

**LAPORAN KERJA PRAKTIK**  
**PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**  
**01 September 2021 – 30 September 2021**



Disusun Oleh:

Teguh Sukindra	02211840000108
RR Widya Arista Widjojo	02211840000135
Saputro	

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN**  
**REKAYASA SISTEM**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

**LAPORAN KERJA PRAKTEK**  
**DI PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**  
**Unit Kerja : Section of FM 1-2 Operation, lokasi Tuban**  
**Periode : 01 September 2021 s.d 30 September 2021**

Disusun oleh :

- |                    |                |
|--------------------|----------------|
| 1. Teguh Sukindra  | 02211840000108 |
| 2. RR Widya Arista | 02211840000135 |
| Widjojo Saputro    |                |

Gresik, 31 Agustus 2021

**PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**

Mengetahui,  
Ka.Unit of L&D Ops. and Certification



**ACHMAD SIRRUL ATHO'., ST.**

Menyetujui,  
Pembimbing Lapangan



**YUSUF ARIF SUKOCO**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, kami dapat menyelesaikan laporan Kerja Praktik ini dengan lancar. Laporan bertujuan untuk salah satu mata kuliah wajib di Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, serta melengkapi dan persyaratan yang harus dipenuhi setelah melakukan Kerja Praktik di **PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk**

Dengan adanya Kerja Praktik (KP) ini diharapkan mahasiswa dapat melihat sudut pandang dan membandingkan hal-hal yang sifatnya teoritis yang diperoleh di bangku kuliah dengan kenyataan di lapangan serta menambah wawasan mahasiswa tentang industri kimia. Dalam menyelesaikan laporan kerja praktik ini, kami banyak mendapatkan ilmu dan pembelajaran dari beberapa pihak. Maka dari itu, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Widiyastuti, ST., MT. selaku Ketua Departemen S1 Teknik Kimia FT- IRS ITS.
2. Bapak Dr. Kusdianto, ST., M.Sc. Eng. selaku Sekretaris 1 Departemen Teknik Kimia FT-IRS ITS.
3. Ibu Ni Made Intan Putri Suari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing.
4. Direktur Utama PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.
5. Bapak Yusuf Arif Sukoco selaku Pembimbing Praktek Kerja Lapangan.
6. Seluruh Karyawan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.
7. Bapak, Ibu, serta keluarga yang telah memberikan doa.
8. Semua teman seperjuangan yang selalu ada untuk membantu dan bertukar ilmu.

Serta pihak-pihak yang tidak bisa disebutkan semuanya, semoga Allah SWT memberikan balasan atas jasa-jasa, kebaikan yang telah kalian berikan demi memperlancar penyusunan laporan kerja praktik ini.

Surabaya, September 2021

Penulis

**DAFTAR ISI**

LEMBAR PENGESAHAN	1
KATA PENGANTAR	2
DAFTAR ISI	3
DAFTAR GAMBAR	5
DAFTAR TABEL	6
PENDAHULUAN	7
1.1 Latar Belakang	7
1.2 Tujuan	8
1.2.1 Umum	8
1.2.2 Khusus	8
1.3 Manfaat	9
1.4 Metodologi Pengumpulan Data	10
1.5 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kerja Praktek	10
1.6 Metodologi Penyusunan Laporan	10
1.7 Nama Unit Kerja	11
PROFIL PERUSAHAAN	12
2.1 Visi dan Misi PT. Semen Indonesia	12
2.1.1 Visi	12
2.1.2 Misi	12
2.2 Profil Perusahaan	12
TINJAUAN PUSTAKA	18
3.1 Pengertian Semen	18
3.2 Fungsi Semen	18
3.3 Bahan Pembuatan Semen	18
3.3.1. Bahan Baku Utama Pembuatan Semen	18
3.3.2. Bahan Koreksi Pembuatan Semen	21
3.3.3. Bahan Tambahan Pembuatan Semen	23
3.4 Proses Pembuatan Semen	24
3.4.1. Teknologi Pembuatan Semen	24
3.4.2. Proses Umum Pembuatan Semen	27

---

3.5 Kontrol Kualitas pada Semen	30
PEMBAHASAN	35
4.1 Proses Pembakaran Awal ( <i>Pre Heater</i> )	35
4.2 Latar Belakang Masalah dan Penyslesaian	35
4.4.1. Latar Belakang Masalah	35
4.4.2. Penyelesaian Neraca Massa Finish Mill 3 Tuban.	35
4.4.1. Penyelesaian Neraca Energi Finish Mill 3 Tuban.	48
PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57

---

## DAFTAR GAMBAR

**Gambar 2.1** Logo Perusahaan

**Gambar 2.2** Struktur Organisasi PT Semen Indonesia

**Gambar 2.3** Lanjutan Struktur Organisasi PT Semen Indonesia

**Gambar 4.1** Diagram Alir Neraca Massa Finish Mill 3

**Gambar 4.2** Diagram Alir Neraca Massa Total Finish Mill 3

**Gambar 4.3** Diagram Alir Neraca Massa Ball Mill

**Gambar 4.4** Diagram Alir Neraca Massa Separator

**Gambar 4.5** Diagram Alir Neraca Massa Bag Filter 1

**Gambar 4.6** Diagram Alir Neraca Massa Cyclone

**Gambar 4.7** Diagram Alir Neraca Massa Bag Filter 2

---

**DAFTAR TABEL**

- Tabel 3.1** Spesifikasi Batu Kapur Secara Umum
- Tabel 3.2** Komposisi Tanah Liat pada Pembuatan Semen Portland
- Tabel 3.3** Komposisi Copper slage pada Pembuatan Semen Portland
- Tabel 3.4** Komposisi Pasir Silika pada Pembuatan Semen Portland
- Tabel 4.1** Data umpan masuk Finish Mill
- Tabel 4.2** Komposisi Bahan masuk dan kandungan H<sub>2</sub>O Finish Mill 3
- Tabel 4.3** Komposisi Komponen Masuk Finish Mill 3
- Tabel 4.4** Aliran H<sub>2</sub>O yang teruapkan
- Tabel 4.5** Nilai Input dan Output Neraca Massa Total Finish Mill 3
- Tabel 4.6** Massa masing-masing komponen aliran 1
- Tabel 4.7** Massa masing-masing komponen aliran 2
- Tabel 4.8** H<sub>2</sub>O yang teruapkan (F3)
- Tabel 4.9** Massa masing-masing komponen aliran 4
- Tabel 4.10** Massa masing-masing komponen aliran 5
- Tabel 4.11** Nilai Input dan Output Neraca Massa Ball Mill
- Tabel 4.12** Massa masing-masing komponen aliran 6
- Tabel 4.13** Nilai Input dan Output Neraca Massa Separator
- Tabel 4.14** Massa masing-masing komponen aliran 7
- Tabel 4.15** Massa masing-masing komponen aliran 8
- Tabel 4.16** Nilai Input dan Output Neraca Massa Bag Filter 1
- Tabel 4.17** Massa masing-masing komponen aliran 10
- Tabel 4.18** Massa masing-masing komponen aliran 9
- Tabel 4.19** Nilai Input dan Output Neraca Massa Cyclone
- Tabel 4.20** Massa masing-masing komponen aliran 11
- Tabel 4.21** Massa masing-masing komponen aliran 12
- Tabel 4.22** Nilai Input dan Output Neraca Massa Bag Filter 2
- Tabel 4.23** Nilai Input dan Output Neraca Energi

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Dalam menghadapi era society 5.0, dunia pendidikan berperan penting dalam meningkatkan kualitas SDM. Selain pendidikan beberapa elemen dan pemangku kepentingan dan seluruh masyarakat juga turut andil dalam menyambut era society 5.0 mendatang. Sumber daya manusia (SDM) adalah salah satu faktor yang sangat penting bahkan tidak dapat dilepaskan dari sebuah organisasi, baik institusi maupun perusahaan. SDM juga merupakan kunci yang menentukan perkembangan perusahaan. Pada hakikatnya, SDM berupa manusia yang dipekerjakan di sebuah organisasi sebagai penggerak, pemikir dan perencana untuk mencapai tujuan organisasi itu. Konsep pengembangan SDM sendiri dibangun oleh dua pihak yang saling berkaitan, yakni praktisi di dunia industri dan akademisi di kalangan pendidikan.

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya adalah salah satu Perguruan Tinggi Negeri (PTN) khususnya Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem memiliki sasaran pengembangan dan penggunaan proses industri, unit operasi dan perancangan dalam skala besar dimana bahan mengalami perubahan fisik dan kimia tertentu. Mahasiswa Teknik Kimia FT-IRS ITS sebagai bagian dari sumber daya manusia Indonesia secara khusus disiapkan untuk menjadi *process engineer, design engineer, project engineer*, peneliti dan pendidik. Sehingga diharapkan dapat meningkatkan kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) lulusan mahasiswa Teknik Kimia FT-IRS ITS yang dapat ikut membantu memajukan teknologi dan perindustrian bangsa. Untuk menunjang hal tersebut maka dilaksanakanlah Kerja Praktik sebagai kelengkapan teori (khususnya dalam bidang keahlian) yang dipelajari di bangku kuliah.

PT Semen Indonesia (PERSERO) Tbk 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. Perusahaan ini semakin tahun semakin menunjukkan keunggulan produknya dari pada perusahaan semen yang lain. Pada akhirnya banyak perusahaan semen lain yang diakuisisi menjadi anak perusahaannya. Tidak hanya memproduksi semen, anak usaha PT. Semen Indonesia

(PERSERO) Tbk juga memproduksi bahan penunjang pembangunan infrastruktur lainnya seperti beton.

Berdasarkan uraian diatas, kami sangat tertarik untuk mengetahui lebih dalam mengenai proses dalam industri semen khususnya dari segi ilmu teknik kimia dengan melaksanakan Kerja Praktik. Dengan terlaksananya kegiatan Kerja Praktik ini diharapkan dapat menunjang pengetahuan yang didapatkan dari materi perkuliahan dan dapat menjadikan kami sebagai lulusan dari Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang mempunyai pengalaman dan pengetahuan sebelum memasuki dunia kerja yang sesungguhnya.

## **1.2 Tujuan**

Adapun tujuan pelaksanaan kerja praktik ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu tujuan umum dan khusus.

### **1.2.1 Umum**

1. Memberikan wawasan kepada mahasiswa agar dapat mengetahui dan memahami aplikasi ilmunya di dunia industri pada umumnya.
2. Memberikan gambaran tentang kondisi *real* di dunia indutri serta mampu bersosialisasi didalamnya.
3. Dunia industri ikut peduli dan berpartisipasi untuk berkontribusi dalam membangun sistem pendidikan nasional.
4. Terciptanya suatu hubungan yang baik, jelas, dan terarah antara perguruan tinggi dan dunia kerja.
5. Mahasiswa dapat mengetahui dan memahami sistem kerja perusahaan dan terjun atau turut serta dalam proses.
6. Mahasiswa mampu mengadakan pendekatan dan menganalisa permasalahan dalam dunia industri.
7. Menumbuhkan dan menciptakan pola berpikir konstruktif yang lebih berwawasan bagi mahasiswa.
8. Menghasilkan SDM yang berkualitas dan benar-benar siap di dunia industri.

### **1.2.2 Khusus**

1. Memenuhi beban satuan kredit semester (SKS) yang harus ditempuh sebagai persyaratan akademis kelulusan mahasiswa tahap sarjana di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

2. Mengetahui manajemen dan struktur organisasi perusahaan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.
3. Mengetahui proses produksi yang dilakukan oleh PT Semen Indonesia, Tbk.
4. Mempelajari Unit Section of FM 1-2 Operation yang ada di PT Semen Indonesia, Tbk.
5. Mempelajari beberapa permasalahan *engineering* yang ada di PT Semen Indonesia, Tbk.
6. Memahami dan dapat menyelesaikan perhitungan Neraca Massa dan Necara Panas pada unit Section of FM 1-2 Operation di PT Semen Indonesia, Tbk.

### 1.3 Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang diperoleh setelah pelaksanaan kegiatan kerja praktik ini yaitu:

1. Bagi Pihak Pelaksana (Mahasiswa)
  - a. Mahasiswa dapat mengaplikasikan materi-materi yang telah didapatkan di bangku kuliah dalam kegiatan industri secara langsung serta dapat meningkatkan keterampilan dan kreatifitas sesuai dengan disiplin ilmu yang dihendaki.
  - b. Mahasiswa dapat mengetahui seluk-beluk perusahaan mulai dari proses produksi, tata kelola organisasi, sistem manajemen industri, proses pemeliharaan industri, dan lain sebagainya.
  - c. Mahasiswa dapat mempelajari tata cara membina suatu hubungan dengan masyarakat yang mengatasmamakan sebuah instansi atau perusahaan.
2. Bagi Pihak Institusi (Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya)
  - a. Dapat memperluas jaringan suatu hubungan kerja sama antara Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.
  - b. Dapat semakin meningkatkan kualitas mahasiswanya melalui kegiatan belajar mengajar yang dilakukan sehingga dapat mencetak generasi-generasi yang produktif terutama bagi kemajuan perindustrian di Indonesia.
3. Bagi Pihak Perusahaan (PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.)
  - a. Sebagai bentuk hubungan kerja sama antara pihak perusahaan dengan pihak institusi yang mana dapat dijadikan sebagai ajang untuk mempersiapkan mahasiswa untuk dijadikan sebagai kader regenerasi perusahaan di masa yang akan datang.

