

**TUGAS AKHIR**  
**MENGHITUNG NERACA MASSA, NERACA PANAS, DAN EFISIENSI**  
**PADA *VERTICAL ROLLER MILL* UNIT RKC**  
**PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk. PABRIK TUBAN**



**Disusun Oleh :**

**Ika Fatma Febriani    NPM : 021180021**

**PROGAM STUDI D3 TEKNIK KIMIA**  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**  
**YOGYAKARTA**

**2021**



---

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**MENGHITUNG NERACA MASSA, NERACA PANAS, DAN EFISIENSI  
PADA VERTICAL ROLLER MILL UNIT RKC**

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

**Disusun Oleh :**

**Ika Fatma Febriani NPM : 021180021**

**Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan oleh :**

**Dosen Pembimbing I Tugas Akhir**

**Ir. RR. Endang Sulistyowati, M.T.**

**NIP : 1 9670414 199903 2 001**

**Pada tanggal : 04 November 2021**

**Dosen Pembimbing II Tugas Akhir**

**Susanti Rina Nugraheni, S.T., M.Eng.**

**NIK : 2 8309 12 0353 1**

**Pada tanggal : 17/11 2021**



**TUGAS AKHIR**

**MENGHITUNG NERACA MASSA, NERACA PANAS, DAN EFISIENSI  
PADA VERTICAL ROLLER MILL UNIT RKC**

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

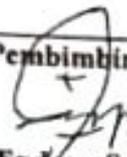
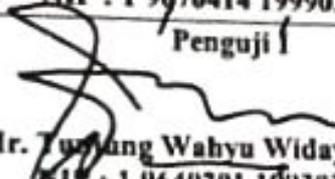
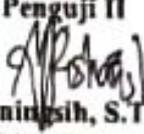
Dipersiapkan dan disusun oleh

**Ika Fatma Febriani NPM : 021180021**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal : 02 Desember 2021

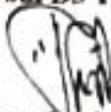
**Susunan Dewan Penguji**

<b>Pembimbing Utama</b>  <b>Ir. RR. Endang Sulistyowati, M.T.</b> <b>NIP : 1 9670414 199903 2 001</b>	<b>Pembimbing Pendamping</b>  <b>Susanti Rina Nugraheni, S.T. M.Eng.</b> <b>NIK : 2 8309 12 0353 1</b>
<b>Penguji I</b>  <b>Ir. Tumpung Wahyu Widayati, M.T.</b> <b>NIP : 1 9640201 199303 3 002</b>	<b>Penguji II</b>  <b>Yuli Ristianingsih, S.T., M.Eng.</b> <b>NIP : 1 9850713 201212 2 001</b>

Laporan ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Ahli Madya

Koordinator Prodi D3 Teknik Kimia



**Susanti Rina Nugraheni, S.T., M.Eng.**

**NIK : 2 8309 12 0353 1**

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia

**Dr. Adi Icham, S.T., M.T.**

**NIK : 2 7106 96 0126 1**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir di PT. Semen Indonesia (Pesero) Tbk. Pabrik Tuban. Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Progam Studi D3 Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta.

Penyusun menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini dapat selesai karena adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu Penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. RR. Endang Sulistyowati, M.T. selaku dosen pembimbing I dan Susanti Rina Nugraheni, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah mengarahkan dan membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
2. Achmad Rusdiyanto selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan selama pelaksanaan kerja praktik dan tugas akhir di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban.
3. Semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan kerja praktik dan laporan tugas akhir.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini mempunyai kekurangan sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan demi kesempurnaan dan pengembangan selanjutnya. Semoga laporan ini dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 3 November 2021

Penyusun



---

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
ABSTRAK .....	ix
BAB I PROFIL PERUSAHAAN DAN SISTEM PRODUKSI .....	1
1.1. Profil Perusahaan .....	1
1.1.1. Sejarah Perusahaan .....	1
1.1.2. Gambaran Umum Perusahaan .....	2
1.1.3. Visi dan Misi .....	4
1.1.4. Lokasi Pabrik .....	6
1.1.5. Tata Letak Pabrik Tuban .....	8
1.1.6. Struktur Organisasi dan Manajemen Perusahaan .....	9
1.1.7. Anak Perusahaan .....	10
1.2. Sistem Produksi .....	12
1.2.1. Bahan Baku Pembuatan Semen .....	12
1.2.2. Penyediaan Bahan Baku .....	17
1.2.3. Proses Produksi Pembuatan Semen .....	22
1.2.4. Sistem Pengendalian Proses dan Penjaminan Mutu Produk .....	33
1.2.5. Utilitas .....	37
1.2.6. Keselamatan Kerja .....	39
BAB II TUGAS KHUSUS .....	41
2.1. Latar Belakang .....	41
2.2. Tujuan .....	42
2.3. Tinjauan Pustaka .....	42
2.3.1. Semen .....	42
2.3.2. <i>Vertical Roller Mill</i> .....	42



2.3.3. Bagian-Bagian <i>Vertical Roller Mill</i> .....	43
2.3.4. Karakteristik <i>Vertical Roller Mill</i> .....	44
2.3.5. Mekanisme Kerja <i>Vertical Roller Mill</i> .....	45
2.4. Data Lapangan.....	48
2.5. Metode .....	52
2.6. Hasil Pengolahan Data dan Pembahasan .....	55
2.6.1. Hasil Pengolahan.....	55
2.6.2. Pembahasan .....	58
BAB III KESIMPULAN .....	60
3.1. Kesimpulan .....	60
3.2. Saran .....	60
DAFTAR PUSTAKA .....	61
LAMPIRAN .....	63



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Logo Semen Indonesia.....	1
Gambar 1. 2. Peta Kabupaten Tuban .....	6
Gambar 1. 3. Tata Letak Pabrik Tuban.....	8
Gambar 1. 4. Struktur Organisasi PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. ....	9
Gambar 1. 5. <i>Hammer Mill</i> .....	21
Gambar 1. 6. <i>Clay Cutter</i> .....	22
Gambar 1. 7. <i>PFD Raw Material Transport</i> .....	22
Gambar 1. 8. <i>Vertical Roller Mill</i> .....	24
Gambar 1. 9. <i>PFD Raw Mill</i> .....	25
Gambar 1. 10. <i>Rotary Kiln</i> .....	27
Gambar 1. 11. <i>FPD Kiln</i> .....	30
Gambar 1. 12. <i>Ball Mill</i> .....	31
Gambar 1. 13. Diagram Alir Pembuatan Semen .....	32
Gambar 2. 1. Bagian-Bagian <i>Raw Mill</i> .....	43
Gambar 2. 2. <i>Vertical Roller Mill</i> .....	45
Gambar 2. 3. Diagram Alir Proses Pada <i>Vertical Roller Mill</i> .....	46
Gambar 2. 4. Diagram Alir Neraca Massa .....	55
Gambar 2. 5. Diagram Alir Neraca Panas .....	56



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Sejarah Perusahaan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. ....	2
Tabel 1. 2. Spesifikasi Batu Kapur Secara Umum .....	12
Tabel 1. 3. Standar Kualitas Semen Indonesia .....	33
Tabel 2. 1. <i>Raw Material</i> masuk <i>Vertical Roller Mill</i> .....	49
Tabel 2. 2. Komposisi <i>Raw Material</i> masuk <i>Raw Mill</i> .....	49
Tabel 2. 3. Komposisi <i>dust loss</i> .....	50
Tabel 2. 4. Komposisi Batu Bara.....	50
Tabel 2. 5. Suhu Pada <i>Vertical Roller Mill</i> .....	50
Tabel 2. 6. Daya Motor Mill dan Faktor Energi Motor <i>Mill</i> .....	51
Tabel 2. 7. Jumlah <i>Feed</i> , Batu Bara, <i>Dust Loss</i> , dan Tekanan Gas .....	51
Tabel 2. 8. Panas Jenis ( <i>Specific heat</i> ) Komponen <i>Raw Material</i> .....	51
Tabel 2. 9. Panas Jenis ( <i>Specific heat</i> ) dari Gas di <i>Raw Mill</i> .....	52
Tabel 2. 10. Hasil Perhitungan Neraca Massa <i>Vertical Roller Mill</i> .....	55
Tabel 2. 11. Hasil Perhitungan Neraca Panas <i>Vertical Roller Mill</i> .....	56



### DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Scan Surat Tugas Magang dari Fakultas .....	65
Lampiran 2. Surat Keterangan Selesai Magang .....	67
Lampiran 3. Gambar Alat Tugas Khusus.....	69
Lampiran 4. Data Primer dan Data Sekunder.....	71
Lampiran 5. Perhitungan .....	76
Lampiran 6. Dokumentasi .....	107
Lampiran 7. PEFD (Process Engineering Flow Diagram).....	109



## ABSTRAK

PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi semen yang memiliki kapasitas 30.000.000 ton/tahun. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk yang berlokasi di Jawa mempunyai 3 buah pabrik yang beroperasi, yaitu Pabrik Gresik, Pabrik Rembang, dan Pabrik Tuban. Pabrik Gresik terdiri dari Gresik I yang menggunakan proses basah dan Gresik II yang menggunakan proses kering. Pabrik yang dibangun di wilayah Tuban memiliki luas total 400.000 m<sup>2</sup> dengan wilayah operasi 1.500 Ha. Pabrik baru yang terletak di Rembang ini memiliki kapasitas sebesar 3 juta ton/tahun. Produk yang dihasilkan di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. beberapa diantaranya yaitu, *Ordinary Portland Cement (OPC)*, *Special Blended Cement (SBC)*, dan *Portland Pozzoland Cement (PPC)*. Secara garis besar proses pembuatan semen melalui beberapa tahapan, yaitu: penyediaan bahan baku, penggilingan bahan baku, pencampuran bahan baku, pembakaran. Penggilingan akhir, dan penggantungan atau pengemasan.

Pada proses pembuatan semen, proses penggilingan awal di *Vertical Roller Mill* Unit RKC merupakan proses yang penting, karena merupakan tempat penggilingan bahan baku, pengeringan, serta pencampuran bahan baku dengan bahan korektif lain sehingga menghasilkan produk *raw mill*. Selain itu juga akan diketahui hasil perhitungan dari neraca massa, neraca panas, serta efisiensi pada *Vertical Roller Mill*. Sehingga dapat diketahui kesetimbangan panas yang masuk dan keluar serta mengetahui kinerja alat pada *Vertical Roller Mill* Unit RKC.

Hasil perhitungan neraca massa didapatkan jumlah *input* dan *output* sebesar 1361205,12 Kg/jam. Sedangkan pada perhitungan neraca panas didapatkan jumlah *input* sebesar 58577322,24 Kcal/jam dan *output* sebesar 57169277,11 Kcal/jam. Nilai efisiensi panas pada *Vertical Roller Mill* adalah 97,60% atau panas hilang sebesar 2,40%. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja alat *Vertical Roller Mill* Unit RKC masih berfungsi dengan baik.

Kata Kunci : *Vertical Roller Mill*, neraca panas.

---

## BAB I

### PROFIL PERUSAHAAN DAN SISTEM PRODUKSI

#### 1.1. Profil Perusahaan

##### 1.1.1. Sejarah Perusahaan



Gambar 1. 1. Logo Semen Indonesia

(sumber : <http://www.semenindonesia.com/>)

PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk yang sebelumnya bernama PT Semen Gresik (Persero) Tbk merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak pada bidang industri bahan bangunan. Perseroan berperan sebagai *Strategic Holding Company* dengan berbagai lini usaha yang menawarkan solusi lengkap dalam pembangunan. 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 menjadikan produk semen yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan dipercaya oleh konsumen. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan salah satu penghasil semen dengan kapasitas produksi mencapai 30.000.000 ton/tahun. Produk yang dihasilkan di Semen Indonesia yaitu tipe *Ordinary Portland Cement (OPC)*, *Portland Pozzoland Cement (PPC)*, dan *Special Blended Cement (SBC)*.



Tabel 1. 1. Sejarah Perusahaan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.

Tahun	Perubahan
7 Agustus 1957	PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. diresmikan oleh Ir. Soekarno dengan kapasitas terpasang 250.000 ton/tahun.
8 Juli 1999	PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. tercatat di Bursa Efek Jakarta dan Bursa Efek Surabaya.
30 September 1999	Komposisi kepemilikan saham berubah menjadi Pemerintah RI 15,01%, Masyarakat 23,46%, dan Cemex 25,53%.
27 Juli 2006	Terjadi transaksi penjualan saham CEMEX S.S de C.V pada <i>Blue Valley Holdings</i> PTE Ltd.
18 Desember 2012	Perseroan melakukan penandatanganan transaksi final akuisisi 70% saham Thang Long Cement.
20 Desember 2012	Perseroan resmi berperan sebagai <i>Strategi Holding Company</i> dan merubah nama menjadi PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.
24 Desember 2013	Perseroan melanjutkan proses Transformasi Korporasi dan memantapkan fungsi <i>Strategi Holding Company</i>
Mulai 2014	Merealisasikan pembangunan unit yaitu 2 pabrik di Padang dan Rembang, serta pengambilan keputusan untuk segera merealisasikan pabrik di Aceh.

(Rakhmad Agum G. 2019)

### 1.1.2. Gambaran Umum Perusahaan

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan salah satu produsen semen terbesar di Indonesia. Pada tahun 2013, Semen Gresik Group berubah menjadi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk atau Semen Indonesia Group yang sebelumnya bernama PT Semen Gresik (Persero) Tbk. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk saat ini sebagai *strategic holding company* yang menaungi PT Semen Gresik, PT Semen Padang, PT Semen Tonasa, dan Thang Long Cement JSC. PT Semen Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi semen, semen merupakan merupakan suatu produk yang sangat penting dalam



proses pembangunan. PT Semen Indonesia selalu memberikan kualitas terbaik kepada konsumennya dengan selalu menggunakan bahan pembuatan semen berkualitas tinggi dengan melalui proses-proses produksi sesuai dengan standar yang ada, serta dilengkapi dengan proses pengujian di laboratorium agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang terbaik.

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk adalah salah satu industri yang menghasilkan semen yang memiliki kapasitas 30.000.000 ton/tahun dan menguasai sekitar 42% pangsa pasar semen domestik, dengan kapasitas produksi yang sangat besar, PT Semen Indonesia (Persero) Tbk mampu memproduksi berbagai jenis produk semen, antara lain :

1. Semen Portland Tipe I. Dikenal pula sebagai *ordinary Portland Cement* (OPC), merupakan semen hidraulis yang dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum, seperti konstruksi bangunan yang tidak memerlukan persyaratan khusus, antara lain: bangunan, perumahan, gedung-gedung bertingkat, jembatan, landasan pacu dan jalan raya. Harga dari produk ini dipasaran per sak 40 kg - 50 kg adalah Rp. 50.000 – Rp. 60.000.
2. Semen Portland Tipe II. Di kenal sebagai semen yang mempunyai ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Misalnya untuk bangunan di pinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi, beton massa dan bendungan.
3. Semen Portland Tipe III. Semua jenis ini merupakan semen yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan bangunan yang memerlukan kekuatan tekan awal yang tinggi setelah proses pengecoran dilakukan dan memerlukan penyelesaian secepat mungkin. Misalnya digunakan untuk pembuatan jalan raya, bangunan tingkat tinggi dan bandara udara.
4. Semen Portland Tipe V. Semen jenis ini dipakai untuk konstruksi bangunan-bangunan pada tanah/air yang mengandung sulfat tinggi



dan sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan dan pembangkit tenaga nuklir.

