-national corporation*, sekaligus mengukuhkan posisi Perseroan sebagai perusahaan semen terbesar di Asia Tenggara dengan kapasitas sampai tahun 2013 sebesar 30 juta ton/tahun.



Gambar 2.2 Transformasi kinerja perseroan  
(sumber : <http://www.semenindonesia.com/>)

Pada tahun 2012, Perseroan semakin mengintensifkan upaya membentuk *strategic holding company* yang lebih menjamin terlaksananya sinergi pada seluruh aspek operasional dari perusahaan yang bernaung dibawah grup perusahaan. Melalui pembentukan *strategic holding* ini, Perseroan meyakini seluruh potensi dan kompetensi perusahaan dalam grup baik dalam bidang operasional, produksi dan terutama pemasaran, dapat disatukan dengan semakin baik untuk memberikan kinerja optimal. Melalui penerapan *strategic holding*, maka posisi “*holding*” terhadap anak usaha (yakni perusahaan semen dan anak perusahaan yang akan datang) menjadi sangat jelas.

Pada tanggal 20 Desember 2012, melalui Rapat Umum Pemegang Saham Luar Biasa (RUPSLB), Perseroan resmi mengganti nama dari PT. Semen Gresik (Persero) Tbk., menjadi PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Penggantian nama tersebut sekaligus merupakan langkah awal dari upaya merealisasikan terbentuknya *strategic holding group* yang ditargetkan dan diyakini mampu



mensinergikan seluruh kegiatan operasional dan memaksimalkan seluruh potensi yang dimiliki untuk menjamin tercapainya kinerja operasional maupun keuangan yang optimal. Setelah memenuhi ketentuan hukum yang berlaku, pada tanggal 7 Januari 2013 ditetapkan sebagai hari lahir PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.



Gambar 2.3 Logo PT Semen Indonesia (Persero) Tbk  
(sumber : <http://www.semenindonesia.com/>).

## **2.1.2 Visi dan Misi**

### **2.1.2.1 Visi**

Menjadi perusahaan persemenan terkemuka di Indonesia dan Asia Tenggara

### **2.1.2.2 Misi**

1. Memproduksi, memperdagangkan semen dan produk terkait lainnya yang berorientasikan kepuasan konsumen dengan menggunakan teknologi ramah lingkungan.
2. Mewujudkan manajemen perusahaan berstandar internasional dengan menjunjung tinggi etika bisnis dan semangat kebersamaan, serta bertindak proaktif, efisien, dan inovatif dalam setiap karya.
3. Meningkatkan keunggulan bersaing dalam industri semen domestik dan internasional.
4. Memberdayakan dan mensinergikan unit-unit usaha strategik untuk meningkatkan nilai tambah secara berkesinambungan.

Mengembangkan komitmen terhadap peningkatan kesejahteraan pemangku kepentingan (*stakeholders*) terutama pemegang saham, karyawan, dan masyarakat sekitar.

### **2.1.3 Lokasi**

Lokasi pabrik sangat strategis di Pulau Sumatera, Jawa, dan Sulawesi menjadikan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk mampu memasok kebutuhan semen di seluruh tanah air yang didukung ribuan distributor, subdistributor dan toko-toko. Selain penjualan di dalam negeri, SMI juga mengekspor ke beberapa negara antara lain : Singapura, Malaysia, Korea, Vietnam, Taiwan, Hongkong, Kamboja, Bangladesh, Yaman, USA, Australia, Canary Island, Mauritius, Nigeria, Mozambik, Gambia, Benin dan Madagaskar.

#### **1. Semen Padang**

Semen Padang memiliki 4 pabrik semen dengan kapasitas terpasang 6,3 juta ton semen/tahun berlokasi di Indarung, Sumatera Barat. Semen Padang memiliki 5 lokasi pengantongan semen, yaitu Teluk Bayur, Belawan, Batam, Tanjung Priok, dan Ciwandan.

#### **2. Semen Tonasa**

Semen Tonasa memiliki 3 pabrik semen dengan kapasitas terpasang 6,1 juta ton semen/tahun, berlokasi di Pangkep, Sulawesi Selatan. Semen Tonasa memiliki 10 lokasi pengantongan semen, yaitu Biringkassi Pangkep, Makassar, Samarinda, Banjarmasin, Bitung, Palu, Ambon, Celukan Bawang Bali, Lapuko Kendari, dan Mamuju.

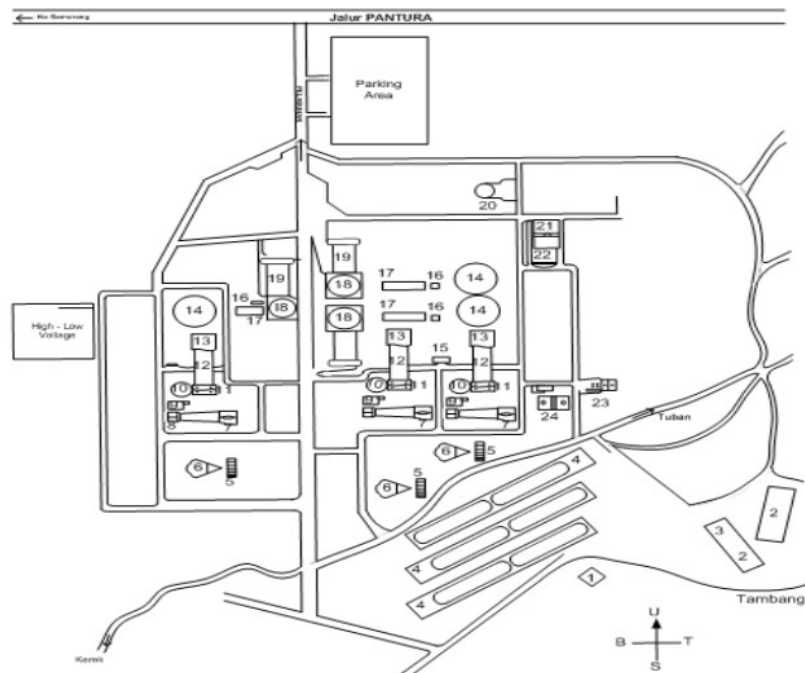
#### **3. Thang Long Cement**

Thang Long Cement merupakan perusahaan semen terkemuka di Vietnam, yang pada 18 Desember 2012 diambil alih oleh Semen Indonesia Group sehingga membuat SMI menjadi pemegang saham utama dengan 70% kepemilikan saham. Thang Long Cement berlokasi di Provinsi Quang Ninh, dan mempunyai 1 *grinding station* di Kota Ho Chi Minh, dengan total kapasitas terpasang 2,3 juta ton semen per tahun.

#### **4. Semen Gresik**

Semen Gresik memiliki 5 pabrik dengan kapasitas terpasang 9,4 juta ton semen/tahun yang berlokasi di Tuban, Jawa Timur. Semen Gresik memiliki 2 pelabuhan, yaitu Pelabuhan Khusus Semen Gresik di Tuban dan Gresik.

### 2.1.3.1 Tata Letak Pabrik Tuban



Gambar 2.4 : Lokasi dan Tata Letak Pabrik

Keterangan Gambar :

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. <i>Limestone Crusher</i>          | 13. <i>Clinker Cooler</i>              |
| 2. <i>Clay Crushing</i>              | 14. <i>Clinker Storages</i>            |
| 3. <i>Clay Storages</i>              | 15. <i>Central Control Room</i>        |
| 4. <i>Limestone storages</i>         | 16. <i>Gypsum / Trass Bin</i>          |
| 5. <i>Raw Material</i>               | 17. <i>Cement Finish Mill</i>          |
| 6. <i>Iron Silica Storages</i>       | 18. <i>Cement Storages Silo</i>        |
| 7. <i>Raw mill</i>                   | 19. <i>Cement Packing and Load Out</i> |
| 8. <i>Electrostatic Precipitator</i> | 20. <i>Masjid</i>                      |
| 9. <i>Coal Mill</i>                  | 21. <i>Dormitory</i>                   |
| 10. <i>Blending Silo</i>             | 22. <i>Kantor Utama</i>                |
| 11. <i>Suspension Preheater</i>      | 23. <i>Utilitas</i>                    |
| 12. <i>Rotary Kiln</i>               | 24. <i>Bengkel Pemeliharaan Mesin</i>  |

### 2.1.4 Struktur Organisasi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.

Struktur organisasi PT Semen Indonesia (Persero) berbentuk organisasi garis (Line Organization) yang tertuang dalam Surat Keputusan Direksi Nomor 005/Kpts/Dir/2011, tentang struktur Organisasi PT Semen Indonesia (Persero).

Struktur organisasi PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. secara garis besar terlampir pada LAMPIRAN.

1. Direktur Utama

Direktur Utama bertugas memimpin dan bertanggung jawab secara mutlak terhadap seluruh operasional pabrik. Direktur Utama membawahi :

Direktur Pemasaran

Direktur Produksi

Direktur Sumber Daya Manusia

Direktur Pengembangan Usaha & Strategi Bisnis

Direktur Litbang & Operasional

Direktur Keuangan

Tim Office of the CEO

Internal Audit

Sekretaris Perusahaan

Departemen Pengolahan Sosial & Lingkungan Korporasi

Masing-masing Direktur membawahi beberapa departemen, antara lain:

Direktur Pemasaran

Direktur Pemasaran, membawahi:

- a. Tim Strategi & Kebijakan Pemasaran Grup
- b. Departemen Pengembangan Pemasaran
- c. Departemen Penjualan
- d. Departemen Distribusi & Transportasi

Direktur Produksi

Direktur Produksi, bertugas mengawasi kegiatan proses produksi serta bertanggung jawab pada pelaksanaan kegiatan produksi mulai dari pengadaan bahan baku sampai dihasilkan produk semen.

Direktur Produksi membawahi:

- a. Tim Peningkatan Produktivitas Grup

- b. Departemen Produksi Bahan Baku
- c. Departemen Produksi Terak I
- d. Departemen Produksi Terak II
- e. Departemen Produksi Semen
- f. Departemen Teknik

#### Direktur Sumber Daya Manusia

Direktur Sumber Daya Manusia, membawahi:

- a. Tim Pengembangan SDM Grup
- b. Departemen Hukum & Manajemen Resiko
- c. Departemen Sumber Daya Manusia
- d. Departemen Sarana Umum

#### Direktur Pengembangan Usaha & Strategi Bisnis

Direktur Pengembangan Usaha & Strategi Bisnis, membawahi:

- a. Departemen Pengelolaan Capex Group
- b. Departemen Pengembangan Perusahaan
- c. Tim Pengembangan Energi Grup
- d. Tim Perluasan Bahan Baku Grup

#### Direktur Litbang & Operasional

Direktur Litbang & Operasional, bertugas untuk menghasilkan inovasi atau penemuan baru untuk peningkatan efisiensi pabrik. Bertanggung jawab terhadap segala peralatan yang digunakan atau kondisi sekitar pabrik dalam menunjang peningkatan mutu produk. Direktur Litbang mempunyai wewenang untuk menentukan kelayakan suatu alat atau kondisi di sekitar pabrik.

Direktur Litbang membawahi:

- a. Tim Perluasan Bahan Baku Grup
- b. Tim Proyek Pabrik Baru & *Power Plant* Grup
- c. Tim Proyek *Packing Plant* Grup
- d. Departemen Kebijakan Pengadaan Strategis Grup
- e. Departemen Litbang & Jaminan Mutu

- f. Departemen Rancang Bangun
- g. Departemen Pengadaan & Pengolaan Persediaan

Direktur Keuangan

Direktur Keuangan, bertugas dan bertanggung jawab dalam keseluruhan keuangan pabrik, baik pengurusan hutang maupun piutang.

Direktur Keuangan membawahi:

- a. Tim Pengembangan Tekominfo Grup
- b. Departemen Manajemen Keuangan Grup
- c. Departemen Pengolahan Tekominfo Grup/SG
- d. Departemen Akuntansi & Keuangan

Struktur organisasi Unit Praktik Kerja Industri terlampir pada LAMPIRAN.

### **2.1.5 Sistem Manajemen PT Semen Indonesia**

Sistem manajemen PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. meliputi :

1. Sistem Manajemen Mutu ISO 9001:2000
2. Sistem Manajemen Lingkungan (SML) ISO 14001:2004
3. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)
4. Sistem Manajemen Laboratorium ISO/IEC 17025:2005
5. API Monogram Sertifikat no. 1 OA-0044 dari American Petroleum Institute New York
6. OHSAS (*Occupational Health & Safety Assessment Series*) 18001:2007

Semua sistem manajemen diatas diimplementasikan dengan mempersyaratkan *Menejement Continuous Improvement* dan penerapan Sub

Sistem Manajemen yang meliputi :

1. Gugus Kendali Mutu (GKM)
2. 5 R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat dan Rajin)
3. Sistem Saran (SS)
4. *Total Productive Maintenance* (TPM)

Semua ini ditunjang dengan penerapan *Good Corporate Governance* (GCG) dan Manajemen Risiko yang dilaksanakan secara konsisten dan konsekuen.

### 2.1.6 Produk

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban bergerak dalam bidang industri semen. Produk yang dihasilkan adalah semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) tipe 1 dan PPC (*Portland Pozzolan Cement*). Masing-masing produk tersebut memiliki karakteristik tersendiri sesuai dengan fungsi dan kegunaannya.

1. Semen OPC Tipe 1, merupakan semen yang sudah terbukti kekuatannya dan sangat ideal untuk membangun rumah, jembatan, jalan raya, landasan bandar udara, pembuatan beton pracetak dan pratekan serta industri produk bangunan lainnya. Karakteristik dan keunggulan OPC tipe 1 diantaranya lebih kuat, lebih rekat, waktu kering optimal, lebih hemat, lebih awet, menggunakan bahan baku terpilih. Gambar 2.2 menunjukkan produk Semen OPC Tipe 1 yang beredar di pasaran.



Gambar 2.5 Semen OPC Tipe 1

2. Semen PPC, merupakan semen yang digunakan untuk bangunan umum seperti rumah, jembatan, jalan raya, landasan bandar udara dan industri produk bangunan lainnya. Semen PPC ini juga baik untuk bangunan yang memerlukan panas hidrasi sedang serta ketahanan sulfat sedang seperti pada lingkungan bergaram dan berair seperti dermaga, bangunan irigasi, bendungan dan bangunan tepi laut. Karakteristik dan keunggulan PPC diantaranya semakin lama, semakin kuat, lebih muda untuk dikerjakan, plastis (lumer) dan tahan retak, tahan terhadap sulfat dan garam, praktis dan ekonomis, menggunakan bahan baku terpilih.



Gambar 2.6 Semen PPC

### 2.1.7 Anak Perusahaan

Anak perusahaan memainkan peranan yang sangat penting sebagai *strategic partner*, maupun sebagai pendukung *community development*. Anak perusahaan diharapkan mampu mendukung bisnis inti Semen Indonesia selaku *holding company* dan memberikan kontribusi sebesar-besarnya untuk mencapai keunggulan kompetitif dan perkembangan perusahaan secara terus-menerus. Keberadaan anak usaha diharapkan dapat memberi sinergi yang bermanfaat untuk mendukung pencapaian tujuan perusahaan. Semen Indonesia memiliki beberapa anak perusahaan afiliasi dan lembaga penunjang meliputi:

1. Anak Perusahaan Penghasil Semen
  - a. Semen Padang
  - b. Semen Gresik
  - c. Semen Tonasa
  - d. Thang Long Cement Vietnam
2. Anak Perusahaan Bukan Penghasil Semen
  - a. PT. United Tractors Semen Gresik
  - b. PT. Industri Kemasan Semen Gresik
  - c. PT. Kawasan Industri Gresik
  - d. PT. Swadaya Graha
  - e. PT. Varia Usaha Beton
  - f. PT. Eternit Gresik
  - g. PT. SGG Energi Prima
  - h. PT. SGG Prima Beton
  - i. PT. Krakatau Semen Indonesia
  - j. PT. Sinergi Informatika Semen Indonesia (SISI)
3. Afiliasi
  - a. PT. Varia Usaha Beton
  - b. PT. Waru Abadi
  - c. PT. Varia Usaha Bahari
  - d. PT. Varia Usaha Dharma Segara
  - e. PT. Varia Usaha Lintas Segara
  - f. PT. Varia Usaha Barito
  - g. PT. Swabina Gatra



- h. PT. Konsulta Semen Gresik
- i. PT. Sepatim Batamtama
- j. PT. Bima Sepaja Abadi
- k. Universitas Internasional Semen Indonesia
- 4. Lembaga Penunjang
  - a. Koperasi Warga Semen Gresik
  - b. PT Cipta Nirmala
  - c. Dana Pensiun Semen Gresik
  - d. Yayasan Wisma Semen Gresik

### 2.1.8 Tinjauan Proses

#### a. Definisi Semen

Menurut SNI No. 15-2049-1994, Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak atau *clinker* yang terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolis yang digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa *gypsum* dan ditambah dengan bahan tambahan lain. Definisi secara umum Semen Portland adalah hydroulis binder yang dbuat dengan menggiling halus *clinker* semen portland dengan menambahkan 4-5% *gypsum* ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Binder adalah material yang mempunyai sifat-sifat *adhesive* dan *cohesive (cement ticus)*. Dikenal ada dua macam binder, yaitu :

1. In Organic (Mineral) Binder
  - b. Non Hydraulic Binder
    - Contoh : Lime ( $\text{CaCO}_3$ )
    - Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )
  - c. Hydraulic Binder
    - Contoh : Portland Cement
    - Blended Cement
2. Organic Binder (adhesive)

Mengeras dengan penguapan pelarut (sovent) air atau dengan polimerisasi dan kondensasi. Contoh : Natural resin dan protein syntetic resin (plastic).

Penggunaan binder sebagai perekat batuan dan kerikil telah digunakan oleh bangsa Syria, Babyloni, dan Mesir kuno untuk membuat bangunan Pyramida dengan menggunakan Line, Pozzolan, dan Gypsum. Kelemahan dari lime adalah mempunya *strength* rendah dan karbonisasi berjalan lambat.

#### b. Bahan Baku Dalam Pembuatan Semen

1. Bahan Baku Utama

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

➤ Batu Kapur ( $\text{CaCO}_3$ /Calcium Carbonat)

Pada dasarnya *Calcareous Materials* / *Carbonic Material* adalah bebatuan yang mengandung bebatuan yang banyak mengandung  $\text{CaCO}_3$  lebih besar dari 75%,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Contohnya lime stone / batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ). *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*. *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 2.1 dan Tabel 2.2

Tabel 2.1 Spesifikasi Batu Kapur secara Umum

Parameter	<i>High Grade</i>	<i>Medium Grade</i>	<i>Low Grade</i>
<i>Kenampakan</i>	Putih	Lebih Kusam	Kusam
$\text{CaCO}_3$	97-99%	88-90%	85-87%
$\text{MgCO}_3$	Maksimal 2%	Maksimal 2%	Maksimal 2%
$\text{SiO}_2$	0,08-2%	0,08-2%	0,08-2%
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,01-0,4%	0,01-0,4%	0,01-0,4%
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,09-1%	0,09-1%	0,09-1%
$\text{H}_2\text{O}$ , $\text{Na}_2\text{O}$ , $\text{K}_2\text{O}$	Sisa	Sisa	Sisa

Tabel 2.2 Komposisi Batu Kapur pada Pembuatan Semen Portland

(H.N Banerjea, 1980)

CaO (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MgO (%)	Alkali (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Cl (%)	H <sub>2</sub> O (%)
40-55	1-15	1-6	0,2-5	0,2-4	0,2-4	1-3	0,2-1	7-10

Untuk membuat semen, faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar MgO nya, sebab kadar MgO tinggi menyebabkan terjadinya perubahan bentuk semen setelah terjadi pengerasan, yaitu timbulnya retak-retak atau lengkungan-lengkungan. Warna batu kapur adalah putih dan akan berubah menjadi kecoklatan jika terkontaminasi tanah liat atau senyawa besi.

#### Spesifikasi Batu Kapur

Sifat fisis :

- Fase : Padat
- Warna : Putih
- Kadar air : 7-10% H<sub>2</sub>O
- *Bulk density* : 1,3 ton/m<sup>3</sup>
- *Spesific 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 yaitu dapat mengalami kalsinasi.