#### 1.4 Metodologi Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang kami ambil untuk laporan kami yaitu sebagai berikut :

1. Menanyakan secara langsung kepada pendamping maupun pembimbing tentang suatu hal yang berhubungan dengan proses penggilingan akhir serta bahan-bahan yang diperlukan dalam proses tersebut yang sekiranya tidak diketahui.
2. Analisa persoalan yaitu melakukan studi literatur mengenai suatu persoalan yang telah diberikan, mencari referensi atau data-data yang menunjang teori untuk persoalan tersebut.

#### 1.5 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kerja Praktek

Kerja praktek ini dilaksanakan pada :

Tempat : PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk  
Kabupaten Tuban, Jawa Timur  
Tanggal : 1 – 30 September 2021  
Pelaksanaan : *Online*

#### 1.6 Metodologi Penyusunan Laporan

Adapun format penyusunan laporan yang kami gunakan sesuai dengan arahan yang diberikan oleh PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN berisi tentang latar belakang dilaksanakannya kegiatan kerja praktik, tujuan dan manfaat kerja praktik, metodologi pengumpulan data, metodologi penyusunan laporan, waktu, dan tempat pelaksanaan kerja praktik.

BAB II PROFIL PERUSAHAAN berisikan tentang visi dan misi, profil PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk., struktur organisasi PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Mulai dari Direktur Utama hingga Departemen pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.

BAB III TINJAUAN PUSTAKA berisi tentang dasar-dasar teori yang berhubungan tentang semen seperti pengertian semen, fungsi semen, bahan pembuatan semen, proses pembuatan dan pengolahan semen, serta pengecekan kualitas semen.

BAB IV PEMBAHASAN berisi tentang perhitungan Neraca Massa dan Necara Panas pada unit Section of FM 1-2 Operation di PT Semen Indonesia, Tbk yang merupakan tugas khusus yang diperoleh dari Ibu Ni Made Intan Putri Suari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing dan juga Bapak Yusuf Arif Sukoco selaku Pembimbing Kerja Praktek di PT Semen Indonesia, Tbk.

BAB V PENUTUP berisi tentang Kesimpulan dari pembahasan yang ada pada bab IV serta ditambah saran-saran yang bersangkutan.

#### **1.7 Nama Unit Kerja**

Nama unit kerja tempat pelaksanaan kerja praktek yaitu “Section of FM 1-2 Operation”.

## BAB II

### PROFIL PERUSAHAAN

#### 2.1 Visi dan Misi PT. Semen Indonesia

##### 2.1.1 Visi

Menjadi Perusahaan Penyedia Solusi Bahan Bangunan Terbesar di Regional.

##### 2.1.2 Misi

1. Berorientasi pada kepuasan pelanggan dalam setiap inisiatif bisnis.
2. Menerapkan standar terbaik untuk menjamin kualitas.
3. Fokus menciptakan perlindungan lingkungan dan tanggung jawab sosial yang berkelanjutan.
4. Memberikan nilai tambah terbaik untuk seluruh pemangku kepentingan.
5. Menjadikan sumber daya manusia sebagai pusat pengembangan perusahaan.

#### 2.2 Profil Perusahaan



Gambar 2.1 Logo Perusahaan

(Sumber: <https://sig.id>)

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk (SMGR) merupakan perusahaan produsen semen terbesar yang ada di Indonesia milik pemerintah dalam kategori BUMN. Pada awalnya, PT Semen Gresik (Persero) Tbk, namun berganti nama menjadi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk melalui Rapat Umum Pemegang Saham Luar Biasa atau RSUSLB sebagai awal dari penerapan Strategic Holding Group. Hal ini juga bertujuan untuk menghadapi tantangan global dari produsen lain. Diresmikan di Gresik pada tanggal 7 Agustus 1957 oleh Presiden RI pertama dengan kapasitas terpasang 250.000 ton semen per tahun.

Pada tanggal 8 Juli 1991 saham Perseroan tercatat di Bursa Efek Jakarta dan Bursa Efek Surabaya (kini menjadi Bursa Efek Indonesia) serta merupakan BUMN pertama yang *go public* dengan menjual 40 juta lembar saham kepada masyarakat. Komposisi pemegang saham pada saat itu: Negara RI 73% dan masyarakat 27%.

Pada bulan 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 September 1998, Negara RI melepas kepemilikan sahamnya di Perseroan sebesar 14% melalui penawaran terbuka yang dimenangkan oleh Cemex S. A. de C. V., 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 Republik Indonesia 51,0%, 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 51,0% Blue Valley Holdings PTE Ltd. 24,9%, dan masyarakat 24,0%. 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%. Hal ini diperjelas dengan menggunakan gambar 2.1.

Pada April tahun 2012, Perseroan berhasil menyelesaikan pembangunan Pabrik Tuban IV berkapasitas 2,5 juta ton. Setelah menjalani masa *commissioning*, pada bulan Juli 2012 pabrik baru tersebut diserahkan, diikuti peresmian operasional komersial pada bulan Oktober 2012. Pada kuartal ketiga 2012, Perseroan juga berhasil menyelesaikan pembangunan pabrik semen Tonasa V di Sulawesi. Pabrik baru berkapasitas 2,5 juta ton tersebut menjalani masa *commissioning* sejak September 2012 dan ditargetkan mulai beroperasi komersial pada kuartal pertama 2013.

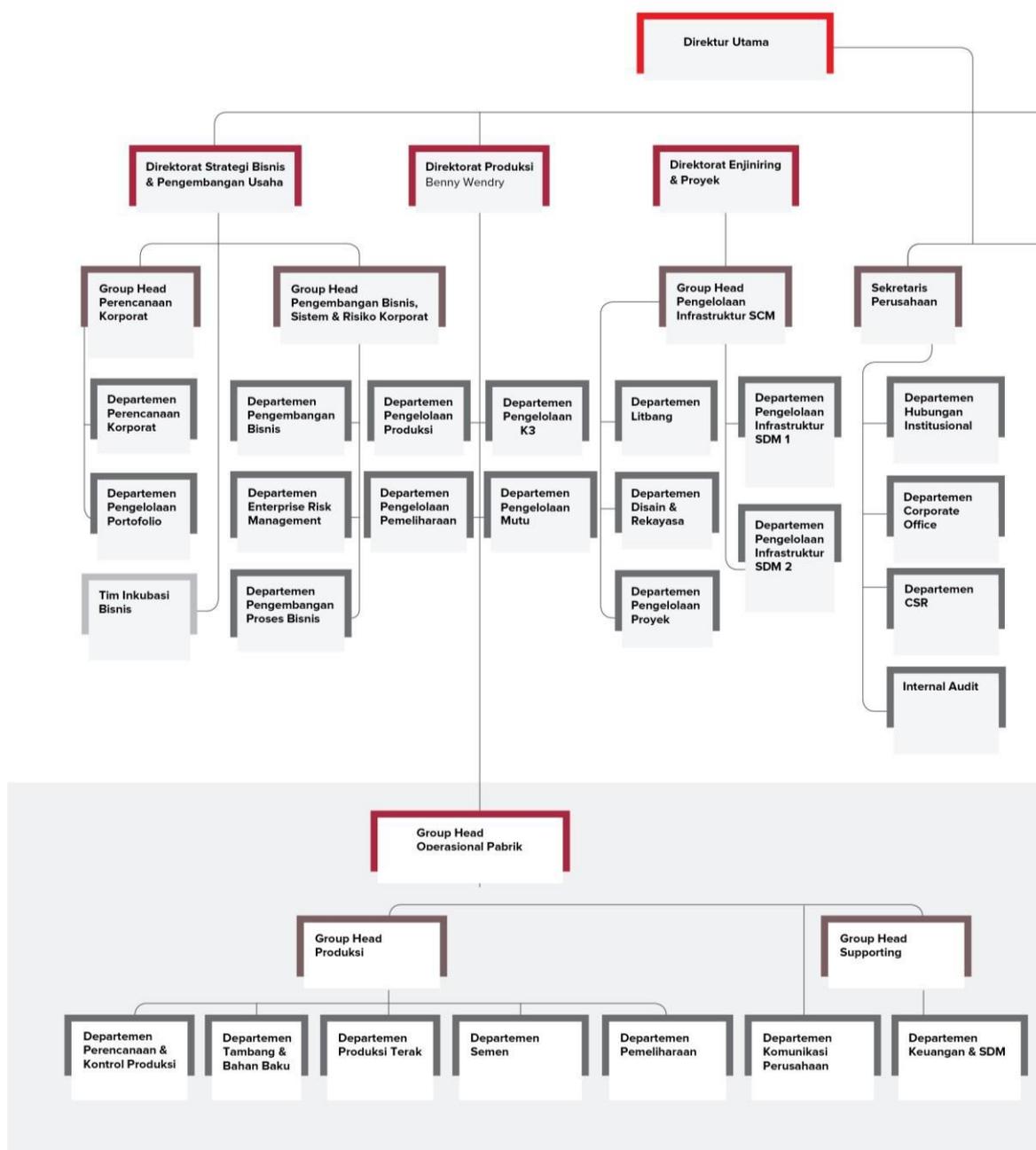
Pada tanggal 18 Desember 2012 Perseroan resmi mengambil alih 70% kepemilikan saham Than Long Cement Joint Stock Company (TLCC) dari Hanoi General Export-Import Joint Stock Company (Geleximco) di Vietnam, berkapasitas 2,3 juta ton. Aksi korporasi ini menjadikan Perseroan tercatat sebagai BUMN Multinasional yang pertama di Indonesia. Pada tanggal 7 Januari 2013 Perseroan resmi berperan sebagai Strategic Holding Company sekaligus merubah nama, dari PT Semen Gresik (Persero) Tbk menjadi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.

Pada tanggal 31 Januari 2019, PT Semen Indonesia (Persero) Tbk melalui anak usahanya PT Semen Indonesia Industri Bangunan (SIIB) telah resmi mengakuisisi 80,6% kepemilikan saham Holderfin B.V. yang ditempatkan dan disetor di PT Holcim Indonesia Tbk. Selanjutnya pada tanggal 11 Februari 2019, melalui mekanisme Rapat Umum Pemegang Saham Luar Biasa, telah disahkan perubahan nama PT Holcim Indonesia Tbk menjadi PT Solusi Bangun Indonesia Tbk.

Kapasitas produksi PT. Semen Gresik Pabrik Tuban ditentukan berdasarkan proyeksi kebutuhan permintaan semen dalam Indonesia. Diprediksi pada tahun 2020 kebutuhan semen akan mencapai 84 juta ton dan akan meningkat menjadi 160 juta ton pada tahun 2030. Kebutuhan pasar menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kapasitas produksi semen yang hanya sebesar 70 juta ton pada tahun 2020. Sebagai upaya untuk memenuhi kekurangan kebutuhan semen tersebut, PT. Semen Gresik Pabrik Tuban didirikan dengan kapasitas sebesar 16 juta ton dalam satu tahun.