5. *Special Blended Cement* (SBC). Semen khusus yang diciptakan untuk pembangunan mega proyek jembatan Surabaya-Madura (Suramadu) dan cocok digunakan untuk bangunan di lingkungan air laut. Semen ini biasanya dalam bentuk curah sehingga harga akan ditentukan dengan banyaknya pesanan semen.
6. *Portland Pozzolan Cement* (PPC). Semen Hidraulis yang dibuat dengan menggiling terak, gypsum dan bahan pozzolan. Digunakan untuk bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Misalnya, jembatan, jalan raya, perumahan, dermaga, dll. Harga semen jenis ini dipasaran per sak 40 kg – 50 kg adalah Rp. 40.000 – Rp. 62.000.
7. *Portland Composite Cement* (PCC). Jenis semen ini umum digunakan untuk pembangunan. Semen ini memiliki sifat lebih mudah dikerjakan, suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak, lebih tahan terhadap sulfat. Jenis semen ini bisa digunakan untuk pembangunan gedung, jembatan, jalan raya, dan rumah pemukiman. Harga jenis semen ini dipasaran per sak 40 kg – 50 kg adalah Rp. 40.000 – Rp. 70.000.
8. *Super White Cement*. Jenis semen ini biasa digunakan untuk *finishing* dan aplikasi dekoratif. Semen ini memiliki sifat yang tahan terhadap sulfur tinggi dan panas hidrasi rendah. Semen ini dapat diaplikasikan pada konstruksi dengan persyaratan ketahanan sulfat tinggi dan panas hidrasi rendah, seperti halnya dermaga, power plant, dan fasilitas pengolahan limbah. Harga jenis semen ini dipasaran dengan per sak 40 kg adalah Rp. 95.000.

(JM Tandiallo.2014)



### **1.1.3. Visi dan Misi**

#### **A. Visi**

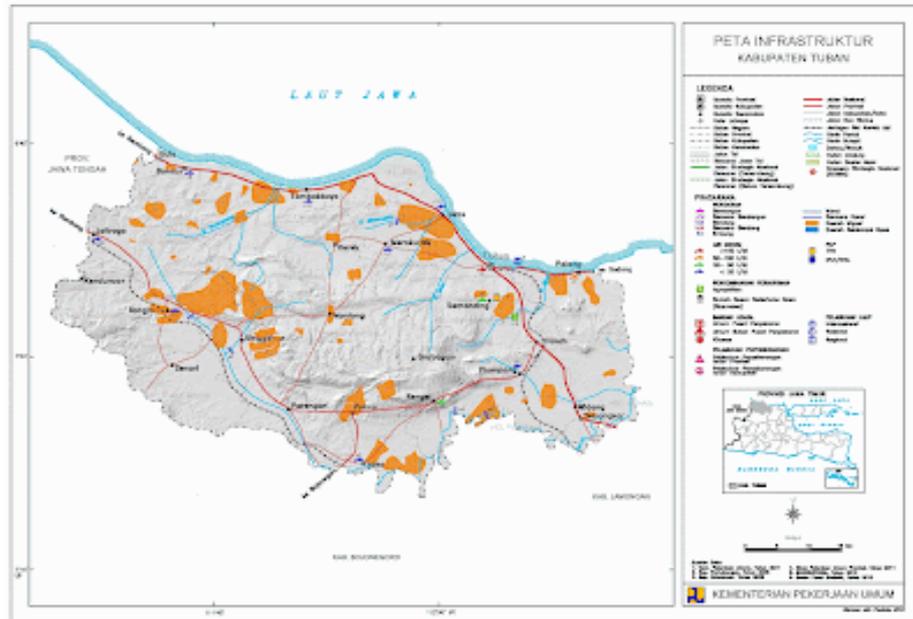
Menjadi Perusahaan Persemenan Internasional yang terkemuka di Asia Tenggara.

#### **B. Misi**

1. Mengembangkan usaha persemenan dan industri terkait yang berorientasikan kepuasan konsumen.
2. Mewujudkan perusahaan berstandar internasional dengan keunggulan daya saing dan sinergi untuk meningkatkan nilai tambah secara berkesinambungan.
3. Mewujudkan tanggung jawab sosial serta ramah lingkungan.
4. Memberikan nilai terbaik kepada para pemangku kepentingan (stakeholders).
5. Membangun kompetensi melalui pengembangan sumber daya manusia.

(Rakhmad Agum G. 2019)

#### 1.1.4. Lokasi Pabrik



Gambar 1. 2. Peta Kabupaten Tuban

(sumber : <https://peta-kota.blogspot.com/>)

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk berada pada beberapa lokasi, berikut adalah beberapa lokasi utama :

1. Kantor Pusat

Gedung Utama Semen Gresik, Jalan Veteran Gresik 61122.

2. Kantor Perwakilan

Graha Irama Lantai 9, Jalan Rasuna Said, Kuningan Jakarta 12950.

3. Pabrik Gresik

Jalan Veteran Gresik 61122.

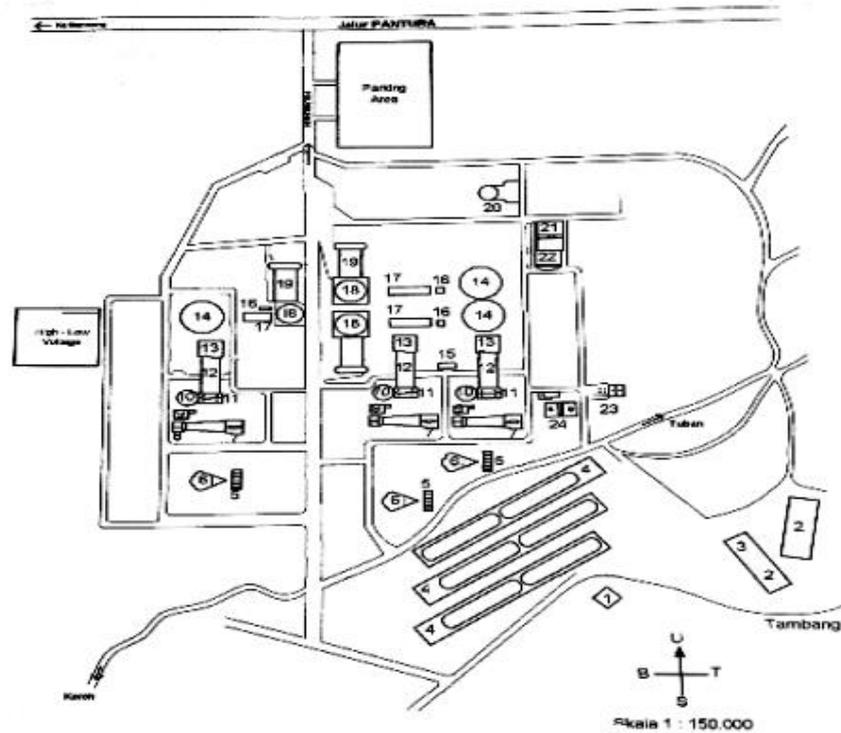
Lokasi pabrik sangat strategis di Sumatera, Jawa, Sulawesi dan Vietnam menjadikan Semen Indonesia mampu memasok kebutuhan semen di seluruh tanah air yang didukung ribuan distributor, sub distributor dan toko-toko. Selain penjualan di dalam negeri, Semen Indonesia juga mengekspor ke beberapa negara antara lain: Singapura, Malaysia, Korea, Vietnam, Taiwan, dll.



1. Semen Padang. Semen Padang memiliki 4 (empat) pabrik semen, kapasitas terpasang 6 juta ton semen pertahun berlokasi di Indarung, Sumatera Barat. Semen padang memiliki 5 pengantongan semen, yaitu : Teluk Bayur, Belawan, Batam, Tanjung Priok dan Ciwandan.
2. Semen Gresik. Semen Gresik memiliki 4 pabrik dengan kapasitas terpasang 8,5 juta ton semen per tahun yang berlokasi di Tuban, Jawa Timur. Semen Gresik memiliki 2 pelabuhan, yaitu : Pelabuhan khusus Semen Gresik di Tuban dan Gresik. Semen Gresik pabrik Tuban berada di Desa Sumberarum, Kec Kerek, Kab. Tuban - Jawa Timur dengan luas area 15.000 ha dan luas bangunan 400.000 m<sup>2</sup>.
3. Semen Tonasa. Semen Tonasa memiliki 4 pabrik semen, kapasitas terpasang 6,5 juta ton semen per tahun, berlokasi di Pangkep, Sulawesi Selatan. Semen Tonasa memiliki 9 (sembilan) pengantongan semen, yaitu : Biringkasi, Makassar, Samarinda, Banjarmasin, Pontianak, Bitung, Palu, Ambon, Bali.
4. Thang Long Cement Company. Thang Long Cement Company memiliki kapasitas terpasang 2,3 juta ton semen per tahun, berlokasi di Quang Ninh, Vietnam, Thang Long Cement Company memiliki 3 (tiga) pengantongan semen.

(JM Tandiallo.2014)

### 1.1.5. Tata Letak Pabrik Tuban



Gambar 1. 3. Tata Letak Pabrik Tuban

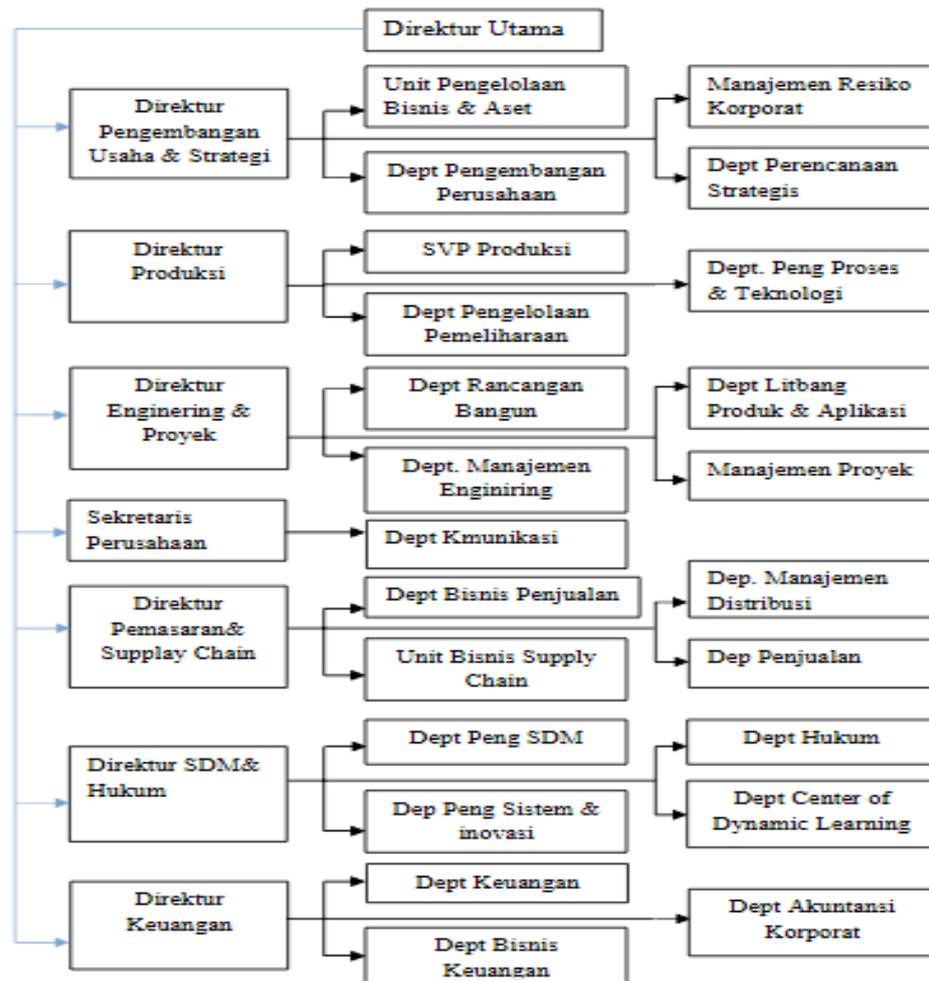
(sumber : Divisi Diklat PT. Semen Indonesia. 2016)

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>  |

### 1.1.6. Struktur Organisasi dan Manajemen Perusahaan

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



Gambar 1. 4. Struktur Organisasi PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.

Suatu perusahaan juga memerlukan suatu sistem manajemen agar perusahaan tersebut dapat berjalan dengan baik. Pada PT Semen Indonesia (Persero) Tbk ini juga memiliki sistem manajemen, antara lain :



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.

(Rakhmad Agum G. 2019)

#### **1.1.7. Anak Perusahaan**

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan produsen semen terbesar di Indonesia. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk memiliki anak perusahaan yang memiliki peranan penting sebagai *strategic partner*, maupun sebagai pendukung *community development*. Keberadaan anak perusahaan diharapkan mampu membantu bisnis inti Semen Indonesia selaku  *Holding Company* dan memberikan kontribusi sebesar-besarnya untuk mencapai keunggulan kompetitif dan perkembangan perusahaan secara terus menerus. Berikut ini adalah beberapa perusahaan penghasil semen :

1. Anak Perusahaan Penghasil Semen
  - a. PT. Semen Gresik
  - b. PT. Semen Padang
  - c. PT. Semen Tonasa
  - d. *Thang Long Cement Vietnam*



## 2. Anak Perusahaan Bukan Penghasil Semen

- a. PT. Industri Kemasan Semen Gresik (IKSG)
- b. PT. Kawasan Industri Gresik
- c. PT. Enternit Gresik
- d. PT. *United Tractor Semen Gresik* (UTSG)
- e. PT. Varia Usaha
- f. PT. Swadaya Graha

## 3. Afiliasi

- a. PT. Swabina Gatra
- b. PT. Varia Usaha Beton
- c. PT. Waru Abadi
- d. PT. Varia Usaha Bahari
- e. PT. Varia Usaha Dharma Segara
- f. PT. Varia Usaha Lintas Segara
- g. PT. Varia Usaha Barito
- h. PT. Konsultan Semen Gresik
- i. PT. Sepatim Batamtama

(Rakhmad Agum G. 2019)

## 1.2. Sistem Produksi

### 1.2.1. Bahan Baku Pembuatan Semen

Semen berasal dari bahasa latin *caementum* yang berarti bahan perekat secara sederhana, definisi semen adalah bahan perekat atau lem, yang bisa merekatkan bahan-bahan material lain seperti batu bata dan batu koral hingga bisa membentuk sebuah bangunan. Bahan Baku utama adalah komponen utama dalam pembuatan semen, bahan utama dalam pembuatan semen antara lain:

#### A. Batu Kapur (*Limestone*)

Batu Kapur merupakan sumber utama senyawa Kalsium. Batu kapur murni umumnya merupakan kalsit atau aragonit yang secara kimia keduanya dinamakan  $\text{CaCO}_3$ . Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) di alam sangat banyak terdapat di berbagai tempat. Kalsium karbonat berasal dari pembentukan geologis yang pada umumnya dapat dipakai untuk pembuatan semen Portland sebagai sumber utama senyawa Ca. Batu kapur murni biasanya berupa Calspar (kalsit) dan aragonite. Batu kapur ini memberikan kandungan CaO dan sedikit mengandung MgO.