Reaksi:



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

Tanah liat (Clay) termasuk kedalam 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  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  dan  $\text{CaCO}_3$  menjadi hanya berwarna abu-abu sampai kuning. Tanah liat yang baik untuk digunakan memiliki kadar air  $\pm 20\%$ , kadar  $\text{SiO}_2$  tidak terlalu tinggi  $\pm 46\%$ , dan penggunaan tanah liat dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar  $\pm 9\%$ .

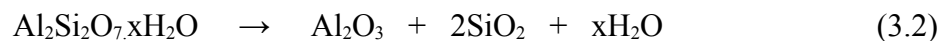
#### Spesifikasi Tanah Liat (*Clay*)

Sifat fisis :

- Fase : Padat
- Warna : Coklat kekuningan
- Kadar air : 18-25%  $\text{H}_2\text{O}$
- *Bulk density* : 1,7 ton/ $\text{m}^3$
- Titik Leleh : 1999-2032 °C
- *Spesific gravity* : 2,36
- 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.

Reaksi:



$$T = 500^\circ \text{C}$$

Tabel 2.3 Komposisi Tanah Liat pada Pembuatan Semen Portland

(H.N Banerjea, 1980)

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

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.

## 2 Bahan Baku Korektif

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

### ➤ Pasir Silika ( $\text{SiO}_2$ )

Pasir silika didatangkan dari Tuban dan Madura. Pada umumnya pasir ini tercampur dengan benda-benda logam lainnya sehingga potensinya kurang dari 100%. Pasir silika dengan kadar 95% merupakan bahan baku baik dalam pembuatan semen. Semakin murni pasir silika, maka akan semakin putih warnanya dan biasa disebut Pasir Kuarsa yang berkadar 100%.

Tabel 2.4 Komposisi Pasir Silika pada Pembuatan Semen Portland  
(H.N Banerjea, 1980)

<b>CaO</b> <b>(%)</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b> <b>(%)</b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <b>(%)</b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <b>(%)</b>	<b>MgO</b> <b>(%)</b>	<b>Alkali</b> <b>(%)</b>	<b>LOI</b> <b>(%)</b>
1-3	85-95	2-5	1-3	1-3	1-2	2-5

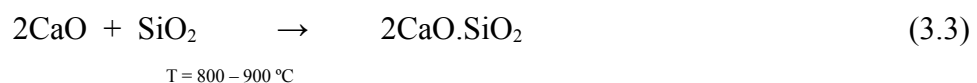
### Spesifikasi Pasir Silika (*Silica Sand*)

Sifat fisis :

- Fase : Padat
- Warna : Coklat kemerahan
- Kadar air : 6%  $\text{H}_2\text{O}$
- *Bulk density* : 1,45 ton/m<sup>3</sup>
- *Specific gravity* : 2,37 gr/cm<sup>2</sup>
- *Silica ratio* : 5,29
- *Allumina 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 didaerah pantai. Derajat kemurnian pasir silika dapat mencapai 95-99,8% SiO<sub>2</sub>. Warna pasir silika dipengaruhi oleh adanya kotoran seperti oksida logam dan bahan organik.

- Pasir besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) atau Copper Slag (FeSiO<sub>3</sub>, Ca<sub>2</sub>Fe, CuO)  
Pasir besi dengan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Ferri Oksida) sebagai komposisi tertinggi (70-80%) terdapat disepanjang pantai laut selatan Pulau Jawa. Pasir besi selalu tercampur dengan SiO<sub>2</sub> 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 disepanjang pantai dan berkadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nya sekitar 52-64%. Bentuk fisiknya berupa granular dan berwarna merah kehitaman.

Tabel 2.5 Komposisi *Copper Slag* pada Pembuatan Semen Portland  
(H.N Banerjea, 1980)

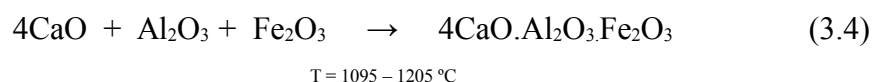
SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	LOI (%)
5-10	2-5	85-95	0-5

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

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

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

Reaksi:



- *Limestone High Grade* (CaCO<sub>3</sub>)  
*Limestone high grade* (kadar CaO >93%) digunakan sebagai pengoreksi apabila kadar CaO dalam bahan baku kurang.

### 3 Bahan Tambahan (Aditif)

Bahan tersebut ditambahkan dalam klinker agar didapatkan sifat-sifat tertentu. Bahan-bahan tambahan adalah :

➤ Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

Bahan baku tersebut diperoleh dari limbah pabrik Petrokimia. 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.

Spesifikasi Gypsum

Sifat fisis

- 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.

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:



➤ *Trass*

Trass dipakai sebagai bahan tambahan dalam pembuatan semen. Bahan ini berasal dari abu gunung berapi. *Trass* diperoleh dari Probolinggo, Tuban, Pasuruan, dan Lumajang. Di dalam *trass* terdapat  $\text{SiO}_2$  yang tinggi sehingga semen yang diberi *trass* (PPC) akan tahan terhadap asam baik berupa sulfat maupun klorida.

Spesifikasi *Trass*

Sifat fisis :

- Fase : padat
- Warna : coklat kehitaman
- Kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  : 1-6%
- Kandungan  $\text{SiO}_2$  : 45-72%
- Kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  : 10-18%
- Kandungan  $\text{MgO}$  : 0,5-3,0%
- Kandungan  $\text{SO}_3$  : 0,3-1,6%
- Kandungan LOI : 3-14%

Sifat kimia :

Adanya kandungan  $\text{SiO}_2$  yang tinggi dimanfaatkan untuk bereaksi dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  yang terbentuk saat semen dicampur dengan air sehingga semen yang diberi *trass* akan tahan terhadap asam, baik berupa sulfat maupun klorida..

➤ Fly Ash

Fly ash merupakan abu dari sisa pembakaran batu bara dengan kandungan oksida silika amorf ( $\text{SiO}_2$ ) sebesar 40,0%. Penambahan bahan ini yaitu untuk meningkatkan kuantitas produk semen.

### c. Teknologi Pembuatan Semen

Ditinjau kadar air umpan yang masuk raw mill, maka proses pembuatan semen dibagi menjadi 4 macam :

1. Proses basah
2. Proses semi basah
3. Proses semi kering
4. Proses kering

#### 1. Proses Basah (*Wet Process*)

Pada proses ini, bahan baku dipecah dengan menambahkan air dalam jumlah tertentu serta dicampurkan dengan luluh tanah liat. Bubur halus dengan kadar air 25-40% (*slurry*) dikalsinasikan dalam tungku panjang (long rotary kiln).

Keuntungan :

- Umpan lebih homogen, semen yang diperoleh lebih baik.
- Efisiensi penggilingan lebih tinggi dan tidak memerlukan satu unit homogenizer.
- Debu yang timbul relatif sedikit. (kurang menyebabkan pencemaran udara)

Kerugian :

- Bahan bakar yang digunakan lebih banyak, butuh air yang cukup banyak.



- Tanur yang digunakan terlalu panjang karena memerlukan zone dehidrasi yang lebih panjang untuk mengendalikan kadar air.
- Biaya produksi lebih mahal.

## 2. **Proses Semi Basah**

Pada proses ini penyediaan umpan tanur hampir sama seperti proses basah. Hanya saja disini tanur disaring lebih dahulu dengan *filter press*. *Filter cake* yang terbentuk (berupa pellet) dengan kadar 15-25% digunakan sebagai umpan tanur. Konsumsi panas pada proses ini sekitar 1000-1200 kcal/kg *clinker*. Proses ini jarang digunakan karena biaya produksi yang terlalu tinggi dan kurang menguntungkan.

Keuntungan :

- Komposisi umpan lebih homogen dibanding dengan proses kering.
- Debu yang dihasilkan relatif sedikit.

Kerugian :

- Kiln yang digunakan lebih panjang dibanding kiln pada proses kering
- Membutuhkan alat filter yang kontinyu untuk menyaring umpan yang berupa *slurry*.

## 3. **Proses Semi Kering (*Semi-Dry Process*)**

Proses ini dikenal sebagai grate proses, dimana merupakan tranmisi dari proses basah dan proses kering dalam pembentukan semen. Pada proses ini umpan tanur disemprot dengan air dengan alat yang disebut granulator (*pelletizer*) untuk diubah menjadi granular atau nodule dengan kandungan air 10-12% dan ukurannya 10-12 mm seragam. Proses ini menggunakan tungku tegak (shaft kiln) atau long rotary kiln. Konsumsi panas sekitar 1000 Kcal/kg *clinker*.

Keuntungan proses semi kering adalah ukuran klinker yang keluar kiln seragam dan panas pembakaran lebih kecil dibanding proses basah.

Kerugian proses semi kering adalah membutuhkan alat yang cukup banyak dan dalam prosesnya menghasilkan debu oleh karena itu diperlukan alat penyaring debu.

## 4. **Proses Kering (*Dry Process*)**

Pada proses ini bahan baku diolah (dihancurkan) didalam raw mill dalam keadaan kering dan halus, penggilingan (tepung baku) dengan kadar air 0,5-1% dikalsinasikan dalam rotary kiln. Proses ini menggunakan panas sekitar 1500-1900 Kcal/kg *Clinker*.

Keuntungan :

- Tanur yang digunakan relatif pendek.
- Panas yang dibutuhkan rendah, sehingga bahan bakar yang dipakai relatif sedikit, dan membutuhkan air yang relatif sedikit pula.
- Kapasitas produksi lebih besar.

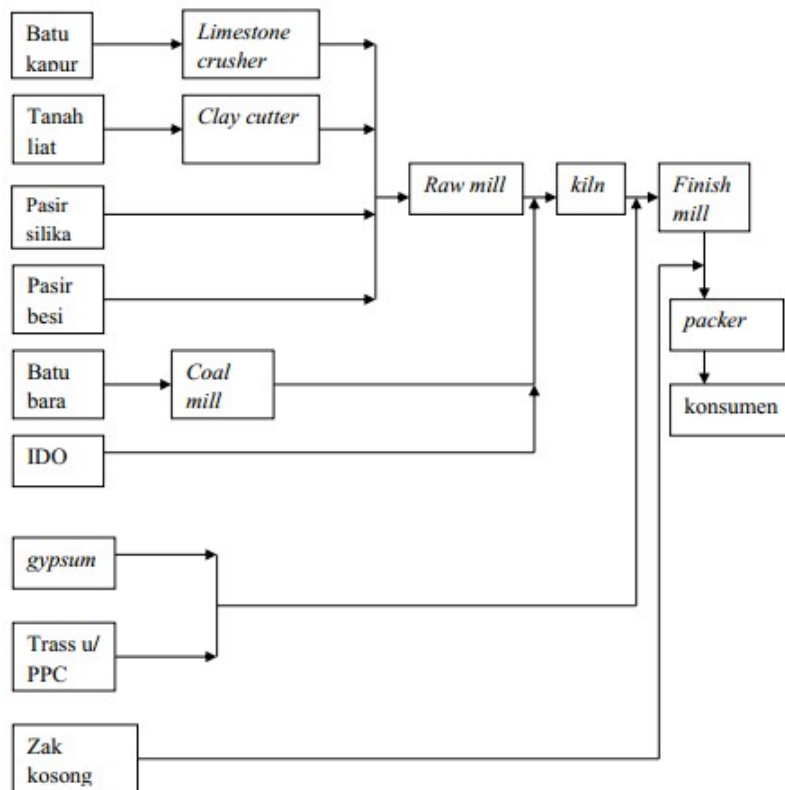
Kerugian :

- Kadar air sangat mengganggu proses, karena menempel pada alat.
- Campuran umpan kurang homogen.
- Banyak debu yang dihasilkan, sehingga dibutuhkan alat penangkap debu.

Dari keempat teknologi pembuatan semen di atas, PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban menggunakan teknologi proses kering karena mempunyai keuntungan yaitu biaya operasi yang rendah dan kapasitas produksi yang besar sehingga sangat menguntungkan perusahaan

#### d. Blok Diagram Pembuatan Semen

Gambar 2.7 Blok Diagram Pembuatan Semen



#### e. Proses Umum Pembuatan Semen

##### 1. Penyediaan Bahan Baku

Langkah-langkah penyediaan bahan baku, antara lain:

1) Pembersihan (*Cleaning*)

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

2) Pengupasan (*Stripping*)

Tahap ini dilakukan dengan cara membabat dan mengupas tanah yang berada di lapisan permukaan batuan dengan menggunakan *bulldozer* dan *shovel*.

3) 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. 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)

4) Peledakan (*Blasting*)

Tahap ini dilakukan untuk melepaskan batuan dari batuan induknya. Langkah pertama adalah mengisi lubang yang telah dibuat dengan bahan peledak.

Bahan - bahan peledak yang digunakan adalah:

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

Peralatan-peralatan yang digunakan untuk peledakan adalah:

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

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

### 5) 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* menggunakan *dump truck* yang mempunyai kapasitas 20-30 ton/truck. Pengangkutan batu kapur tersebut dilakukan kira-kira 25-30 kali/hari.

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

(1) Pasir silika diperoleh dari daerah Bangkalan, Cilacap, dan daerah sekitar Tuban.

(2) *Copper slag* diperoleh dari PT. Smelting Gresik.

(3) *Gypsum* diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik.

### 2. Pengolahan Bahan

Bahan pembuatan semen yang terdiri dari batu kapur, tanah liat, *copper slag* dan pasir silika dengan komposisi tertentu diumpankan kedalam *raw mill*. Di dalam *raw mill* bahan-bahan tersebut mengalami penggilingan dan pencampuran serta pengeringan sehingga diperoleh produk *raw mill* dengan kehalusan 90% lolos ayakan dengan ukuran 90 mikron dan kandungan air kurang dari satu persen. Dari *raw mill*, material dimasukkan ke dalam *blending silo*. Fungsi dari *blending silo* adalah sebagai tempat penampungan sementara material sebelum diumpankan ke *kiln*, sekaligus untuk alat homogenisasi produk *raw mill* agar komposisi kimia dari produk tersebut lebih merata sehingga siap untuk diumpankan ke *kiln*.

### 3. Pembakaran dan Pendinginan

Unit pembakaran merupakan bagian terpenting, karena terjadi pembentukan komponen utama semen. Unit ini terdiri dari *suspension preheater*, *kiln* dan *cooler*. Menurut I Ketut Arsha Putra (1995), proses yang terjadi pada unit ini adalah:

(1) Proses pengurangan kadar air

Terjadi pada suhu 100 °C

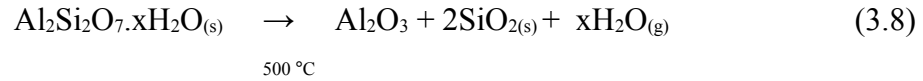
Reaksi:



(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.

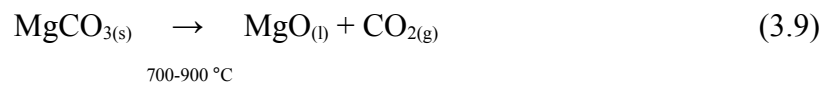
Reaksi:



(3) Terjadi proses kalsinasi

Tahapan penguapan CO<sub>2</sub> dari *limestone* dan mulai kalsinasi terjadi pada suhu 700-900 °C.

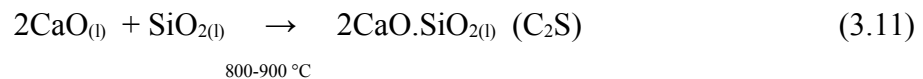
Reaksi:



(4) Reaksi pembentukan senyawa semen C<sub>2</sub>S

Pada suhu 800-900 °C terjadi pembentukan *calcium silikat*, sebenarnya sebelum suhu 800 °C sebagian kecil sudah terjadi pembentukan garam *calcium silikat* terutama C<sub>2</sub>S.

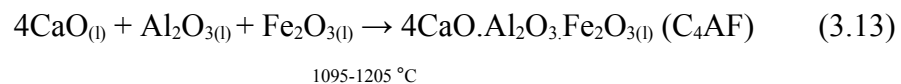
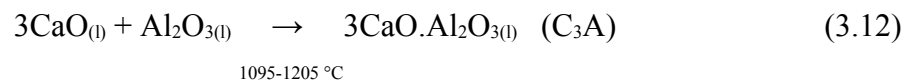
Reaksi:



(5) Reaksi pembentukan senyawa semen C<sub>3</sub>A dan C<sub>4</sub>AF

Pada suhu 1095-1205 °C terjadi pembentukan *calcium aluminat dan calcium alumina ferrit*.

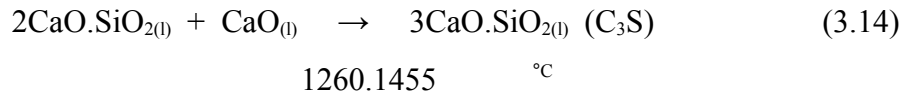
Reaksi:



(6) Reaksi pembentukan senyawa semen C<sub>3</sub>S

Pada suhu 1260-1455 °C terjadi pembentukan *calcium silikat* terutama C<sub>3</sub>S yang mana presentase C<sub>2</sub>S mulai menurun karena membentuk C<sub>3</sub>S.

Reaksi:



#### 4. Penggilingan Semen

Setelah klinker didinginkan 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, kemudian dilanjutkan dengan penggilingan dalam *ball mill* untuk mendapatkan produk semen yang diinginkan. Di dalamnya, semen mengalami pengecilan ukuran dari 100 mesh menjadi 325 mesh dan lolos ayakan 90%.

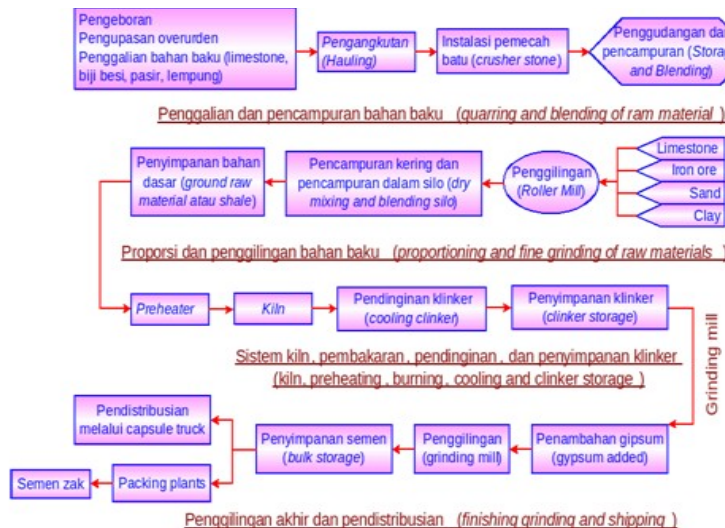
#### 5. Pengisian dan Pengantongan Semen

Semen dari produk *finish mill* kemudian diangkut oleh *air slide* 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.

Gambar 2.8 menunjukkan bagan alir proses pabrikasi semen di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban

Gambar 2.8 Bagan  
Alir Proses  
Pabrikasi Semen



## f. Proses Umum Pembuatan Semen PT Semen Indonesia (Persero) Tbk

Proses pembuatan semen secara umum di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban meliputi persiapan bahan baku di unit *Crusher*, penggilingan awal di unit *Raw Mill*, pembakaran di unit *Kiln*, penggilingan akhir di unit *Finish Mill*, dan pengemasan di unit *Packer*. Selain 5 unit di atas, terdapat pula unit lain penunjang produksi semen di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban adalah Laboratorium Pengendalian Proses, Laboratorium Jaminan Mutu, dan Unit Utilitas.

### 1. Proses Persiapan Bahan Baku

#### Proses Alir Material di Limestone Crushing

Batu kapur (*limestone*) diperoleh dari penambangan, oleh karena itu maka *limestone* perlu dilakukan beberapa tahap agar didapatkan batu kapur yang siap untuk dilakukan proses. Penambangan yang dilakukan menggunakan *system single bench*, yaitu pengambilan batu kapur secara bertahap, sehingga lahan penambangan akan memiliki permukaan yang rata dengan maksimal penggalian sampai ketinggian 30 meter diatas permukaan laut. Adapun tahapan-tahapan ini adalah : Pembersihan lahan (*Stripping*), Pengeboran (*Drilling*), Peledakan (*Blasting*), Pengecilan ukuran batu, dan pengerukan serta pengangkutan.

- Pembersihan Lahan (*Stripping*)

Pembersihan lahan ditujukan untuk menghilangkan kotoran dan tumbuhan yang berada dipermukaan pegunungan batu kapur. Tahap ini dilakukan dengan cara membabat dan mengupas tanah yang berada dilapisan permukaan batuan menggunakan *bulldozer* dan *snovel*.