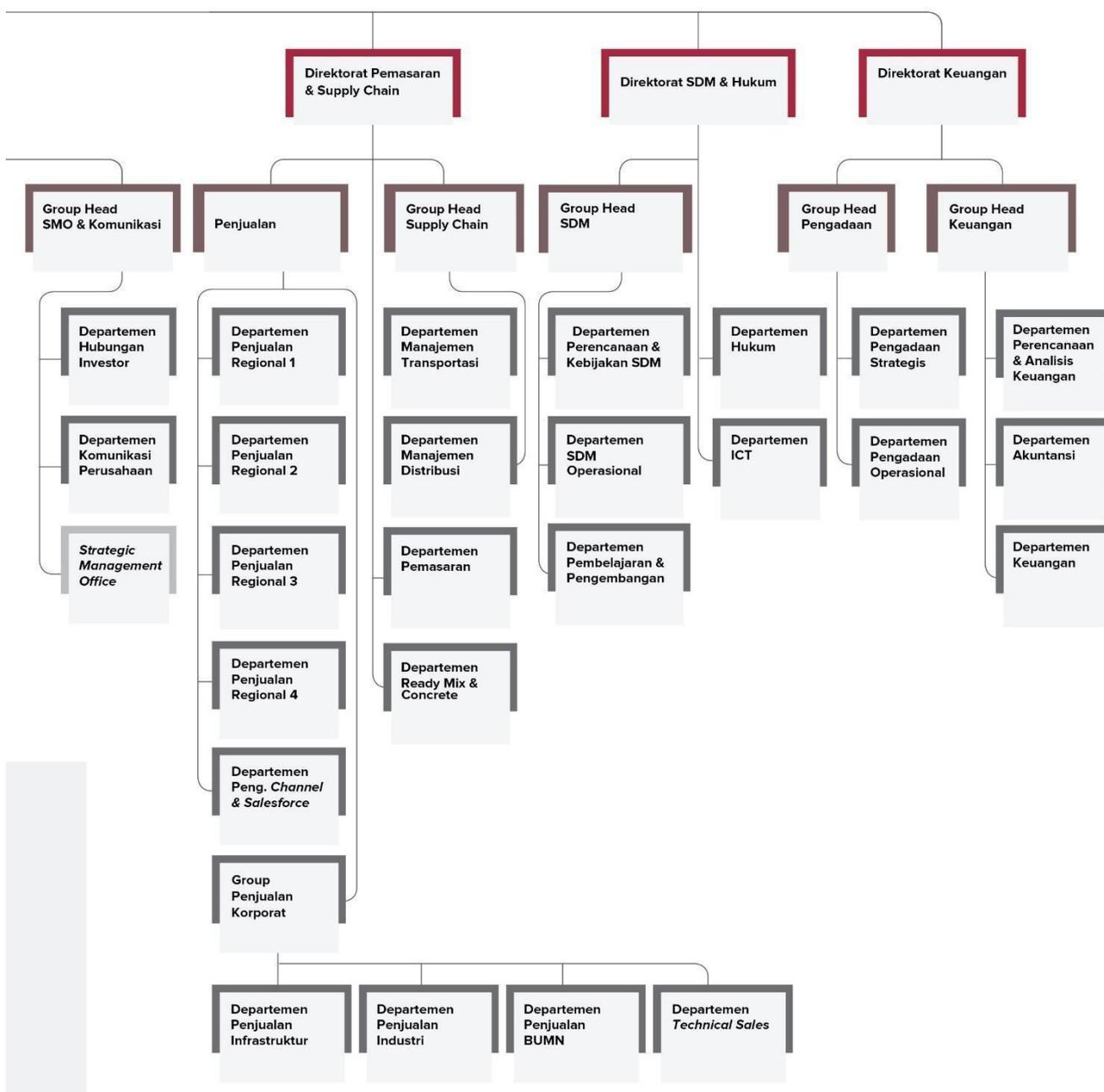
Dalam perjalanannya PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. terus berkembang dan memiliki beberapa anak perusahaan diantaranya adalah PT Semen Indonesia Beton, PT Semen Indonesia Logistik, PT Sinergi Informatika Semen Indonesia, PT Semen Indonesia Internasional, PT Swadaya Graha, PT Krakatau Semen Indonesia, PT Kawasan Indonesia Gresik, PT United Tractor Semen Gresik, PT Industri Kemasan Semen Gresik. Dengan prinsip “Membangun Kekuatan Memajukan Indonesia“ Semen Indonesia terus meningkatkan sinergi dan inovasi demi mencapai keunggulan kualitas, menjaga keterpaduan dan kesinambungan kinerja ekonomi, berkomitmen terhadap lingkungan serta memberikan manfaat sosial dalam seluruh kegiatan operasional.

Hingga kini, perusahaan BUMN Semen Indonesia memiliki bidang produksi yang sama. Beberapa anak perusahaan itu terdiri dari PT Semen Padang yang berada di Sumatera Barat, PT Semen Gresik di Jawa Timur, PT Semen Tonasa, PT Solusi Bangun Indonesia Tbk hingga Thang Long Cement yang berada di luar wilayah Indonesia. SIG adalah semangat baru perseroan yang bertindak beda dan selalu melebihi jangkauan (*Go Beyond Next*), yang hadir menjadi solusi kebutuhan konsumen dan pembangunan nasional. SIG berkomitmen menjadi bagian dari penciptaan *sustainable living*, yang bertanggung jawab secara sosial dan lingkungan untuk meningkatkan kualitas kehidupan di masa mendatang, serta terus menjadi BUMN kebanggaan Bangsa Indonesia.



**Gambar 2.2** Struktur Organisasi PT Semen Indonesia

(Sumber: <https://sig.id/id/struktur-organisasi/>)



**Gambar 2.3** Lanjutan Struktur Organisasi PT Semen Indonesia

(Sumber: <https://sig.id/id/struktur-organisasi/>)

## BAB III

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 3.1 Pengertian Semen

Semen berasal dari bahasa latin “*cementum*”, dimana kata ini mula-mula dipakai oleh bangsa Roma yang berarti bahan atau ramuan pengikat, dengan kata lain semen dapat didefinisikan adalah suatu bahan perekat yang berbentuk serbuk halus, bila ditambah air akan terjadi reaksi hidrasi sehingga dapat mengeras dan digunakan sebagai pengikat (*mineral glue*).

Semen merupakan salah satu bahan perekat yang jika dicampur dengan air mampu mengikat bahan - bahan padat seperti pasir dan batu menjadi suatu kesatuan kompak. Sifat pengikatan semen ditentukan oleh susunan kimia yang dikandungnya. Adapun bahan utama yang dikandung semen adalah kapur penambahan bahan additive berupa *gypsum*, *trass*, batu kapur, dan *fly ash* dengan proporsi tertentu sesuai dengan spesifikasi semen, serta oksida lain dalam jumlah kecil.

Massa jenis semen yang diisyaratkan oleh ASTM adalah  $3,15 \text{ gr/cm}^3$ , pada kenyataannya massa jenis semen yang diproduksi berkisar antara  $3,03 \text{ gr/cm}^3$  sampai  $3,25 \text{ gr/cm}^3$ . Variasi ini akan berpengaruh proporsi campuran semen dalam campuran. Pengujian massa jenis ini dapat dilakukan menggunakan *Le Chatelier Flask*.

#### 3.2 Fungsi Semen

Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir - butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan.

#### 3.3 Bahan Pembuatan Semen

##### 3.3.1. Bahan Baku Utama Pembuatan Semen

Bahan baku yang digunakan atas tiga bagian yaitu: bahan baku utama, bahan pengoreksi dan bahan tambahan.

##### 1) Bahan Baku Utama Pembuatan Semen

Bahan baku utama pembuatan semen antara lain adalah batu kapur (*limestone*) dan tanah liat (*clay*).

##### a. Batu Kapur (*limestone*)

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  $\pm 81\%$ . Batu kapur dalam keadaan murni berupa bahan  $\text{CaCO}_3$  yang mengandung kalsit dan aragonit. Batu kapur tersusun atas struktur butiran kristal yang baik.

Kekerasan batu kapur dipengaruhi oleh umur geologinya. Semakin tua umur batu kapur biasanya semakin keras. Pada dasarnya Calcareous Materials / Carbonic Material adalah bebatuan yang mengandung bebatuan yang banyak mengandung  $\text{CaCO}_3$  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 :  $\text{CaO}$  min 50%,  $\text{MgO}$  max 3%,  $\text{H}_2\text{O}$  max 12%. Tingginya kadar  $\text{MgO}$  menyebabkan terjadinya perubahan bentuk semen setelah terjadi pengerasan, yaitu timbulnya retakretak. Jika dalam proses pembuatan semen diindikasikan kadar  $\text{CaO}$ nya kurang maka dapat digunakan Limestone High Grade atau (kadar  $\text{CaO} > 90\%$ ) sebagai bahan koreksi.

Parameter	High Grade	Medium Grade	Low Grade
Kenampakan	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%

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09 – 1%	0,09 – 1%	0,09 – 1%
H <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O	Sisa	Sisa	Sisa

Tabel 3. 1 Spesifikasi Batu Kapur Secara Umum

Sumber : H.N Banerjea, 1980

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

- Fase : Padat
- Warna : Putih
- Kadar air : 7 – 10% H<sub>2</sub>O
- Bulk density : 1,3 ton/m<sup>3</sup>
- Specific gravity : 2,49
- Titik leleh : 825 °C
- Kandungan CaO : 47 – 56%
- Kuat tekan : 31,6 N/mm<sup>2</sup>
- Silica ratio : 2,6
- Alumina ratio : 2,57

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



$$T = 600 - 800^\circ\text{C}$$

#### b. Tanah Liat

Tanah liat adalah bahan alam yang mengandung senyawa: silika oksida (SiO<sub>2</sub>), aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan magnesium oksida (MgO). Tanah liat yang baik digunakan memiliki kadar air ± 20%, kadar SiO<sub>2</sub> tidak terlalu tinggi ± 46% dan penggunaan tanah liat dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar ± 9%. Kualitas tanah liat dibedakan atas kandungan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), antara lain:

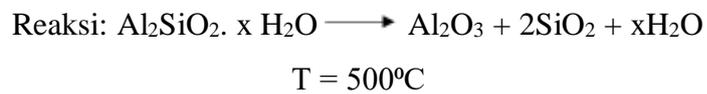
- High Alumina yaitu tanah liat yang mengandung alumina ≥ 17%.
- Low Alumina yaitu tanah liat yang mengandung alumina ≤ 17%.

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

- Fase : Padat
- Warna : Coklat kekuningan

- Kadar air : 18 - 25% H<sub>2</sub>O
- Bulk density : 1,7 ton/m<sup>3</sup>
- Specific gravity : 2,36
- Titik leleh : 1999 - 2023°C
- Kandungan CaO : 47 – 56%
- Silica 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.



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>	H <sub>2</sub> O
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1 – 10	40 – 70	15 – 30	3 – 10	1 – 5	1 – 4	< 2	18 – 25

Tabel 3. 2 Komposisi Tanah Liat pada Pembuatan Semen Portland

Sumber : (H.N Banerjea, 1980)

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.

### 3.3.2. Bahan Koreksi Pembuatan Semen

Bahan baku korektif adalah bahan baku yang dipakai hanya apabila pada pencampuran bahan baku utama komposisi oksida–oksidanya belum memenuhi persyaratan secara kualitatif dan kuantitatif. Pada umumnya, bahan baku korektif yang digunakan mengandung oksida silika, oksida alumina, dan oksida yang diperoleh dari pasir Silika (*Sand*), Tanah

Liat (*Clay*), dan Pasir Besi. Beberapa bahan koreksi yang sering digunakan di industri semen adalah sebagai berikut:

- a. Pasir Besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Pasir Besi berfungsi juga sebagai penghantar panas dalam pembentukan luluhan terak semen. Pasir Besi yang depositnya terdapat disepanjang pantai dan berkadar  $Fe_2O_3$  15% dan berwarna hitam. Sejak tahun 1998 sebagai pengganti pasir. Besi digunakan Copper slage. Bahan ini berasal dari limbah yang dihasilkan pabrik peleburan tembaga PT Smelting Co, Gresik. Kandungan  $Fe_2O_3$  nya sekitar 52-64%. Bentuk fisiknya berupa granular dan berwarna merah kehitaman.

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

Tabel 3. 3 Komposisi Copper slage pada Pembuatan Semen Portland

Sumber : (H.N Banerjea, 1980)

Sifat fisiknya, antara lain:

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

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



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

#### b. Pasir Silika (SiO<sub>2</sub>)

Pasir Silika disebut juga *silica sand* mempunyai kandungan SiO<sub>2</sub> yang tinggi 90-95%. Depositnya berbentuk gunung-gunung pasir silika dan berkadar SiO<sub>2</sub> sekitar 90%. Semakin murni pasir silika, maka akan semakin putih warnanya dan biasanya disebut pasir kuarsa yang berkadar SiO<sub>2</sub> 100%. Ini dipakai terus sebagai bahan tambahan pada pembuatan semen apabila kadar SiO<sub>2</sub>nya masih rendah. Penggunaan pasir silika dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar ± 9%.

CaO (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MgO (%)	Alkali (%)	LOI (%)

1 - 3	85 - 95	2 - 3	1 - 3	1 - 3	1 - 2	2 - 5
-------	---------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabel 3. 4 Komposisi Pasir Silika pada Pembuatan Semen Portland

Sumber : (H.N Banerjea, 1980)

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

- Fase : Padat
- Warna : Coklat kemerahan
- Kadar air : 6% H<sub>2</sub>O
- *Bulk density* : 1,45 ton/m<sup>3</sup>
- *Spesific gravity* : 2,37 gr/cm<sup>3</sup>
- *Silika ratio* : 5,29
- *Alumina ratio* : 2,37

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



$$T = 800-900 \text{ }^\circ\text{C}$$

c. *Limestone High Grade* (CaCO<sub>3</sub>)

Jika dalam proses pembuatan semen diindikasikan kadar CaO nya kurang maka dapat digunakan *Limestone High Grade* atau (kadar CaO > 54%) sebagai bahan koreksi.

### 3.3.3. Bahan Tambahan Pembuatan Semen

Bahan tambahan pembuatan semen antara lain :

a. Gypsum

*Gypsum* adalah mineral yang umum diperoleh dari permukaan dan bawah tanah yang dapat ditemukan dalam bentuk kristal dan batu-batuan. *Gypsum* pertanian secara umum mengandung CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O (*dihydrate*) tetapi dibawah kondisi geologi pada suhu dan tekanan tinggi, *gypsum* terkonversi menjadi CaSO<sub>4</sub> (*anhydrate*). Kebutuhan *Gypsum* diperoleh dari PT Petrokimia Gresik, PLTU Tanjung Jati, dan PT Smelting. *Gypsum* diangkut dengan truk ke pabrik berupa kerikil. *Gypsum* ini digunakan untuk bahan tambahan pembuatan semen type I atau semen OPC (*Ordinary Protland Cement*). *Gypsum* dipakai sebagai bahan campuran pada terak untuk digiling pada penggilingan akhir. Tujuan penambahan *gypsum* pada saat penggilingan terak adalah untuk memperlambat pengerasan pada semen, mencegah adanya *false set*, serta memberikan tekanan pada semen. Penambahan *gypsum* dengan kadar 91 %

dilakukan pada penggilingan akhir dengan perbandingan 96 : 4. *Gypsum* dapat diambil dari alam ataupun secara sintetis.

b. *Trass*

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

c. *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.