Tabel 1. 2. Spesifikasi Batu Kapur Secara Umum

Parameter	<i>High Grade</i>	<i>Medium Grade</i>	<i>Low Grade</i>
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%
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,09%-1%	0,09%-1%	0,09%-1%
$\text{H}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2$	Sisa	Sisa	Sisa

Untuk membuat semen, faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar MgO, karena apabila kadar MgO tinggi dapat menyebabkan



terjadinya perubahan bentuk semen setelah pengerasan. Oleh karena itu diperlukan spesifikasi khusus dari batu kapur.

#### Spesifikasi Batu Kapur

Sifat fisis :

- a. Fase : Padat
- b. Warna : Putih
- c. Kadar air : 7-10%  $H_2O$
- d. *Bulk density* : 1,3 ton/ $m^3$
- e. *Specific gravity* : 2,49
- f. Titik Leleh : 825°C
- g. Kandungan CaO : 47-56%
- h. Kuat tekan : 31,6 N/ $mm^2$
- i. Silika *ratio* : 2,6
- j. Alumina *ratio* : 2,57

(Ikhsan Sefri Priambodo. 2016)

#### B. Tanah Liat (*Clay*)

Tanah liat merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan semen, tanah liat merupakan sumber utama senyawa silikat. Disamping itu, juga merupakan sumber senyawa -senyawa penting lainnya seperti senyawa besi dan alumina. Dalam jumlah amat kecil kadang-kadang juga didapati senyawa - senyawa alkali (Na dan K) yang dapat mempengaruhi mutu semen. Bentuk paling murni dari *clay* adalah kaolinit yang terdiri dari alumina silika dan air dengan rumus kimia  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ .



### Spesifikasi Tanah Liat (Clay)

#### Sifat Fisis :

- a. Fase : Padat
- b. Warna : Coklat kekuningan
- c. Kadar air : 18-25% H<sub>2</sub>O
- d. *Bulk density* : 1,7 ton/m<sup>3</sup>
- e. Titik Leleh : 1999-2032°C
- f. *Spesific gravity* : 2,36
- g. *Silika ratio* : 2,9
- h. *Alumina ratio* : 2,7

(Ikhsan Sefri Priambodo. 2016)

## 2. Bahan Baku Korektif

Bahan baku korektif merupakan bahan baku penambah untuk koreksi bahan baku ketika terjadi kekurangan. Berikut adalah contoh bahan baku korektif :

### A. Pasir Besi (*Ironsand*)

Pasir Besi ( $Fe_2O_3$ ) memiliki fungsi untuk menghantarkan panas yang dilakukan dalam proses pembuatan terak semen maupun klinker. Pasir besi dalam pembuatan semen hanya digunakan sebanyak  $\pm 1\%$ . Karena pasir besi memiliki beberapa kandungan  $SiO_2$  maupun titan yang dapat membahayakan dalam penggunaannya, 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  $Fe_2O_3$  nya sekitar 52-64%. Bentuk fisiknya berupa granular dan berwarna merah kehitaman.

Sifat fisiknya, antara lain :

- a. fase : Padat
- b. Warna : Hitam
- c. *Bulk density* : 1,8 ton/m<sup>3</sup>

(Eko Ramadhani A. 2019)

#### B. Pasir Silika ( $SiO_2$ )

Pasir silika banyak ditemukan dalam batuan alam, pasir silika biasanya tercampur dengan benda-benda logam yang lain. Pasir silika dalam pembuatan semen biasanya memiliki kadar 95%, semakin murni pasir silika maka akan semakin putih warnanya.

#### Spesifikasi Pasir Silika

Sifat Fisis :

- a. Fase : Padat
- b. Warna : Coklat kemerahan
- c. Kadar air : 6%  $H_2O$
- d. *Bulk density* : 1,45 ton/m<sup>3</sup>
- e. *Specific gravity* : 2,37 gr/cm<sup>2</sup>
- f. *Silica ratio* : 5,29
- g. *Allumina ratio* : 2,37

(Eko Ramadhani A. 2019)



### C. *Limestone High Grade*

*Limestone High Grade* digunakan dalam pembuatan semen sebagai bahan baku korektif apabila kadar CaO nya kurang, *Limestone High Grade* yang digunakan biasanya memiliki kadar Cao > 93%.

#### 3. Bahan Tambahan (Aditif)

Bahan Tambahan atau aditif adalah bahan yang ditambahkan kedalam klinker untuk memperbaiki sifat-sifat yang telah ditentukan, sehingga akan dihasilkan produk yang sesuai dengan ketentuan yang ada. Bahan tambahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

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

*Gypsum* dapat ditemukan pada daerah pegunungan kapur. Penambahan *gypsum* pada pembuatan semen digunakan pada proses penggilingan terak, *gypsum* berfungsi untuk memperlambat pengerasan pada semen.

##### Spesifikasi Gypsum

###### Sifat fisis

- a. Fase : Padat
- b. Warna : Putih
- c. Kadar air : 10% H<sub>2</sub>O
- d. *Bulk density* : 1,7 ton/m<sup>3</sup>
- e. Ukuran material : 0-30 mm

(Eko Ramadhani A. 2019)

##### B. *Trass*

*Trass* dapat ditemukan dalam abu gunung berapi, *trass* memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> yang tinggi sehingga apabila digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan semen dapat memperbaiki sifat produk



tersebut. *Trass* yang terdapat dalam kandungan semen dapat memberikan keuntungan yaitu semen tersebut akan tahan terhadap asam baik berupa sulfat maupun klorida

#### Spesifikasi Trass

Sifat Fisis :

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| a. Fase                | : Padat            |
| b. Warna               | : Coklat kehitaman |
| c. Kandungan $Fe_2O_3$ | : 1-6%             |
| d. Kandungan $SiO_2$   | : 45-72%           |
| e. Kandungan $Al_2O_3$ | : 10-18%           |
| f. Kandungan $MgO$     | : 0,5-3,0%         |
| g. Kandungan $SO_3$    | : 0,3-1,6%         |
| h. Kandungan LOI       | : 3-14%            |

(Eko Ramadhani A. 2019)

#### C. *Fy Ash*

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

(Rakhmad Agum G. 2019)

#### 1.2.2. Penyediaan Bahan Baku

Pada proses penyediaan bahan baku ini, bahan baku utama seperti batu kapur (*limestone*) dapat diperoleh dari penambangan, oleh karena itu batu kapur memerlukan beberapa tahap agar didapatkan batu kapur yang sesuai dengan spesifikasi yang ada. Proses penambangan ini dilakukan



menggunakan *system single back*, adalah proses pengambilan batu kapur secara bertahap, sehingga lahan penambangan yang digunakan memiliki permukaan yang rata. Penggalan ini memiliki batas maksimal sampai dengan ketinggian 30 meter di atas permukaan laut. Berikut adalah tahap-tahap pada proses penyediaan bahan baku :

## 1. Penyiapan Daerah Penambangan

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

Pembersihan dilakukan untuk membuka daerah penambangan baru. Langkah sangat perlu dilakukan untuk membersihkan permukaan tanah dari pepohonan dan semak belukar serta kotoran yang mengganggu proses penambangan. Pembersihan lahan dilakukan dengan cara membatat permukaan tanah dari berbagai kotoran yang mengganggu.

### b. *Stripping* (Pengupasan)

Tahap ini perlu dilakukan dengan cara membatat dan mengupas tanah yang berada di lapisan permukaan batuan dengan menggunakan bulldozer dan shovel. Tujuan dari pengupasan ini agar lapisan tanah yang tidak berguna dibersihkan karena lapisan tersebut dapat mengurangi presentase kandungan kapur.

### c. Penyiapan jalan produksi

Langkah tersebut dilakukan guna untuk jalan transport bahan galian.

## 2. Operasi Penambangan

### a. *Drilling* (Pengeboran)



Pengeboran atau *drilling* adalah tahap pembuatan lubang pada batu kapur sebagai tempat penanaman bahan peledak. Jarak dan kedalaman lubang disesuaikan dengan kondisi batuan dan lokasi penambangan, yaitu :

Diameter lubang	: 3 inchi
Kedalaman	: 6 – 9 meter
Jarak lubang	: 1,5 – 3 meter

Alat yang digunakan untuk proses pengeboran yaitu *Crawl AirDrill* (Alat bor) dan *Kompresor* (Alat penggerak bor).

b. *Blasting* (Peledakan)

Peledakan memiliki tujuan untuk melepaskan batuan dari induknya. Langkah yang dilakukan adalah dengan mengisi lubang yang telah dibuat dengan bahan peledak, dan beberapa lubang kosong lainnya tidak diisi oleh bahan peledak, hal tersebut dilakukan untuk meredam getaran yang timbul akibat ledakan. Bahan peledak yang digunakan adalah Damotin (*Dynamit Ammonium Gelatin*) merupakan bahan peledak primer, dan ANFO (Campuran 96% Amonium Nitrat dan 4% *Fuel Oil*) merupakan bahan peledak sekunder. Alat yang digunakan untuk proses tersebut yaitu : *Blastin machine* (mesin peledak), dan *Blasting ohmmeter* (alat ukur daya ledak).

c. Penggalian dan pemuatan

Penggalian dan pemuatan adalah kegiatan menggali dan memuat material dari blok penambangan dengan menggunakan sebuah alat yaitu *excavator backhoe*.

d. *Hauling* (Pengangkutan)

Merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan material dari *quarry* ke unit *crusher* menggunakan *dump truck*.

e. *Dumping*



Merupakan material dari *quarry* yang telah diangkut dengan *dump truck* di dumping pada area *crushing plant*. Material tersebut akan diremuk dan kemudian masuk ke *mix pile*.

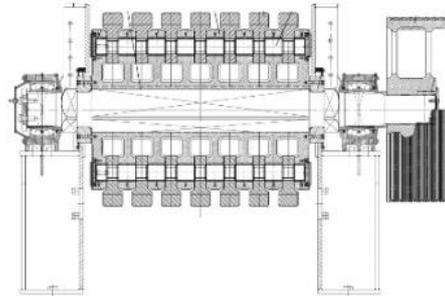
### **Crusher**

#### Spesifikasi *Crusher* (CR-1)

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

#### Cara Kerja

Batu kapur dari unit tambang akan diumpankan melalui *hopper*, lalu batu kapur akan dialirkan melalui *woobler feeder* masuk kedalam *crusher*, dan akan jatuh di *breakre plate*. Selanjutnya batu kapur akan dipecah oleh *hammer* berputar. Material halus akan keluar melalui *discharge opening* yang sebelumnya telah melewati *screen*. Sedangkan material besar akan dikembalikan dan dihaluskan menggunakan *hammer* dan akan kluar melewati *screen* kembali. 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 1. 5. *Hammer Mill*

(sumber : PT. Semen Indonesia. 2021)

### *Clay Cutter*

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

Fungsi : Memperkecil ukuran tanah liat

Tipe : *Non-clog double roll crusher*

Merek : *Bedhesi - Pedova*

Bahan konstruksi : *Stainless steel*

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

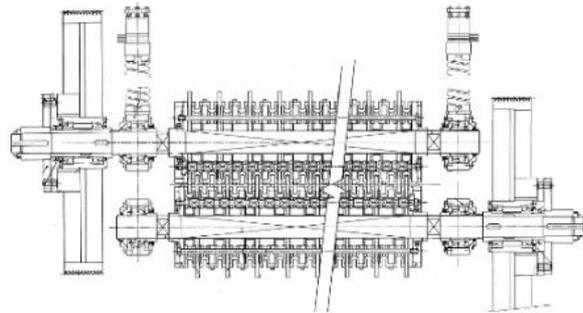
Diameter dalam *roller* : 0,65 m

Diameter luar *roller* : 0,79 m

#### 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.

(Rakhmad Agum G. 2019)



Gambar 1. 6. Clay Cutter

(sumber : CCR PT. Semen Indonesia. 2021)



Gambar 1. 7. PFD Raw Material Transport

(sumber : CCR PT. Semen Indonesia. 2021)

### 1.2.3. Proses Produksi Pembuatan Semen

#### 1. Pengolahan Bahan

Bahan pembuatan semen yang terdiri dari batu kapur, tanah liat, *copper slag* dan pasir silica, komposisi pada bahan-bahan tersebut diusahakan agar tidak berubah-ubah karena akan sangat berpengaruh terhadap pada operasi kiln. Oleh karena itu diperlukan *pre-blending* dengan menggunakan metode penumpukan. Pada proses *raw grinding* menggunakan alat *roller mil* pada pabrik tuban ini digunakan *roller*



*mill* tipe *Fuller Loesche* yang dilengkapi dengan 3 buah *mill fan system*, bahan yang diumpankan memiliki ukuran minus 180 mm dengan kadar air kurang dari 18%, dengan ketentuan bahan yaitu :

- a. *Limestone/ Clay Mix* : 90,99%
- b. *Corrective Limestone* : 5,01%
- c. Pasir Silika : 3,00%
- d. Pasir Besi : 1,00%

Pada proses ini *Limestone* dan pasir silika memiliki fungsi sebagai koreksi, agar dapat diperoleh komposisi produk *raw mill* yang sesuai dengan standar umpan *kiln*. *Limestone* dengan rate 564,18 ton/h dengan kadar air 18% akan dimasukkan kedalam *roller mill* melalui *belt conveyor* dan *roller feeder*, *belt conveyor* ini sudah dilengkapi dengan *metal detector* untuk mendeteksi adanya metal yang terikut didalam bahan. Untuk mengeringkan bahan di dalam *raw mill* digunakan sisa udara panas dari *preheater* dan *clinker cooler*. Bahan-bahan didalam *raw mill* akan mengalami penggilingan dan pencampuran serta pengeringan sehingga diperoleh produk *raw mill* dengan kehalusan 90%, bahan yang lolos ayakan tersebut memiliki ukuran 90 mikron dan kandungan air kurang dari satu persen. Material yang lolos dari *raw mill* dimasukkan ke dalam *blending silo*, akan tetapi sebeum dilakukan akan dilakukan pengecekan dengan mengambil sampel dengan alat sampler yang terdapat pada *air slide*, dan akan dianalisis di laboratorium. Fungsi dari *blending silo* adalah sebagai tempat penampungan sementara material sebelum material diumpankan ke *kiln*, dan memiliki fungsi lain seperti untuk alat homogenisasi produk *raw mill* agar komposisi kimia dari produk tersebut lebih merata sehingga siap untuk diumpankan ke *kiln*.