- 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. Umumnya dibuat dengan spesifikasi berikut :

Diameter Lubang : 3 in

Kedalaman : 6 – 9 in

Jarak antara lubang : 1,5 – 3 m

Dan peralatan yang dipakai untuk pengeboran adalah *Crowl Air Drill* (Alat bor) dan Kompresor (Alat penggerak bor)

- Peledakan (*Blasting*)

Tahap ini dilakukan untuk melepaskan batuan dari batuan induknya. Langkah pertama adalah mengisi lubang yang telah dibuat dengan bahan peledak, tetapi tidak semua lubang yang dibuat diisi dengan bahan peledak. Lubang-lubang kosong ini akan meredam getaran yang ditimbulkan akibat ledakan.

Bahan peledak yang digunakan adalah :

- Domotion (Dynamit Ammonium Gelatin), merupakan bahan peledak primer.
- Anfo (campuran 96% ammonium nitrat dan 4% fuel oil), merupakan bahan peledak sekunder.
- Cap detonator

Peralatan yang dipakai untuk peledakan adalah :

- *Blasting Machine* (mesin peledak)
- *Blasting ohmeter* (alat pengukur daya ledak)

Dan untuk menghindari kecelakaan akibat percikan dan lontaran batuan yang diledakkan, disekitar lokasi peledakan diberi pengaman berupa anyaman bambu.

## **Crusher**

Spesifikasi Crusher (CR-1)

Fungsi : Memperkecil ukuran batu kapur

Buatan : *Universal Engineering*

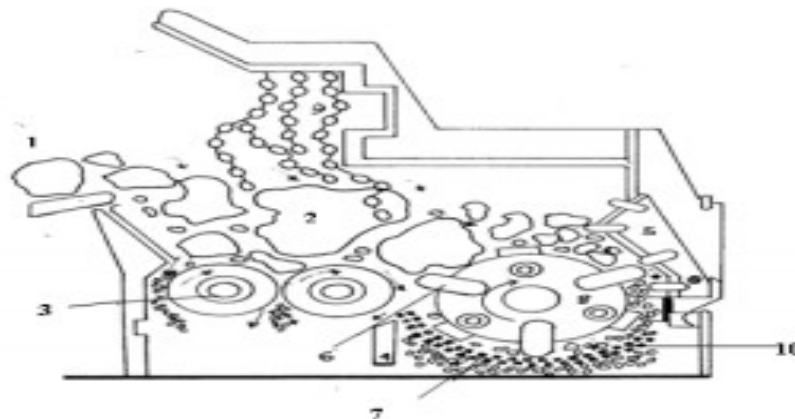
Merek : *Bulldog*



Tipe	: <i>Non Clog Hammer Mill</i> model 7270
Bahan konstruksi	: <i>Steel Plat</i> (ASTM 47)
Kapasitas	: 700 ton/jam
Feed size maximum	: 1.200 x 1.200 x 1.200 mm
Motor	: 1.072 kW, 600 rpm, 6.000 volt
Diameter rotor	: 72 in
Diameter shaft rotor	: 16 in
Kadar air maksimum	: 18%
Cara Kerja	:

Batu kapur diumpankan melalui *Hopper* (1), selanjutnya batu kapur akan dialirkan oleh *Wobbler Feeder* (3) masuk dalam *Crusher* dan jatuh di atas *Breaker Plate* (5). Batu kapur ini dipukul atau dipecah oleh *Hammer* (6) berputar. Untuk pengaturan besar kecilnya produk *crusher*, maka jarak antara *hammer* dengan *breaker plate* dapat diatur. Material halus akan keluar melalui *discharge opening* yang sebelumnya melewati *screen* (7). Sedangkan material besar akan kembali dipukul oleh *Hammer* sampai halus dan akan keluar melewati *screen*.

Proses pemecahan ini berlangsung cepat, hasil produk *crusher* keluar dari *outlet* pada *hammer mill*. Produk *crusher* akan langsung jatuh dan diangkut *apron conveyor* ke *limestone storage* melalui *belt conveyor*.



Gambar 2.9 *Hammer Mill*

### Proses Alir Material di *Clay Crusher*

Seperti halnya dengan batu kapur, untuk penambangan tanah liat ini harus melalui beberapa tahapan yaitu :

- Pembersih

Pada tahap ini dilakukan pembersihan kotoran dan tumbuhan yang ada dilapisan atas tanah liat. Pembersihan dilakukan dengan pembabatan dan pengupasan menggunakan *bulldozer* dan *loader*.

- Penggalian

Tahap *loading* adalah tahap pengambilan tanah liat dari *quarry*. Tanah liat diambil dari *quarry* dengan cara digali atau dikeruk menggunakan *Back Hoe* atau *Dragline* dan dipindahkan ke alat angkut berupa *Dump Truck*.

- Pengangkutan

Seperti yang telah dijelaskan diatas bahwa pengangkutan ini menggunakan *dump truck*.

### **Clay Cutter (CR-2)**

#### **Spesifikasi**

Fungsi	: Memperkecil ukuran tanah liat
Tipe	: <i>Non-clog double roll crusher</i>
Merek	: <i>Bedhesi - Pedova</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel</i>
Kapasitas	: 350 ton/jam
Kadar air maksimum	: 30%
Ukuran material masuk	: (500 x 500 x 500) mm <sup>3</sup>
Ukuran produk	: 90% - 95% dari berat semula
Diameter dalam roller	: 0,65 m
Diameter luar roller	: 0,79 m
Power listrik terpasang	:
<i>Slow motor</i>	: 110 kW, 735 rpm
<i>Fast motor</i>	: 132 kW, 735 rpm
Cara kerja	:

Alat tersebut terdiri dari dua unit *horizontal roll* berukuran besar. Masing-masing *roll* berputar dengan arah yang berlawanan dan kecepatan putar *roll*-nya pun berbeda sehingga menyebabkan efek gesekan pada material.

### **Reclaimer (RR)**

Fungsi	: <i>Preblending</i> batu kapur dan tanah liat
--------	--

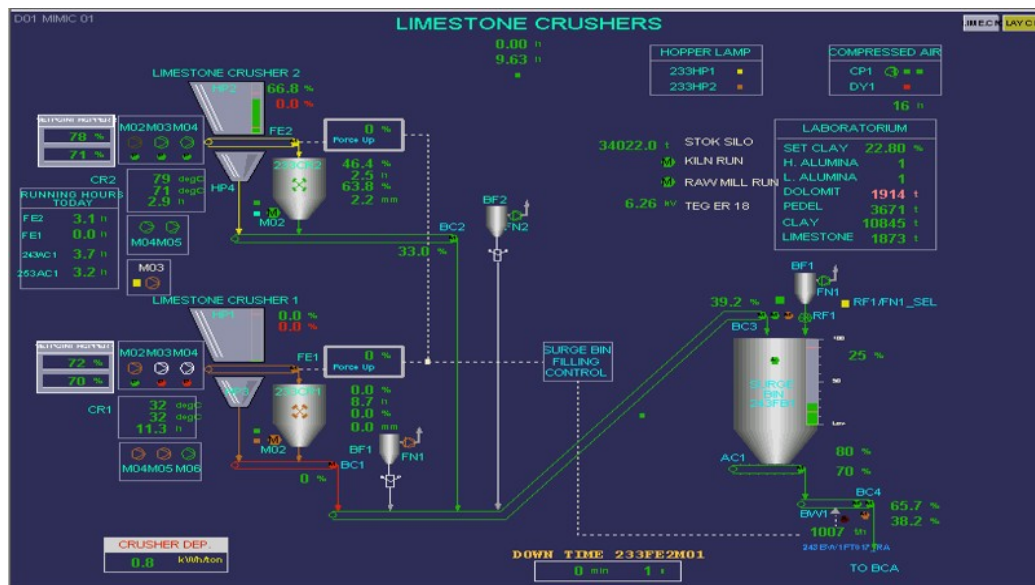
Tipe : *Front acting bridge with harrow bridge* dengan span 39 m

Kapasitas : 750 MTPH

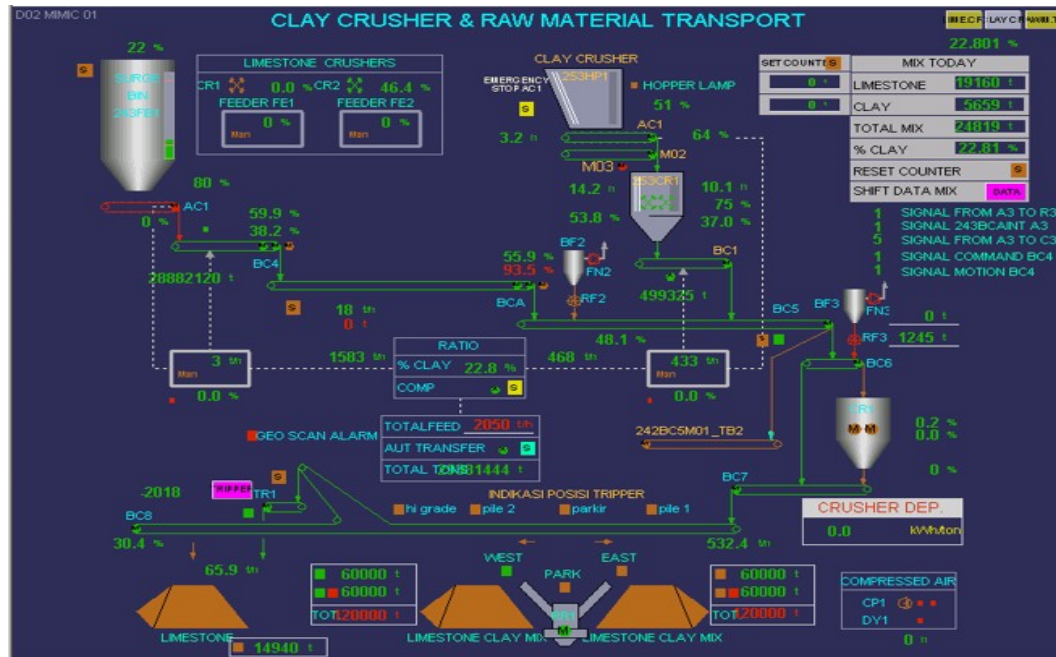
Total muatan listrik : 164 kW

Cara Kerja :

Tumpukan *pile* pada storage akan diambil dengan cara dirontokkan dengan *reclaimer* kemudian diangkut dengan *scrapper* menuju *belt conveyor* yang terpasang di sekeliling *conveyor*.



Gambar 2.10 PFD Limestone Crusher



Gambar 2.11 PFD Clay Crusger & Raw Material Transpor

## 2. Proses Pengolahan Bahan

### *Raw material Reclaiming*

Batu kapur sebagai bahan baku utama yang dipakai dalam industri semen. Apabila komposisi kimia atau kadar karbonatnya ( $\text{CaCO}_3$ ) berubah-ubah akan sangat berpengaruh sekali pada operasi kiln. Oleh karena kondisi tersebut, maka perlu dilakukan *pre-blending*. *Pre-blending* yang dilakukan menggunakan metode *stacking* atau penumpukan.

### *Raw Grinding*

*Roller Mill* yang dipakai di Pabrik Tuban adalah tipe Fuller Loesche, dimana raw mill sistem ini dilengkapi dngan 3 buah Mill Fan System. Raw Material yang diumpankan ke dalam Mill dengan ukuran minus 180 mm da kadar air kurang dari 18% yang terdiri dari :

1. Limestone/Clay mix : 84,46 %
2. Corrective Limestone : 13,51%
3. Pasir Silika : 1,59 %
4. Pasir Besi : 0,44 %

### Proses Alir Material di Raw Grinding

*Limestone/Clay Mix* dan pasir besi *Bin*, sebelum masuk ke *Belt Conveyor* ditimbang dahulu oleh *Mix Weigh Feeder* dan *Iron Sand Weigh Feeder*. Sedangkan *Limestone* dan pasir silika berfungsi sebagai koreksi, agar diperoleh komposisi prosuk *raw mill* yang sesuai dengan standar umpan kiln. Kebutuhan material koreksi tersebut juga ditimbang oleh *Weigh Feeder*.

*Limestone/Clay Mix* pasir besi dengan rate 570 ton/h dengan kadar air sebesar 18%, ditransfer ke *Roller Mill* lewat *belt Conveyor* dan *Roller Feeder*. Pada *belt conveyor* dilengkapi *Metal Detector* untuk mendeteksi adanya metal yang terikut.

Untuk mengeringkan *raw material* didalam *Raw Mill System* digunakan sisa udara panas dari *Preheater* dan *Clinker Cooler* yang memiliki temperatur 330°C dan 390°C.

Produk keluar dari *Roller Mill* dengan kehalusan 90% lolos ayakan 90 micron dan kadar air kurang dari 1 %. Produk tersebut dibawa aliran udara ke dalam 4-FLS 6300 *Cyclone* akibat tarikan *Mill Fan*, dimana 93% dari material akan terpisahkan dari aliran udara. Gas yang keluar dari *Cyclone* kemudian dilepas *stack* melalui *Electrostatic Precipitator*. Sisa produk yang masih ada diambil oleh EP, sedangkan gas yang telah bersih dibuang ke udara melalui *fan* dan *stack*. Kedua produk oleh EP dan *Cyclone* dibawa oleh *Air Slide*, *Screw Conveyor*, dan *Bucket Elevator* ke *Blending Silo*.

Produk *Roller Mill* sebelum disimpan ke *Blending Silo* diambil dulu sampelnya melalui alat sampler yang terdapat pada *air slide*, dan dibawa oleh *sampler transport* ke laboratorium untuk dianalisa.

*Reject* dari *Raw Mill* sekitar 143 ton/h dikembalikan ke dalam sistem melalui *Belt Conveyor* dan *Bucket Elevator* dan bersama-sama dengan *Fresh Feed* masuk ke *Belt Conveyor*.

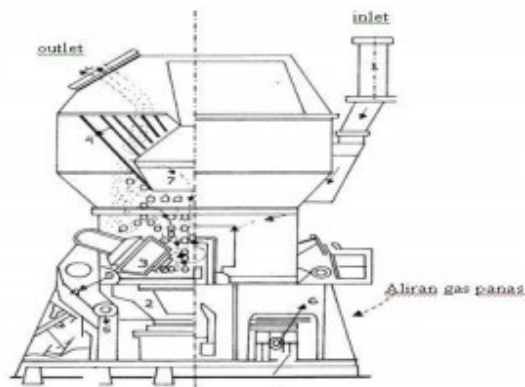
Apabila *mill* tidak beroperasi, gas panas dari *preheater* dan *clinker cooler* di by-pass lewat *Conditioner Tower*. Untuk menurunkan temperatur gas tersebut, maka *Conditioner Tower* dilengkapi dengan *water spray*. Normal temperatur gas masuk EP pada kondisi mill beroperasi 90°C dan *Raw mill down* adalah 150°C, sedangkan batas minimal dan maksimal temperatur gas masuk EP adalah 85°C dan 350°C.

Selama kondisi *Raw mill down*, debu dari *Conditioning Tower* dan EP di transport ke *storage Bin* yang kapasitasnya 170 ton, setelah itu dikirim ke *kiln Feed Bin*.

### **Roller Mill (RM-1)**

Fungsi	: Menggiling material agar ukurannya lebih kecil
Tipe	: <i>Fuller Loesche</i>
Kapasitas	: 570 ton/jam
Penggerak utama	: <i>Flender planetary, gear reducer KMP 750</i>
Motor/putaran	: 4000 kW/1000 rpm, kV
Clasifier motor	: 690 kW, 6 kV
Produk	: 170 mesh
Cara Kerja	:

Mekanisme kerja *roller mill* yaitu material masuk melalui cerobong *Feed* (Feed) pada *roller mill*, kemudian material jatuh di tengah-tengah *Grinding table* (2). Material pada *Grinding table* selanjutnya terlempar ke bawah *Grinding roller* (3) akibat adanya gaya sentrifugal menyebabkan *grinding table* berputar. *Grinding roller* menekan ke bawah menumbuk material yang ada di antara *grinding roller* dan *grinding table*. Gas panas 333°C yang berasal dari *preheater* dan dari *cooler* 400°C masuk ke *roller mill* melalui celah-celah *grinding table*, selanjutnya gas panas akan mengeringkan material yang ada di atas *grinding table*. Material yang halus akan ditarik oleh *Classifier* (4) ke atas menuju *cyclone separator* oleh *ID Fan Mill* untuk mengalami pemisahan antara material dan gas. Sedangkan material yang belum halus karena pengaruh gaya beratnya akan turun ke bawah kemudian keluar melalui *mill reducer* dan diumpankan kembali ke *roller mill* untuk digiling kembali.



Gambar 2.12 Vertical Roller Mill

### Blending Silo (BS-1 & BS-2)

Fungsi	: Menghomogenisasi produk dari raw mill
Tipe	: IBAU <i>Central Chamber Silo</i>
Bahan Konstruksi	: Beton
Bentuk	: Silinder dengan bottom berbentuk cone yang terbalik
Kapasitas	: 20.000 ton
Diameter dalam	: 20 m
Tinggi	: 60,3 m
Cara kerja	:

Produk *raw mill* masuk dari bagian atas blending silo melalui *Air Slide System* (1) dan keluar secara bergantian setiap 36 menit sehingga akan terbentuk layer-layer atau lapisan dengan ketebalan maksimal 1 m. Layer-layer tersebut akan bercampur sewaktu proses pengeluaran dengan membentuk suatu terowongan. Saat terjadi pencampuran material halus akan menimbulkan banyak debu sehingga perlu *Dust Collector* (2) untuk mengurangnya.

Pengeluaran material dilakukan bersma melalui 2 dari 10 *flow gate* (3) pada setiap silo. Pengeluaran melalui *flow gate* ini diulang dalam selang waktu tertentu, satu siklus lengkap memerlukan waktu 12 menit. Selama proses tersebut material diaerasi oleh *Blower* (6) pada bagian bawah layer tersebut. Material keluar selanjutnya akan ditampung dalam sentral *Hopper* (5) melalui *air slide* yang diatur oleh bukaan *Valve* (4). Kemudian dari sentral *hopper* akan dikirim ke dalam *kiln feed bin*.







Gambar 2.14 PFD *Raw Mill*

### **3. Proses Pembakaran dan Pendinginan**

#### **Bahan Bakar**

Bahan bakar merupakan komponen pendukung utama dalam industri semen. Industri semen merupakan industri yang sangat tergantung pada operasi penyediaan panas terutama pada proses kalsinasi dan pembentukan klinker. Penggunaan batu bara yang merupakan bahan bakar padat memungkinkan penghematan biaya produksi. Namun, dalam prakteknya penggunaan bahan bakar padat tidak lepas dari bantuan bahan bakar cair.

Keuntungan penggunaan batu bara adalah kandungan unsur – unsur seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , dan  $\text{SO}_3$  yang terdapat dalam abu hasil pembakaran yang juga dibutuhkan dalam proses pengolahan semen.

Bahan bakar cair yang digunakan adalah jenis IDO (Industrial Diesel Oil) yang dipasok dari Pertamina. IDO merupakan gabungan beratus-ratus senyawa hidrokarbon dengan komposisi karbon 85 – 90 % dan hidrogen 5-10 %. Minyak ini mempunyai nilai kalor kotor sekitar 8.482 – 10.000 k.kal/kg.

### **Coal Mill**

Batu bara (*coal*) dari *open yard* ( lapangan ) dibawa oleh *loader* dan diumpankan ke *hopper*, kemudian dibawa oleh *appron conveyor* serta *belt conveyor* ke *tripper* untuk dicurahkan kedalam *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* pada umpan batu bara. Pada *metal detector* terdapat dua buah lampu yang berwarna hijau dan merah. Jika terdapat kandungan *metal* dalam umpan batu bara, sensor *metal* akan membaca adanya *metal* dan lampu merah pada *metal detector* akan menyala, dengan demikian *gate* akan menutup aliran batubara ke *feed bin* dalam waktu 5 detik. Batu bara yang mengandung *metal* akan di *reject* dan dibuang melalui *down pipe*.