Kebutuhan *fly ash* di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk diperoleh dari PLTU Tuban, PLTU Tanjung Jati, dan PLTU Paiton yang digunakan untuk memproduksi semen PCC (*Portland Composite Cement*).

### 3.4 Proses Pembuatan Semen

#### 3.4.1. Teknologi Pembuatan Semen

Teknologi proses pembuatan semen, antara lain yaitu :

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

Menurut Walter H Duda, 1983, pada proses ini bahan baku dihancurkan dalam *raw mill* kemudian digiling dengan ditambah air dalam jumlah tertentu sebelum dibakar di *rotary kiln*. Hasilnya berupa *slurry*, kemudian dikeringkan dalam *rotary dryer* sehingga terbentuk umpan tanur berupa *slurry* dengan kadar air 25 - 40%. Pada umumnya menggunakan “*Long Rotary Kiln*” untuk menghasilkan terak. Terak tersebut kemudian didinginkan dan dicampur dengan *gypsum* untuk selanjutnya digiling dalam *finish mill* hingga terbentuk semen. Semua bahan baku yang ada dicampur dengan air, dihancurkan dan diuapkan kemudian dibakar dengan menggunakan bahan bakar minyak, bakar (*bunker crude oil*). Proses ini jarang digunakan karena masalah keterbatasan energi bahan bakar.

Keuntungan menggunakan proses basah antara lain :

- a. Umpan lebih homogen, semen yang diperoleh lebih baik.
- b. Efisiensi Penggilingan lebih tinggi dan tidak memerlukan suatu unit *homogenizer*.

- c. Debu yang timbul relatif sedikit.

Kerugian menggunakan proses basah adalah :

- a. Bahan bakar yang digunakan lebih banyak, butuh air yang cukup banyak.
- b. Tanur yang digunakan terlalu panjang karena memerlukan *zone dehidrasi* yang lebih panjang untuk mengendalikan kadar air.
- c. Biaya produksi lebih mahal.

### 2. Proses Semi Basah (Semi Wet Process)

Pada proses semi basah, bahan baku (batu kapur, pasir besi, pasir silika) dipecah, kemudian pada unit homogenisasi ditambahkan air dalam jumlah tertentu serta dicampur dengan luluhan tanah liat, sehingga terbentuk bubur halus dengan kadar air 15 - 25% (*slurry*). Pada proses ini penyediaan umpan tanur hampir sama seperti proses basah hanya saja disini umpan tanur disaring terlebih dahulu dengan *filter press*. *Filter cake* yang berbentuk pellet kemudian mengalami kalsinasi dalam tungku putar panjang (*Long Rotary Kiln*). Dengan perpindahan panas awal terjadi pada rantai (*chain section*). Sehingga terbentuk Clinker sebagai hasil proses kalsinasi (Duda, W.H, 1983). Proses ini jarang digunakan karena biaya produksi yang terlalu tinggi dan kurang menguntungkan.

Keuntungan menggunakan proses semi basah antara lain :

- a. Umpan mempunyai komposisi yang lebih homogen dibandingkan dengan proses kering.
- b. Debu yang dihasilkan sedikit.

Kerugian menggunakan pada proses semi basah antara lain :

- a. Tanur yang digunakan masih lebih panjang dari tanur putar pada proses kering.
- b. Membutuhkan filter yg berupa filter putar kontinyu untuk menyaring umpan yang berupa buburan sebelum dimasukkan ke kiln.
- c. Energi yang digunakan 1.000 - 1.200 kcal untuk setiap kg terak.

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

Proses ini dikenal sebagai *grate proses*, dimana merupakan transisi dari proses basah dan proses kering dalam pembuatan semen. Umpan tanur pada proses ini berupa tepung baku kering, dengan alat granulator (*pelletizer*) umpan disemprot dengan air untuk dibentuk menjadi granular atau nodule dengan kandungan air 10 - 12% dan ukurannya seragam 10 - 12 mm. Kemudian *kiln feed* dikalsinasi dengan menggunakan tungku tegak (*shaft kiln*) atau *long rotary kiln*. Konsumsi panas sekitar 1000 Kcal/kg klinker. Sehingga terbentuk clinker sebagai hasil akhir proses kalsinasi.

Keuntungan menggunakan proses semi kering antara lain :

- a. Tanur yang digunakan lebih pendek dari proses basah.
- b. Pemakaian bahan bakar lebih sedikit.
- c. Ukuran klinker yang keluar kiln seragam dan panas pembakaran lebih kecil

dibanding proses basah

Kerugian menggunakan proses semi kering antara lain :

- a. Menghasilkan debu oleh karena itu dibutuhkan alat penyaring debu.
- b. Campuran tepung baku kurang homogen karena pada saat penggilingan bahan dalam keadaan kering.

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

Pada proses ini bahan baku dipecah dan digiling disertai pengeringan dengan jalan mengalirkan udara panas ke dalam *raw mill* sampai diperoleh tepung baku dengan kadar air 0,5 - 1%. Selanjutnya, tepung baku yang telah homogen ini diumpankan ke dalam suspension preheater sebagai pemanasan awal, disini terjadi perpindahan panas melalui kontak langsung antara gas panas dengan material dengan arah berlawanan (*Counter Current*). Adanya sistem *suspension pre-heater* akan menghilangkan kadar air dan mengurangi beban panas pada kiln. Material yang telah keluar dari suspension preheater siap menjadi umpan kiln dan diproses untuk mendapatkan terak. Terak tersebut kemudian didinginkan secara mendadak agar terbentuk kristal yang bentuknya tidak beraturan (*amorf*) agar mudah digiling. Selanjutnya dilakukan penggilingan di dalam finish mill dan dicampur dengan gypsum dengan perbandingan 96 : 4 sehingga menjadi semen.

Keuntungan menggunakan proses ini antara lain :

- a. Rotary kiln yang digunakan relatif pendek.
- b. Heat compsumtion rendah yaitu sekitar 800 – 1000 kcal untuk setiap kilogram terak sehingga bahan bakar yang digunakan lebih sedikit.
- c. Kapasitas produksi besar dan biaya operasi rendah.

Kerugian menggunakan proses ini antara lain :

- a. Impuritas  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  menyebabkan penyempitan pada saluran preheater.
- b. Campuran tepung kurang homogen karena bahan yang digunakan dicampur dalam keadaan kering.
- c. Adanya air yang terkandung dalam material sangat mengganggu operasi karena material lengket pada inlet chute.
- d. Banyak debu yang dihasilkan sehingga dibutuhkan alat penangkap debu.

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

### 3.4.2. Proses Umum Pembuatan Semen

Ada beberapa proses umum dalam pembuatan semen, diantaranya yaitu :

#### 1. Penyediaan Bahan Baku

Langkah - langkah penyediaan bahan baku, antara lain :

##### a. Pembersihan (*Clearing*)

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

##### b. Pengupasan (*Stripping*)

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

##### c. Pengeboran (*Drilling*)

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

- 1) Diameter lubang : 3 inch
- 2) Kedalaman : 6,75 - 7 m
- 3) Jarak antar lubang : 1,5 - 3 m

Peralatan yang umumnya dipakai untuk pengeboran adalah :

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

##### d. Peledakan (*Blasting*)

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

- 1) *Damotin (Dynamit ammonium gelatin)*, merupakan bahan peledak primer.
- 2) ANFO (Campuran 93,6% Ammonium Nitrat dan 6,4% Fuel Oil), merupakan bahan peledak sekunder.
- 3) *Detonator*

Peralatan - peralatan yang digunakan untuk peledakan adalah :

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

Batu kapur hasil dari peledakan memiliki ukuran maksimal 300 mm dengan volume  $\pm 55.000$  ton/hari dan siap diangkut menuju *limestone storage*.

#### e. Pengerukan dan Pengangkutan

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

## 2. Penyediaan Bahan Tambahan

Bahan yang berupa copper slag, pasir silika, dan gypsum tidak disediakan sendiri oleh PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, tetapi mengambil dari beberapa daerah yaitu :

- a) Pasir silika diperoleh dari daerah Bangkalan, Cilacap, dan daerah sekitar Tuban.
- b) *Copper slag* diperoleh dari PT Smelting.
- c) *Gypsum* diperoleh dari PT Petrokimia Gresik, PLTU Tanjung Jati, dan PT Smelting.
- d) *Trass* diperoleh dari daerah Pasuruan dan Rembang.
- e) *Fly Ash* diperoleh dari hasil pembakaran batu bara di PLTU Paiton, PLTU Tuban, dan PLTU Tanjung Jati.

## 3. Pengolahan Bahan

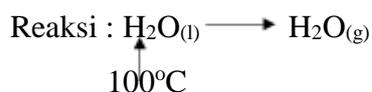
Bahan-bahan yang telah melalui tahap pengecilan ukuran di crusher seperti batu kapur dan tanah liat, selanjutnya akan masuk ke *Mix Pile*. Bahan pembuatan semen yang terdiri dari batu kapur, tanah liat, *copper slag* dan pasir silika dengan komposisi tertentu diumpankan kedalam *raw mill*. Di dalam *raw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

#### 4. Pembakaran dan Pendinginan

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

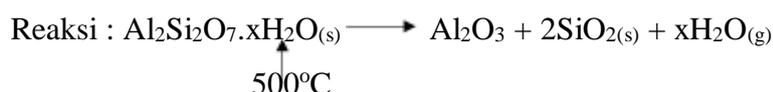
1. Proses pengurangan kadar air

Terjadi pada suhu 100°C

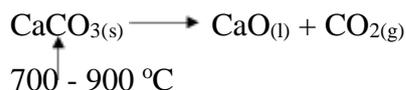
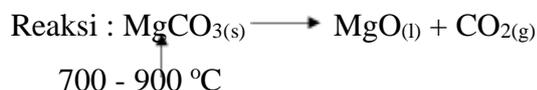


2. Pelepasan air hidrat *clay* (tanah liat)

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

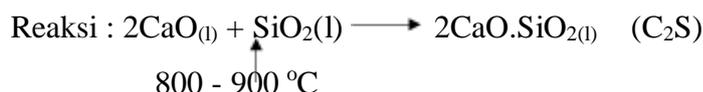


3. Terjadi proses kalsinasi Tahapan penguapan CO<sub>2</sub> dari limestone dan mulai calsinasi terjadi pada suhu 700 - 900 °C.



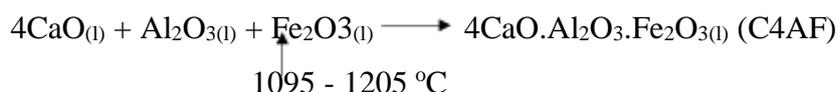
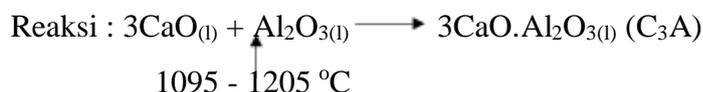
4. Reaksi pembentukan senyawa semen C<sub>2</sub>S

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



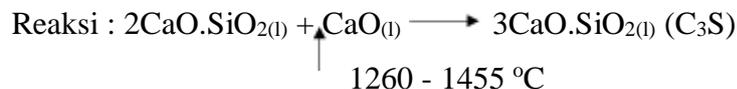
5. Reaksi pembentukan senyawa semen C<sub>3</sub>A dan C<sub>4</sub>AF

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



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 persentase C<sub>2</sub>S mulai menurun karena membentuk C<sub>3</sub>S.



## 5. Penggilingan Semen

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

## 6. Pengisian dan Pengantongan Semen

Semen dari produk *finish mill* kemudian diangkut oleh *air slide* masuk ke semen silo. Semen dilewatkan ke *vibrating screen* untuk memisahkan semen dari kotoran pengganggu seperti logam, kertas, plastik, dan bahan lain yang terbawa dalam semen dan selanjutnya masuk ke dalam *bin* semen. Semen curah langsung dibawa ke *bin* semen curah dan selanjutnya diangkut oleh *truck* 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 40 kg semen untuk semua tipe baik OPC maupun PCC dan 50 kg hanya digunakan sesuai pesanan. Semen yang tidak lolos akan diayak dan produk yang jatuh saat pengisian di *Roto packer* akan dibawa *screw conveyor* kemudian dikembalikan ke *bucket elevator*. Semen yang lolos uji dibawa ke *belt conveyor* menuju *truck* untuk didistribusikan ke konsumen.

### 3.5 Kontrol Kualitas pada Semen

Untuk menghasilkan produk semen dengan kualitas yang baik maka harus dilakukan pengecekan kualitas dari semen tersebut, adapun parameter yang harus dilakukan pengecekan secara berkala, yaitu antara lain :

#### 1. *Loss On Ignition (LOI)*

LOI menyatakan bagian dari zat yang akan terbebaskan sebagai gas pada saat terpanaskan atau dibakar pada suhu tinggi. Pada bahan baku umpan kiln, semakin tinggi LOI-nya maka akan semakin sedikit umpan kiln yang menjadi produk klinker. Oleh karena itu, LOI bahan baku maksimal dipersyaratkan untuk mengurangi *inefisiensi* proses karena adanya mineral-mineral yang dapat diuraikan pada saat pembakaran. Komponen utama dari LOI adalah uap air yang berasal dari kandungan air (*moisture*) dalam bahan baku dan gas CO<sub>2</sub> yang akan dihasilkan pada proses kalsinasi CaCO<sub>3</sub>. LOI dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$LOI = 0,44 \text{ CaCO}_3 + 0,524 \text{ MgCO}_3$$

#### 2. *Insoluble Residue*

*Insoluble residue* merupakan zat pengotor yang tetap tinggal setelah semen tersebut direaksikan dengan asam klorida dan natrium karbonat. Nilai *Insoluble residue* dibatasi untuk mencegah tercampurnya semen portland dengan bahan-bahan alami lainnya yang tidak dapat dibatasi dari persyaratan fisika.