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

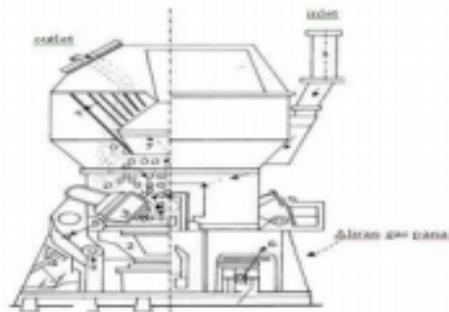
Spesifikasi *Roller Mill* Pabrik Tuban

Fungsi : Menggiling material agar ukurannya lebih kecil

Tipe : *Fuller Loesche*

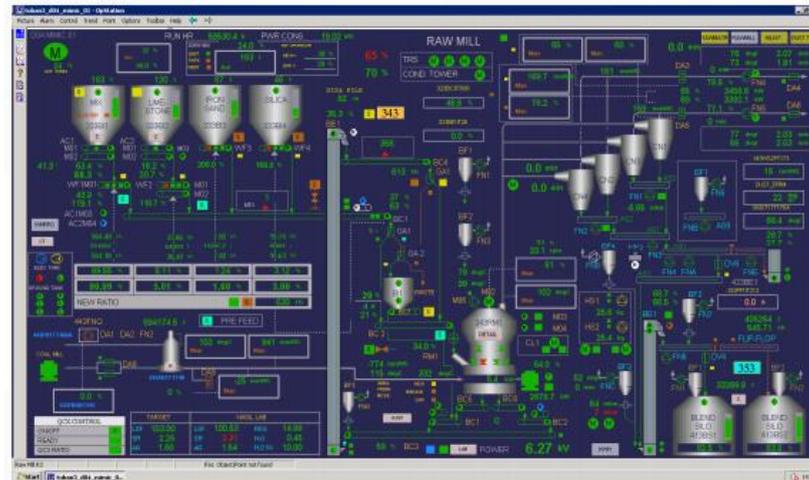
Kapasitas : 570 ton/jam  
Penggerak utama : *Flender planetary, gear reducer* KMP 750  
Motor/putaran : 4000 kW/1000 rpm, kV  
Clasifier motor : 690 kW, 6 kV  
Produk : 170 mesh  
Cara Kerja

Mekanisme kerja *roller mill* yaitu material masuk melalui cerobong Feed (Feed) pada *roller mill*, kemudian material jatuh di tengah-tengah *Grinding table*. Material pada *Grinding table* selanjutnya terlempar ke bawah *Grinding roller* 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* 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 diumpukan kembali ke *roller mill* untuk digiling kembali



Gambar 1. 8. *Vertical Roller Mill*

(sumber : PT. Semen Indonesia. 2021)



Gambar 1. 9. PFD Raw Mill

(sumber : CCR PT. Semen Indonesia. 2021)

### **Blending Silo**

Spesifikasi *Blending Silo* (BS-1 & BS-2)

Fungsi : Menghomogenisasi produk dari raw mill

Tipe : IBAU *Central Chamber Silo*

Bahan Konstruksi : Beton

Bentuk : Silinder

Kapasitas : 20.000 ton

Diameter dalam : 20 m

Tinggi : 60,3 m

Cara Kerja

Produk *raw mill* akan masuk dari bagian atas *blending silo* melalui *Air Slide System* 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* untuk mengurangnya. Pengeluaran material



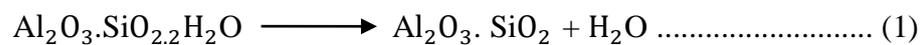
dilakukan bersama melalui 2 dari 10 *flow gate* pada setiap *silo*. Pengeluaran melalui *flow gate* ini diulang dalam selang waktu tertentu, satu siklus lengkap memerlukan waktu 12 menit. Selama proses tersebut material diaerasi oleh *Blower* pada bagian bawah *layer* tersebut. Material keluar selanjutnya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

(Fedy Alamsyah. 2019)

## 2. Pembakaran dan Pendinginan

Pada proses ini merupakan bagian terpenting dari proses produksi semen, karena pada proses ini merupakan bagian dari pembentukan komponen utama semen. Pada unit ini terdiri dari *suspension preheater*, *kiln* dan *cooler*. Untuk memperoleh semen yang homogen dan berkualitas, dilakukan proses pembakaran terhadap bahan baku utama semen (*Limestone* dan *Clay*) yang telah dihaluskan. Pada proses ini digunakan batu bara sebagai bahan bakar padat untuk penghematan biaya, dan juga diperlukan bahan bakar cair berupa *IDO (Industrial Diesel Oil)* yang dipasok dari Pertamina akan tetapi jumlahnya tidak sebanyak bahan bakar padat, minyak ini mempunyai nilai kalor kotor sekitar 8.482 – 10.000 k.kal/kg. Sebelum batu bara digunakan akan dilakukan pengecilan atau penggilingan batu bara menggunakan *coal mill*, batu bara yang digiling akan memiliki diameter 20 mikron. Pada proses ini diawali dengan pemanasan awal pada material menggunakan *Pre-heater*. *Pre-heater* merupakan suatu bangunan terdiri dari beberapa *stage cyclone*. Pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, Tuban menggunakan *Suspension Preheater* jenis *Double String* dengan 4 *Stage* atau 4 *Cyclone* yang dipasang seri, dimana string I *ILC (In Line Calciner)* dan string II *SLC (Separate Line Calciner)*. Untuk pemberian nama *stage* dimulai dari atas ke bawah.

Arah masuknya material dengan gas panas adalah *counter current*. Panas pada *preheater* (tersier air) selain dari *cooler* juga menggunakan bahan bakar batu bara untuk mencapai kalsinasi 90%. Pada suhu 100°C terjadi penguapan air dari bahan baku dan uap air menguap bersama gas hasil pembakaran, Pada suhu 500-600°C terjadi proses pelepasan air kristal hidrat pada tanah liat, dengan reaksi sebagai berikut :



Setiap string dari *double string preheater* terdiri dari 4 *stage* atau 4 *cyclone* yang dipasang secara seri satu diatas yang lain. 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 awal pada *cyclone-cyclone* tersebut memanfaatkan gas panas dari *kiln* dan sebagian kecil *cooler*. Sedangkan pembakaran kiln menggunakan sedikit udara primer yang berasal dari *fan* utama yang berfungsi sebagai pengumpan batu bara ke *kiln*. *Kiln* atau tanur putar merupakan peralatan utama dalam proses pembakaran bahan baku semen. Pembakaran di *kiln* dilakukan dengan kiln burner berbahan bakar batu bara yang telah dihaluskan dengan *coal grinding*, burner ini suhunya dapat mencapai 1900°C, sehingga dapat dihasilkan senyawa *clinker* ( $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_4\text{AF}$ ,  $\text{C}_3\text{S}$ ).



Gambar 1. 10. *Rotary Kiln*

(sumber : PT. Semen Indonesia. 2021)

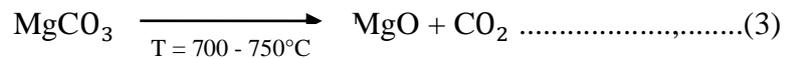
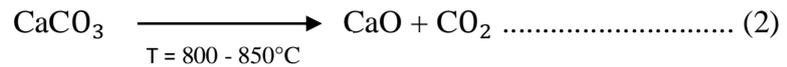


Pada *rotary kiln* dibagi menjadi 4 zone yaitu : *zone* kalsinasi, *zone* transisi, *zone* pembakaran, dan *zone* pendinginan. Reaksi pembentukan *clinker* yang terjadi pada *rotary kiln* ini adalah sebagai berikut :

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 zona ini mengalami proses kalsinasi dengan temperatur  $600^\circ\text{C}$ - $800^\circ\text{C}$



- 2). Proses pembentukan kalsium silikat ( $\text{C}_2\text{S}$ ) dengan temperatur  $800^\circ\text{C}$ - $900^\circ\text{C}$



b. Zone Transisi

Pada zone ini proporsi  $\text{CaO}$  akan semakin besar, akan tetapi proporsi  $\text{CaCO}_3$  semakin kecil dan habis sempurna pada temperatur bahan sekitar  $900^\circ\text{C}$ , pada temperatur tersebut proporsi  $\text{C}_2\text{S}$  semakin meningkat sampai temperatur bahan sekitar  $1200^\circ\text{C}$ , sedangkan oksida besi mulai mengikat campuran oksida kalsium dan oksida alumina membentuk campuran  $\text{C}_2(\text{A},\text{F})$ , dengan meningkatnya temperatur maka oksida kalsium ( $\text{CaO}$ ) bergabung dengan kalsium alumina dan  $\text{C}_2(\text{A},\text{F})$  masing-masing membentuk  $\text{C}_3\text{A}$  dan  $\text{C}_4\text{AF}$ . Pembentukan  $\text{C}_3\text{A}$  dan  $\text{C}_4\text{AF}$  terjadi pada temperatur +  $1000$  - $1200^\circ\text{C}$ .

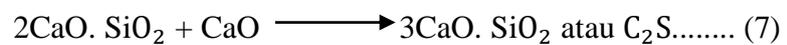




c. Zone Pembakaran

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 silica 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>2</sub>S.



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. Berikut adalah reaksi yang terjadi pada pembentukan *clinker* yang terjadi pada *rotarry kiln*.

Pada suhu 950-1000°C mangalami reaksi kalsinasi lanjutan



Pada 950-1000°C suhu reaksi awal pembentukan Discalsium Silikat (C<sub>3</sub>S)



Pada suhu 1000-1200°C mengalami reaksi awal pembentukan Tricalsium Alumina (C<sub>3</sub>A)



Pada suhu 1000-1200°C mengalami reaksi awal pembentukan Tetracalsium Alumina Ferit (C<sub>4</sub>AF)



Pada suhu 1200-1450°C mengalami reaksi awal pembentukan Tricalsium Silika (C<sub>2</sub>S)



Bahan baku semen yang telah dibakar dalam *kiln* disebut sebagai *clinker*. *Clinker* yang keluar dari *kiln* selanjutnya melewati *equipment clinker cooler* untuk didinginkan secara ekstrim. *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. Melalui proses pendinginan secara ekstrim ini, selain agar material dapat disimpan, juga agar *clinker* menjadi rapuh sehingga memudahkan proses penggilingan. *Clinker* yang sudah didinginkan menggunakan *clinker cooler* ini selanjutnya disimpan dalam *clinker dome* berupa material berbentuk *granular* sebelum dilanjutkan pada proses selanjutnya (penggilingan).

(Fedy Alamsyah. 2019)



Gambar 1. 11. FPD *Kiln*

(sumber : CCR PT. Semen Indonesia. 2021)

### 3. Penggilingan Akhir Semen

Setelah *clinker* didinginkan di dalam *cooler* selanjutnya dilakukan penggilingan di *finish mill*. Tujuan dari penggilingan ini adalah untuk menggiling *clinker* hasil dari seksi pembakaran yang dicampur dengan *gypsum* sebagai *retorder*, yaitu untuk mengatur waktu pengerasan semen, dan *trass* sebagai bahan aditif tanpa

mengurangi mutu semen yang dihasilkan. *Finish mill* yang digunakan di PT. Semen Indonesia berbentuk *silinder horizontal* yang memiliki panjang 13 m, diameter 4,8 m. Pada setiap bagian *silinder finish mill* memiliki *grinding ball* sebagai alat pengiling dengan prinsip gerusan.

Pada proses penggilingan ini dilakukan dalam dua tahap yaitu dalam *hidraulic roll crusher (HRC)* sebagai penggilingan awal, dan 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%. Pada proses penggilingan ini dilakukan penambahan *gypsum* dengan kadar 91% dengan perbandingan 96:4 yang berfungsi sebagai penghambat proses pengeringan pada semen, dan penambahan *trass*. Antara *fan* dan *finish mill* dilengkapi dengan *bag filter* untuk menangkap campuran semen halus yang lolos karena tarikan *fan*, lalu semen halus tersebut dijatuhkan dengan udara tekan lalu menggunakan *air slide* ditransportasikan menuju silo untuk ditampung.

(Fedy Alamsyah. 2019)



Gambar 1. 12. *Ball Mill*

(sumber : PT. Semen Indonesia. 2021)

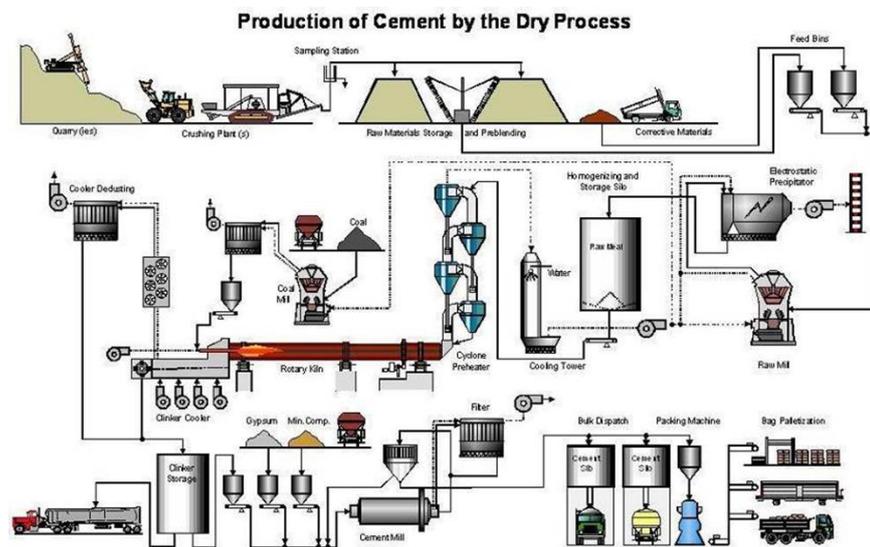
#### **4. Pengisian dan Pengantongan Semen**

Pada proses merupakan bagian unit *packer* yang memiliki tugas untuk melakukan pengisian, penyimpanan, pengiriman, dan pengeluaran semen dari tiap-tiap silo. Semen yang berasal dari

produk *finish mill* akan diangkut oleh *air slide* masuk ke semen *silo*. Semen akan 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. 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.

(Fedy Alamsyah. 2019)

Tahapan proses secara garis besar dari pembuatan semen dapat diilustrasikan pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. 13. Diagram Alir Pembuatan Semen

(sumber : PT. Semen Indonesia. 2021)

#### 1.2.4. Sistem Pengendalian Proses dan Penjaminan Mutu Produk

Pengendalian proses adalah proses pengendalian kualitas dalam pembuatan semen. Pengendalian proses memiliki tujuan agar produk yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan. Pengendalian proses ini dilakukan di laboratorium sebagai unit penunjang, sampel yang telah diambil dari setiap proses produksi akan dianalisis di laboratorium, seperti Laboratorium Pengendalian Proses, Laboratorium Jaminan Mutu, dan unit penunjang lainnya adalah Unit Utilitas. Sampel yang diambil dalam satu periode sampling seperti pada *crushing*, *mixing*, *splitting*, dan *homogenizing*. Sampel yang telah dianalisis akan dapat diketahui di *Central Control Room (CCR)*, analisis tersebut dilakukan dengan rincian sebagai berikut :

1. Menganalisis setiap sampel dari hasil tambang dengan cara sampel dipress kemudian dianalisis menggunakan *X-Ray*, analisis akan dilakukan setiap hari.
2. Menganalisis sampel hasil dari *Raw Mill*, *Kiln Feed*, dan *Finish Mill*, sampel yang telah diambil akan dimasukkan kedalam kapsul dan dikirim langsung ke laboratorium pengendalian proses setiap 1 jam.
3. Menganalisis sampel dari *blending silo* setiap 1 jam.
4. Menganalisis batu bara yang akan digunakan dengan cara sampel dianalisis mesh dan  $H_2O$ .