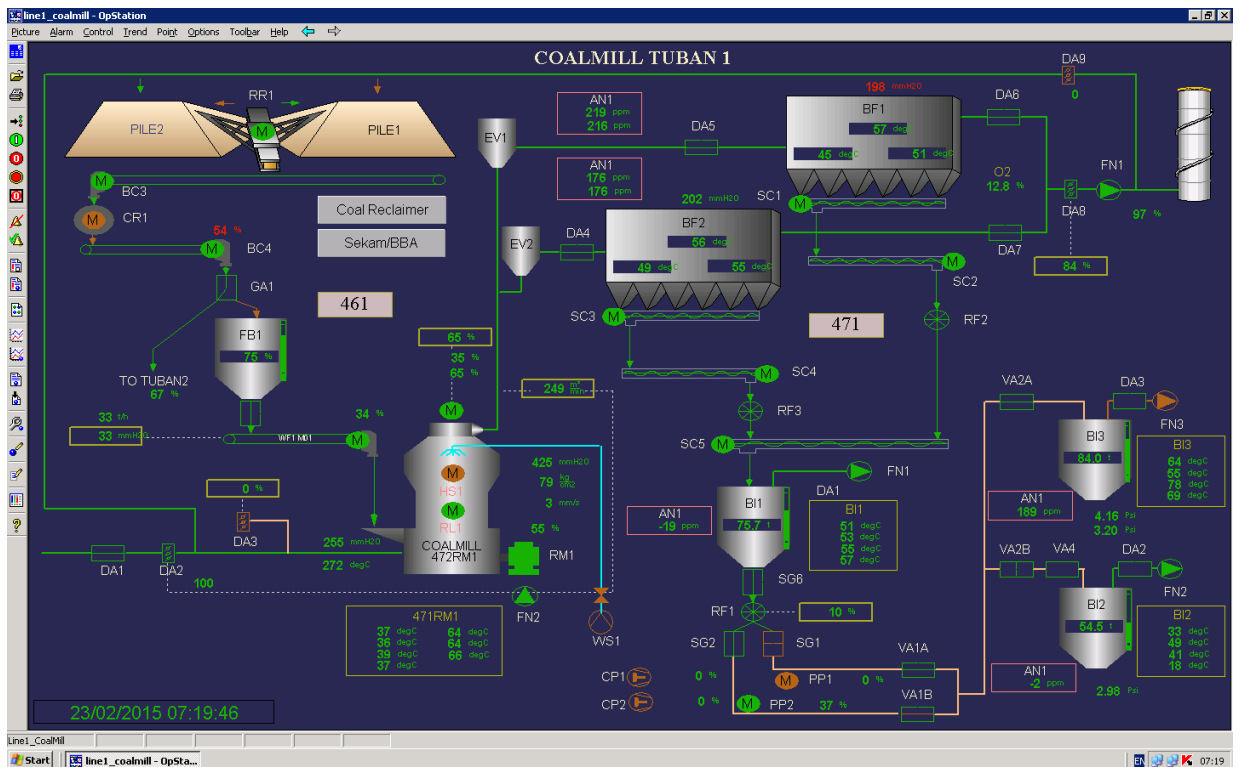
Batubara dari *feed bin* dengan diameter 2 -3 cm diumpankan kedalam *coal mill* untuk digiling menjadi batubara dengan diameter 20 mikron. Gas panas yang digunakan oleh *coal mill* berasal dari *pre heater* ILC yang mempunyai temperatur  $\pm 210^{\circ}\text{C}$ . Didalam *coal mill* terjadi pengurangan kadar air pada batubara hingga menjadi 4%. Udara dan batubara yang halus dengan temperature  $\pm 73^{\circ}\text{C}$  ditarik *fan* masuk ke *clasifier* menuju *bag filter*. Udara dan batubara halus dipisahkan dalam bag filter. Udara dibuang lewat *stack* dan batubara masuk ke *screw conveyor* melalui *rotary feeder* kemudian dialirkan ke *pulvurize coal bin*.

Batubara mempunyai sifat yang rawan terhadap panas dan dapat menyebabkan ledakan jika dalam *temperature* 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 pada *explosion vent* terdapat pintu yang dapat membuka secara otomatis ketika suhu terlalu tinggi.

Pada *bag filter* 1 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 filturnya. Batubara halus

bertemu di *screw conveyor* dan masuk ke *pulvurize coal bin* dengan kapasitas 120 ton untuk ditampung. Pada *pulvurize coal bin* dilengkapi CO<sub>2</sub> Tank yang berfungsi menginjeksikan CO<sub>2</sub> apabila terjadi kebakaran pada *pulvurize coal bin* yang disebabkan terjadinya reaksi antara batubara dengan oksigen pada suhu >100°C, oleh sebab itu didalam *coal bin* benar-benar oksigen dikondisikan dengan kadar serendah-rendahnya. Kebakaran di *coal bin* dapat menyebabkan kenaikan *temperature* dan volume gas CO hasil pembakaran tidak sempurna. Dengan demikian tekanan didalam *coal bin* akan semakin meningkat, dan hal ini dapat mengakibatkan terjadinya ledakan.

Pada *pulvurize coal bin* juga dilengkapi *bag filter*, karena tarikan *fan* debu batubara dapat ditangkap dan dimasukkan kembali ke *pulvurize coal bin*. Batubara keluar dari *pulvurize coal bin* dengan dua aliran keluar diatur oleh CCR (Central Control Room). Angin compressor mendorong *pneumatic pump* untuk mengalirkan batubara dari *pulvurize bin* ke *pfister weighter*. Dari *pfister weighter*, menggunakan *blower* batubara masuk ke *calsiner* ILC dan *calsiner* SLC. Pada *pulvurize coal bin* berkapasitas 120 ton batubara dengan diameter 20 mikron masuk ke *pfister feeder* dengan menggunakan *blower* untuk dimasukkan ke *kiln*.



Gambar 2.15 Flowsheet Proses Unit Coal Mill Tuban 1

Tabel 2.6 Kondisi *Temperature* pada setiap *stage*

Stage	Suhu Material Keluar (°C)
I	310-330
II	564-570
III	721-765
IV	724-881
Stage	Suhu Gas yang Keluar
I	310-330
II	564-570
III	721-765
IV	724-881
Calsiner	855-912

Produk dari *roller mill* dimasukkan dalam blending silo berkapasitas 20.000 ton. Material yang keluar dari kedua silo merupakan umpan kiln dikirim ke *kiln feed bin* dengan kapasitasnya 90 ton lewat *air slide*. Umpan *kiln* yang ada di *air slide* diambil sampelnya dengan alat sampler masuk kedalam sampler transport dan dikirim ke laboratorium untuk dianalisa komposisinya. Dari *kiln feed bin*, umpan kiln dibagi dalam bin kalibrasi yang masing-masing berkapasitas 50 ton. Keluar dari bin kalibrasi ditimbang oleh *flowmeter* yang kemudian ditransport ke SLC dan ILC *preheater*. Agar tetap konstan, maka feed dilengkapi dengan 3 buah control loop. Kontrol pertama akan mengontrol level material di dalam *feed bin* dimana jumlah material dapat diketahui dengan adanya *loadhell* yang dipasang pada *feed bin*. Perbedaan dari hasil pengukuran *loadhell* yang dipasang pada *feed bin* dibandingkan dengan *set point* akan memerintahkan membuka atau menutup *control gate* pada silo dan mengatur aliran material yang masuk ke dalam *feed bin*.

*Control loop* kedua akan mengatur level material yang ada dalam masing-masing bin kalibrasi. Aliran material yang lewat *control gate* diatur. Dan *set point* menjaga jumlah material didalam kabin. *Control Loop* ketiga mengontrol *feed* yang masuk kedalam *preheater*. Material yang meninggalkan kedua bin kalibrasi dikontrol oleh *schenk flow meter* yang akan menginstruksikan untuk membuka dan menutup *control gate*.

### ***Pyroprocessing System***

Sistem ini terdiri dari double string dengan 4 stage preheater dan reciprocating gate cooler, dimana string pertama merupakan ILC atau In Line Calciner dan yang kedua SLC atau Separate Line Calciner. *Pyroprocessing System* mampu menghasilkan clinker sebanyak 7500 ton/day. Arah masuknya material (Feed Kiln) dengan gas panas adalah Counter Current. Perpindahan panas pada preheater terjadi di pipa aliran preheater dimana perpindahan panas yang terjadi secara co-current. 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 kedalam preheater berupa gas panas. Sedangkan debu klinker turun ke Chain conveyor yang dimasukkan ke Clinker cooler.

Gas panas yang keluar dari preheater masih dimanfaatkan untuk mengeringkan raw material dalam raw mill, yang kemudian dibuang ke udara bebas lewat stack setelah dibersihkan di EP.

Tabel 2.7 Reaksi yang terjadi pada preheater

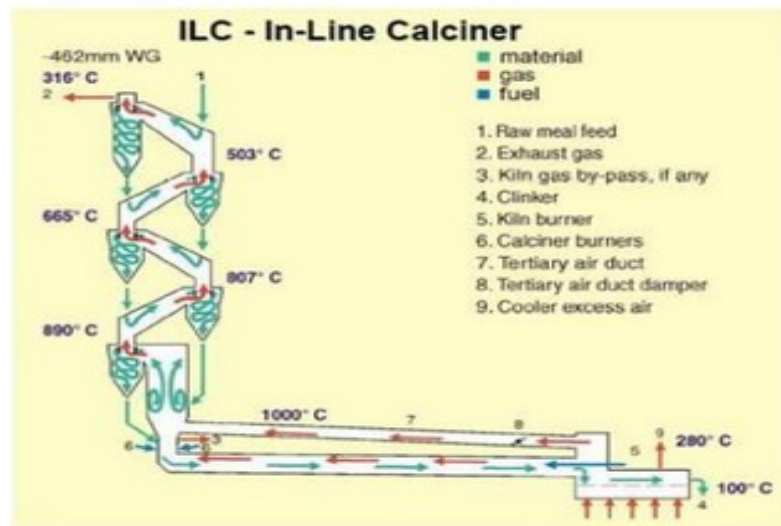
Suhu (°C)	Tahap Proses
100	Penguapan air bebas dari bahan baku, dan uap air menguap bersama gas hasil pembakaran
500-600	Pelepasan air kristal hidrat pada tanah liat $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
600-800	Kalsinasi sampai 90% $\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ $\text{MgCO}_3 \longrightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$

### ***Suspension Preheater***

Setiap string dari double string preheater terdiri dari 4 stage atau 4 cyclone yang dipasang secara seri satu diatas yang lain. Untuk meningkatkan efisiensi pemisahan antara gas panas dan material didalam preheater, maka pada stage teratas dipasang double cyclone. Pemberian nomor stage dari atas ke bawah, stage pertama sampai stage ketiga berfungsi sebagai pemanas umpan kiln, sedangkan stage keempat digunakan sebagai pemisah produk luar dari flash calciner yang terkalsinasi.

Proses pemanasan pada preheater ILC menggunakan gas panas yang berasal dari sisa kiln dan sebagian kecil cooler. Sedangkan pembakaran di kiln

menggunakan sedikit udara primer yang berasal dari fan utama dimana berfungsi sebagai pengumpan batu bara ke Kiln. Udara primer ini akan bercampur dengan udara sekunder di dalam kiln, dan akhirnya keluar kiln tertarik oleh Fan masuk kedalam Preheater ILC. Selain itu pemanasan dalam preheater ILC juga menggunakan udara sekunder yang berasal dari proses pendinginan pada Clinker cooler, yang akhirnya keluar dari preheater ILC dengan temperatur kurang lebih 794°C.



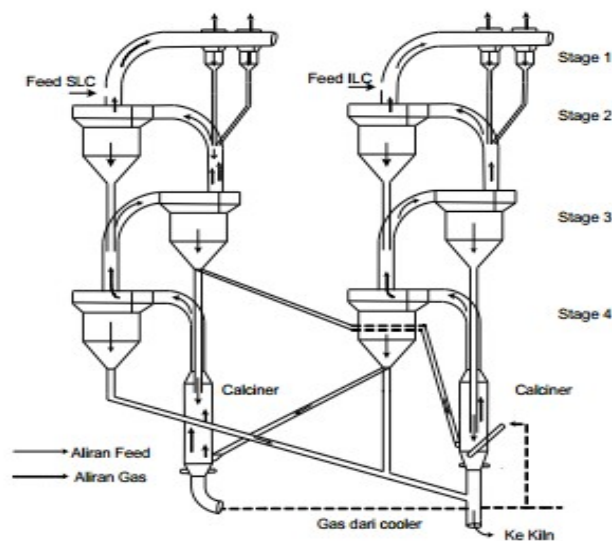
Gambar 2.16 Preheater ILC

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  $\pm 160^{\circ}\text{C}$  dari *kiln feed bin* masuk kedalam *pre heater* ILC. Perjalanan material dimulai dari *stage I* melalui *rotary feeder* yang berfungsi mencegah udara masuk bersamaan dengan material. Material bercampur

dengan 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 menuju *down pipe* dan tertarik oleh fan masuk ke *stage* II dengan *temperature* material  $\pm 377^{\circ}\text{C}$ . Material dari *stage* II jatuh menuju *down pipe* dan tertarik oleh fan menuju ke *stage* III dengan *temperature*  $\pm 576^{\circ}\text{C}$ . Setelah dari *stage* III, material jatuh melalui *down pipe* menuju ke *calciner* ILC dengan suhu  $\pm 749^{\circ}\text{C}$ . Pada *calciner* ILC material mendapatkan pemanasan yang lebih tinggi yaitu  $\pm 844^{\circ}\text{C}$  sehingga proses *calcinasi* terjadi sampek 65%. Kemudian material menuju *stage* IV dengan suhu  $\pm 855^{\circ}\text{C}$  karena tarikan udara dari fan. Dan bila menggunakan dua *string* (ILC dan SLC) maka *gate* akan mengalahkan material untuk masuk ke *calciner* SCL dengan *temperature*  $\pm 862^{\circ}\text{C}$ , dengan demikian material ILC akan bercampur dengan material yang masuk ke SLC. Didalam *calciner* SLC ini terjadi *calcinasi* hingga 91%. Setelah dari *calciner* SLC, karena tarikan fan, material menuju ke *stage* IV SLC dengan *temperatur*  $\pm 880^{\circ}\text{C}$

Bila menggunakan hanya satu string maka *pre heater* hanya bisa menggunakan ILC saja. Proses pemanasan pada *pre heater* selain menggunakan panas dari *kiln*, *pre heater* (ILC dan SLC) juga menggunakan bahan bakar tambahan untuk mencapai *calcinasi* hingga 91%. Biasanya membutuhkan *supply* batubaru untuk ILC 5,65 ton/jam, sedangkan untuk SLC hingga 21,83 ton/jam dengan membutuhkan panas yang lebih besar.

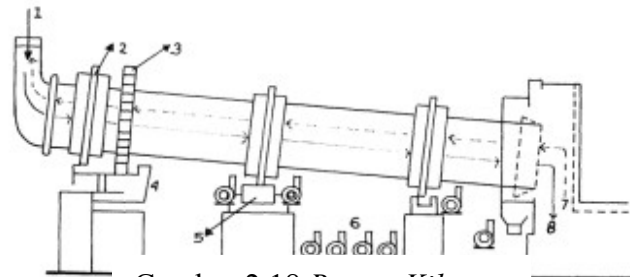


Gambar 2.10 Suspension Preheater  
Sumber : Ir. Aris Sunarso, Proses pembuatan Semen di Pabrik Tuban, 2001

Gambar 2.17  
Suspension Preheater

Proses Pembakaran  
Akhir (*Rotary Kiln*)  
Keterangan Gambar :

- 1. Inlet Chamber
- 2. Girth Gear
- 3. Nose Ring
- 4. Main gear
- 5. Speed reducer
- 6. Blower
- 7. Aliran gas
- 8. Aliran material gas ke Cooler



Gambar 2.18 Rotary Kiln

Material yang keluar dari *cyclone stage IV SLC* lewat *riser duct* diumpankan kedalam *kiln* dengan *temperature* masuk  $\pm 880^{\circ}\text{C}$ . Disini material akan mengalami proses pembakaran menjadi *clinker*. Karena *calcinasi* 91% sudah terjadi pada *calciner* SLC maka umpan didalam *kiln* akan mengalami *calcinasi* lebih lanjut hingga 100% pada *calcining zone* dengan *temperature*  $900-1000^{\circ}\text{C}$ , kemudian diteruskan melewati *trasision zone* dengan suhu sekitar  $1000-1260^{\circ}\text{C}$ . Didaerah ini terjadi perubahan material ke fase cair. Setelah itu material melewati *burning zone* dengan suhu  $1260-1510^{\circ}\text{C}$ , sehingga terjadi reaksi dalam fase cair menghasilkan senyawa klinker ( $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_4\text{AF}$ ,  $\text{C}_3\text{S}$ ). 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 *temperature* sangat tinggi yaitu  $\pm 1400^{\circ}\text{C}$

Sistem pembakaran *rotary kiln* yang digunakan adalah *indirrect firing*, yaitu batu bara hasil penggilingan di *coal mill* dan menggunakan gas panas dari *pre heater*. Batu bara yang digunakan mempunyai diameter 20 mikron dan



kebutuhan batubara yang digunakan untuk pembakaran terak di *kiln* sebesar 15,47 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* bertemperatur tinggi dan akan menjadikan *calsinasi* 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 didalam *kiln* menuju *clinker cooler* disebabkan karena adanya kemiringan 4° 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 didalam *clinker cooler*. Pendinginan didalam *kiln* disebabkan adanya udara *sekunder* yang berasal dari *clinker cooler* dengan suhu sekitar 800 - 900°C. *Clinker* yang keluar dari *kiln* dengan suhu sekitar 1200-1250°C akan mengalami pendinginan lebih lanjut didalam *clinker cooler*. Sebagai media pendingin digunakan udara luar yang dihembuskan oleh 14 buah *fan*.



Gambar 2.19 Kiln

Pada *rotary kiln* dibagi menjadi 4 *zone*, yaitu :

- 1) *Zone* kalsinasi : suhu 900 - 1000°C
- 2) *Zone* transisi : suhu 1000- 1250°C
- 3) *Zone* pembakaran (*burning*) : suhu 1250- 1450°C
- 4) *Zone* pendinginan (*cooling*) : suhu 1450- 1300°C

a. *Zone* kalsinasi

Merupakan *zone* kalsinasi  $\text{CaCO}_3$  yang tersisa setelah melewati *pre heater* dan sebagian  $\text{CaO}$  yang sudah terurai dari proses kalsinasi didalam *pre heater*, mulai membentuk campuran  $\text{C}_{12}\text{A}_7$  dan sebagian  $\text{CaO}$  dan oksida silika terbentuk yaitu  $\text{C}_2\text{S}$ . Dindingnya dilapisi batu tahan api :

- 1) Pada *zone* ini *temperatur* proses kalsinasi sekitar : 600-800°C  
 Reaksi yang terjadi :  

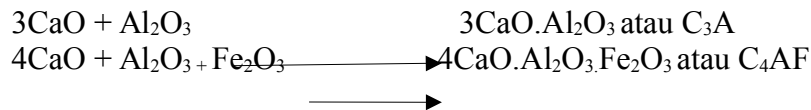
$$\begin{array}{lcl} \text{CaCO}_3 & \longrightarrow & \text{CaO} + \text{CO}_2 \quad T = 800 - 850^\circ\text{C} \\ \text{MgCO}_3 & \longrightarrow & \text{MgO} + \text{CO}_2 \quad T = 700 - 750^\circ\text{C} \end{array}$$
- 2) Proses pembentukan kalsium silikat ( $\text{C}_2\text{S}$ ) pada *temperatur* 800 - 900°C, tetapi sebagian kecil telah terjadi sebelum *temperatur* 800°C.  
 Reaksi yang terjadi :  

$$2\text{CaO} + \text{SiO}_2 \longrightarrow 2\text{CaO}.\text{SiO}_2 \text{ atau } \text{C}_2\text{S}$$

b. *Zone* transisi

Pada *zone* ini proporsi CaO akan semakin besar, sebaliknya proporsi CaCO<sub>3</sub> semakin kecil dan habis sempurna pada temperatur bahan sekitar 900 °C, pada temperatur tersebut proporsi C<sub>2</sub>S semakin meningkat sampai temperatur bahan sekitar 1200 °C, sedangkan oksida besi mulai mengikat campuran oksida kalsium dan oksida alumina membentuk campuran C<sub>2</sub>(A,F), dengan meningkatnya temperatur maka oksida kalsium (CaO) bergabung dengan kalsium alumina dan C<sub>2</sub>(A,F) masing – masing membentuk C<sub>3</sub>A dan C<sub>4</sub>AF. Pembentukan C<sub>3</sub>A dan C<sub>4</sub>AF terjadi pada temperatur ± 1000 -1200°C

Reaksi tersebut adalah :



c. *Zone* pembakaran

Didaerah ini terjadi pelelehan pada *temperatur* tinggi (± 1200 – 1350 °C) dimana campuran kalsium *alumina ferrit* mengalami fase cair.