#### 3. **Modulus-modulus Semen**

Modulus-modulus semen digunakan sebagai dasar untuk menentukan jenis semen yang akan diproduksi dan digunakan untuk menghitung perbandingan bahan baku yang dipakai, modulus yang digunakan sebagai perhitungan yaitu *Hydraulic Modulus (HM)*. Modulus ini menunjukkan perbandingan antara CaO dengan ketiga oksida lainnya yang dirumuskan sebagai berikut :

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

Batasan nilai HM 1,7-2,2 untuk semen jenis OPC, pengaruh nilai HM terhadap proses dan kualitas semen adalah sebagai berikut :

##### a. Pengaruh $HM > 2,2$

- 1) Kiln *feed* sulit dibakar dan kebutuhan energi tinggi;
- 2) Karakteristik semen yang dihasilkan mempunyai kadar CaO bebas terlalu

tinggi;

- 3) Kuat tekan awal dan panas hidrasi tinggi;
- 4) Tidak tahan terhadap senyawa asam dan stabilitas volume yang rendah.

b. Pengaruh  $HM < 1,7$

- 1) Kiln *feed* mudah dibakar dan kebutuhan energi rendah;
- 2) Karakteristik semen yang dihasilkan adalah mempunyai kadar CaO bebas relatif rendah;
- 3) Kuat tekan awal rendah.

**4. Lime Saturation Factor (LSF)**

Faktor penjenhuan kapur adalah nilai yang menunjukkan perbandingan CaO maksimum teoritis yang dapat mengikat senyawa-senyawa  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , dan  $Fe_2O_3$ . Perhitungan LSF didasarkan pada anggapan kondisi pembakaran klinker yang optimal, homogenisasi tepung baku baik, dan CaO bebas pada klinker sama dengan nol. LSF dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

- a. Jika nilai Alumina Ratio (A/F)  $> 0,64$
- b. Jika nilai Alumina Ratio (A/F)  $< 0,64$

Batasan nilai LSF adalah 90-95 untuk semen OPC. Pengaruh nilai LSF terhadap proses dan kualitas semen adalah sebagai berikut :

- 1) Pengaruh LSF  $> 95$ 
  - Kiln *feed* sulit dibakar dan kebutuhan energi relatif tinggi;
  - Sulit terbentuk coating, sehingga panas hidrasi yang hilang dari dinding tanur naik;
    - Temperatur gas keluar tanur naik;
    - Kadar CaO bebas cenderung naik, dan - Kadar C3S naik, sehingga kuat tekan awal dan panas hidrasi naik.
- 2) Pengaruh LSF  $< 90$ 
  - Kiln *feed* mudah dibakar, kebutuhan energi rendah;
  - Fase cair di burning zone berlebih, cenderung membentuk ring dan coating washing;
    - Klinker berbentuk bola-bola dan sulit dingin;
    - Kadar CaO bebas rendah;
    - Kadar C3S turun dan kadar  $C_2S$  naik secara proporsional, dan
  - Panas hidrasi semen cenderung rendah.

## 5. Silika Modulus (SM)

Silika modulus merupakan nilai yang menunjukkan perbandingan antara jumlah  $\text{SiO}_2$  terhadap jumlah  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Silika modulus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Batasan nilai SM adalah 1,9-3,2. Pengaruh nilai SM terhadap proses dan kualitas semen sebagai berikut :

### a. Pengaruh $\text{SM} > 3,2$

- 1) Kiln *feed* sulit dibakar dan memerlukan energi tinggi;
- 2) Fase cair rendah, thermal load tinggi, terak *dusty*, dan kadar CaO bebas cenderung tinggi;
- 3) Sifat *coating* tidak stabil. *Coating* yang terbentuk tidak tahan terhadap *thermal shock* sehingga radiasi pada dinding tanur tinggi;
- 4) Merusak batu tahan api (refraktori);
- 5) Memperlambat pengerasan semen;
- 6) Kuat tekan semen cenderung tinggi.

### b. Pengaruh $\text{SM} < 1,9$

- 1) Selalu membentuk ring;
- 2) Klinker terbentuk bola dan sulit dingin;
- 3) Waktu pengikatan semen pendek dan panas hidrasi naik;
- 4) Kuat tekan awal semen (3-7 hari) rendah;
- 5) Tanur tidak stabil dan kebutuhan energi rendah;
- 6) Mudah dibakar dan fase cair tinggi.

## 6. Alumunium Modulus (AM) atau Iron Modulus (IM)

Alumina modulus atau *Iron* modulus adalah perbandingan antara  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Batasan nilai IM/AM adalah 1,5-2,5. Pengaruh nilai IM/AM terhadap proses dan kualitas semen adalah sebagai berikut :

### a. Pengaruh $\text{IM} > 2,5$

- 1) Kiln *feed* sulit dibakar;
- 2) Viskositas fase cair pada suhu tetap akan naik;
- 3) Semen yang dihasilkan mempunyai kuat tekan awal tinggi, waktu pengikatan pendek, panas hidrasi tinggi, dan ketahanan terhadap sulfur rendah; dan
- 4) Kadar  $\text{C}_3\text{A}$  naik,  $\text{C}_4\text{AF}$  turun, sedangkan  $\text{C}_3\text{S}$  dan  $\text{C}_2\text{S}$  rendah.

### b. Pengaruh $\text{IM} < 1,5$

- 1) Pada fase cair mempunyai viskositas rendah;
- 2) Semen yang dihasilkan mempunyai ketahanan terhadap sulfat tinggi, kuat awal rendah, dan panas hidrasi rendah, dan
- 3) IM yang rendah dan tidak adanya  $\text{SiO}_2$  bebas dalam kiln *feed* menyebabkan terak menjadi lengket dan membentuk bola-bola besar.

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1. Judul Tugas

Perhitungan Neraca Massa Dan Neraca Panas Pada Unit Finish Mill 3 Pabrik Tuban.

### 4.2. Latar Belakang Masalah dan Penyelesaian

#### 4.2.1. Latar Belakang Masalah

Salah satu unit yang ada di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. adalah *Unit Section Finish Mill 3-4. Finish Mill* atau penggilingan akhir adalah proses penggilingan dan *mixing* material setengah jadi yang berupa klinker dengan penambahan bahan additive berupa *gypsum*, *trass*, batu kapur, dan *fly ash* dengan proporsi tertentu sesuai dengan spesifikasi semen. Pada Unit *Finsh Mill* terdiri atas 2 alat utama yaitu *Ball Mill* atau *Vertical Mill*, dalam proses Unit *Finish Mill* dimulai dari *Ball Mill* dilanjutkan ke Separator kemudian *Cyclone* dan terakhir ke *Main Bag Filter*.

Tugas khusus yang kami buat, dilakukan analisis mengenai neraca massa dan neraca panas pada *Finish Mill 3* untuk produksi PCC di pabrik Tuban 3.

#### 4.2.2. Penyelesaian Neraca Massa Finish Mill 3 Tuban

Data umpan masuk ke *Finish Mill 3* tanggal 1 September 2021 dari Bagian CCR dan Unit Evaluasi Proses. Basis = 1 jam operasi

Tabel 4. 24 Tabel data umpan masuk *Finish Mill*

Jam	Umpan (kg)
0.00	182262.7
1.00	183533.3
2.00	174921.4
3.00	177886.2
4.00	184098.1
5.00	193133.6
6.00	194827.7
7.00	186498.1
8.00	194263

9.00	191862.9
10.00	188333.5
11.00	191157
12.00	196521.9
13.00	195392.4
14.00	190451.1
15.00	168850.7
16.00	162215.2
17.00	161932.9
18.00	169556.6
19.00	167156.5
20.00	175486.1
21.00	177039.1
22.00	190310
23.00	190310

 Tabel 4. 25 Komposisi Bahan masuk dan kandungan H<sub>2</sub>O *Finish Mill 3*

Komponen	Input %	H <sub>2</sub> O %
Clinker	63.8	0
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	3.3	26.56
Batu kapur (CaO)	26	10.45
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	5.9	6.48
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1	1.6

 Tabel 4. 26 Komposisi Komponen Masuk *Finish Mill 3*

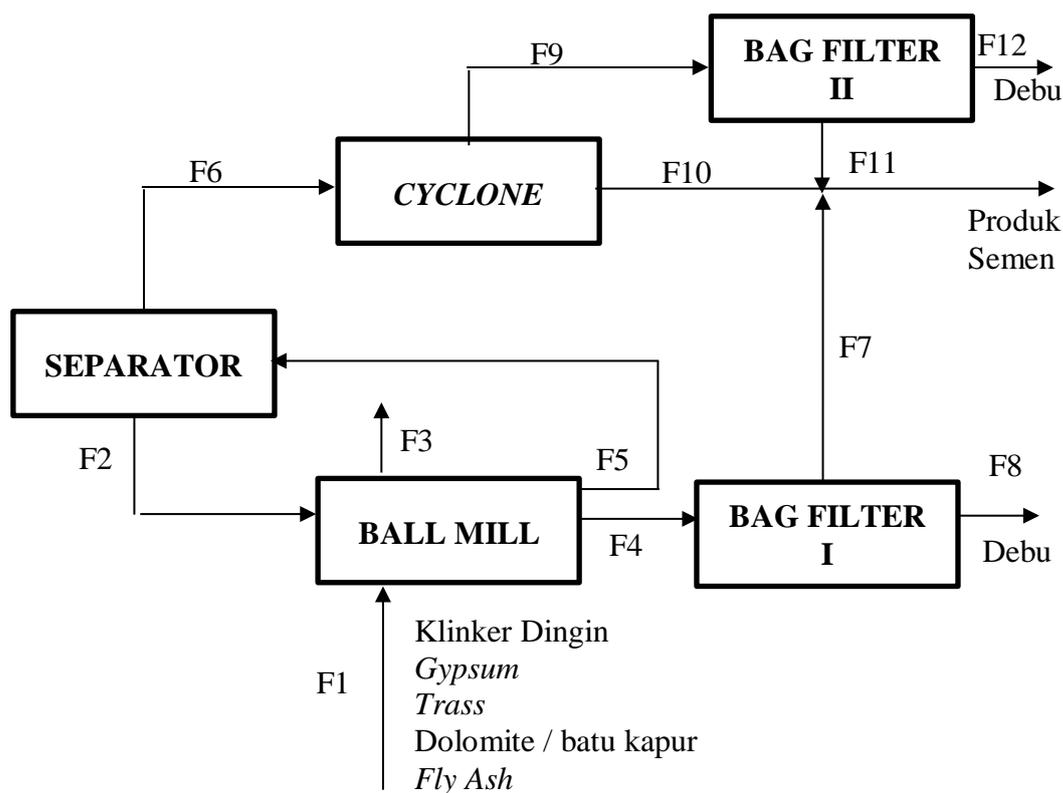
Komponen	Input	
	Umpan dari clinker	
	xmass %	mass (kg)
Clinker	63.8	116647.7
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	3.3	6033.5
Batu kapur (CaO)	26	47536.67

Trass ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ )	5.9	10787.17
Fly Ash ( $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{CaO}$ )	1	1828.333
<b>Total</b>	100,00	182833.3

Tabel 4. 27 Aliran  $\text{H}_2\text{O}$  yang teruapkan

Komponen	Input	
	Umpan dari clinker	
	xmass %	mass (kg)
Gypsum ( $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	26.56	1602.4976
Batu kapur ( $\text{CaO}$ )	10.45	4967.581667
Trass ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ )	6.48	699.0084
Fly Ash ( $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{CaO}$ )	1.6	29.25333333
<b>Total H<sub>2</sub>O teruapkan</b>		7298.341

Berikut adalah diagram alir *Finish Mill 3* :



Gambar 4. 8 Diagram Alir Neraca Massa *Finish Mill 3*

Dimana :

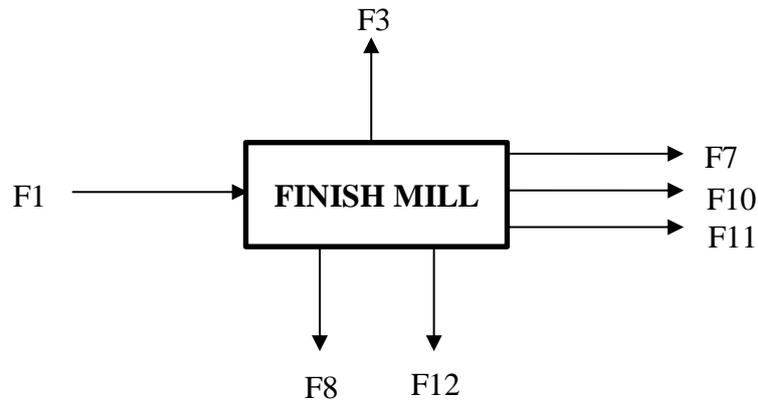
F1	= Umpan masuk (feed)
F2	= Keluar separator
F3	= H <sub>2</sub> O yang teruapkan
F4	= Debu ditarik <i>Bag Filter I</i>
F5	= Produk <i>Ball Mill</i> masuk separator
F6	= Produk separator masuk <i>Cyclone</i>
F7	= Produk dari <i>Bag Filter I</i>
F8	= Debu dari <i>Bag Filter I</i>
F9	= Produk <i>Cyclone</i> masuk <i>Bag Filter II</i>
F10	= Produk dari <i>Cyclone</i>
F11	= Produk dari <i>Bag Filter II</i>
F12	= Debu dari <i>Bag Filter II</i>

Keterangan mengenai fungsi tiap alat :

1. Separator = Memisahkan antara material yang halus dengan material kasar yang tidak sesuai dengan ukuran semen
2. Cyclone = Memisahkan antara gas dan material/debu yang terbawa oleh semen
3. Ball Mill = Mencampurkan bahan untuk memperkecil ukuran (*size reduction*)
4. Bag Filter 1 = Memisahkan partikel kering (debu) dari gas/udara pembawanya
5. Bag Filter 2 = Memisahkan partikel kering (debu) dari gas/udara pembawanya

Asumsi pemisahan berdasarkan referensi PT Semen Indonesia (persero) Tbk.