Tabel 1. 3. Standar Kualitas Semen Indonesia

Parameter diuji	Analisis	Standar Pabrik
Komposisi <i>Mix Pile</i>	LSF	$98 \pm 7$
	SIM	$2,5 \pm 0,2$
	ALM	$2,4 \pm 0,2$
	MgO	$1,5 \pm 0,2$
Produk <i>Raw Mill</i>	LSF	$98 \pm 3$



	SIM	2,2 ± 0,2
	ALM	1,6 ± 0,1
	Mgo	Maksimal 2%
	<i>Moisture</i>	Maksimal 1,5%
	Residu 170 Mesh	Maksimal 20%
<i>Kiln Feed</i>	LSF	98 ± 1
	SIM	2,2 ± 0,1
	ALM	1,6 ± 0,1
	<i>Moisture</i>	Maksimal 1,5%
	Residu 170 Mesh	Maksimal 20%
Terak	C3S	62 ± 2
	FCaO	Maksimal 2%
	CSA	Maksimal 8%
	Mgo	Maksimal 3%
Semen OPC	SO <sub>3</sub>	1,7 ± 0,1
	CaO (%)	60 – 65
	<i>Blaine</i> (m <sup>2</sup> /kg)	Maksimal 340
	Residu 325 mesh	Maksimal 15%
	LOI	3 – 4
	<i>Setting Time</i> (Awal)	120 – 160 menit
	<i>Setting Time</i> (Akhir)	Maksimal 270 menit
Semen PPC	SO <sub>3</sub>	1,7 ± 0,1
	CaO (%)	54 – 58
	<i>Blaine</i> (m <sup>2</sup> /kg)	Maksimal 360
	Residu 325 mesh	Maksimal 10%
	LOI	Maksimal 4,5
	<i>Setting Time</i> (Awal)	140 – 180 menit
	<i>Setting Time</i> (Akhir)	Maksimal 340 menit
Semen PCC	SO <sub>3</sub>	1,7 ± 0,1
	CaO (%)	60 – 56



	<i>Blaine</i> (m <sup>2</sup> /kg)	370 – 390
	Residu 325 mesh	Maksimal 10%
	LOI	2,5
	<i>Setting Time</i> (Awal)	120 – 160 menit
	<i>Setting Time</i> (Akhir)	Maksimal 270 menit
<i>Coal Mill</i>	H <sub>2</sub> O	Maksimal 8%
	Mesh 170	Maksimal 30%

(Sumber : Laboratorium Pengendalian Proses)

#### a. Laboratorium Pengendalian Proses

Laboratorium ini memiliki fungsi untuk menganalisis sampel pada proses produksi agar proses dapat terkendali sesuai dengan target produk yang diinginkan. Pengendalian proses ini dilakukan dari unit operasi *crusher* sampai dengan unit *finish mill*. Laboratorium ini dapat menentukan komposisi material yang digunakan maupun kondisi operasi proses seperti temperature, tekanan, dsb.

#### b. Laboratorium X-Ray

Laboratorium ini dapat melakukan analisis pada bahan baku, bahan dalam proses, dan produk yang dihasilkan. Pada analisis ini menggunakan alat *X-Ray Spectrofotometer*, alat ini dapat menganalisis kandungan oksida yang terdapat pada sampel. Jenis sampel yang dapat dianalisis menggunakan alat tersebut adalah SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, SO<sub>3</sub>, C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A, dan C<sub>4</sub>AF.

Spesifikasi *X-Ray Spectrometri* :

Merek : ARL

Tipe : 8660 S (Tuban 1 dan 2) dan 9800 (Tuban 3)

Power : 60 Kv, 100 mA



Jumlah : 3 (tiga) Unit

Fungsi : Untuk menganalisis komposisi kimia bahan, terak, dan semen

Lokasi : Laboratorium Pengendalian Proses Tuban 1, 2, dan 3

### c. Laboratorium Jaminan Mutu

Laboratorium ini memiliki fungsi untuk menganalisis bahan mentah pada saat bahan tersebut ditambang atau setelah proses penambangan agar dihasilkan produk yang sesuai dengan target. Pada laboratorium ini terdapat 3 laboratorium penunjang yaitu, laboratorium bahan bakar, laboratorium bahan baku, dan laboratorium semen.

#### 1. Laboratorium Bahan Bakar

Laboratorium ini memiliki fungsi untuk menganalisis bahan bakar yang akan digunakan untuk proses produksi, bahan bakar berupa batu bara maupun bahan bakar alternatif. Pada laboratorium ini yang dianalisis adalah kadar air, kadar abu, GCV (*Grass Caloric Value*), dan *Volatile Meter Analysis*.

#### 2. Laboratorium Semen

##### A. Laboratorium Kimia Semen

Pada laboratorium ini memiliki fungsi untuk menganalisis produk dari *finish mill* 1-8, pengujian yang dilakukan pada laboratorium ini adalah pengujian kehalusan semen (*Blaine*), analisis kehalusan semen (*Mesh*), analisis *Free lime* terak, pengujian hilang pijar semen (*LOI*), pengujian *insoluble* semen OPC dan PPC.

##### B. Laboratorium Fisika Semen

Pada laboratorium ini memiliki fungsi untuk pengujian semen secara fisika, pengujian fisika semen ini meliputi, pengujian normal konsistensi, pengujian setting time, pengujian



pemuaian (*ekspansi*), pengujian kuat tekan, dan pengujian warna dengan calorimeter.

### 3. Laboratorium Bahan Baku

Pada laboratorium ini dilakukan pengujian pada bahan baku seperti bahan koreksi (pasir silika, dan pasir besi), bahan pengisi (trass dan fly ash), dan returder (gypsum). Pengujian ini meliputi pengujian kadar air, dan analisis x-ray.

(Rakhmad Agum G. 2019)

#### 1.2.5. Utilitas

Unit utilitas pada PT Semen Indonesia (Persero) Tbk adalah unit penunjang proses yang menyediakan bahan pembantu dalam pembuatan semen, pada unit utilitas ini dibagi menjadi beberapa bagian diantaranya :

##### a. Penyediaan Bahan Bakar

Pada pabrik PT Semen Indonesia digunakan batu bara sebagai bahan bakar utamanya. Batu bara yang akan digunakan sebelumnya akan digiling atau dikecilkan ukurannya sesuai dengan ketentuan, alat yang digunakan adalah *coal mill*. Selain bahan bakar utama, pabrik ini juga menggunakan bahan bakar penunjang yaitu minyak, minyak yang digunakan adalah jenis IDO (*Industrial Diesel Oil*). Pemakaian bahan bakar penunjang ini tidak sebanyak bahan bakar utama, dikarenakan harga minyak jenis IDO ini yang tergolong mahal, dan pemakaian minyak jenis IDO sekarang sudah mulai digantikan oleh solar, karena harga solar yang lebih murah dibandingkan dengan IDO.

##### b. Penyediaan Udara Tekan

Pada penyediaan udara tekan ini digunakan alat khusus yaitu kompresor yang dapat bekerja secara terus-menerus. Kompresor yang digunakan memiliki tekanan  $\pm 6$  bar. Penggunaan udara tekan ini sebagian besar digunakan pada *Roll Mill*, *Kiln*, dan *Clinker Cooler*.

##### c. Penyediaan Air



Pada pabrik kebutuhan air merupakan kebutuhan pokok yang harus dipenuhi, penggunaan air pada pabrik ini menggunakan sumber dari waduk Temandang dan sumur artesis yang dipompa dan ditampung dalam bak penampung *raw water* sebelum di olah pada unit *water treatment* dan digunakan sebagai sanitasi. Penggunaan air di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban adalah berikut :

1). Air Proses

Kebutuhan air proses pada pabrik tuban ini rata-rata adalah 21 m<sup>3</sup>/jam. Penggunaan air pada air proses ini sebagian besar digunakan pada pendingin pada mesin. Sumber ir proses ini berasal dari waduk tadah hujan yang memiliki luas  $\pm 7500 \text{ m}^2$ . Syarat dari penggunaan air proses adalah total *hardness* kurang dari 50 ppm, dan mempunyai Ph netral yaitu 7.

2). Air Bersih

Kebutuhan air bersih pada pabrik ini mencapai 250 m<sup>3</sup>/jam. Penggunaan air bersih ini apabila menggunakan air yang berasal dari waduk tadah hujan air tersebut akan ditampung di *reservoir* dan ditambahkan CuSO<sub>4</sub> untuk mematikan lumput di air terebut. Ababila air akan digunakan sebagai air bersih atau kebutuhan rumah tangga, air tersebut akan diolah terlebih dahulu melalui berbagai tahap yaitu : koagulasi, filtrasi, dan desinfektasi. Penggunaan air bersih ini biasanya dipergunakan pada sanitasi perkantoran, *conditioning water*, dan *water spray*.

3). Air *Hydrant*

Penggunaan air hydrant ini adalah air yang digunakan apabila terjadi hal-hal diluar kendali seperti kebakaran di area pabrik.

d. Penyediaan Listrik

Penyediaan listrik pada pabrik ini digunakan sebagai penggerak motor, penerangan, dan sebagainya. Sumber yang digunakan sebagai penyedia litrik berasal dari PLN dengan daya  $\pm 96 \text{ MVA}$ , dan 2 genset



cadangan dengan daya 2,5 mv/ 6,3 kw. Selain itu pada pabrik tuban juga memanfaatkan panas dari gas buang untuk menghasilkan energi listrik sebesar  $\pm 28$  MV dan juga dapat mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> sebesar 122,358 ton/tahun.

(Rakhmad Agum G. 2019)

### 1.2.6. Keselamatan Kerja

Alat pelindung diri merupakan seperangkat alat yang digunakan oleh pekerja untuk melindungi seluruh bagian tubuh agar kemungkinan terhadap potensi bahaya atau kecelakaan kerja dapat diminimalisir dengan alat pelindung diri tersebut dan dapat mengurangi biaya pengeluaran. APD yang digunakan di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban adalah :

#### 1. Helm Proyek

Digunakan oleh setiap orang yang memasuki area proyek. Warna helm dibedakan menurut area kerja, yaitu :

- a. Hijau : Bagian Operasi
- b. Biru : Bagian Umum
- c. Kuning : Bagian Kebersihan
- d. Putih : Kepala Regu, Kepala Seksi, Pimpinan dan Tamu

#### 2. Pelindung Mata

Alat ini digunakan untuk pekerja yang pekerjaannya berhubungan dengan pemijaran. Macam- macam pelindung mata :

- a. Kacamata bening : Semua bagian
- b. Kacamata las : Bagian pemeliharaan mesin dan utilitas
- c. Kacamata gerinda : Bagian pemeliharaan mesin dan utilitas



### 3. Pelindung Pernafasan

- a. Masker plastik (pekerja dibagian berdebu berat) pada bagian pemeliharaan dan produksi.
- b. Masker kain (pekerja dibagian berdebu ringan) untuk semua bagian.

### 4. Pelindung Telinga

- a. *Ear plug* (untuk pekerja pada alat bersuara ringan) yaitu pada semua bagian.
- b. *Ear muff* (untuk pekerja pada alat bersuara berat) yaitu pada bagian pendingin udara, genset dan penggilingan.

### 5. Pelindung Tangan

- a. Kaos tangan karet : Bagian bengkel listrik, pengolahan air
- b. Kaos tangan kulit : Bagian bengkel mesin
- c. Kaos tangan kain : Bagian lain yang berhubungan dengan debu
- d. Kaos tangan kombinasi (kain dan kulit) digunakan untuk bagian pembakaran (digunakan pada saat penggantian batu tahan api)

### 6. Pelindung Kaki

Macam- macam pelindung kaki :

- a. *Safety Shoes* untuk melindungi kaki dari benda tajam, benda panas, cairan kimia karena sepatu ini ada lapisan metal
- b. Sepatu karet pada bagian bengkel listrik

(Rakhmad Agum G. 2019)



## BAB II

### TUGAS KHUSUS

#### 2.1. Latar Belakang

Industri semen sekarang ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Produksi semen di Indonesia tidak hanya untuk memenuhi permintaan pasar domestik, namun juga untuk memenuhi permintaan pasar internasional. Untuk pasar domestik, semen digunakan sebagai komponen utama dalam pembangunan infrastruktur seperti gedung, jalan tol, pelabuhan, bandara, jembatan, dan berbagai infrastruktur lainnya. Semakin tinggi pembangunan infrastruktur, maka semakin tinggi pula kebutuhan akan semen. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. merupakan salah satu produsen semen terkemuka di Indonesia. Produk semen yang dihasilkan oleh PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. adalah semen portland, *special blended cement*, *portland pozzolan cement*, dll. Semen adalah salah satu bahan bangunan yang bersifat *higroskopis*, yang berarti bahwa senyawa-senyawa yang terkandung didalam semen tersebut dapat bereaksi dengan air membentuk zat baru yang bersifat perekat terhadap batuan.

(Eko Ramadhani A. 2019)

Proses pembuatan semen melalui beberapa tahapan, yaitu : penyediaan bahan mentah, penggilingan bahan mentah, pembakaran, penggilingan akhir dan pengantongan atau pengemasan. Salah satu proses pembuatan semen yang penting adalah penggilingan awal di *Vertical Roller Mill Unit Raw Mill*, karena pada tahap ini bahan baku utama pembuatan semen yaitu batu kapur dan tanah liat akan digiling bersama bahan korektif lain hingga nantinya akan menghasilkan *Raw Mill* untuk menjadi bahan produk semen. Penggilingan awal dimaksudkan untuk memperoleh *Raw Mill* dengan derajat kehalusan yang sesuai dengan standar agar menghasilkan semen yang mempunyai kualitas yang baik. Bahan korektif yang ditambahkan adalah Pasir Besi (*Ironsand*), Pasir Silika, dan *Limestone High Grade*. Kualitas semen yang dihasilkan sangat dipengaruhi beberapa faktor. Salah satunya adalah efisiensi alat *Vertical Roller Mill Unit Raw Mill*. Dengan menghitung



neraca massa dan neraca panas akan dapat diketahui keseimbangan panas yang masuk dan keluar serta mengetahui kinerja alat pada *Vertical roller Mill*.

(Eko Ramadhani A. 2019)

## 2.2. Tujuan

Menghitung neraca massa dan neraca panas *Vertical Roller Mill* Unit RKC sehingga dapat menghitung efisiensi alat pada *Vertical Roller Mill* Unit RKC.

## 2.3. Tinjauan Pustaka

### 2.3.1. Semen

Semen didefinisikan sebagai zat yang dapat menggabungkan atau menyatukan dua atau lebih potongan dari beberapa zat lainnya bersama-sama membentuk satuan massa. Dalam bidang konstruksi, semen berupa bubuk halus yang bila dicampur dengan air dan dibiarkan mengeras dapat menggabungkan komponen yang berbeda untuk memberi struktur secara mekanis. Semen telah digunakan sejak zaman prasejarah untuk tujuan konstruksi salah satunya dalam pembangunan rumah, sehingga dapat dikatakan industri tertua dalam peradapan manusia. Semen dapat digunakan sebagai bahan pengikat batu bata atau untuk mengikat partikel padat dengan ukuran yang berbeda untuk membentuk *monolit*.