- 1) Bagian CaO yang tidak bereaksi dengan oksida – oksida alumina besi dan silika biasanya dalam bentuk CaO bebas atau *free lime*, banyaknya presentasi dibatasi dibawah 1%.
- 2) Pada temperatur tinggi ini sisa unsur CaO mengikat C<sub>2</sub>S untuk membuat campuran C<sub>3</sub>S.

Reaksi yang terjadi :



d. *Zone* pendinginan

Didaerah ini campuran kalsium *alumina ferrit* yang berbentuk cairan bentuk fisisnya berubah mengkristal setelah terjadi pendinginan yang terjadi didalam *cooler*. *Temperature* dalam zona ini sekitar 1350-800°C, sehingga material keluar *kiln* mempunyai suhu ± 800°C. Dinding zona ini dilapisi dengan batu tahan api.

Tabel 5.2 Reaksi Pembentukan *Clinker* yang terjadi pada *Rotary Kiln*

Suhu (°C)	Reaksi
900-1000	Kalsinasi lanjutan : $\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
	Awal Pembentukan <i>Dicalcium Silikat</i> ( $\text{C}_2\text{S}$ ) $2\text{CaO} + \text{SiO}_2 \longrightarrow 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
1000-1250	Awal pembentukan <i>Tricalcium Alumina</i> ( $\text{C}_3\text{A}$ ) $3\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \longrightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ Awal pembentukan <i>Tetracalcium Alumina Ferrit</i> ( $\text{C}_4\text{AF}$ ) $4\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \longrightarrow 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
1250-1450	Awal pembentukan <i>Tricalcium Silika</i> ( $\text{C}_3\text{S}$ ) $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 2\text{CaO} \longrightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$



## Proses

### Pendinginan (*Clinker Cooler*)

*Cli* Gambar 2.20 Flowsheet Preheater dan Kiln

1400°C

turun ke *clinker cooler* untuk pendinginan sampai *temperature* 100°C diatas 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 kedalam kompartemen.

*Clinker* halus dengan *temperature*  $\pm 229^\circ\text{C}$  tertarik oleh *cooler vent fan* masuk dan menempel kedalam *electrostatic precipitator* yang bermuatan positif.

*Clinker cooler* memiliki tiga *section* dengan tiga pompa hidrolik untuk menggerakkan *grade plate*. *Section 1* terdapat *venting* diatas ruang-ruang udara dibawah *grade plate*, sedangkan untuk *section 2* dan 3 tidak ada.

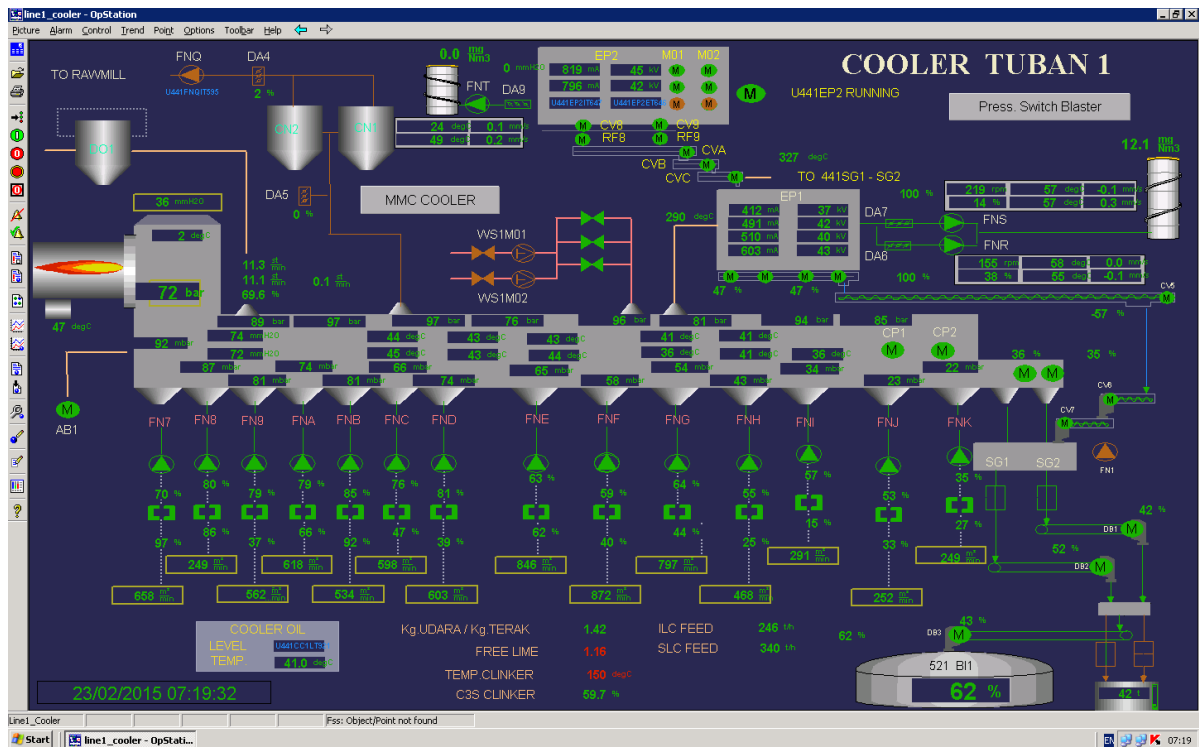
Apabila terjadi gangguan pada *electrostatic precipitator* akibat *temperature clinker* yang masuk terlalu tinggi ( $> 350^\circ\text{C}$ ), maka untuk menghindari terjadinya ledakan, *electrostatic precipitator* dimatikan, sehingga *clinker* akan terlepas dari dinding *electrostatic precipitator* terbawa oleh *cooler vent fan* dan keluar bersama-sama kelingkungan melalui *electrostatic precipitator stack*. Pada

*electrostatic precipitator* terdapat *water spray* untuk mendinginkan debu yang masuk agar suhunya tidak  $> 300^{\circ}\text{C}$ .

*Clinker* yang masih kasar dihancurkan terlebih dahulu oleh *clinker breaker*, kemudian masuk ke *drag belt conveyor* dan akhirnya masuk kedalam *dome*.

Bila terjadi kondisi *up set*, artinya terjadi gangguan pada *kiln* yang disebabkan oleh berbagai faktor, diantara seperti 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 *clinker* (terak) mentah. *Clinker* yang masih mentah bisa dimanfaatkan lagi dengan cara memasukkannya ke *reject bin* yang kapasitasnya 1000 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*, *calciner*, dan *raw mill*. Udara paling panas digunakan sebagai udara pembakar *sekunder*. Udara kompartemen berikutnya digunakan sebagai udara pembakar di *calciner* (ILC dan SLC). Sisa udara keluar ke *electrostatic precipitator* atau dihembuskan melalui *booster fan* ke sistem *raw mill*.

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



Gambar 2.21 Flowsheet *Clinker Cooler*

### Proses Penggilingan Akhir (*Finish Mill*)

Tujuan dari seksi ini adalah untuk menggiling clinker hasil dari seksi 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.

Proses penggilingan akhir terdiri dari 3 tahap proses utama yaitu :

#### 1. Proses Penyiapan *Clinker* dan Bahan Additive

*Clinker* matang yang dikeluarkan oleh *clinker cooler* dengan temperatur 82°C dibawa ke *clinker storage silo* yang berkapasitas 75.000 ton melauai *drag belt conveyor*.

*Clinker storage silo* mempunyai sebelas *outlet*, masing – masing dengan *Discharge Gate*. *Gate – gate* ini juga mengumpulkan ketiga *belt conveyor* yang beroperasi dibawah *clinker storage silo*. *Belt – belt* ini mengumpankan ke *belt* yang lain dan ke *bucket elevator* untuk mencapai ke *Finnish Mill Feed Bin* yang berkapasitas 175 ton per jam. *Gypsum* dan *Trass*/batu kapur yang diperlukan oleh tuban *line 2* (mill 3 dan mill 4) diambil dari *line* tuban 1. Setelah *gypsum* dan *trass*/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.

## 2. Proses *Size Reduction* di HRC

Klinker, *gypsum* dan batu kapur (OPC) atau trass (PPC) masuk kedalam *bin* masing – masing. Dari *bin* ditimbang dengan menggunakan *weight feeder* (WF 1,2,dan 3) sehingga dapat dikontrol dpada CCR (Central Control Room) *feed* yang keluar dari *bin* dengan prosentase yang direkomendasikan oleh laboratorium. Klinker setelah mengalami penimbangan di *weight feeder* masuk kedalam *bin* HRC (*Hidraulic Roller Crusher*) melalui *belt conveyor*, *bucket elevator* dan *belt conveyor* untuk ditampung. Dari bin HRC masuk kedalam HRC untuk dilakukan *pre-grinding* yaitu memecah terak / *clinker* sebelum penggilingan terakhir di *Finnish Mill*. Sebagian terak tergiling yang lolos melalui HRC dikembalikan lagi ke HRC untuk menjaga ketinggian material diatas *roll crusher*. *Weight feeder* untuk *gypsum* dan trass/batu kapur telah dialirkan keluar pada *belt conveyor* baru. *Conveyor* ini memindahkan material ke *bucket elevator* yang keluaran materialnya langsung ke *Finnish Mill*, tanpa melalui HRC. Terak masih diumpankan ke HRC dan dicampur dengan *gypsum* dan trass/ batu kapur saat masuk ke *Finnish Mill*. Suhu semen diatur oleh *mill venting*, *water spray*, didalam *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* dimana 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 colector separator* dipindahkan dengan *air slide* dan *bucket elevator* ke semen *silo*.

Apabila kapasitas *bin* HRC melampaui batas, maka klinker akan masuk kedalam *ball mill* melewati *gate*. Kapasitas *feed* klinker yang masuk kedalam HRC lebih besar daripada kapasitas *feed* yang masuk kedalam *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 terbang akibat pengangkutan, sekaligus mengurangi polusi udara di sekitar lokasi.

### 3. 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 kedalam *ball mill*. Sedangkan pada bahan pembantu, *gypsum* dengan kecepatan 9,43 t/h dan trass (PPC) atau batu kapur (OPC) 1.90 t/h setelah mengalami penimbangan di *weight feeder* melalui *belt conveyor* dan *bucket elevator* masuk kedalam *ball mill* bercampur dengan klinker untuk digiling.

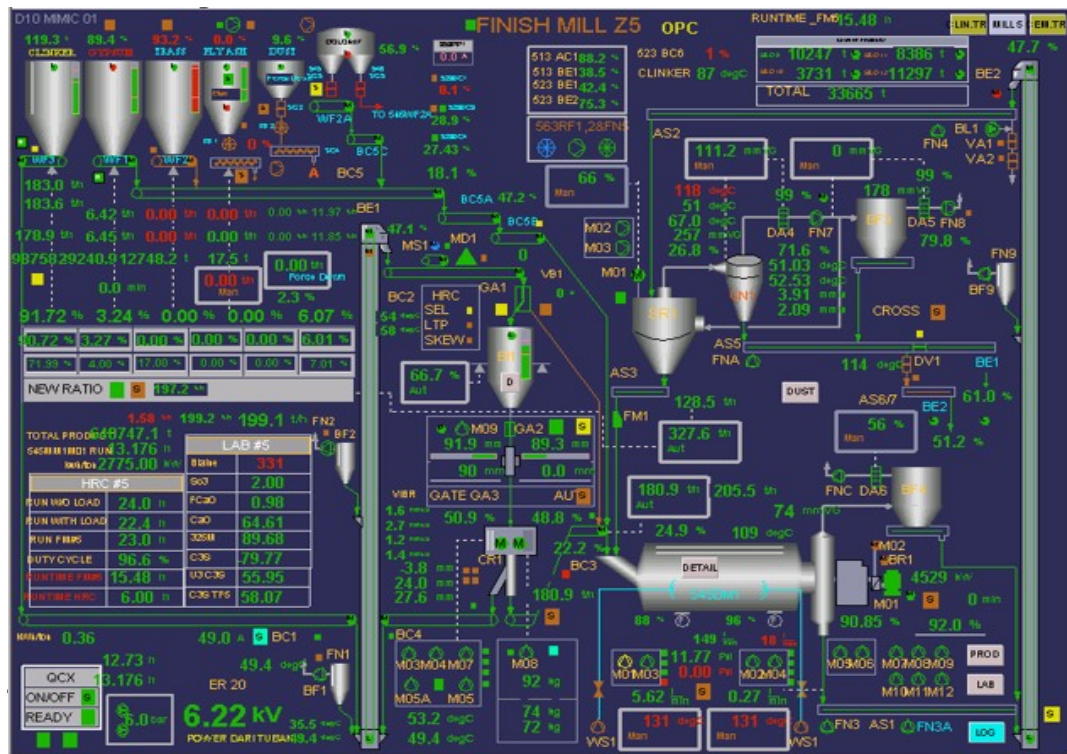
Didalam *ball mill* terdapat dua kompartemen yang dipisahkan oleh diafragma. Pada kompartemen I (*Lifting linier*), campuran semen mengalami penggilingan awal menjadi partikel yang berukuran 70 mesh. Setelah dari kompartemen I, campuran semen masuk kedalam kompartemen II (*classifying linier*) melewati diafragma. Didalam kompartemen II terdapat bola – bola penggiling yang ukurannya lebih kecil daripada bola – bola pada kompartemen I, disini campuran semen digiling kembali menjadi partikel yang berukuran partikel 90 mikron (325 mesh) atau  $3.200 \pm 100$  *blaine*. Untuk mengendalikan temperature campuran semen dalam *ball mill* (115°C), maka dilakukan *water spray* didalam *ball mill*.

Untuk menarik campuran semen didalam *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 *silو* untuk ditampung.

Campuran semen yang halus yang berukuran 325 mesh dari *ball mill* melalui *air slide* dan *bucket elevator* masuk kedalam *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 kedalam *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*.



dan 6). Dari *silo* yang berjumlah 4, tetapi pada setiap pengoperasiannya hanya digunakan 2 *silo* secara bergantian. Didalam *silo* terdapat *fan* (FN 1 dan 2) yang berfungsi untuk menarik material (semen) yang disimpan didalam *silo* untuk dimasukkan kedalam alat transportasi *air slide* yang berjumlah 8. *Air Slide* yang mempunyai kemiringan 60° ini dilengkapi oleh *blower* yang berfungsi untuk menggerakkan material (semen) didalam *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 ( $40 \pm 1$  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 di distribusikan lewat angkutan darat dan angkutan.

## **5. Laboratorium Pengendalian Proses**

Laboratorium ini berfungsi untuk menganalisa sampel pada proses produksi agar proses dapat terkendali sesuai dengan target semen yang diinginkan. Pengendalian dilakukan mulai dari unit operasi *crusher* sampai unit *finnish mill*. Laboratorium ini menentukan komposisi material yang digunakan maupun kondisi operasi proses (temperature, tekanan, dsb).

### **Laboratorium X-ray**

Pada laboratorium ini dilakukan analisa pada bahan baku, bahan dalam proses dan produk yang dihasilkan dengan menggunakan alat *X-Ray Spectrofotometer*. Alat ini digunakan untuk menganalisa kandungan-kandungan oksida yang terdapat pada material/sampel.

Prinsip kerja pada alat ini yaitu dengan menambahkan pil perekat pada sampel yang akan dianalisa, kemudian sampel tersebut digiling/dihaluskan. Setelah dihaluskan, sampel tersebut di cetak pada cetakan *stainless O-Ring* dengan diberi tekanan. Selanjutnya dianalisa pada alat *X-Ray spectrofotometer*. Pada alat ini dilakukan penembakan sinar X pada sampel. Jenis elemen yang akan teranalisa antara lain meliputi  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_4\text{AF}$ .

### **Penetapan Kehalusan**

Contoh yang dianalisa adalah semen, kehalusan dinyatakan dalam  $\text{cm}^2/\text{gram}$ . Selain dengan blaine kehalusan dapat dinyatakan dengan persen sisa diatas ayakan 325 mesh, berarti makin halus semennya makin kecil persen sisanya. Secara teoritis semakin halus semen maka kekuatan semen semakin tinggi, sebab alkali-alkali potensial lebih mudah bereaksi sempurna dengan air. Juga didasarkan pada penelitian dengan kehalusan yang tinggi akan menyebabkan terjadinya gangguan pada saat penggunaan, seperti waktu pengerasan yang terlalu singkat, volume konstruksi beton menyusut, semen dalam kantong cepat mengeras dalam penyimpanannya dan lain-lain.

Prinsip : alat blaine pada dasarnya menarik sejumlah udara melalui suatu alas semen yang disiapkan dengan porositas tertentu. Jumlah dan besar pori-pori alat yang disiapkan merupakan fungsi dari ukuran butir-butir semen dan menentukan kecepatan aliran udara melalui alasnya.

### **6. Laboratorium Jaminan Mutu**

Laboratorium ini berfungsi untuk menganalisa bahan mentah pada saat ditambang atau setelah ditambang agar dapat diketahui raw materialnya sehingga dapat memenuhi semen yang diinginkan.

Pada laboratorium ini terdapat 3 laboratorium penunjang, yaitu laboratorium bahan bakar, laboratorium bahan baku, dan laboratorium semen.

- **Laboratorium Batu Bara**

Laboratorium bahan bakar ini menganalisa bahan bakar yang akan digunakan pada proses produksi baik itu batubara, dan bahan bakar alternatif. Yang dianalisa dalam laboratorium ini adalah : analisa kadar air (total moisture), analisa ash content (kadar abu), analisa GCV (*Gross Caloric Value*), dan *Volatile Matter Analysis*

- **Laboratorium Kimia Semen**

Dalam proses analisa ini bahan yang digunakan adalah produk dari finish mill 1-8. Pada laboratorium ini melakukan beberapa pengujian terhadap semen, yaitu : pengujian kehalusan semen (*Blaine*), analisa kehalusan semen (*Mesh*), analisa *Free lime* terak dan semen, pengujian hilang pijar dalam semen (LOI), pengujian *insoluble* dalam semen OPC dan PPC.

- **Laboratorium Fisika Semen**

Dalam laboratorium ini melakukan analisa pengujian secara fisika pada semen, yaitu : pengujian normal konsistensi, pengujian setting time, pengujian pemuatan (ekspansi), pengujian kuat tekan, pengujian warna dengan calorimeter

- **Laboratorium Bahan Baku**

Bahan baku yang diuji pada laboratorium ini adalah bahan koreksi (pasir silika dan pasir besi), bahan pengisi (trass dan fly ash), dan returder (gypsum). Yang diuji kadar air serta analisa x-ray.

## **g. Komposisi Semen**

Semen Portland terutama terdiri dari oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO<sub>2</sub>), oksida alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dan oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Kandungan dari keempat oksida kurang lebih 95% dari berat semen dan biasanya disebut "*major oxides*", sedangkan sisanya sebanyak 5% terdiri dari oksida Magnesium (MgO) dan oksida lain. Keempat oksid utama pada semen akan membentuk senyawa-senyawa yang biasa disebut :

1. Trikalsium Silikat, 3CaO.SiO<sub>2</sub> disingkat C<sub>3</sub>S
2. Dikalsium Silikat, 2CaO.SiO<sub>2</sub> disingkat C<sub>2</sub>S
3. Trikalsium Aluminat, 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> disingkat C<sub>3</sub>A
4. Tetra Kalsium Alumino Ferrite, 4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> disingkat C<sub>4</sub>AF

Keempat senyawa tersebut mempunyai sifat sebagai berikut :

1.  $C_3S$

Sifat  $C_3S$  hampir sama dengan sifat semen, yaitu apabila ditambahkan air akan menjadi kaku dan dalam beberapa jam saja pasti akan mengeras.  $C_3S$  menunjang kekuatan awal semen dan menimbulkan panas hidrasi kurang lebih 500 joule/gram. Kandungan  $C_3S$  pada semen portland bervariasi antara 35%-55% tergantung pada jenis semen portland.