1. Separator = Effisiensi 90%
2. Cyclone = Effisiensi 90%
3. Bag Filter = Effisiensi 95%



Gambar 4. 9 Diagram Alir Neraca Massa Total *Finish Mill 3*

Dimana neraca massa totalnya :

$$F1 = F3 + F7 + F8 + F10 + F11 + F12$$

Perhitungan :

**F1** = 182833,3000 kg

**F3** = Perhitungan H<sub>2</sub>O teruapkan  
= 7298,3410 kg

F2 = 18426,3252 kg (goalseek)

F4 =

Bahan masuk Ball Mill = F1 – F3 + F2  
= 182833,3000 kg - 7298,3410 kg + 18426,3252 kg  
= 193961,3175 kg

Asumsi debu yang ditarik BF1 = 5%

Debu ditarik BF1 = 5% x Bahan masuk Ball Mill  
= 5% x 193961,3175 kg  
= 9698,0659 kg

F5 =

Massa Total F5 = Massa masuk ball mill – debu ditarik BF1  
= 193961,3175 kg - 9698,0659 kg  
= 184263,2516 kg

F6 =

Produk separator masuk cyclone

Massa total F6 = massa masuk F5 – massa total F2  
= 184263,2516 kg – 18426,3252 kg  
= 165836,9265 kg

**F7** =

$$\begin{aligned}
 \text{Effisiensi Bag Filter 1} &= 95\% \\
 \text{Produk BF 1} &= 95\% \times \text{debu ditarik BF 1} \\
 &= 95\% \times 9698,0659 \text{ kg} \\
 &= 9213,1626 \text{ kg} \\
 \mathbf{F8} &= \\
 \text{Debu BF1} &= \text{debu ditarik} - \text{produk BF1} \\
 &= 9698,0659 \text{ kg} - 9213,1626 \text{ kg} \\
 &= 484,9033 \text{ kg} \\
 \mathbf{F10} &= \\
 \text{Effisiensi separator} &= 90\% \\
 \text{Produk cyclone} &= 90\% \times \text{massa total F6} \\
 &= 90\% \times 165836,9265 \text{ kg} \\
 &= 149253,2338 \text{ kg} \\
 \mathbf{F9} &= \text{Massa total F6} - \text{massa total F10} \\
 &= 165836,9265 \text{ kg} - 149253,2338 \text{ kg} \\
 &= 16583,6926 \text{ kg} \\
 \mathbf{F11} &= \\
 \text{Effisiensi Bag Filter 2} &= 95\% \\
 \text{Produk BF 2} &= 95\% \times \text{massa total F9} \\
 &= 95\% \times 16583,6926 \text{ kg} \\
 &= 15754,5080 \text{ kg} \\
 \mathbf{F12} &= \\
 \text{Debu BF2} &= \text{Massa total F9} - \text{massa total F11} \\
 &= 16583,6926 \text{ kg} - 15754,5080 \text{ kg} \\
 &= 829,1846 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

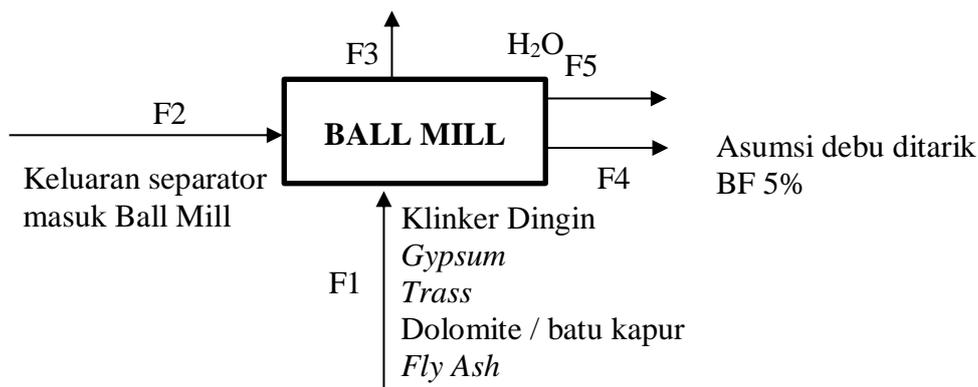
Tabel 4. 28 Nilai Input dan Output Neraca Massa Total Finish Mill 3

	Input (kg)	Output (kg)
Feed (F1)	182833,3333	
uap H2O (F3)		7298,341
Produk BF1 (F7)		9213,162581
Debu (F8)		484,9032937
Produk Cyclone ( F10)		149253,2338
Debu (F12)		829,1846323

Produk BF2 (F11)		15754,50801
<b>TOTAL</b>	182833,3333	182833,3333

### Perhitungan Neraca Massa Komponen Finish Mill 3

#### 1) Ball Mill



Gambar 4. 10 Diagram Alir Neraca Massa Ball Mill

Perhitungan :

$$\text{Massa Komponen} = \% \text{Komposisi input} \times \text{Massa Total}$$

$$\text{Massa Total Aliran 1 (F1)} = 182833,3333 \text{ kg}$$

Tabel 4. 29 Massa masing-masing komponen aliran 1

Komponen	xmassa %	mass (kg)
Clinker	63,8	116647,667
Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	3,3	6033,5
Batu kapur ( $\text{CaO}$ )	5,9	10787,1667
Trass ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ )	26	47536,6667
Fly Ash ( $\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{CaO}$ )	1	1828,33333

$$\text{Massa Total Aliran 2 (F2)} = 18426,3252 \text{ kg}$$

Tabel 4. 30 Massa masing-masing komponen aliran 2

<b>Komponen</b>	<b>xmassa %</b>	<b>mass (kg)</b>
Clinker	66,4527	12244,78269
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	2,5243	465,1328486
Batu kapur (CaO)	5,7471	1058,97794
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	24,2511	4468,577983
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1,0249	188,8537017

Tabel 4. 31 H<sub>2</sub>O yang teruapkan (F3)

<b>Komponen</b>	<b>Input</b>	
	<b>Umpan dari clinker</b>	
	<b>xmass %</b>	<b>mass (kg)</b>
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	26,56	1602,4976
Batu kapur (CaO)	6,48	699,0084
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	10,45	4967,581667
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1,6	29,25333333
<b>Total H2O teruapkan</b>		<b>7298,341</b>

Massa Total Aliran 4 (F4) = 9698,0659 kg

Tabel 4. 32 Massa masing-masing komponen aliran 4

<b>Komponen</b>	<b>xmassa %</b>	<b>mass (kg)</b>
Clinker	66,4527	6444,62247
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	2,5243	244,806762
Batu kapur (CaO)	5,7471	557,35681
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	24,2511	2351,88315
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1,0249	99,3966851

Massa Total Aliran 5 (F5) = 184263,2516 kg

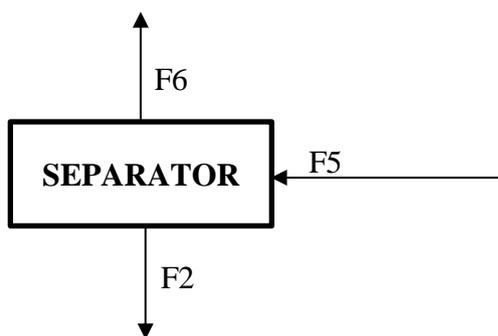
Tabel 4. 33 Massa masing-masing komponen aliran 5

Komponen	xmassa %	mass (kg)
Clinker	66,4527	122447,8269
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	2,5243	4651,328486
Batu kapur (CaO)	5,7471	10589,7794
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	24,2511	44685,77983
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1,0249	1888,537017

Tabel 4. 34 Nilai Input dan Output Neraca Massa Ball Mill

Komponen	Input		Output		
	F1 (kg)	F2 (kg)	F3 (kg)	F4 (kg)	F5 (kg)
Clinker	116647,6 67	12244,782 69	0,0000	6444,622 47	122447,82 69
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	6033,5	465,13284 86	1602,4976	244,8067 62	4651,3284 86
Batu kapur (CaO)	10787,16 67	1058,9779 4	699,0084	557,3568 1	10589,779 4
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	47536,66 67	4468,5779 83	4967,5816 67	2351,883 15	44685,779 83
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1828,333 33	188,85370 17	29,253333 33	99,39668 51	1888,5370 17
<b>Total</b>	201259,6585		201259,6585		

### 1) Separator



Gambar 4. 11 Diagram Alir Neraca Massa Separator

Massa Total Aliran 6 (F6) = 165836,9265 kg

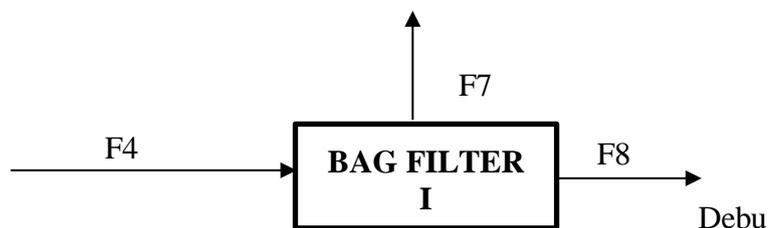
Tabel 4. 35 Massa masing-masing komponen aliran 6

Komponen	xmassa %	mass (kg)
Clinker	66,4527	110203,0442
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	2,5243	4186,195638
Batu kapur (CaO)	5,7471	9530,801456
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	24,2511	40217,20185
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1,0249	1699,683315

Tabel 4. 36 Nilai Input dan Output Neraca Massa Separator

Komponen	Input	Output	
	F5 (kg)	F2 (kg)	F6 (kg)
Clinker	122447,8269	12244,78269	110203,0442
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	4651,328486	465,1328486	4186,195638
Batu kapur (CaO)	10589,7794	1058,97794	9530,801456
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	44685,77983	4468,577983	40217,20185
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1888,537017	188,8537017	1699,683315
<b>Total</b>	184263,2516	184263,2516	

### 1) Bag Filter 1



Gambar 4. 12 Diagram Alir Neraca Massa Bag Filter 1

Massa Total Aliran 7 (F7) = 9213,1626 kg

Tabel 4. 37 Massa masing-masing komponen aliran 7

Komponen	xmassa %	mass (kg)
Clinker	66,4527	6122,39134
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	2,5243	232,566424
Batu kapur (CaO)	5,7471	529,48897
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	24,2511	2234,28899
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1,0249	94,4268508

Massa Total Aliran 8 (F8) = 484,9033 kg

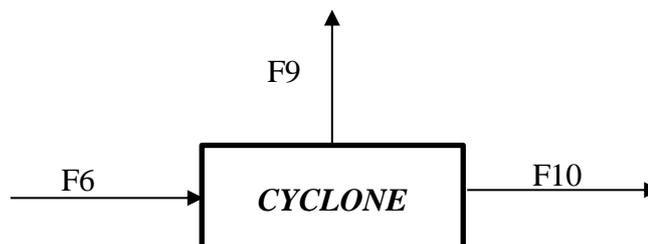
Tabel 4. 38 Massa masing-masing komponen aliran 8

Komponen	xmassa %	mass (kg)
Clinker	66,4527	322,23112
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	2,5243	12,240338
Batu kapur (CaO)	5,7471	27,867841
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	24,2511	117,59416
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1,0249	4,9698343

Tabel 4. 39 Nilai Input dan Output Neraca Massa Bag Filter 1

Komponen	Input	Output	
	F4 (kg)	F7 (kg)	F8 (kg)
Clinker	6444,62247	6122,39134	322,23112
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	244,806762	232,566424	12,240338
Batu kapur (CaO)	557,35681	529,48897	27,867841
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	2351,88315	2234,28899	117,59416
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	99,3966851	94,4268508	4,9698343
<b>Total</b>	9698,0659	9698,0659	