(Banerjea. 1980)

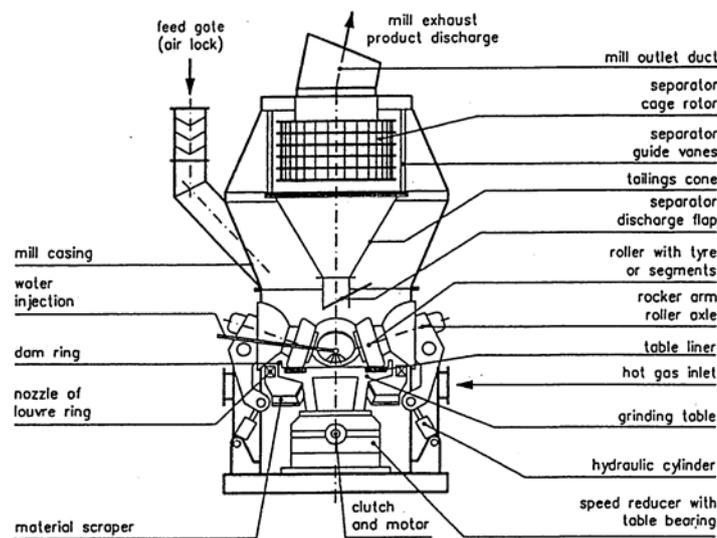
### 2.3.2. *Vertical Roller Mill*

*Vertical Roller Mill* merupakan salah satu alat produksi yang memiliki fungsi penting dalam proses produksi semen. Alat ini memiliki fungsi untuk menggiling atau menghaluskan material bahan mentah seperti Batu Kapur, Pasir Silica, Pasir Besi, dan Tanah Liat. Material mentah tersebut akan dihaluskan dengan spesifikasi tertentu agar semen yang dihasilkan memiliki kualitas tinggi. Selain itu *Vertical Roller Mill* juga memiliki fungsi lain sebagai pengering material, sehingga bahan material yang keluar dari alat mill tersebut memiliki ukuran 170 mesh dengan kadar air maksimal 1%. Pengeringan tersebut memanfaatkan gas

panas yang diperoleh dari sisa *kiln* pada alat *Suspension Preheater* (SP) dan *Grate Cooler* (GC) yang memiliki temperatur  $230^{\circ}\text{C}$ . *Vertical Roller Mill* yang digunakan pada pabrik Tuban ini adalah tipe *Fuller Loesche* (*Fuller LM-5942*) yang sudah dilengkapi dengan 3 buah *mill fan system*.

(Budi Setiyana. 2007)

### 2.3.3. Bagian-Bagian *Vertical Roller Mill*



Gambar 2. 1. Bagian-Bagian *Raw Mill*

(sumber PT. Semen Indonesia, 2021)

Berikut adalah penjelasan dari bagian-bagian utama dari raw mill :

1. *Grinding Table*, *Grinding Table* adalah tempat dimana material akan digiling, bagian ini berputar pada porosnya dengan kecepatan sekitar 30 rpm oleh sebuah motor melalui *vertikal gear box*.
2. *Table Liner (Wear Ring)*, Bagian ini memiliki fungsi untuk melindungi *grinding table* dan dinding *mill* dari keausan yang disebabkan oleh material.
3. *Grinding Roller*, *Rocker Arm*, dan *Sistem Hidrolik*, *Roller* dan *grinding table* bekerja bersama untuk melakukan proses penggilingan. *Table* adalah bagian yang berputar sedangkan *roller* adalah untuk

menekan ke arah *table* sehingga material yang lewat akan digiling. Besarnya tekanan *roller* terhadap material bergantung pada tekanan hidrolik yang ditetapkan. Untuk menjaga kestabilan operasi, sistem hidrolik ini dilengkapi dengan absorber yang berupa tabung N<sub>2</sub>. Hal tersebut memiliki fungsi penting untuk mengantisipasi ukuran dan kekerasan material yang bervariasi.

4. *Classifier, Classifier* terdiri dari dua bagian, yaitu bagian stator dan bagian rotor. Bagian stator mengarahkan aliran gas yang masuk ke dalam rotor. Dalam operasinya laju putar rotor inilah yang paling mudah dan sering diatur untuk mendapatkan tingkat kehalusan produk dan menjaga kestabilan operasi.
5. *Dam Ring, Dam Ring* memiliki fungsi untuk menjaga ketebalan material di atas *grinding table*.
6. *Louvre Ring, Louvre Ring* berada diantara *mill body* dengan *grinding table*. *Louvre Ring* memiliki fungsi untuk memberi efek putaran pada aliran udara yang masuk *mill*, sehingga perpindahan panasnya akan lebih efektif.
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.

(Alfi Amalia.2001)

#### **2.3.4. Karakteristik Vertical Roller Mill**

*Vertical Roller Mill* adalah suatu alat produksi yang penting dalam proses pembuatan semen. Alat ini memiliki beberapa fungsi penting diantaranya, untuk menggiling atau menghaluskan bahan material seperti Pasir Silika, Pasir Besi, Tanah Liat, dan Batu Kapur. Selain itu *Vertical Roller Mill* juga dapat digunakan untuk mengeringkan bahan material, sehingga bahan material yang dihasilkan memiliki kadar air maksimal 1% dengan ukuran bahan material yang keluar 170 mesh.

(Budi Setiyana. 2007)

Pada PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban ini digunakan *Vertical Roller Mill* dengan jenis *Vertical Roller Mill* tipe *Fuller Loesche Mill* Size LM-59.42 yang mempunyai *grinding table* dengan diameter 5,9 m dan empat buah *Grinding Roller*. Kapasitas terpasang dari *Roller Mill* adalah 600 MTPH. *Raw Mill* tipe ini dilengkapi dengan tiga buah *Mill Fan System* sehingga dapat disebut dengan *Air Swept Vertical Roller Mill*. *Material* yang akan digiling dalam *mill* harus mempunyai kadar air 16% dengan ukuran material kurang dari 108 mm, dengan ketentuan bahan yaitu :

- a. *Limestone/ Clay Mix* : 90,99%
- b. *Corrective Limestone* : 5,01%
- c. Pasir Silika : 3,00%
- d. Pasir Besi : 1,00%

(CCR PT. Semen Indonesia. 2021)

### 2.3.5. Mekanisme Kerja *Vertical Roller Mill*



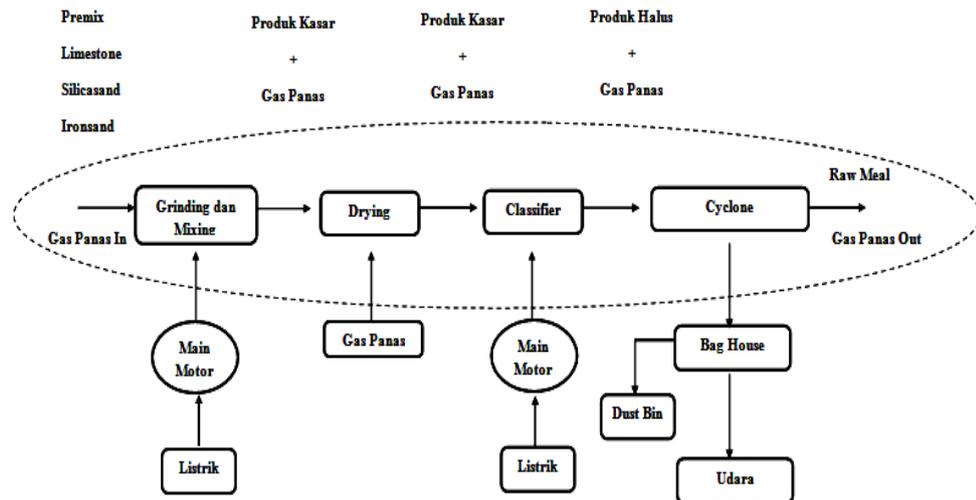
Gambar 2. 2. *Vertical Roller Mill*

(sumber : PT. Semen Indonesia. 2021)

*Vertical Roller Mill* merupakan suatu alat proses yang digunakan untuk menggiling atau menghaluskan bahan material menjadi butiran halus hingga berukuran partikel (micron). Selain untuk penggilingan

(*Roller dan grinding table*), alat ini juga memiliki beberapa fungsi lain diantaranya yaitu pengeringan (gas buang *kiln* dan *cooler*), pemisahan (*Separator*), dan transportasi (Gas pengering *ID Fan*). Pada pengeringan tersebut memanfaatkan gas panas yang diperoleh dari sisa *kiln* pada alat *Suspension Preheater* (SP) dan *Grate Cooler* (GC) yang memiliki temperatur 230°C. *Vertical Roller Mill* yang digunakan pada pabrik Tuban ini adalah tipe *Fuller Loesche* (*Fuller LM-59.42*) yang sudah dilengkapi dengan 3 buah *mill fan system*.

(Eko Ramadhani A. 2019)



Gambar 2. 3. Diagram Alir Proses Pada *Vertical Roller Mill*

(sumber : PT. Semen Indonesia. 2021)

Secara garis besar proses pada *Vertical Roller Mill* dikelompokkan menjadi beberapa proses utama antara lain:

### 1. Proses Penggilingan (*Grinding*)

*Raw Material* yang terdiri dari bahan baku (*Premix*) dan bahan korektif (*Limestone*, *Silicasand*, dan *Ironsand*) yang sudah diatur proporsinya masuk ke dalam *Vertical Roller Mill* material akan jatuh tepat ditengah-tengah *table*, pada proses ini material bahan baku



dan bahan korektif yang masuk kedalam *Vertical Roller Mill* Akan digiling dengan menggunakan *roller*, pada saat proses penggilingan menggunakan *roller* yang dilandasi dengan *table* yang berputar yang digerakan oleh *main motor mil*. Bahan baku dan korektif diatas *table* digiling oleh *roller* yang menekan kebawah karena gaya hidrolik yang dihasilkan oleh *Pull Roods*.

## 2. Proses Pengeringan (*Drying*)

Dalam penggilingan bahan baku dan korektif juga terdapat proses pengeringan yaitu bahan dalam *Vertical Roller Mill* akan dikeringkan oleh gas panas yang masuk melalui *Nozzle ring*. Proses Pengeringan dilakukan bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam bahan baku dan korektif.

## 3. Proses Pemisahan (*Separating/Classifier*)

Setelah mengalami penggilingan dan pengeringan bahan akan naik ke bagian *classifier* untuk dipisahkan Produk halus dihisap oleh *ID Fan* dan diangkut menuju *Cyclone* untuk dipisahkan antara *Raw Meal* dan udara. Pada *Cyclone* ini tertangkap 90% dan sisanya ditangkap oleh *Bag House* untuk dipisahkan antara debu dan udara. selanjutnya *Raw Meal* ditransportasikan dengan *Air Slide* ke *Blending Silo*.

## 4. Transportasi Bahan Baku dan Produk (*Raw Meal*)

Pada Transportasi ini digunakan untuk mentransportasikan bahan baku mulai dari proses penggilingan kemudian ke proses pengeringan, dan menuju proses pemisahan menggunakan Gas panas Input *Vertical Roller Mill* yang diperoleh dari Gas Hasil Pembakaran di *Suspension Preheater* yang ditarik oleh *ID Fan* lalu masuk ke *Vertical Roller Mill* sebagai udara Transport untuk proses pada *Vertical Roller Mill*.

(Eko Ramadhani A. 2019)



Pada bagian atas *Roller Mill* terdapat *classifying part* dari baling-baling berputar tipe *separator* dengan bagian dalam berbentuk 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 putaran *table* dan digiling, dikeringkan dan dibawa oleh aliran gas yang 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 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. Bantalan 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*.

(Budi Setiyana. 2007)

## 2.4. Data Lapangan

Data-data yang diperlukan untuk menghitung neraca massa, panas, dan efisiensi *Vertical Roller Mill* adalah sebagai berikut :

### 1. Data Primer

Tabel 2. 1. *Raw Material* masuk *Vertical Roller Mill*

Material	% Massa	Massa (Kg/jam)
<i>Premix</i>	90,99	564180
<i>Limestone</i>	5,01	38490
<i>Iron sand</i>	1,00	7820
<i>Silica sand</i>	3,00	19630
Total	100	630120

(Sumber : *CCR Raw Mill*)

Tabel 2. 2. Komposisi *Raw Material* masuk *Raw Mill*

Komponen	Massa (%)	Massa (Kg/jam)
SiO <sub>2</sub>	13,09	82482,71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,62	22810,34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,28	14366,74
CaCO <sub>3</sub>	78,00	490359,38
MgCO <sub>3</sub>	2,00	12602,40
SO <sub>3</sub>	0,06	378,07
Na	0,08	504,10
K	0,31	1953,37
Cl	0,06	378,07
H <sub>2</sub> O	0,68	4284,82
Total	100	630120,00

(Sumber : *Quality Control Raw Mill*)



Tabel 2. 3. Komposisi *dust loss*

Komponen	% Massa	Massa (Kg/jam)
SiO <sub>2</sub>	10,16	63,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,71	23,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,75	10,90
CaCO <sub>2</sub>	81,5	507,93
MgCO <sub>2</sub>	2,00	13,70
K	0,33	2,06
Na	0,09	0,56
SO <sub>3</sub>	0,06	0,37
Cl	0,15	0,93
Total	100	622,85

(Sumber : *Quality Control Raw Material*)

Tabel 2. 4. Komposisi Batu Bara

Komponen	% Massa
C	72,7
H <sub>2</sub>	4,2
N <sub>2</sub>	1,2
O <sub>2</sub>	21,3
S	0,6
Total	100

(Sumber : Standar ASTM D388 *laboratory procedur* by ASTM D3172)

Tabel 2. 5. Suhu Pada *Vertical Roller Mill*

Keterangan	Suhu (°C)
Suhu <i>Raw Material</i> Masuk	27
Suhu <i>Dust Loss</i> Masuk	332

Suhu Gas Panas Masuk	332
Suhu Produk Keluaran	102
Suhu Gas Panas Keluar	115

(Sumber : CCR Raw Mill)

Tabel 2. 6. Daya Motor Mill dan Faktor Energi Motor Mill

Keterangan	Jumlah
Daya Motor Mill (Kw)	2878,7
Faktor Energi Motor Mill (%)	64

(Sumber : CCR Raw Mill)

Tabel 2. 7. Jumlah Feed, Batu Bara, Dust Loss, dan Tekanan Gas

Keterangan	Jumlah
Jumlah Feed Masuk Kiln (Kg/jam)	6228,51
Jumlah Batu Bara (Ton/jam)	23,3
Jumlah Presentase Dust Loss (%)	10
Jumlah Tekanan Gas Panas (mbar)	1,013

(Sumber : CCR Raw Mill)

## 2. Data Sekunder

Data sekunder berasal dari sumber buku atau literatur, yang berfungsi untuk mengolah data primer. Data-data tersebut yaitu :

Tabel 2. 8. Panas Jenis (*Specific heat*) Komponen Raw Material

Komponen	Cp (Kcal/kmol.K)
SiO <sub>2</sub>	$10,87 + 0,008712 T - 241200T^{-2}$
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$22,08 + 0,008971 T - 522500 T^{-2}$
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$24,72 + 0,01604 T - 423400 T^{-2}$
CaCO <sub>3</sub>	$19,68 + 0,01189 T - 307600T^{-2}$
MgCO <sub>3</sub>	16.9
SO <sub>3</sub>	$-2,93 + 0,13708 T - 0,000085T^{-2}$



Na	$5,01 + 0,00536 T$
K	$5,24 + 0,00555T$
Cl	0
H <sub>2</sub> O	$8,22 + 0,00015 T + 0,00000134T^{-2}$

(Sumber : Perry Chemical Engineer's Handbook 8<sup>th</sup> ed, 2008)

Tabel 2. 9. Panas Jenis (*Spesific heat*) dari Gas di *Raw Mill*

Komponen	Cp ( Kcal/kmol.K)
CO <sub>2</sub>	$10,34 + 0,00274 T - 195500T^{-2}$
N <sub>2</sub>	$6,5 + 0,001 T$
H <sub>2</sub> O (g)	$8,22 + 0,00015 T - 0,00000134T^{-2}$
SO <sub>2</sub>	$7,70 + 0,00530T - 0,00000083T^{-2}$
O <sub>2</sub>	$8,27 + 0,000258 T - 187700T^{-2}$
H <sub>2</sub> O (l)	$276370 - 2090,10T + 8,125T^{-2} - 0,014116 T^{-3} + 0,0000093701T^{-4}$

(Sumber : Perry Chemical Engineer's Handbook 8<sup>th</sup> ed, 2008)

## 2.5. Metode

Pengamatan dan pengerjaan tugas khusus dilakukan setelah massa kerja praktik selesai, dengan kegiatan sebagai berikut :

1. Wawancara, yaitu melakukan tanya jawab dengan pembimbing kerja praktik di lapangan melalui online.
2. Studi Literatur, yaitu mempelajari dan membandingkan antara data literatur dengan data yang diperoleh.
3. Pengumpulan data-data yang akan digunakan untuk perhitungan melalui online.
4. Analisis, yaitu pembahasan hasil pengolahan data dan menarik kesimpulan yang tepat.