2.  $C_2S$

Pada penambahan air segera terjadi reaksi, menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan sedikit panas yaitu kurang lebih 250 joule/gram. Pasta yang mengeras, perkembangan kekuatannya stabil dan lambat pada beberapa minggu, kemudian mencapai kekuatan akhir hampir sama dengan  $C_3S$ . Kandungan  $C_2S$  pada semen Portland bervariasi antara 15%-35% dan rata-rata 25%.

3.  $C_3A$

Dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi yaitu kurang lebih 850 joule/gram. Perkembangan kekuatan terjadi pada satu sampai dua hari, tetapi sangat rendah. Kandungan  $C_3A$  pada semen Portland bervariasi antara 7%-15%.

4.  $C_4AF$

Dengan air bereaksi dengan cepat dan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi kurang lebih 420 joule/gram. Warna abu-abu pada semen dipengaruhi oleh  $C_4AF$ . Kandungan  $C_4AF$  pada semen Portland bervariasi antara 5%-10% dan rata-rata 8%.

## **h. Sifat-sifat Semen**

Sifat-sifat semen antara lain sebagai berikut :

### **➤ Sifat Fisika Semen**

Sifat fisika semen merupakan salah satu segi penting yang perlu diperhatikan, karena sifat fisik sangat mempengaruhi kualitas dan kemampuan semen. Sifat-sifat fisik tersebut antara lain :

#### **1. Pengikatan (*Setting*) dan Pengerasan (*Hardening*)**

Proses *setting* dan *hardening* terjadi karena adanya pembentukan komponen hidrat yang dihasilkan dari reaksi hidrasi. Semen apabila dicampur dengan air akan menghasilkan pasta yang elastis dan dapat dibentuk (*workable*), sampai beberapa waktu karakteristik dari pasta tersebut tidak berubah dan periode ini sering dinamakan *dormant periode*. Pada tahapan selanjutnya pasta mulai menjadi kaku walau masih ada yang lemah, tetapi sudah tidak dapat dikerjakan

(*unworkable*), kondisi ini dinamakan *initial set*. Tahapan berikutnya pasta melanjutkan kekuatannya sehingga didapat padatan yang utuh, kondisi ini dinamakan *final set*. Proses pengerasan berjalan terus dan sejalan dengan waktu akan diperoleh kekuatan, proses ini dinamakan *hardening*. Hasil padatan tersebut biasa disebut *hardened cement paste* atau *cement stone*. Jika pada pasta semen ditambahkan pasir dan agregat maka sifat *cement stone* akan meningkat. (Locher and Kropp, 1986 dalam Wiranto)

Waktu yang dibutuhkan untuk mengeras ditunjukkan melalui analisa *setting time*. Analisa *setting time* dapat menunjukkan normal atau tidaknya hidrasi semen. Alat pengujinya adalah *vicat* dan *gillmore*.

## **2. Kuat Tekan (*Strength*)**

Kuat tekan merupakan kemampuan semen untuk menahan suatu beban tekan. *Cement gel* merupakan dasar kekuatan semen. *Cement gel* terbentuk dari rangka lanjutan *calcium silicate hydrate* dan *calcium aluminate hydrate*. (Locher and Kropp, 1986 dalam Wiranto)

Kuat tekan semen sangat dipengaruhi oleh komponen kimia semen yaitu  $C_3S$  dan  $C_2S$ . Untuk komponen  $C_3S$  memberikan kuat tekan awal pada semen sedangkan untuk  $C_2S$  memberikan kuat tekan akhir yang hampir sama dengan  $C_3S$ . Komponen  $C_3A$  berpengaruh pada kecepatan pengerasan semen, dan  $C_4AF$  berpengaruh pada warna semen. (Austin, 1985)

Faktor yang mempengaruhi kuat tekan semen adalah :

1. Kehalusan semen, makin halus ukuran partikel semen maka kuat tekan yang dimiliki akan semakin besar.
2. Pori-pori, makin besar pori-pori semakin rendah kekuatan semen.
3. Senyawa  $C_3S$  dan  $C_2S$  pada semen

## **3. Kehalusan**

Kehalusan sangat berpengaruh terhadap kecepatan hidrasi semen, semakin tinggi kehalusan kecepatan hidrasi semen akan semakin meningkat. Efek kehalusan dapat dilihat setelah 7 hari setelah reaksi semen dengan air. Alat pengukur kehalusan adalah ayakan dan *blaine*.

## **4. Pengembangan Volume**

Sifat ini mengarah pada kemampuan pengerasan dan pengembangan volume semen setelah bereaksi dengan air. Kurangnya pengembangan volume semen disebabkan karena jumlah  $CaO$  bebas dan  $MgO$  yang terlalu tinggi. Alat pengembangan volume adalah *autoclave*.

## **5. Penyusutan (*Shrinkage*)**

Penyusutan dibagi dalam tiga macam, yaitu *hidration shrinkage*, *drying shrinkage*, dan *carbonation shrinkage*. Penyebab keretakan terbesar pada beton adalah *drying shrinkage*, yang disebabkan oleh penguapan air yang terkandung dalam pasta semen selama berlangsungnya proses setting dan hardening. *Shrinkage* dipengaruhi oleh komposisi semen, jumlah air pencampur, *concentrate mix*, dan *curing condition*.

#### **6. Konsistensi**

Konsistensi semen adalah kemampuan semen mengalir setelah bercampur dengan air. Alat pengujinya adalah *vicat*.

#### **7. Densitas**

Densitas semen tidak berpengaruh pada kualitas semen, tapi sangat diperlukan dalam perhitungan.

#### **8. False set**

*False set* atau pengikatan semu adalah pengikatan tidak wajar yang terjadi ketika air ditambahkan dalam semen. Setelah beberapa menit semen akan mengeras, tetapi jika diaduk sifat plastis semen akan timbul kembali. *False set* disebabkan karena hilangnya air kristal pada *gypsum* akibat tingginya temperatur saat penggilingan terak.

#### **9. Soundness**

*Soundness* adalah kemampuan pasta semen untuyk mempertahankan volumenya setelah proses pengikatan. Berkurangnya *soundness* berarti timbulnya kecenderungan beton untuk berekspansi, ini disebabkan oleh tingginya kadar *free lime* (kapur bebas) dan magnesia.

Adapun reaksi-reaksi yang memungkinkan timbulnya sifat ekspansi pada beton adalah :

1. Reaksi antara  $C_3A$  dengan  $SO_3$  yang membentuk *ettringite* ( $C_6AS_3H_{32}$ )
2. Hidrasi *free lime*, yaitu reaksi  $CaO$  dengan  $H_2O$
3. Hidrasi *free MgO*, yaitu reaksi  $MgO$  dengan  $H_2O$

### ➤ **Sifat Kimia Semen**

Pembahasan sifat kimia semen disini meliputi pembahasan komposisi zat yang ada didalam semen, reaksi-reaksi yang terjadi dan perubahan yang terjadi saat penambahan air pada semen. Hal ini perlu dilakukan karena komposisi dan sifat komponen tersebut sangat mempengaruhi sifat semen secara keseluruhan.

**Reaksi kimia dan perubahan yang terjadi setiap kenaikan temperatur.**

#### **a. Hidrasi Semen**

Hidrasi semen merupakan reaksi yang terjadi antara senyawa semen dengan air. Semen terdiri atas beberapa senyawa, dengan demikian hidrasi semen terdiri dari beberapa reaksi kimia yang berjalan bersamaan. Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi hidrasi adalah kehalusan semen, jumlah air, temperatur, dan komposisi kimia. Hasil dari reaksi-reaksi ini adalah senyawa hidrat.

Di dalam semen, *gypsum* berfungsi untuk memperlambat setting. *Gypsum* terutama bereaksi dengan  $C_3A$  membentuk *ettringite* yang akan melapisi  $C_3A$  dan menahan reaksi  $C_3A$ , lapisan ini akan pecah dan akan digantikan dengan lapisan yang baru sampai seluruh *gypsum* habis bereaksi. Bila kadar *gypsum* dalam semen terlalu tinggi maka jumlah lapisan yang melindungi  $C_3A$  akan semakin banyak dan waktu pengerasan semakin lama.

Waktu *gypsum* mampu memperlambat pengerasan semen namun kandungan *gypsum* dalam semen dibatasi (berdasarkan jumlah  $SO_3$ ) karena bila kelebihan  $SO_3$  di dalam semen akan mengakibatkan ekspansi sulfat yang menimbulkan keretakan pada beton. Kandungan maksimum  $SO_3$  dalam semen 1,6-3%.

**b. Durability**

*Durability* adalah ketahanan semen terhadap senyawa-senyawa kimia, terutama terhadap asam sulfat. Senyawa sulfat biasanya terkandung dalam air laut dan air tanah. Senyawa ini menyerang beton dan menyebabkan ekspansi volum dan keretakan pada beton.

Mineral  $C_3A$  adalah komponen semen yang paling reaktif terhadap senyawa sulfat yang ada dalam air dan membentuk *High Calciyum Sufaluminate Hydrat* ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$ ). Oleh karena itu semen untuk pelabuhan harus mempunyai kadar  $C_3A$  yang rendah.

**c. Kandungan alkali dalam semen**

Kandungan alkali ( $Na_2O$  dan  $K_2O$ ) dalam semen cukup menguntungkan yaitu mengatur pelepasan alkali pada proses hidrasi dan dalam bentuk senyawa alkali sulfat dapat meningkatkan kekuatan awal semen (10% dalam waktu 28 hari). Tetapi kandungan alkali dalam semen dibatasi  $<0,6\%$  (dalam bentuk  $Na_2O$ ) karena kandungan alkali yang besar dapat menimbulkan fenomena ekspansi alkali. Alkali bereaksi dengan agregat yang terdapat dalam capuran beton.

**d. Panas Hidrasi**



Panas hidrasi adalah panas yang ditimbulkan semen saat bereaksi dengan air. Besarnya panas hidrasi tergantung dari komposisi semen dan kehalusan dari semen serta temperatur proses. Alat pengujinya adalah Bomb Kalorimeter.

Tabel 2.9 Panas Hidrasi yang dihasilkan

Komponen	Panas Hidrasi (J/g)
C <sub>3</sub> S	500
C <sub>2</sub> S	250
C <sub>3</sub> A	1340
C <sub>4</sub> AF	420
CaO	1150
MgO	840

Sumber : Locher and Kropp, 1986

Bila semen dengan kekuatan awal tinggi dan panas hidrasi besar, kemungkinan terjadi retak-retak beton. Hal ini disebabkan panas yang timbul sulit dilepaskan dan terjadi pemuaian, kemudian pada proses pendinginan akan mengalami keretakan yang diakibatkan oleh adanya penyusutan.

**e. Free Lime (Kapur bebas)**

*Free lime* adalah kapur (CaO) yang tidak bereaksi selama pembentukan terak. Kadar CaO di dalam semen dibatasi max 1%. Kadar *free lime* yang tinggi membuat beton memiliki kuat tekan yang rendah (akibat ekspansi kapur bebas) membentuk gel yang akan mengembang (*swelling*) dalam keadaan basah sehingga dapat menimbulkan keretakan pada beton.

**f. LOI (Lost In Ignition)**

LOI adalah hilangnya beberapa mineral akibat pemijaran. Senyawa yang hilang akibat pemijaran adalah air dan CaO. Kristal-kristal tersebut mudah terurai mengalami perubahan bentuk untuk jangka waktu yang panjang, sehingga dapat menimbulkan kerusakan beton setelah beberapa tahun. Oleh karena itu kadar LOI perlu diketahui agar penguraian mineral dalam jumlah yang besar dapat dicegah.

**g. Insoluble Residue**

*Insoluble Residue* adalah impuritas sisa setelah semen tersebut direaksikan dengan asam klorida (HCl) dan natrium karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). *Insoluble residue* dibatasi untuk upaya pencegahan tercampurnya semen Portland dengan bahan-bahan alami lainnya dan tidak dapat dibatasi dari persyaratan fisika.

#### **h. Modulus Semen**

Modulus semen adalah bilangan yang menyatakan perbandingan kuantitatif dari senyawa-senyawa  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Perhitungan modulus semen ini bertujuan untuk menentukan perbandingan jumlah dari masing-masing bahan mentah dalam penyiapan umpan kiln (*kiln feed*) sehingga diharapkan akan diperoleh terak/klinker dengan komposisi yang dikehendaki. Komposisi terak yang berbeda akan menghasilkan sifat semen yang berbeda pula.

Beberapa modulus semen yang biasa digunakan adalah sebagai berikut :

#### ***Hydraulic Modulus (HM)***

*Hydraulic Modulus* merupakan perbandingan antara  $\text{CaO}$  dengan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Nilai HM antara 1,7-2,3.

$$\text{HM} = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

*Hydraulic Modulus* yang tinggi menyebabkan :

1. Umpan kiln sulit dibakar, sehingga kebutuhan panas pembakaran tinggi.
2. Kadar *free lime* tinggi, sehingga dapat menyebabkan retak-retak saat semen diaplikasikan.
3. Kekuatan awal tinggi.

*Hydraulic Modulus* yang rendah menyebabkan :

1. Klinker mudah dibakar karena fluxing material berlebih.
2. Kekuatan awal rendah.
3. Kandungan  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_4\text{AF}$  turun.

#### ***Silica Ratio (SR)***

SR yaitu perbandingan antara  $\text{SiO}_2$  dengan total  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Nilai SR berkisar antara 1,9-3,2.

$$\text{SR} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

SR yang tinggi menyebabkan :

1. Klinker sulit dibakar, sehingga memerlukan suhu yang lebih tinggi.
2. Komposisi  $\text{C}_3\text{A}$  dan  $\text{C}_4\text{AF}$  turun.
3. Komposisi  $\text{C}_2\text{S}$  dan  $\text{C}_3\text{S}$  naik.
4. Fase meningkat karena suhu tinggi sehingga dapat merusak *coating*.
5. Merusak batu tahan api.
6. Memperlambat pengerasan semen.

SR yang rendah menyebabkan :

1. Klinker mudah dibakar.

2. Komposisi  $C_3A$  dan  $C_4AF$  naik.
3. Komposisi  $C_2S$  dan  $C_3S$  turun, sehingga *burnability factor* rendah.
4. Mempercepat pengerasan semen.

#### **Alumina Ratio (AR)**

AR merupakan perbandingan antara  $Al_2O_3$  dengan  $Fe_2O_3$ . Nilai AR biasanya antara 1,5-2,5.

$$AR = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

*Alumina Ratio* yang tinggi menyebabkan :

1. Klinker sulit dibakar, sehingga membutuhkan suhu yang lebih tinggi.
2. Kadar  $C_3A$  dan  $C_4AF$  naik.
3. Pengerasan semen cepat dan kekuatan awal tinggi.

*Alumina Ratio* yang rendah menyebabkan :

- i. Klinker mudah dibakar.
- j. Kadar  $C_4AF$  turun karena  $Al_2O_3$ .
- k. Terdapat sisa  $Fe_2O_3$ .
- l. Warna semen kurang gelap.

#### **Lime Saturation Factor (LSF)**

LSF adalah perbandingan antara  $CaO$  dalam *raw mill* dengan jumlah  $CaO$  maksimum yang dibutuhkan untuk mengikat oksida-oksida yang lain. LSF dapat dicapai jika semua silika telah terikat sebagai  $C_3S$ , semua oksida besi terikat dengan jumlah ekuivalen dengan alumina membentuk  $C_4AF$ , sedangkan sisa alumina membentuk  $C_3A$ . LSF yang tinggi pada umpan kiln akan menyebabkan pembakaran klinker menjadi lebih sulit.

$$LSF = \frac{100 \text{ CaO}}{2,8SiO_2 + 1,1Al_2O_3 + 0,7Fe_2O_3}$$

Jika  $LSF < 89$  menyebabkan terak mudah terbakar, kadar *free lime* rendah, *liquid* fase berlebihan sehingga cenderung membentuk ring dan *coating ashing*, potensial  $C_3S$  rendah,  $C_2S$  tinggi, dan panas hidrasi semen rendah.

Jika  $LSF > 98$  menyebabkan terak sulit dibakar, kadar *free lime* tinggi, temperatur *burning zone* tinggi, potensial kadar  $C_3S$  tinggi, dan panas hidrasi tinggi. Nilai LSF standar semen Portland antara 0,90-0,95.

#### **Burnability Index (BI)**

*Burnability Index* dihitung berdasarkan komponen klinker yang penting yaitu  $C_3S$ ,  $C_4AF$ ,  $C_3A$ . Dalam rumus berikut akan terlihat bahwa kandungan  $C_3S$  yang

tinggi dengan kandungan  $C_4AF$  atau  $C_3A$  yang rendah akan menyebabkan klinker sulit dibakar. Jadi makin besar nilai BI, makin sulit pembakaran klinker.

$$BI = \frac{C_3S}{C_4AF + C_3A}$$

## 2.2 Aktifitas Selama Prakerin

Aktifitas yang dilakukan selama Praktik Kerja Industri tercantum pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.10 Aktifitas selama Prakerin

No	Pelaksanaan Prakerin	
	Tanggal	Kegiatan
1	1 Februari 2016	Pengarahan Pabrik (K3, Profil, aturan perusahaan )

2	2 Februari 2016	Pengenalan penempatan kerja Praktek di RKC-1
3	3 Februari 2016	Materi dan Orientasi Unit Pengendalian Proses
4	4 Februari 2016	Materi dan Orientasi Unit Operasi Tambang
5	5 Februari 2016	Materi dan Orientasi Unit Operasi <i>Crusher</i>
6	9 Februari 2016	Materi dan Orientasi Unit Operasi <i>Finish mill 3&amp;4</i>
7	10 Februari 2016	Materi dan Orientasi Unit Jaminan Mutu
8	11 Februari 2016	Pengenalan Organisasi RKC-1
9	12 Februari 2016	Materi dan Orientasi Unit Operasi <i>Rawmill</i>
10	15 Februari 2016	Materi CCR Unit Operasi <i>Rawmill</i>
11	16 Februari 2016	Materi dan Orientasi Unit Operasi <i>Kiln</i>
12	17 Februari 2016	Materi dan Orientasi Unit Operasi <i>Cooler</i>
13	18 Februari 2016	Materi CCR Unit Operasi <i>Kiln</i>
14	19 Februari 2016	Materi CCR Unit Operasi <i>Cooler</i>
15	22-25 Februari 2016	Pembuatan Laporan PKL
16	26 Februari 2016	Konsultasi Laporan PKL
17	29 Februari 2016	Konsultasi Laporan PKL dan Tugas Khusus
18	1 Maret 2016	Pengarahannya Tugas akhir
19	2-11 Maret 2016	Studi Kasus Tugas Akhir
20	14-18 Maret 2016	Pembuatan Laporan Tugas Akhir dan Konsultasi
21	21 Maret 2016	Sidang Tugas Akhir
22	22-31 Maret 2016	Pengerjaan Tugas Akhir di Unit Jaminan Mutu

### 2.3 Tugas Khusus

Tugas ini diberikan oleh pembimbing Praktik Kerja Industri di Unit RKC-1 PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Untuk menghitung Neraca Massa *Raw mill* Tuban -1. Perhitungan ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang umpan masuk ke *Blending Silo*. Dengan adanya perhitungan neraca massa nantinya akan menjadi referensi untuk melakukan evaluasi proses yang ada di unit *Raw Mill*.