### 1) Cyclone



Gambar 4. 13 Diagram Alir Neraca Massa Cyclone

Massa Total Aliran 10 (F10) = 149253,2338 kg

Tabel 4. 40 Massa masing-masing komponen aliran 10

Komponen	xmassa %	mass (kg)
Clinker	66,4527	99182,73978
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	2,5243	3767,576074
Batu kapur (CaO)	5,7471	8577,721311
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	24,2511	36195,48167
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1,0249	1529,714983

Massa Total Aliran 9 (F9) = 16583,6926 kg

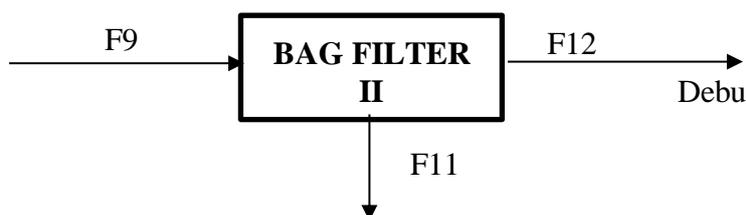
Tabel 4. 41 Massa masing-masing komponen aliran 9

Komponen	xmassa %	mass (kg)
Clinker	66,4527	11020,30442
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	2,5243	418,6195638
Batu kapur (CaO)	5,7471	953,0801456
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	24,2511	4021,720185
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1,0249	169,9683315

Tabel 4. 42 Nilai Input dan Output Neraca Massa Cyclone

Komponen	Input	Output	
	F6 (kg)	F9 (kg)	F10 (kg)
Clinker	110203,0442	11020,30442	99182,73978
Gypsum (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	4186,195638	418,6195638	3767,576074
Batu kapur (CaO)	9530,801456	953,0801456	8577,721311
Trass (2CaO.SiO <sub>2</sub> )	40217,20185	4021,720185	36195,48167
Fly Ash (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO)	1699,683315	169,9683315	1529,714983
<b>Total</b>	165836,9265	165836,9265	

1) Bag Filter 2



Gambar 4. 14 Diagram Alir Neraca Massa Bag Filter 2

Massa Total Aliran 11 (F11) = 15754,5080 kg

Tabel 4. 43 Massa masing-masing komponen aliran 11

Komponen	xmassa %	mass (kg)
Clinker	66,4527	10469,2892

Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	2,5243	397,6885856
Batu kapur ( $\text{CaO}$ )	5,7471	905,4261384
Trass ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ )	24,2511	3820,634176
Fly Ash ( $\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{CaO}$ )	1,0249	161,4699149

Massa Total Aliran 12 (F12) = 829,1846 kg

Tabel 4. 44 Massa masing-masing komponen aliran 12

Komponen	xmassa %	mass (kg)
Clinker	66,4527	551,01522
Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	2,5243	20,930978
Batu kapur ( $\text{CaO}$ )	5,7471	47,654007
Trass ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ )	24,2511	201,08601
Fly Ash ( $\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{CaO}$ )	1,0249	8,4984166

Tabel 4. 45 Nilai Input dan Output Neraca Massa Bag Filter 2

Komponen	Input	Output	
	F9 (kg)	F11 (kg)	F12 (kg)
Clinker	11020,30442	10469,2892	551,01522
Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	418,6195638	397,6885856	20,930978
Batu kapur ( $\text{CaO}$ )	953,0801456	905,4261384	47,654007
Trass ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ )	4021,720185	3820,634176	201,08601
Fly Ash ( $\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{CaO}$ )	169,9683315	161,4699149	8,4984166
<b>Total</b>	16583,6926	16583,6926	

#### 4.2.3. Penyelesaian Neraca Energi Finish Mill 3 Tuban

Dari hasil perhitungan neraca massa selanjutnya dilakukan perhitungan neraca energi. Perhitungan neraca energi didasarkan pada:

Basis : 1 jam operasi

Satuan panas : kcal

Temperature referensi : 25°C

### Panas Masuk

Feed Input : 182833,3333  
 Cp Clinker : 0,186135048 kcal/kg°C  
 Cp Cement : (Cp Clinker x Fraks massa) + (Cp Additive x fraksi massa) +  
 (Cp Gypsum x Fraksi massa)  
 : 0,19668964 kcal/kg°C

a. Panas Clinker

% Clinker = 63,8%  
 Massa Clinker = 63,8% x 182833,3333  
 = 116647,6666 kg/jam  
 Cp = 0,186135048 kcal/kg°C  
 Tc = 102,6 °C  
 Q Clinker = m x Cp x Δt  
 = 1684868,19673805 kcal

b. Panas Gypsum

% Gypsum = 3,3%  
 % H<sub>2</sub>O = 26,56%  
 Massa Gypsum = Feed Gypsum - H<sub>2</sub>O dalam Gypsum  
 = 4431,0024 kg/jam  
 Cp = 0,84 kcal/kg°C  
 Tc = 32 °C  
 Q Gypsum = m x Cp x Δt  
 = 26054,294112 kcal

c. Panas Trass

% Trass = 26%  
 % H<sub>2</sub>O = 10,45%  
 Massa Trass = Feed Trass - H<sub>2</sub>O dalam Trass  
 = 42569,085 kg/jam  
 Cp = 0,84 kcal/kg°C  
 Tc = 32 °C  
 Q Trass = m x Cp x Δt  
 = 250306,220 kcal

d. Panas Batu Kapur

% Batu Kapur = 5,9%

$$\begin{aligned} \% \text{ H}_2\text{O} &= 6,48\% \\ \text{Massa Batu Kapur} &= \text{Feed Batu Kapur} - \text{H}_2\text{O dalam Batu Kapur} \\ &= 10088,15827 \text{ kg/jam} \\ \text{Cp} &= 0,84 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \\ \text{Tc} &= 32 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{Q Batu Kapur} &= m \times \text{Cp} \times \Delta t \\ &= 59318,3706263299 \text{ kcal} \end{aligned}$$

e. Panas Fly Ash

$$\begin{aligned} \% \text{ Fly Ash} &= 5,9\% \\ \% \text{ H}_2\text{O} &= 6,48\% \\ \text{Massa Fly Ash} &= \text{Feed Fly Ash} - \text{H}_2\text{O dalam Fly Ash} \\ &= 1799,08 \text{ kg/jam} \\ \text{Cp} &= 0,84 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \\ \text{Tc} &= 32 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{Q Fly Ash} &= m \times \text{Cp} \times \Delta t \\ &= 10578,5903980714 \text{ kcal} \end{aligned}$$

f. Panas Reject

$$\begin{aligned} \text{Massa Reject} &= 16466,755 \text{ kg} \\ \text{Cp} &= 0,186 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \\ \text{Tc} &= 102,6^\circ\text{C} \\ \text{Q Reject} &= m \times \text{Cp} \times \Delta t \\ &= 227674,5555 \text{ kcal} \end{aligned}$$

**Panas Keluar**

a. Panas H<sub>2</sub>O yang dibawa Gypsum, Trass, Batu Kapur dan Flyash

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O} &= 7298,341 \text{ kg} \\ \text{Cp} &= 0,47 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \\ \text{Tc} &= 32^\circ\text{C} \\ \text{Q H}_2\text{O} &= m \times \text{Cp} \times \Delta t \\ &= 24011,54189 \text{ kcal} \end{aligned}$$

b. Panas Debu Terbuang

$$\begin{aligned} \text{Massa Debu} &= \text{Massa Debu BF 1} + \text{Massa Debu BF 2} \\ &= 1314,0879 \text{ kg} \\ \text{Cp} &= 0,159 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \\ \text{Tc} &= 72^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$Q \text{ Debu BF} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$= 9820,17907123 \text{ kcal}$$

c. Panas yang keluar dari Cyclone

$$\text{Massa Cyclone} = 149253,2338 \text{ kg}$$

$$C_p = 0,159 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$T_c = 102,2^\circ\text{C}$$

$$Q \text{ Cyclone} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$= 1832053,5942482 \text{ kcal}$$

d. Panas Sensible Semen

$$\text{Massa Semen} = \text{Massa Produk BF 1} + \text{Massa Produk BF 2}$$

$$= 24967,67059 \text{ kg}$$

$$C_p = 0,19668964 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$T_c = 107^\circ\text{C}$$

$$Q \text{ Semen} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$= 402692,335494955 \text{ kcal}$$

e. Heat Loss (Panas yang Hilang)

$$\text{Heat Loss} = \text{Panas yang masuk} - (\text{Panas H}_2\text{O yang teruapkan} + \text{Panas debu yang keluar} + \text{Panas yang keluar dari cyclone})$$

$$= 222,5759556 \text{ kcal}$$

$$\% \text{ Heat Loss} = \frac{\text{Heat Loss}}{\text{Panas yang masuk}} \times 100\%$$

$$= 0,009810293254\%$$

Tabel 4. 46 Nilai Input dan Output Neraca Energi

Komponen	Q Masuk (kcal)	Q Keluar (kcal)
Clinker	1684868,19673805	
Gypsum	26054,294112	
Trass	250306,220	
Batu Kapur	59318,3706263299	
Fly Ash	10578,5903980714	
Reject	227674,5555	
H2O Teruapkan		24011,54189
Debu BF		9820,17907123
Produk Cyclone		1832053,5942482

Semen		402692,335494955
Heat Loss		222,5759556
TOTAL	2268800,227	2268800,227

## Pembahasan

*Finish Mill* merupakan proses penggilingan akhir dan *mixing* material setengah jadi yang berupa *clinker* dengan penambahan bahan additive berupa *gypsum*, *trass*, batu kapur dan *fly ash* dengan proporsi tertentu sesuai dengan spesifikasi semen. Penambahan *gypsum* digunakan sebagai *retorder* yang berfungsi untuk mengatur waktu pengerasan semen dan *trass* digunakan sebagai bahan aditif tanpa mengurangi mutu semen yang dihasilkan.

Tujuan pengoperasian *mill* adalah untuk memproduksi semen dengan kehalusan tinggi, kehalusan tinggi diperlukan untuk tingkat reaktivitas dan kuat tekan semen yang baik, dan kualitas semen yang baik bisa dipantau dengan mengukur luas permukaan spesifik (*blaine*) atau residu hasil ayakan produk.

Kualitas semen yang sangat baik dipengaruhi oleh kualitas keluaran produk semen dari *finish mill*. Umpan masuk *finish mill* merupakan hasil dari klinker yang sudah matang keluaran *clinker cooler*. Pada Klinker yang masuk kedalam *finish mill* selanjutnya akan ditimbang dengan menggunakan *weight feeder*. Semen yang dihasilkan selanjutnya akan dihaluskan dengan menggunakan *ball mill* untuk mencapai tingkat kehalusan semen yang telah ditentukan. Pada *finish mill* terdapat 2 aliran keluar yaitu akan menjadi *dust collector* (debu) dan menjadi bahan produk semen yang dihasilkan yang selanjutnya akan menuju silo storage.

Laporan ini bertujuan untuk dapat melakukan perhitungan neraca massa dan panas pada unit *Finish Mill* 3 Pabrik Tuban , perhitungan didasarkan hukum kekekalan massa dan energi yaitu :

$$\text{Massa masuk sistem} = \text{Massa keluar sistem}$$

$$\text{Energi masuk sistem} = \text{Energi keluar sistem}$$

Perhitungan neraca massa pada unit *finish Mill* yang terdiri atas *ball mill*, separator, *cyclone*, dan *main bag filter* menggunakan basis 1 jam operasi yang dihitung dari data rata-rata 1 hari operasi. Diketahui umpan masuk pada *finish mill* 3 Pabrik Tuban pada tanggal 1 September 2021 adalah sebesar 174125,0000 kg, dengan rincian komponen antara lain, *Clinker* sebesar 116647,7 kg dengan % massa 63,8%, *Gypsum* sebesar 6033,5 kg dengan % massa 3,3%, Batu Kapur sebesar 47536,67 kg dengan % massa 26%, *Trass* sebesar 10787,17 kg dengan % massa 5,9% dan *Fly Ash* sebesar 1828,333 kg dengan % massa 1%. Selain dari *feed* terdapat *supply* bahan dari keluaran separator, H<sub>2</sub>O yang menguap pada komponen *gypsum* 1602,4976

kg dengan % massa 26,56%, H<sub>2</sub>O dari batu kapur 4967,581667 kg dengan % massa 10,45%, H<sub>2</sub>O dari *trass* 699,0084 kg dengan % massa 6,48%, dan H<sub>2</sub>O dari *fly ash* 29,25333333 kg dengan % massa 1,6%, sehingga total H<sub>2</sub>O yang teruapkan 7298,341 kg. Bahan masuk *ball mill* merupakan bahan kering ditambah dengan keluaran separator sebesar 175534,959 kg, sehingga total bahan masuk *ball mill* sebesar 182833,3 kg. Keluaran *ball mill* masuk ke *bag filter 1* yang berguna untuk memisahkan parkitel kering (debu) dari gas/udara pembawanya dengan efisiensi 95%. Hasil keluaran produk BF 1 sebesar 9213,1626 kg dan debu yang keluar sebesar 484,9033 kg. Hasil keluaran *ball mill* yang masuk kembali ke separator memiliki total massa 193961,3175 kg. Pada separator berguna untuk memisahkan antara material material yang halus dengan material kasar yang tidak sesuai dengan ukuran semen, dengan efisiensi separator 90%. Hasil keluaran utama separator masuk *cyclone* sebesar 165836,9265 kg, sedangkan hasil bawah separator masuk *ball mill*. Pada *cyclone* berfungsi untuk Memisahkan antara gas dan material/debu yang terbawa oleh semen, dengan efisiensi 90%. Hasil keluaran utama *cyclone* sebesar 149253,2338 kg, sedangkan hasil atas *cyclone* masuk *bag filter 2* sebesar 16583,6926 kg. *Bag filter 2* yang berguna untuk memisahkan parkitel kering (debu) dari gas/udara pembawanya dengan efisiensi 95%. Hasil keluaran produk BF 2 sebesar 15754,5080 kg dan debu yang keluar sebesar 829,1846 kg. Sehingga total massa output sebesar 182833,3333 kg. Pada *finish mill 3* Pabrik Tuban ini menghasilkan semen PCC. Berdasarkan hukum kekekalan hasil perhitungan tersebut sudah memenuhi karena input = output.