Untuk menghitung neraca massa, neraca panas dan efisiensi pada *Vertical Roller Mill*, maka menggunakan metode sebagai berikut :

### a. Menghitung Neraca Massa

Persamaan umum : Input Massa = Output Massa



*Input* Massa :

- Massa Umpan *Raw Material* (Mr)
- Massa *Dust Loss* Masuk *Raw Mill* (Mdl)
- Massa Gas Panas Masuk *Raw Mill* (Mg in)

*Output* Massa :

- Massa Produk Keluar *Raw Mill* (Mp)
- Massa Gas Panas Keluar *Raw Mill* (Mg out)

Neraca Massa :

$$Mr + Mdl + Mg \text{ in} = Mp + Mg \text{ out}$$

#### **b. Menghitung Neraca Panas**

Persamaan umum :  $Q = (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{in} = (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{out}$

Dimana :

Q = Jumlah Panas (kcal/jam)

M = Massa Komponen (Kg/jam)

Cp = Panas Jenis (kcal/kmol<sup>o</sup>K)

$\Delta T$  = Perbedaan suhu (<sup>o</sup>K)

Panas *input* :

- Menghitung Panas yang dibawa *Raw Material* Masuk *Raw Mill*
- Menghitung Panas yang dibawa *Dust Loss* Masuk *Raw Mill*
- Menghitung Panas Gas Panas Masuk *Raw Mill*
- Mengitung Panas Input Energi Motor

Panas *output* :

- Menghitung Panas Produk Keluar *Raw Mill*
- Menghitung Panas Gas Keluar *Raw Mill*
- Menghitung Panas H<sub>2</sub>O yang Menguap
- Menghitung Panas yang Hilang



### C. Menghitung Efisiensi

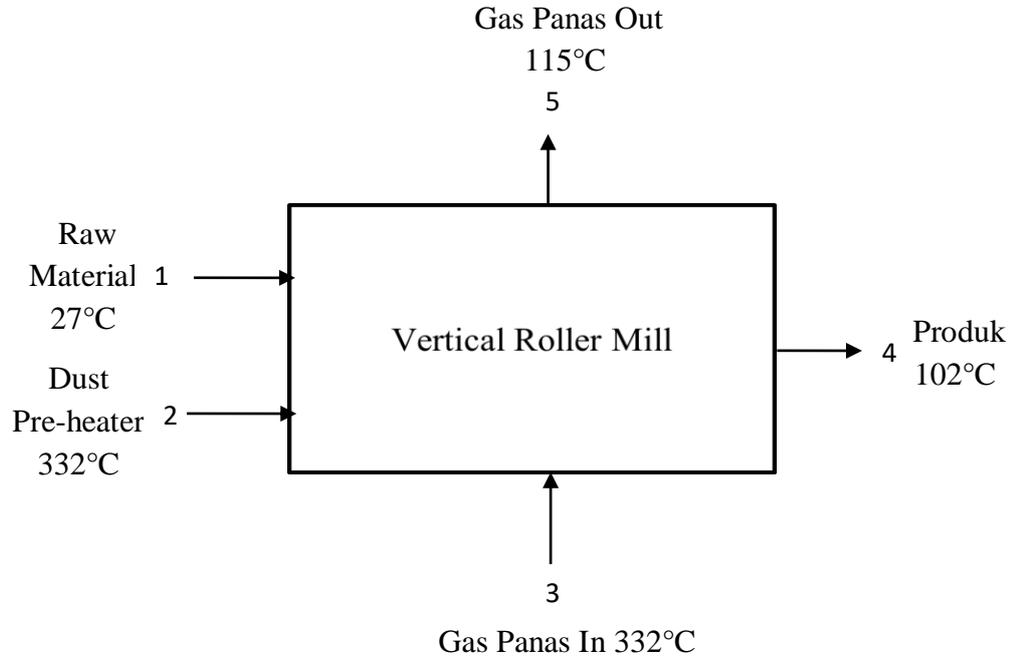
Menghitung efisiensi alat pada *Vertical Roller Mill* dapat digunakan persamaan berikut :

$$\eta = \frac{Q \text{ total masuk} - Q \text{ panas yang hilang}}{Q \text{ total masuk}} \times 100\%$$

## 2.6. Hasil Pengolahan Data dan Pembahasan

### 2.6.1. Hasil Pengolahan

#### 2.6.1.1. Neraca Massa Pada *Vertical Roller Mill* Unit RKC

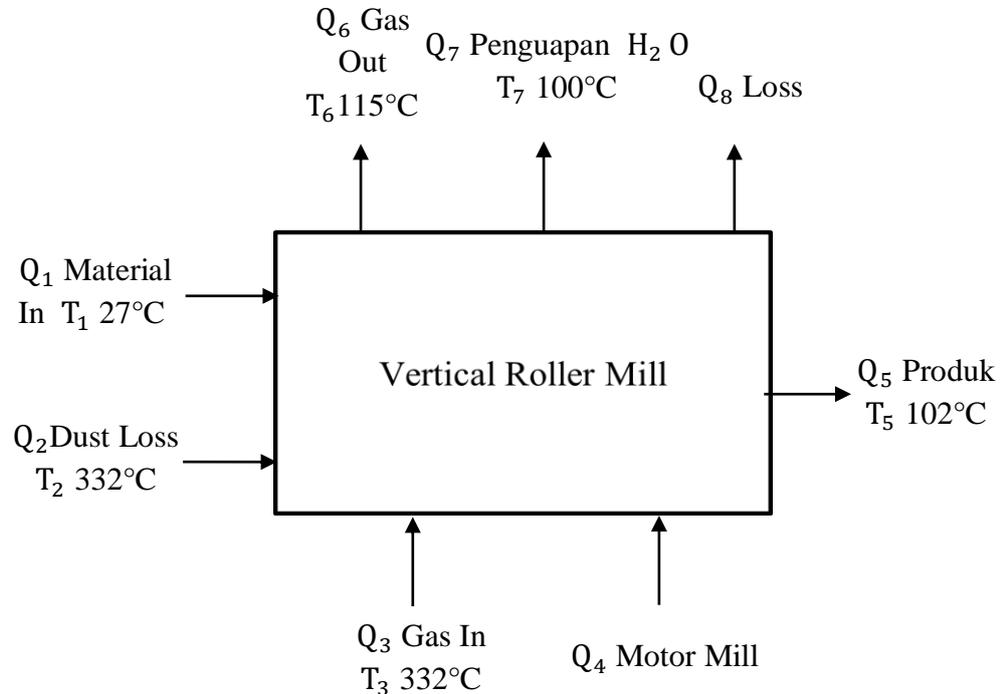


Gambar 2. 4. Diagram Alir Neraca Massa

Tabel 2. 10. Hasil Perhitungan Neraca Massa *Vertical Roller Mill*

Komponen	<i>Input</i> (Kg/jam)	<i>Output</i> (Kg/jam)
1. <i>Raw material</i>	630120,00	0
2. <i>Dust loss Pre-heater</i>	622,85	0
3. Gas panas masuk <i>raw mill</i>	730462,27	0
4. Produk	0	626479,46
5. Gas panas keluar <i>raw mill</i>	0	734725,66
Total	1361205,12	1361205,12

### 2.6.1.2. Neraca Panas Pada *Vertical Roller Mill* Unit RKC



Gambar 2. 5. Diagram Alir Neraca Panas

Tabel 2. 11. Hasil Perhitungan Neraca Panas *Vertical Roller Mill*

Komponen	Input (Kcal/jam)	Output (Kcal/jam)
Panas raw material (Q1)	250803,09	
Panas dust loss pre-heater (Q2)	44105,92	
Panas gas panas masuk raw mill (Q3)	56698253,09	
Panas input energi motor (Q4)	1584160,12	
Panas produk raw mill (Q5)		9928958,16
Panas gas panas keluar raw mill (Q6)		16259115,41
Panas penguapan H <sub>2</sub> O (Q7)		30981203,54
Panas hilang (Q8)		1408045,13
Total	58577322,24	58577322,24



### 2.6.1.3. Nilai Efisiensi

Dari Hasil Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Panas *Vertical Roller Mill* dapat menentukan Efisiensi Panas pada *Vertical Roller Mill*, berikut adalah hasil perhitungan :

1. Perhitungan efisiensi panas *raw mill*

$$\begin{aligned}\eta \text{ panas alat} &= \frac{\text{panas total} - \text{panas hilang}}{\text{panas total}} \times 100\% \\ &= \frac{58577322,24 \text{ Kcal/jam} - 1408045,13 \text{ Kcal/jam}}{58577322,24 \text{ Kcal/jam}} \times 100\% \\ &= 97,60\%\end{aligned}$$



### 2.6.2. Pembahasan

Industri semen sekarang ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Produksi semen di Indonesia tidak hanya untuk memenuhi permintaan pasar domestik, namun juga untuk memenuhi permintaan pasar internasional. Semakin tinggi pembangunan infrastruktur, maka semakin tinggi pula kebutuhan akan semen. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. merupakan salah satu produsen semen terkemuka di Indonesia. Produk semen yang dihasilkan oleh PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. beberapa diantaranya adalah semen *portland*, *special blended cement*, dan *portland pozzolan cement*.

Semen didefinisikan sebagai zat yang dapat menggabungkan atau menyatukan dua atau lebih potongan dari beberapa zat lainnya bersama-sama membentuk satuan massa. Dalam bidang konstruksi, semen berupa bubuk halus yang bila dicampur dengan air dan dibiarkan mengeras dapat menggabungkan komponen yang berbeda untuk memberi struktur secara mekanis. Proses pembuatan semen melalui beberapa tahapan, yaitu : penyediaan bahan mentah, penggilingan bahan mentah, pembakaran, penggilingan akhir dan pengantongan atau pengemasan. Salah satu proses pembuatan semen yang penting adalah penggilingan awal di *Vertical Roller Mill Unit Raw Mill*, karena pada tahap ini bahan baku utama pembuatan semen yaitu batu kapur dan tanah liat akan digiling bersama bahan korektif lain hingga nantinya akan menghasilkan *Raw Mill* untuk menjadi bahan produk semen. *Vertical Roller Mill* yang digunakan pada pabrik Tuban ini adalah tipe *Fuller Loesche (Fuller LM-5942)* yang sudah dilengkapi dengan 3 buah *mill fan system*.

*Vertical Roller Mill* memiliki berbagai fungsi, beberapa diantaranya berfungsi untuk menggiling atau menghaluskan material bahan mentah semen, yang bertujuan untuk memperoleh *Raw Mill* dengan kehalusan 90% lolos ayakan dan memiliki ukuran 90 mikron, agar dihasilkan semen yang mempunyai kualitas baik. Selain itu *Vertical*



*Roller Mill* juga berfungsi sebagai pengering material, dengan kadar air mula-mula material adalah 0,68% menjadi 0,5% sehingga kadar air yang hilang sebesar 0,18%. Pengeringan tersebut dengan menggunakan gas panas yang diperoleh dari gas panas sisa kiln di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk dan panas yang dibawa oleh material yang akan digrinding seperti *Premix, Limestone, Ironsand, dan Silicasand*. Selain itu juga terdapat panas yang dihasilkan oleh proses grinding akibat panas yang diberikan oleh energi motor sebesar 1584160,125 kcal/jam kepada *Vertical Roller Mill*. Terjadinya tumbukan *Roller* dengan material pada intensitas tinggi menyebabkan suhu didalam *Vertical Roller Mill* meningkat dari suhu material masuk 27°C dan suhu material keluar menjadi 102°C.

Dari perhitungan didapatkan efisiensi termal untuk *Vertical Roller Mill* adalah sebesar 97,60% yang menunjukkan angka yang relatif baik, karena panas yang hilang sebesar 2,40%, sebab umumnya batas toleransi panas yang hilang sebesar 12-22%. Dari parameter tersebut menunjukkan bahwa bagian-bagian saluran udara panas pada *Vertical Roller Mill* masih berfungsi dengan baik.

Penurunan efisiensi termal dapat diakibatkan adanya gas panas yang hilang ke sekeliling yang biasanya disebabkan oleh :

- a. Menipisnya bagian-bagian *Vertical Roller Mill*.
- b. Adanya kebocoran dalam saluran udara *Vertical Roller Mill*, sehingga udara luar masuk kedalam, yang kemudian membawa panas dari dalam *Vertical Roller Mill*.



## BAB III

### KESIMPULAN

#### 3.1. Kesimpulan

1. 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.
2. Hasil perhitungan neraca massa didapatkan jumlah *input* dan *output* sebesar 1361205,12 Kg/jam. Sedangkan pada perhitungan neraca panas didapatkan jumlah *input* sebesar 58577322,24 Kcal/jam dan *output* sebesar 57169277,11 Kcal/jam.
3. Dari hasil perhitungan diperoleh hasil sebesar :
  - a. Efisiensi panas alat pada *Vertical Roller Mill* sebesar 97,60% atau panas hilang sebesar 2,40%.

#### 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. Peningkatan kinerja dari alat-alat yang terdapat di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban apabila terjadi penghentian di salah satu unit, agar fungsi dari alat tersebut dapat berjalan kembali.
2. Meningkatkan pemeliharaan terhadap *Roller* pada *Vertical Roller Mill* untuk menjaga kualitas *Raw Meal* terhadap tingkat kehalusan yang telah ditetapkan sesuai dengan standar yang ada.
3. Meningkatkan pemeliharaan terhadap bagian-bagian alat *Vertical Roller Mill* agar tidak terdapat kebocoran dalam saluran udara panas *Vertical Roller Mill* yang menyebabkan hilangnya panas ke sekeliling alat.