### 2.4 Pemecahan Masalah yang dihadapi

#### *Raw Mill*

*Raw Mill* sebagai salah satu bagian dari alat produksi semen mempunyai peranan yang cukup penting. Selain berfungsi untuk menggiling atau menghaluskan material bahan mentah semen, juga sekaligus sebagai pengering material dengan menggunakan gas panas yang diperoleh dari gas panas sisa *kiln* PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Oleh karena itu kami tertarik untuk

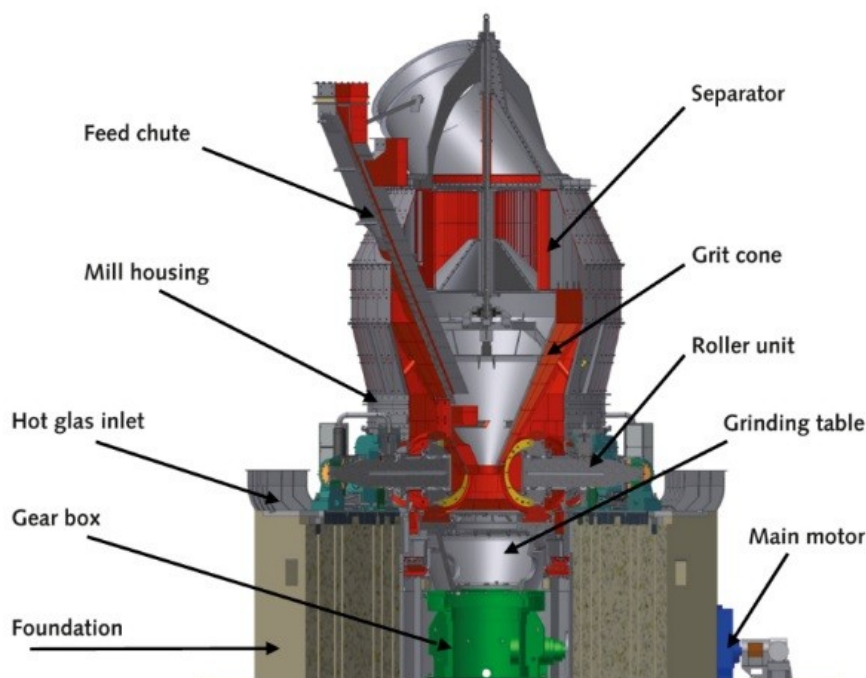
mendalami alat *Raw Mill* ini serta menghitung Neraca Massa pada *Raw Mill*. Judul Tugas Khusus yang kami ambil adalah :

Perhitungan Neraca Massa pada *Raw Mill* PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban-1

#### 2.4.1 *Raw Mill*

*Roller mill* di pabrik Tuban-1 adalah tipe Fuller Loesche (FULLER LM-5942). *Raw material mill system* ini dilengkapi dengan 3 buah *mill fan system*. Proses pengeringan *raw material* di *raw mill system* menggunakan udara panas dari *Suspension Preheater* (SP) dan *Grate Cooler* (GC) yang memiliki temperatur 230°C. Fungsi dari *roller mill* adalah menggiling sekaligus mengeringkan campuran dari material sehingga keluar dari mill berukuran 170 mesh dengan kadar air maksimal 1%. Penggilingan diikuti pengeringan ini mempunyai tujuan selain mendapatkan ukuran material yang seragam juga menguapkan kandungan air yang masih terdapat dalam material. Material yang digiling dengan mesin *Raw Mill* ini yaitu *limestone*, *clay*, *silica sand*, dan *iron sand*.

#### Bagian-Bagian *Raw Mill*



Gambar 2.23 Bagian-bagian raw mill

Dalam pengoperasiannya *Roller Mill* dilengkapi dengan :

1. *Shell* (Cangkang), terdiri dari tiga bagian dan setiap bagian dihubungkan dengan baut juga pada bagian atas *separator* dan dilas pada dudukan bagian bawah serta pada balok penghubung. Tutup dari *roller* dibaut dibaut pada *mill shell* dan tutup dibuka pada kondisi *swing out* yaitu *roller* ditegakkan.
2. *Wind Box* (Kotak Udara), merupakan tempat udara bertekanan. Pada *wind box* ini terdapat 2 inlet udara panas dan 2 saluran pembuang material yang jatuh.
3. *Grinding Table*, yaitu berbentuk seperti piring, dipinggir-pinggirnya terdapat lubang tembat disemburkannya udara panas untuk pengeringan. Pada bagian bawah permukaan table terdapat scrapper yang akan mengeluarkan material yang jatuh, juga pada bagian atas permukaan table yang terdapat sebuah scrapper untuk menyeimbangkan ketebalan bubuk lapisan.
4. *Grinding Roller*, yaitu merupakan bagian yang memberikan penggilingan karena adanya gaya menekan ke bawah dan gerak putarnya antara *roll* dengan *Grinding Table*. Roller ketika berputar melakukan penggilingan material secara menjepit diantara *roller* dan *grinding table*.

Gambar 2.24 *Roller* pada *Raw Mill*

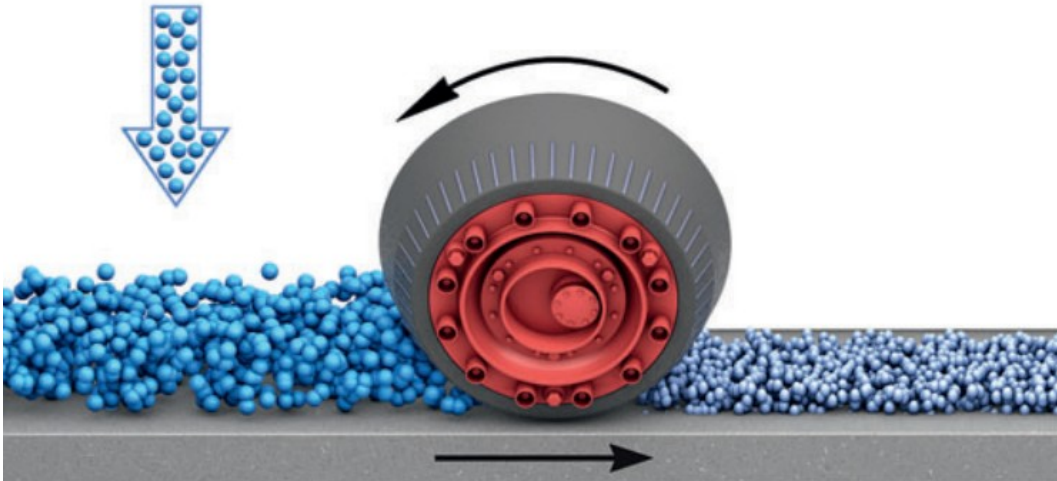


5. *Hidroulic Spring System*, yaitu merupakan bagian yang memberikan gaya naik dan turun terhadap *Grinding Roller* sehingga mempunyai gaya tekan dengan *Grinding Table*.

Gambar 2.25 Hydraulic cylinder system (Sumber :Loesche)

6. *Classifier*, yaitu pengaturan kehalusan produk, digerakkan oleh *motor hidroulic*.
7. *ID Fan Mill*, yaitu fan ini untuk menarik material dari dalam mill bercampur dengan udara menuju *cyclone separator*.
8. *Cyclone Separator*, yaitu untuk memisahkan material produk dengan udara yang bersamanya.

### Prinsip Kerja Raw Mill



Gambar 2.26 Prinsip Kerja Roller Mill  
(sumber : Loesche)

Cara kerja roller mill ini terdiri dari roller yang memiliki bentuk roller grinding yang dapat menghasilkan kehalusan yang baik. Material yang akan dihaluskan ditekan diantara area *Grinding Table* dan *Grinding Roller*. Pada bagian atas Roller Mill terdapat classifying part dari baling-baling berputar tipe separator dengan bagian dalam cercentuk kerucut.

Material yang telah dipisahkan dan di transportasikan dengan tipe belt tertutup diumpankan pada ruangan tertutup di tengah-tengah mill. Material yang akan digiling sekali melewati roller mill akan dibawa oleh gaya sentrifugal yang dihasilkan dari putara table dan digiling, dikeringkan dan dibawa oleh aliran gasyang naik dari nozzle diluar table sehingga dapat memasuki separator pada mill bagian dalam.

Separator memisahkan partikel kasar dari material yang akan digiling dan mengeluarkan partikel halus sebagai produk sepanjang aliran gas dan ditangkap oleh *Dust Collector (Electrostatic Precipitator)*. Partikel kasar jatuh pada bagian dinding kerucut dibagian dalam mill dan kembali ketengah table untuk digiling



kembali. Disisi lain partikel kasar yang tidak dapat ditiup oleh nozzle untuk naik keruang penggilingan akan dikeluarkan dari mill.

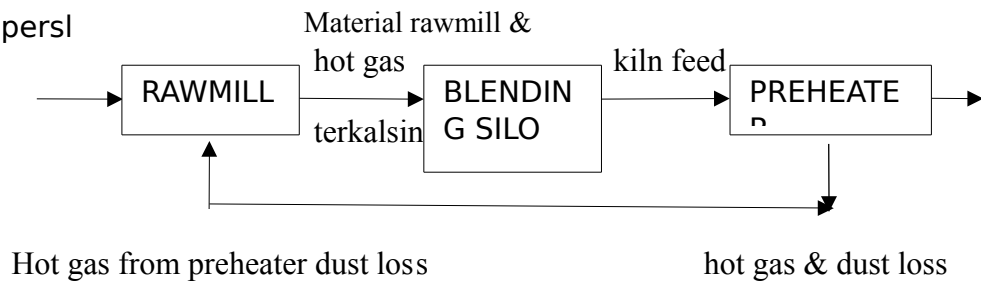
Material kasar yang dikeluarkan termasuk besi dikembalikan kedalam mill dan digiling kembali setelah material dipecah oleh magnet separator. Tiga roller dirancang pada jarak yang sama pada jalur penggilingan yang juga didukung oleh bantalan melalui roller arm dan cylinder arm. Setiap cylinder arm pada bagian bawahnya ada sebuah hidrolik cylinder yang memberi gaya tekan yang dipindahkan pada roller.

Roller kemudian menekan dan berputar karena putaran table sehingga memungkinkan penggilingan material secara berkelanjutan. Batalan dari roller dilengkapi dengan sistem sirkulasi pelumasan bertekanan dari unit pelumasan oli. Gaya utama dari roller mill dihasilkan dari motor elektrik dimana setelah memutar table gaya tersebut dipindahkan melewati material yang digiling ke roller.

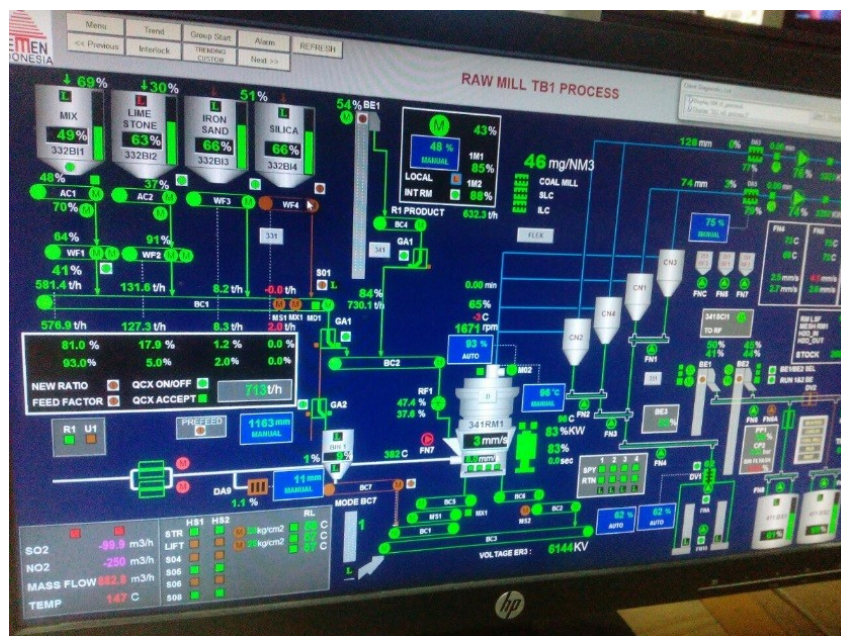
### Perhitungan Neraca Massa Teoritis Raw Mill

Perhitungan neraca massa merupakan perhitungan untuk mencari kesetimbangan antara massa yang masuk dan keluar Raw Mill. Data yang dihitung pada tanggal 15 Februari 2016 pukul 09.40

- Rawmix
- Coppersl
- ag



Gambar 2.27 Blok Diagram Neraca Massa *Rawmill*



Gambar 2.28 *Flowsheet Rawmill*

Basis = 1 jam reaksi

**A. PERHITUNGAN KOMPOSISI GAS PANAS MASUK RAWMILL**

Komposisi batubara masuk rotary kiln = 23,3 ton/jam  
= 23300 kg/jam

**Tabel 2.11** Analisa Komposisi Batubara

komponen	% massa
C	50,19
H <sub>2</sub>	3,53
N <sub>2</sub>	0,9
O <sub>2</sub>	17,04
S	0,17
H <sub>2</sub> O	17,31
Ash	10,86
Total	100

(Sumber : Lab. Batu Bara Unit Jaminan Mutu)

**Tabel 2.12** Perhitungan massa dan mol batubara

komponen	% massa	Massa (kg)	BM (kgmol)	Mol(kmol/jam)	% mol
C	50,19	11694,27	12	974,522	55,922
H <sub>2</sub>	3,53	822,49	2	411,245	23,599
N <sub>2</sub>	0,9	209,7	28	7,489	0,429
O <sub>2</sub>	17,04	3970,32	32	124,072	7,119
S	0,17	39,61	32	1,237	0,071
H <sub>2</sub> O	17,31	4033,23	18	224,068	12,858
Ash	10,86	2530,38			

<b>Total</b>	100	23300		1742,35	100
--------------	-----	-------	--	---------	-----

Perhitungan diasumsikan pembakaran sempurna , artinya konversi reaksinya 100%

Reaksi pembakaran batubara



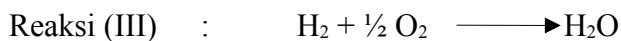
$$\begin{aligned} CO_2 \text{ yg dihasilkan} &= (1 \text{ mol } CO_2 / 1 \text{ mol } C) \times \text{mol } C \times \text{konversi} \\ &= (1/1) \times 974,522 \text{ kmol/jam} \times 100\% \\ &= 974,522 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} O_2 \text{ yg dibutuhkan} &= (1 \text{ mol } O_2 / 1 \text{ mol } CO_2) \times \text{mol } CO_2 \\ &= (1/1) \times 974,522 \text{ kmol/jam} \\ &= 974,522 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} SO_2 \text{ yg dihasilkan} &= (1 \text{ mol } SO_2 / 1 \text{ mol } S) \times \text{mol } S \times \text{konversi} \\ &= (1/1) \times 1,237 \times 100\% \\ &= 1,237 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} O_2 \text{ yg dibutuhkan} &= (1 \text{ mol } O_2 / 1 \text{ mol } SO_2) \times \text{mol } SO_2 \\ &= (1/1) \times 1,237 \text{ kmol/jam} \\ &= 1,237 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} H_2O \text{ yg terbentuk} &= (1 \text{ mol } H_2O / 1 \text{ mol } H_2) \times \text{mol } H_2 \times \text{konversi} \\ &= (1/1) \times 411,245 \text{ kmol/jam} \\ &= 411,245 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} O_2 \text{ yg dibutuhkan} &= (0,5 \text{ mol } O_2 / 1 \text{ mol } H_2O) \times \text{mol } H_2O \\ &= (0,5/1) \times 411,245 \text{ kmol/jam} \\ &= 205,622 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

Total  $O_2$  yg diperlukan untuk bereaksi

$$\begin{aligned} &= O_2(\text{Reaksi I}) + O_2(\text{Reaksi II}) + O_2(\text{Reaksi III}) \\ &= (974,522 + 1,237 + 205,622) \text{ kmol/jam} \\ &= 1181,381 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Kandungan } O_2 \text{ dalam batubara} = 124,072 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Kebutuhan } O_2 \text{ teoritis} = \text{Total } O_2 \text{ yg diperlukan} - O_2 \text{ dalam batubara}$$

$$= 1181,381 \text{ kmol/jam} - 124,072 \text{ kmol/jam}$$

$$= 1057,309 \text{ kmol/jam}$$

**ASUMSI KEBUTUHAN UDARA YANG DIGUNAKAN EXCESS 10%**

$$\% \text{ excess} = \frac{\text{O}_2 \text{ sesungguhnya} - \text{O}_2 \text{ teoritis}}{\text{O}_2 \text{ teoritis}} \times 100\%$$

$$10\% = \frac{\text{O}_2 \text{ sesungguhnya} - 1057,309}{1057,309 \text{ kmol/jam}} \times 100\%$$

$$\text{Kebutuhan O}_2 \text{ sesungguhnya} = 1163,0399 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara sesungguhnya} &= (100/21) \times \text{kebutuhan O}_2 \text{ sesungguhnya} \\ &= (100/21) \times 1163,0399 \text{ kmol/jam} \\ &= 5538,2852 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N}_2 \text{ dari udara} &= (79/21) \times \text{kebutuhan O}_2 \text{ sesungguhnya} \\ &= (79/21) \times 1163,0399 \text{ kmol/jam} \\ &= 4375,245 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N}_2 \text{ total} &= \text{N}_2 \text{ dari udara} + \text{N}_2 \text{ dari batubara} \\ &= 4375,245 \text{ kmol/jam} + 7,489 \text{ kmol/jam} \\ &= 4382,734 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ sisa pembakaran} &= \text{kebutuhan O}_2 \text{ sesungguhnya} - \text{kebutuhan O}_2 \text{ teoritis} \\ &= 1163,0399 \text{ kmol/jam} - 1057,309 \text{ kmol/jam} \\ &= 105,7309 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

**Tabel 2.13** Komposisi Gas Hasil Pembakaran (GHP) di Kiln

Komponen	Kmol/jam	% mol
CO <sub>2</sub>	974,522	16,586
N <sub>2</sub>	4382,734	74,593
H <sub>2</sub> O	411,245	6,999
SO <sub>2</sub>	1,237	0,0210
O <sub>2</sub>	105,7309	1,799
Total	5875,4689	100

### KOMPOSISI GAS PANAS MASUK RAW MILL

Volume gas panas masuk raw mill = 1200000 m<sup>3</sup>/jam

$$\begin{aligned}n &= (\text{massa} / \text{bm}) & P &= 8,5 \text{ mbar} = 8,5 \times 10^{-3} \text{ bar} \\ & & P &= 0,9869 \text{ atm/bar} \times 8,5 \times 10^{-3} \text{ bar} \\ & & &= 8,388 \times 10^{-3} \text{ atm} \\ PV &= nRT & R &= 0,082057 \text{ m}^3 \cdot \text{atm/kgmol} \cdot \text{K} \\ & & T &= 382^\circ\text{C} = 665,15 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n &= (PV / RT) \\ &= (8,388 \times 10^{-3} \text{ atm} \times 1200000 \text{ m}^3/\text{jam}) / (0,08206 \text{ m}^3 \cdot \text{atm/kgmol} \cdot \text{K} \times \\ &665,15 \text{ K} \\ &= 187,247 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

**Tabel 2.14** Komposisi Gas Panas Masuk *Raw mill*

Komponen	% mol	Mol (kmol/jam)	BM (kg/kgmol)	Massa (kg/jam)
CO <sub>2</sub>	16,586	31,057	44	1366,529
N <sub>2</sub>	74,593	139,675	28	3910,908
H <sub>2</sub> O	6,999	13,106	18	235,911
SO <sub>2</sub>	0,0210	0,039	64	2,523
O <sub>2</sub>	1,799	3,370	32	107,827
Total	100	187,248		5623,697

### B. PERHITUNGAN NERACA MASSA RAW MILL

Data diketahui :

$$\begin{aligned}\text{Umpan masuk raw mill} &= 713 \text{ ton/jam} \\ &= 713000 \text{ ton/jam}\end{aligned}$$

Dust loss masuk raw mill dari suspension preheater = 10% dari kiln (rata-rata excess dari flowsheet kiln)

$$\begin{aligned}\text{Kiln feed} &= 626 \text{ ton/jam} \\ &= 10 \% \times 626000 \\ &= 62600 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Laju alir massa raw material masuk raw mill

**Tabel 2.15** *Raw material* masuk *raw mill*

Material	Massa (kg/jam)
Lime stone	588820
Clay	115380
Silica sand	0
Iron sand	8300
Total	712500

(Sumber : CCR Tuban 1)

**Tabel 2.16** Komposisi *raw material* masuk *Raw mill*

Komponen	<i>Lime stone</i>	<i>Clay</i>	<i>Silica sand</i>	<i>Iron sand</i>
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	89,06 %	30%	0%	11,09%
<b>SiO<sub>2</sub></b>	1,79%	30,46%	0%	44,63%
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1,15%	8,96%	0%	5,89%
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,52%	4,43%	0%	23,85%
<b>MgCO<sub>3</sub></b>	0,56%	11,15%	0%	9,85%
<b>H<sub>2</sub>O</b>	6,92%	15,00%	0%	4,69%
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>100,00%</b>

**Tabel 2.17** Komposisi massa *raw material* masuk *raw mill*

Komponen	Material Masuk Raw Mill			
	Lime Stone	Clay	Silica sand	Iron Sand
	massa (kg/jam)	massa (kg/jam)	massa (kg/jam)	massa (kg/jam)
CaCO <sub>3</sub>	524403,092	34614	0	920,47
SiO <sub>2</sub>	10539,878	35144,748	0	3704,29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6771,43	10338,048	0	488,87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3061,864	5111,334	0	1979,55
MgCO <sub>3</sub>	3297,392	12864,87	0	817,55
H <sub>2</sub> O	40746,344	17307	0	389,27
<b>Total</b>	<b>588820</b>	<b>115380</b>	<b>0</b>	<b>8300</b>