Neraca energi umpan masuk *finsh mill* terdiri dari 6 jenis perpindahan panas yang meliputi perpindahan panas yang dibawa umpan *clinker*, *gypsum*, *trass*, batu kapur, *fly ash*, dan reject. Perpindahan panas *clinker* sebesar 1684868,19673805 kcal, perpindahan panas *gypsum* sebesar 26054,294112 kcal, perpindahan panas *trass* sebesar 250306,220 kcal, perpindahan panas batu kapur sebesar 59318,3706263299 kcal, perpindahan panas *fly ash* sebesar 10578,5903980714 kcal, dan perpindahan panas *reject* atau keluaran separator masuk *ball mill* sebesar 237674,5555 kcal. Jumlah perpindahan panas keseluruhan pada input *finish mill* sebesar 2268800,227 kcal.

Pada neraca energi umpan keluar *finish mill* terdiri dari 4 jenis perpindahan panas yang meliputi panas H<sub>2</sub>O yang dibawa *gypsum*, *trass*, batu kapur, dan *fly ash*, panas debu terbuang, panas yang keluar dari *cyclone*, dan *Heat loss*. Perpindahan panas H<sub>2</sub>O yang dibawa *gypsum*, *trass*, *dolomite*, dan *fly ash* sebesar 24011,54189 kcal, perpindahan panas debu terbuang sebesar 9820,17907123 kcal, perpindahan panas yang keluar dari *cyclone* sebesar 1832053,59424 kcal, panas *sensible* semen yang didapatkan dari pengurangan massa produk di BF1 dan BF2 dan *heat loss* sebesar 222,5759556 kcal atau 0,009810293254%. Berdasarkan

hukum kekekalan energi sudah memenuhi syarat yaitu Energi masuk sistem = Energi keluar system.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil Praktik Kerja Industri yang dilakukan selama satu bulan di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pabrik PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. berada di Desa Sumber Arum, Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban. Dalam pembuatan semen di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. dibagi menjadi 5 proses utama yaitu penyediaan bahan baku, penggilingan bahan baku, pembakaran, penggilingan akhir, dan pengantongan atau pengemasan semen. Ada beberapa unit penunjang meliputi unit pengendalian proses, unit jaminan mutu, unit utilitas, unit keselamatan kerja dan unit evaluasi proses.
2. Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan semen di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk meliputi bahan baku utama, bahan baku koreksi dan bahan baku tambahan. Bahan baku utama yaitu batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) dan tanah liat ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), bahan baku koreksi terdiri dari copper slag ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan pasir silica ( $\text{SiO}_2$ ) sebagai bahan penambah mineral oksida yang tidak terkandung dalam bahan baku utama. Sedangkan bahan tambahan yang digunakan adalah fly ash, pozzoland, trass dan gypsum sebagai penentu sifat semen yang akan dihasilkan. Pada pendirian PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. dengan kapasitas produksi 9,4 juta ton semen per tahun dengan menggunakan proses kering. Tipe semen yang diproduksi PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Adalah OPC (*Ordinary Portland Cement*), PCC (*Portland Composite Cement*), dan PPC (*Pozzolan Portland Cement*).
3. Tugas pokok dari unit *Finish Mill* 3-4 adalah untuk memproduksi semen dengan kehalusan tinggi, kehalusan tinggi diperlukan untuk tingkat reaktivitas dan kuat tekan semen yang baik, dan kualitas semen yang baik bisa dipantau dengan mengukur luas permukaan spesifik (*blaine*) atau residu hasil ayakan produk (*mesh*).
4. Perhitungan neraca massa dan panas dilakukan berdasarkan hukum kekekalan massa dan energi yaitu massa dan energi yang masuk sistem sama dengan massa dan energi yang keluar sistem. Pada neraca massa *finish mill* 3 Tuban 3 dengan total input sebesar 182833,3000 kg dan output sebesar 182833,3000 kg. Pada neraca energi jumlah panas yang dihasilkan pada input yaitu sebesar 2268800,227kcal dan jumlah panas yang dihasilkan oleh output sistem sebesar 2268800,227 kcal dan *heat loss* sebesar 222,5759556 kcal atau 0,009810293254%.

## 5.2 Saran

Saran-saran yang dapat dipertimbangkan untuk kemajuan dan perkembangan di dalam proses aktivitas di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. antara lain sebagai berikut :

1. Meningkatkan sistem pemeliharaan lahan hijau yang sudah ada karena banyak tanaman hidup yang tertutup debu sehingga tidak tampak asri;
2. Mengoptimalkan kinerja alat penangkap debu (*dust collector*) di pabrik;
3. Meminimalkan dampak peledakan di area penambangan batu kapur (*quarry*), seperti tingkat kebisingan dan debu;
4. Diharapkan PT Semen Indonesia (Persero) Tbk tetap mengutamakan kesehatan dan keselamatan kerja terutama penggunaan alat pelindung diri (APD) bagi para pekerja yang berada di lapangan.

---

## DAFTAR PUSTAKA

- Aris, S., Maman, R., 2001. Proses Pembuatan Semen di Pabrik Tuban. Tuban
- Austin, J. G. 1996. Cement History. London: Trubner.
- Duda, H.W., 1983. Cement Data Book. International Process Engineering In The Cement Industries 2nd edition. Bauverlag GMBH weisbaden and Berlin. Germany
- FLSmidth. “Driving Sustainable Productivity”. <https://www.flsmidth.com> . Diakses pada: 28 Juli 2021.
- George, T.A., 1996. Industri Proses kimia. Erlangga: Jakarta
- Cycle Assessment (LCA). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Peray, E.K., 1973. Cement Manufactures Handbook 5th edition. Mc.Graw Hill Book company. Kogakhusa. Tokyo. Japan
- PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.. “Company Profile”. <https://sig.id/en/about-us>. Diakses pada: 28 Juli 2021.
- Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. (2011). Jakarta, Indonesia.
- Smith, C.M., Ness, H.V., 1984. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic 3rd edition. Mc.Graw Hill Book company. New York

**DAFTAR HADIR MAHASISWA KERJA PRAKTEK  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER**

NO.	NAMA MAHASISWA	KET	SEPTEMBER 2021																											
			1	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24	27	28	29	30						
1	Teguh Sukindra	IN																												
		OUT																												
2	RR Widya Arista Widjojo Saputro	IN																												
		OUT																												

Keterangan :

Pagi : 08.00 WIB  
 Sore : 16.00 WIB

\*) Copy untuk Lampiran Laporan

\*) Mohon diserahkan kembali ke Unit of L&D Ops. and Certification

Unit Kerja : Section of FM 1-2 Operation

Nama Pembimbing : YUSUF ARIF SUKOCO -- ( 6326 )

Tanda Tangan





PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.  
Unit of L&D Ops. and Certification

### SURAT PERNYATAAN

NAMA SISWA/MAHASISWA : TEGUH SUKINDRA  
ALAMAT RUMAH : Desa Pucangrejo RT/RW 13/06, Kec. Sawahan, Kab. Madiun  
NOMOR INDUK SISWA/MHS : 02211840000108  
NO. TELP/HP : 085816386159  
NAMA SEKOLAH/UNIVERSITAS : Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
FAKULTAS : Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
JURUSAN : Teknik Kimia

Dengan ini kami menyatakan kesediaan melakukan Kerja Praktek/Penelitian sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Penempatan di Unit Kerja : Section of FM 1-2 Operation  
Selama : 1 Bulan dari tanggal 1 September 2021 s.d 30 September 2021  
Demikian kami sampaikan terima kasih.

Gresik, 31 Agustus 2021

Hormat Saya,

(Teguh Sukindra)



PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.  
Unit of L&D Ops. and Certification

### SURAT PERNYATAAN

NAMA SISWA/MAHASISWA : RR WIDYA ARISTA WIDJOJO SAPUTRO  
ALAMAT RUMAH : Jl. Radar Auri RT/RW 008/014 Cibubur-Ciracas, East Jakarta.  
NOMOR INDUK SISWA/MHS : 02211840000135  
NO. TELP/HP : 081314319154  
NAMA SEKOLAH/UNIVERSITAS : Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
FAKULTAS : Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
JURUSAN : Teknik Kimia

Dengan ini kami menyatakan kesediaan melakukan Kerja Praktek/Penelitian sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Penempatan di Unit Kerja : Section of FM 1-2 Operation  
Selama : 1 Bulan dari tanggal 1 September 2021 s.d 30 September 2021  
Demikian kami sampaikan terima kasih.

Gresik, 31 Agustus 2021

Hormat Saya,

(RR Widya Arista Widjojo Saputro)





Kepada Yth : Mgr of Finish Mill Operation

R/74203200/002-2

Perihal : **Permohonan Kerja Praktek**

Terlampir kami sampaikan data mahasiswa permohonan Kerja Praktek dari :  
**Institut Teknologi Sepuluh November**

Nama mahasiswa : Teguh Sukindra, RR Widya Arista Widjojo Saputro

Jumlah mahasiswa : 2 (dua) orang

Dalam rangka : Kerja Praktek

Jurusan : Teknik Kimia

Tanggal pengajuan : 01 September 2021 s.d. 30 September 2021

Lama Kerja Praktek : 1 (satu) bulan

Materi Proposal Mahasiswa :

Tuban,  
Hormat Kami  
SM Of L & D Operational and Certification  
Ttd.  
ACHMAD SIRRUL ATHO', ST.

---

Mohon *konfirmasi* atas permohonan kami,

Mahasiswa tersebut : (  ) dapat dibantu (  ) tidak dapat dibantu

Tanggal disetujui Kerja Praktek : 01 September 2021 s.d 30 September 2021

Pembimbing yang ditunjuk

*Nopeg* : 6326

*Nama pegawai* : YUSUF ARIF SUKOCO

*Unit Kerja* : Section of FM 1-2 Operation

*Jabatan* :

Tuban, 31 August 2021

( GATHOT SUWARNO )



Nomor : 7558/SM.15/SUP/50032582/2000/08.2021  
Lamp. : -  
Perihal : **Panggilan Kerja Praktek**

Kepada Yth.  
Dr. Widiyastuti, S.T., M.T  
Kepala Departemen Teknik Kimia  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menunjuk Surat Saudara No: B/35125/IT2.IX.2.1.2/TU.00.09/2021 tanggal 18 June 2021, Perihal: Permohonan Ijin Kerja Praktek, dengan ini kami beritahukan bahwa kami dapat menerima mahasiswa/siswa saudara atas nama:

<b>No.</b>	<b>NAMA</b>	<b>NIM</b>	<b>JURUSAN</b>
1.	Teguh Sukindra	02211840000108	Teknik Kimia
2.	RR Widya Arista Widjojo Saputro	02211840000135	Teknik Kimia

Untuk melakukan Kerja Praktek di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, Penempatan Pabrik Tuban di unit kerja Section of FM 1-2 Operation dengan ketentuan sbb :

1. Setiap mahasiswa/siswa yang melakukan Kerja Praktek harus diikutsertakan dalam Asuransi Kecelakaan kerja oleh Institusi ybs .
2. Kerja Praktek dilaksanakan mulai tanggal 01 September 2021 s.d. 30 September 2021
3. Perusahaan tidak menyediakan sarana akomodasi (penginapan) & transportasi.
4. Mahasiswa/siswa tersebut di atas diharapkan kehadirannya pada :

- Hari/Tanggal : Rabu, 01 September 2021
- Pukul : 07.30 WIB sd. Selesai
- Tempat : Teams Meeting  
(informasi link dan ID Teams menyusul)
- Acara : Pengarahan online dari Perusahaan
- Mengirimkan email dengan melampirkan :
  1. Kartu Tanda Pelajar/Mahasiswa (KTP) sebanyak 1 (satu) lembar.
  2. Polis Asuransi Kecelakaan Kerja/Kesehatan sebanyak 1 (satu) lembar.
  3. Surat Keterangan Sehat dari Rumah Sakit dan menyatakan bebas COVID-19.
  4. Pas foto berwarna ukuran 2x3 sebanyak 2 (dua) lembar.
  5. Surat Panggilan dan Dokumen Pendukung.

Demikian atas perhatian Saudara kami sampaikan terima kasih.

Gresik, 31 August 2021  
PT Semen Indonesia (Persero) Tbk  
An. Direksi,  
SM of L&D Operational & Certifica

  
**ACHMAD SIRRUL ATHO', ST.**