**Tabel 2.18** Laju alir massa *raw material* masuk *Raw mill*

Komponen	massa(kg/jam)	BM(kg/kgmol)	Mol (kmol/jam)
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	559937,562	100	5599,37562
<b>SiO<sub>2</sub></b>	49388,916	60	823,1486
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	17598,348	102	172,5328235
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	10152,748	159,6	63,61370927
<b>MgCO<sub>3</sub></b>	16979,812	84	202,140619

<b>H<sub>2</sub>O</b>	58442,614	18	3246,811889
<b>Total</b>	<b>712500</b>		<b>10107,62326</b>

**Tabel 2.19** Laju alir massa gas panas masuk *Raw mill*

Komponen	Massa(kg/jam)	BM(kg/kmol)	Mol (kmol/jam)
<b>CO<sub>2</sub></b>	1366,53	44	31,057
<b>N<sub>2</sub></b>	3910,91	28	139,675
<b>H<sub>2</sub>O</b>	235,91	18	13,106
<b>SO<sub>2</sub></b>	2,52	64	0,039
<b>O<sub>2</sub></b>	107,83	32	3,370
<b>Total</b>	<b>5623,70</b>		<b>187,2478933</b>

**Tabel.2.20** Komposisi *dust loss* dari *suspension preheater*

Komponen	%
SiO <sub>2</sub>	20,45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,67
CaO	67,14
MgO	1,7
SO <sub>3</sub>	0,17
<b>Total</b>	<b>100</b>

(Sumber : Lab Pengendalian Proses PT Semen Indonesia (Persero) Tbk)

**Tabel 2.21** Laju alir *dust loss* dari *suspension preheater*

Komponen	massa (kg/h)	Mr (kg/kmol)	mol (kmol/h)
SiO <sub>2</sub>	12801,7	60	213,3616667
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4300,62	102	42,16294118
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2297,42	159,6	14,39486216
CaO	42029,64	56	750,5292857
MgO	1064,2	40	26,605
SO <sub>3</sub>	106,42	80	1,33025
<b>Total</b>	<b>62600</b>		<b>1048,384006</b>

**Tabel 2.22** Jumlah komponen masuk *Rawmill*

Komponen	massa (kg/h)	Mr (kg/kmol)	mol (kmol/h)
SiO <sub>2</sub>	62190,616	60	1036,510267
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21898,968	102	214,6957647
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12450,168	159,6	78,00857143
CaO	42029,64	56	750,5292857
MgO	1064,2	40	26,605
SO <sub>3</sub>	106,42	80	1,33025
MgCO <sub>3</sub>	16979,812	84	202,140619
CaCO <sub>3</sub>	559937,562	100	5599,37562
H <sub>2</sub> O	58442,614	18	3246,811889
<b>Total</b>	<b>775100</b>		<b>11156,00727</b>

#### Laju alir massa *raw material* keluar *raw mill*

raw material keluar raw mill mengandung = 0,50 % H<sub>2</sub>O  
H<sub>2</sub>O dalam raw material keluar *raw mill* = 0,5 % x 58442,61  
= 292,2131 kg/jam

**Tabel 2.23** Laju alir *raw material* keluar *Rawmill*

Komponen	massa (kg/h)	Mr (kg/kmol)	mol (kmol/h)
SiO <sub>2</sub>	62190,616	60	1036,510267
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21898,968	102	214,6957647
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12450,168	159,6	78,00857143
CaO	42029,64	56	750,5292857
MgO	1064,2	40	26,605
SO <sub>3</sub>	106,42	80	1,33025
MgCO <sub>3</sub>	16979,812	84	202,140619
CaCO <sub>3</sub>	559937,56	100	5599,37562
H <sub>2</sub> O	292,21307	18	16,23405944
<b>Total</b>	<b>716949,6</b>		<b>7925,429437</b>

#### Laju alir massa gas panas keluar raw mill

Kandungan uap air dalam gas panas keluar *raw mill*  
= kadar H<sub>2</sub>O in – kadar H<sub>2</sub>O out  
= 58442,614 – 292,2131 = 58150,401 kg/jam  
Laju alir uap air dari *raw mill* = 58150,401 kg/jam  
Laju alir uap air dari gas panas masuk *raw mill* = 28122,6 kg/jam +



Sehingga laju alir uap air keluar *raw mill* = 86273 kg/jam

**Tabel 2.24** Laju alir gas panas keluar *Rawmill*

Komponen	massa (kg/h)	BM	mol(kmol/h)
CO <sub>2</sub>	1366,529	44	31,057
N <sub>2</sub>	3910,908	28	139,675
H <sub>2</sub> O	58386,312	18	3243,684
SO <sub>2</sub>	2,523	64	0,039
O <sub>2</sub>	107,827	32	3,370
<b>Total</b>	<b>63774,098</b>		<b>3417,826</b>

**Tabel 2.25** Hasil dan Perhitungan Neraca Massa *Raw Mill*

Komponen	Input (kg/jam)	Output(kg/jam)
Raw material (tanpa H <sub>2</sub> O)	654057,386	0
H <sub>2</sub> O dari raw mill	58442,614	0
<i>dust loss</i> dari <i>suspension preheater</i>	62600	0
gas panas masuk <i>rawmill</i>	5623,696588	0
<i>raw material</i> kering (0,5% H <sub>2</sub> O) & dust lost	0	716949,5991
Gas panas keluar raw mill	0	63774,09752
<b>Total</b>	<b>780723,6966</b>	<b>780723,6966</b>

#### 2.4.2 Pembahasan

*Raw Mill* sebagai salah satu bagian dari alat produksi semen mempunyai peranan yang cukup penting. Selain berfungsi untuk menggiling atau menghaluskan material bahan mentah semen, juga sekaligus sebagai pengering material dengan menggunakan gas panas yang diperoleh dari gas panas sisa *kiln* PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.

Dari perhitungan neraca massa yang dilakukan dengan basis operasi 1 jam operasi, dapat diketahui bahwa gas panas masuk *raw mill* sebesar 666029,3266 kg/h. Gas panas ini didapatkan dari panas sisa operasi unit kiln . Di PT Semen Indonesia (Persero) energi yang dihasilkan benar-benar tidak ada yang dibuang, namun dimanfaatkan sepenuhnya untuk menunjang proses produksi.

Dari perhitungan neraca massa, didapatkan pula dust loss yang terikut masuk ke *raw mill* sebesar 10% dari *kiln feed*. Asumsi ini didapatkan dari nilai efisiensi dari *cyclone*. Karena gas panas sisa pembakaran di kiln yang masuk ke *raw mill* harus melewati *cyclone-cyclone* yang menyusun *suspension preheater*. Nilai efisiensi dari *cyclone* adalah 90%. Sehingga 10% *dust* terikut masuk ke dalam *raw mill*.

Didalam *raw mill* terjadi pula penguapan  $H_2O$  yang diakibatkan oleh panas gesekan dari *roller* dan *table* serta panas gas panas sisa pembakaran *kiln*. Dari total perhitungan neraca massa didapatkan *input raw mill* sebesar **1441129,327** kg/h. Begitu pula dengan *output raw mill*.

## **BAB III**

### **PENUTUP**

#### **3.1 Kesimpulan**

Dari hasil Praktik Kerja Industri yang dilakukan selama satu bulan di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban adalah:

1. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan salah satu industri penghasil semen dengan kapasitas produksi mencapai 30.000.000 ton/tahun.
2. Pembuatan semen di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban terdiri dari 6 proses utama yaitu penyediaan bahan baku, penggilingan bahan baku, pencampuran bahan baku, pembakaran, penggilingan akhir dan penggantongan atau pengemasan. Adapun unit penunjang meliputi unit pemeliharaan pengendalian operasi, unit pengendalian proses, unit jaminan mutu, unit analisis proses, unit utilitas, dan unit keselamatan kerja.
3. Tipe semen yang diproduksi oleh PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban adalah OPC (Ordinary Portland Cement), Special Blended Cement (SBC) dan PPC (Pozzolan Portland Cement).
4. Perhitungan neraca pada unit *Raw Mill* adalah sebesar 1441129,327 kg/h

#### **3.2 Saran**

Saran-saran yang dapat kami berikan sebagai bahan pertimbangan untuk kemajuan dan perkembangan di dalam proses aktifitas pabrik di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban adalah:

1. Penghijauan pabrik yang harus ditingkatkan lagi karena banyak lahan di lingkungan dalam pabrik yang berpotensi menjadi lahan hijau apabila dikelola dengan baik.
2. Peningkatan sistem pemeliharaan lahan hijau yang sudah ada, karena banyak tanaman hidup yang tertutup debu sehingga tidak tampak asri.
3. Peningkatan kinerja dari alat-alat pengendali debu apabila terjadi suatu penghentian di salah satu unit.

4. Penambangan tanah liat diperlukan suatu perencanaan agar kesetimbangan alat tetap terjaga.
5. Diharapkan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban tetap mengutamakan keselamatan kerja dengan selalu menggunakan APD yang sesuai.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Duda W. H. 1980. "*Cement Data Book*", 3rd Edition. *International Process Engineering in The Cement Industry*, Bouverlag GMBH, Weisbaden and Berlin, Mac Donald and Evan London.
- Effendi, 1987. "Teknologi Semen". Gresik. PT Semen Gresik (Persero) Tbk.
- Labahn, Otto. 1971. "*Cement Engineers Handbook*", 3rd Edition, Bouverlag GMBH, Weisbaden, and Berlin, Germany.
- Perray E Kurt, "Cement Manufacture", Chemical. New York, 1979.

Perry, Robert H and Chitton, Cecil H, “Chemical Engineering Handbook”, 5th Edition, International Student Edition, McGraw Hill Kogakush Ltd, Tokyo, Japan, 1973.

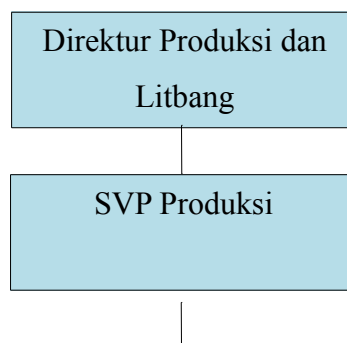
Setiyana, Budi.2007. “Analisis Efisiensi *Raw Grinding Mill* pada Proses Pembuatan Semen”. Semarang : Jurnal ROTASI Vol 9 Nomor 1 Januari 2007

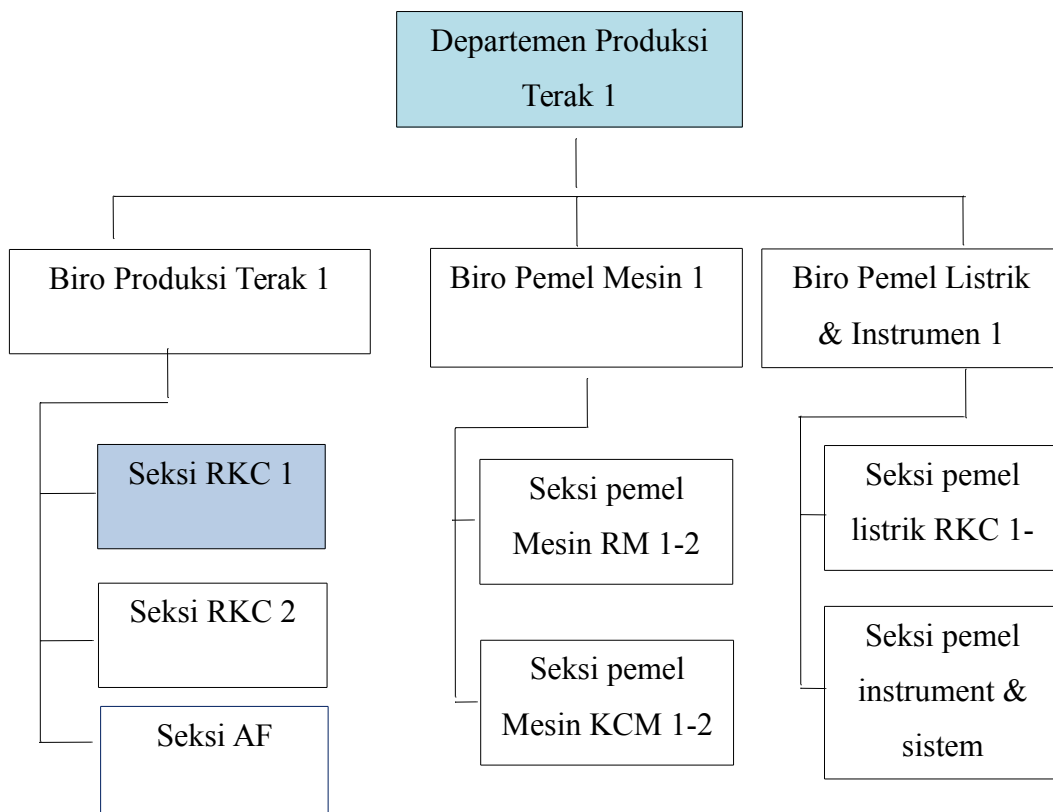
Zamrudy, Windy. 2012. “Modul Teknologi Semen”. Politeknik Negeri Malang

## LAMPIRAN

### Struktur Organisasi Unit Kerja

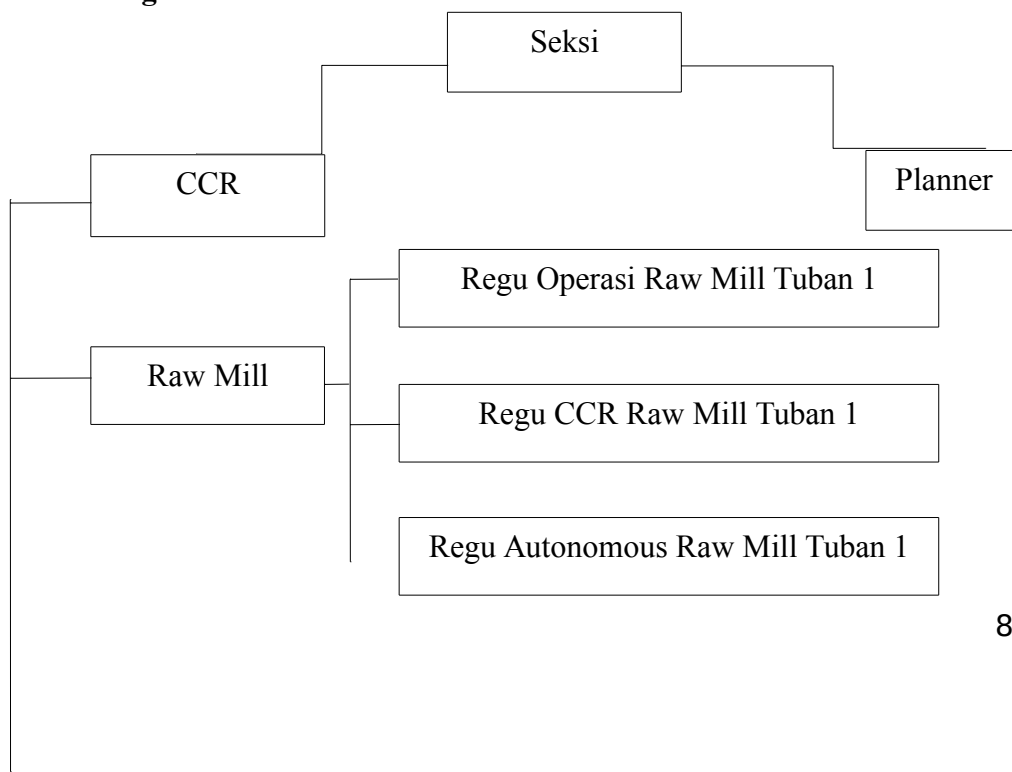
Unit kerja RKC 1 (Raw mill, Kiln, Coal mill) ini berada di bawah Direktur Produksi dan Litbang, kemudian lebih spesifik dibawah SVP Produksi dan Departemen Produksi Terak 1. Untuk lebih jelas, dapat dilihat struktur organisasi :

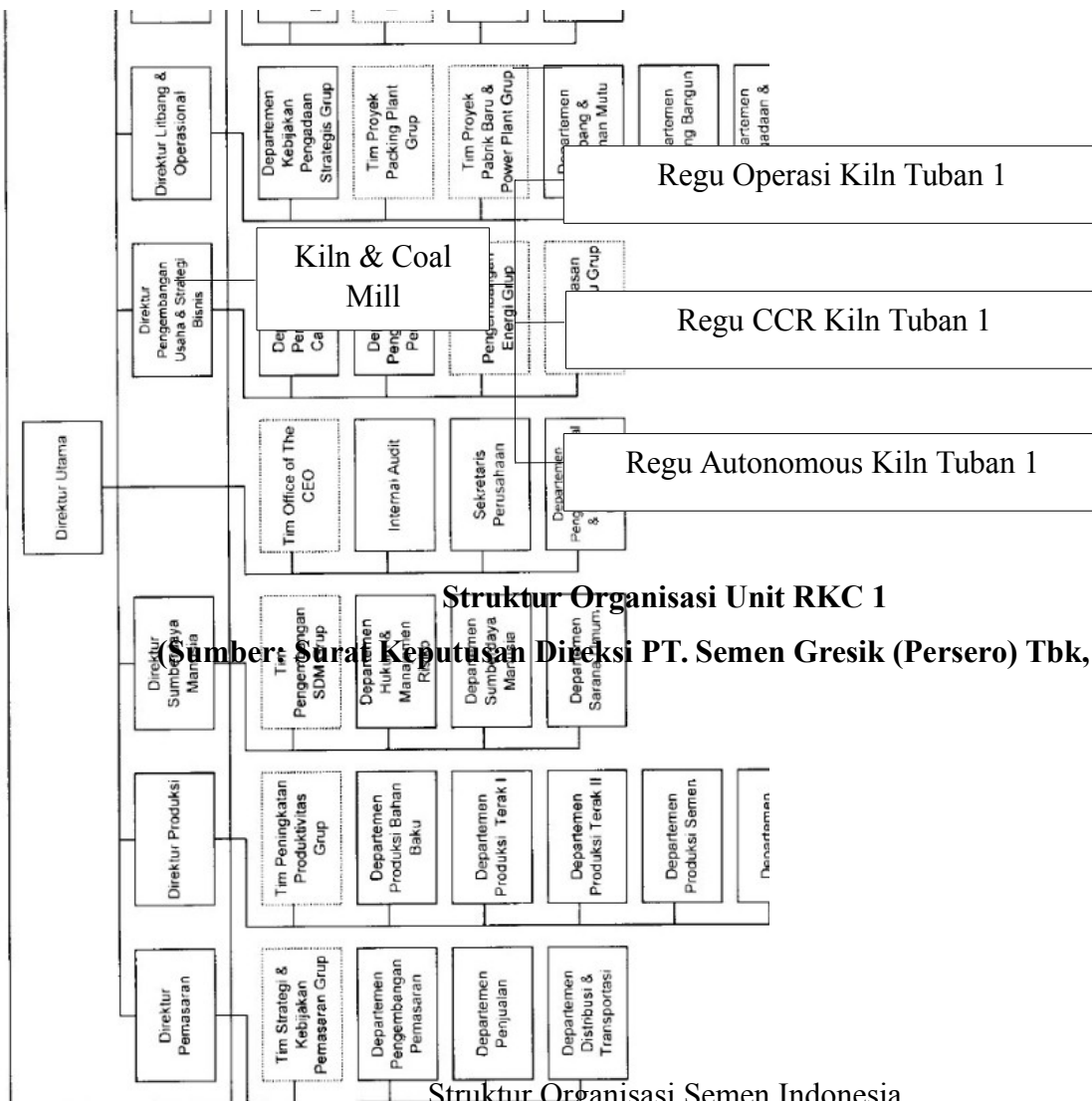




**Struktur Organisasi Departemen Produksi dan Litbang**  
 (Sumber: Surat Keputusan Direksi PT. Semen Gresik (Persero)  
 Tbk, 2014)

**Struktur Organisasi Seksi RKC 1**





### Struktur Organisasi Unit RKC 1

(Sumber: Surat Keputusan Direksi PT. Semen Gresik (Persero) Tbk, 2014)

Struktur Organisasi Semen Indonesia