### DAFTAR PUSTAKA

- Agum G, Rakhmad. 2019. *Tugas Akhir Menghitung Neraca Massa dan Neraca Panas Sistem Rotary Kiln Unit Tuban III*. Yogyakarta : Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Ahdiyaka, Eko Ramadhani. 2019. *Laporan Tugas Akhir Menghitung Neraca Massa, Neraca Panas, dan Efisiensi Pada Vertical Roller Mill Unit Raw Mill Cement Plant*. Yogyakarta :Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Alamsyah, Fedy. 2019. *Laporan Praktek Kerja Lapangan Pemeliharaan Motor Slip Ring 3 Fasa 6,3 Kv Dengan Kapasitas Daya 7300 Kw Area Raw Mill Tuban 4 DIPT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk*. Malang : Politeknik Negeri Malang,
- Effendi, 1987. *Teknologi Semen*. Gresik. PT Semen Gresik (Persero) Tbk.
- Ismiyanti, Dwi. 2010. *Laporan Umum Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Perry, R.H,. and Green, D.W, 1999, *Chemical Engineering Handbook*, 7 th edition, Mc Graw Hill Company. Singapore.
- Perray E Kurt. 1879. *Cement Manufacture*. Chemical. New York.
- Peta Kota. 2017. *Peta Kota Kabupaten Tuban*. Diakses pada <https://peta-kota.blogspot.com/search?q=peta+kabupaten+tuban>. Diakses Pada 13 Oktober 2021.
- Sefri Priambodo, Ikhsan. 2016. *Pengaruh Penambahan Fly Ash*. Purwokerto : Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Semen Indonesia 2017. *Profil Perusahaan*. Diakses pada [www.semenindonesia.com/page/get/profil-perusahaan-9](http://www.semenindonesia.com/page/get/profil-perusahaan-9). Diakses pada 5 Mei 2021.



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

Tandiallo, JM. 2014. *BAB II Profil Perusahaan*. Surabaya : Stikom.

Wulandari, Kristianingrum Putri. 2020. *Laporan Praktik Kerja Lapangan*. Surakarta: Universitas Setia Budi.

Zamrudny, Windy. 2012. *Modul Teknologi Semen*. Politeknik Negeri Malang.



## **LAMPIRAN**

**Lampiran 1. Surat Tugas Magang dari Fakultas**

**Lampiran 2. Surat Keterangan Selesai Magang**

**Lampiran 3. Gambar Alat Tugas Khusus**

**Lampiran 4. Data Primer dan Data Sekunder**

**Lampiran 5. Perhitungan**

**Lampiran 6. Dokumentasi**

**Lampiran 7. PEFD (Process Engineering Flow Diagram)**



**LAMPIRAN 1**  
**SURAT TUGAS MAGANG DARI FAKULTAS**



### Lampiran 1. Scan Surat Tugas Magang dari Fakultas

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI**  
Jl. Babarsari 2 Tambakbayan Yogyakarta 55281 Telp./Fax : (0274) 485786  
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong Catur, Yogyakarta 55283 Telp./Fax : (0274) 486889.

**SURAT TUGAS**  
Nomor 249/UN62.12/KM/2021

Dekan Fakultas Teknik Industri UPN "Veteran" Yogyakarta memberikan tugas kepada,

No	Nama	NPM	Prodi/Program	Dosen Pembimbing/ NIDN
1.	Ika Fatma Febri	021180021	Teknik Kimia/ Diploma Tiga	Susanti Rina Nugraheni S.T., M.Eng. 0522098302
2.	Fitri Fajar Royani	021180024	Teknik Kimia/ Diploma Tiga	Mitha Puspitasari, S.T., M.Eng. 0029088903

untuk melaksanakan Magang pada,  
Tanggal : 1 April 2021 s.d. 30 April 2021  
Tempat : PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk  
Jl. RA Kartini Kav.8 Jakarta Selatan.

Untuk keterlibatan administrasi dan dokumen Fakultas Teknik Industri, maka yang bersangkutan wajib menyerahkan laporan kepada Dekan paling lambat satu minggu setelah pelaksanaan tugas.

Surat tugas ini dibuat untuk dilaksanakan dengan penuh tanggung jawab.

29 Maret 2021

n.n. Dekan  
Wakil Dekan Bidang Akademik

  
Dr. Apriani Soepardi, S.T.P., M.T.  
NIK 2 7311 97 0141 1

Tembusan:

1. Dekan (sebagai Laporan);
2. Kajar Teknik Kimia;
3. Dosen Pembimbing;  
FTI UPN "Veteran" Yogyakarta



**LAMPIRAN 2**  
**SURAT KETERANGAN SELESAI MAGANG**



## Lampiran 2. Surat Keterangan Selesai Magang

f/26205200/004-15.3

### **SURAT KETERANGAN**

0000421/SM.15/KET/50056664/2000/07.2021

Direksi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk dengan ini menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Ika Fatma Febriani  
No. Induk Mahasiswa : 021180021  
Jurusan : Teknik Kimia  
Universitas : Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"  
Yogyakarta

Telah melaksanakan Kerja Praktek di unit kerja Section of RKC 3 Operation di Pabrik Tuban selama 1 bulan, mulai tanggal : 01 April s.d 30 April 2021.

Demikian Surat Keterangan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Tuban, 29 Juli 2021  
PT Semen Indonesia (Persero) Tbk  
A.n. Direksi  
SM of L&D Operational & Certification

  
**SIG**  
ACHMAD SIRRUL ATHO' ST.



**LAMPIRAN 3**  
**GAMBAR ALAT TUGAS KHUSUS**

### Lampiran 3. Gambar Alat Tugas Khusus



Gambar 1. *Vertical Roller Mill* Tampak Samping  
(sumber : PT. Semen Indonesia, 2021)



Gambar 2. *Vertical Roller Mill* Tampak Depan  
(sumber : PT. Semen Indonesia, 2021)



**LAMPIRAN 4**  
**DATA PRIMER DAN DATA SEKUNDER**

## Lampiran 4. Data Primer dan Data Sekunder

### A. Data Primer

Tabel 1. *Raw Material* masuk *Vertical Roller Mill*

Material	% Massa	Massa (Kg/jam)
<i>Premix</i>	90,99	564180
<i>Limestone</i>	5,01	38490
<i>Iron sand</i>	1,00	7820
<i>Silica sand</i>	3,00	19630
Total	100	630120

(Sumber : *CCR Raw Mill*)

Tabel 2. Komposisi *Raw Material* masuk *Raw Mill*

Komponen	Massa (%)	Massa (Kg/jam)
SiO <sub>2</sub>	13,09	82482,71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,62	22810,34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,28	14366,74
CaCO <sub>3</sub>	78,00	490359,38
MgCO <sub>3</sub>	2,00	12602,40
SO <sub>3</sub>	0,06	378,07
Na	0,08	504,10
K	0,31	1953,37
Cl	0,06	378,07
H <sub>2</sub> O	0,68	4284,82
Total	100	630120,00

(Sumber : *Quality Control Raw Mill*)

Tabel 3. Komposisi *dust loss*

Komponen	% Massa	Massa (Kg/jam)
SiO <sub>2</sub>	10,16	63,28



$\text{Al}_2\text{O}_3$	3,71	23,11
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1,75	10,90
$\text{CaCO}_2$	81,5	507,93
$\text{MgCO}_2$	2,00	13,70
K	0,33	2,06
Na	0,09	0,56
$\text{SO}_3$	0,06	0,37
Cl	0,15	0,93
Total	100	622,85

(Sumber : *Quality Control Raw Material*)

Tabel 4. Komposisi Batu Bara

Komponen	% Massa
C	72,7
$\text{H}_2$	4,2
$\text{N}_2$	1,2
$\text{O}_2$	21,3
S	0,6
Total	100

(Sumber : Standar ASTM D388 *laboratory procedur* by ASTM D3172)

Tabel 5. Suhu Pada *Vertical Roller Mill*

Keterangan	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )
Suhu <i>Raw Material</i> Masuk	27
Suhu <i>Dust Loss</i> Masuk	332
Suhu Gas Panas Masuk	332



Suhu Produk Keluaran	102
Suhu Gas Panas Keluar	115

(Sumber : CCR *Raw Mill*)

Tabel 6. Daya Motor *Mill* dan Faktor Energi Motor *Mill*

Keterangan	Jumlah
Daya <i>Motor Mill</i> (Kw)	2878,7
Faktor Energi <i>Motor Mill</i> (%)	64

(Sumber : CCR *Raw Mill*)

Tabel 7. Jumlah *Feed* Masuk, Batu Bara, *Dust Loss*, dan Tekanan Gas

Keterangan	Jumlah
Jumlah <i>Feed</i> Masuk <i>Kiln</i> (Kg/jam)	6228,51
Jumlah Batu Bara (Ton/jam)	23,3
Jumlah Presentase <i>Dust Loss</i> (%)	10
Jumlah Tekanan Gas Panas (mbar)	1,013

(Sumber : CCR *Raw Mill*)

## B. Data Sekunder

Data sekunder berasal dari sumber buku atau literatur, yang berfungsi untuk mengolah data primer. Data-data tersebut yaitu :

Tabel 8. Panas Jenis (*Specific heat*) Komponen *Raw Material*

Komponen	Cp (Kcal/kmol.K)
SiO <sub>2</sub>	$10,87 + 0,008712 T - 241200T^{-2}$
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$22,08 + 0,008971 T - 522500 T^{-2}$
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$24,72 + 0,01604 T - 423400 T^{-2}$
CaCO <sub>3</sub>	$19,68 + 0,01189 T - 307600T^{-2}$
MgCO <sub>3</sub>	16.9
SO <sub>3</sub>	$-2,93 + 0,13708 T - 0,000085T^{-2}$
Na	$5,01 + 0,00536 T$



K	$5,24 + 0,00555T$
Cl	0
H <sub>2</sub> O	$8,22 + 0,00015 T + 0,00000134T^{-2}$

(Sumber : Perry Chemical Engineer's Handbook 8<sup>th</sup> ed, 2008)

Tabel 9. Panas Jenis (*Specific heat*) dari Gas di *Raw Mill*

Komponen	Cp ( Kcal/kmol.K)
CO <sub>2</sub>	$10,34 + 0,00274 T - 195500T^{-2}$
N <sub>2</sub>	$6,5 + 0,001 T$
H <sub>2</sub> O (g)	$8,22 + 0,00015 T - 0,00000134T^{-2}$
SO <sub>2</sub>	$7,70 + 0,00530T - 0,00000083T^{-2}$
O <sub>2</sub>	$8,27 + 0,000258 T - 187700T^{-2}$
H <sub>2</sub> O (l)	$276370 - 2090,10T + 8,125T^{-2} - 0,014116 T^{-3} + 0,0000093701T^{-4}$

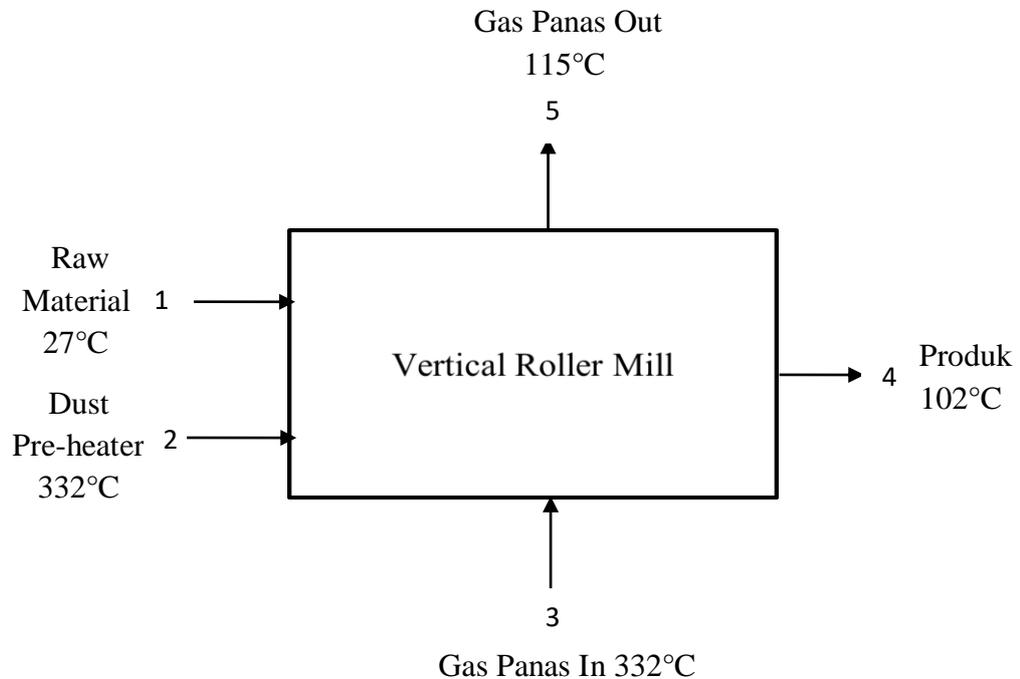
(Sumber : Perry Chemical Engineer's Handbook 8<sup>th</sup> ed, 2008)



**LAMPIRAN 5**  
**PERHITUNGAN**

## Lampiran 5. Perhitungan

### A. Perhitungan Neraca Massa *Vertical Roller Mill* Unit RKC



Gambar 1. Diagram Alir Neraca Massa

- Menghitung Massa Masuk

- a. Arus 1 *Raw Material* (27°C)

Menghitung Massa *Raw Material* Masuk

$$\begin{aligned} \text{Umpan masuk } \textit{raw mill} &= 630,120 \text{ ton/h} \\ &= 630120 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$



Tabel 1. Komposisi *Raw Material* Masuk *Raw Mill*

Material	% Komponen	Massa (Kg/jam)
<i>Premix</i> (Batu kapur dan Tanah Liat)	90,99	564180
<i>Limestone</i>	5.01	38490
<i>Iron sand</i>	1	7820
<i>Silica sand</i>	3	19630
Total	100	630120

Tabel 2. Komposisi dan Laju Alir Mol *Raw Material* Masuk *Raw Mill*

Komponen	Massa (%)	Massa (Kg/jam)	BM (Kg/kgmol)	Mol (Kmol/jam)
SiO <sub>2</sub>	13,09	82482,71	60	1374,71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,62	22810,34	102	223,63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,28	14366,74	160	89,79
CaCO <sub>3</sub>	78,00	490359,38	100	4903,59
MgCO <sub>3</sub>	2,00	12602,40	84	150,03
SO <sub>3</sub>	0,06	378,07	80	4,73
Na	0,08	504,10	23	21,917
K	0,31	1953,37	39	50,09
Cl	0,06	378,07	35	10,80
H <sub>2</sub> O	0,68	4284,82	18	238,05
Total	100	630120,00		7067,33

**b. Arus 2 *Dust Loss Pre-heater* (332°C)**

Menghitung *Dust Loss* Masuk *Raw Mill*

*Dust loss* masuk *raw mill* = 10% dari *kiln*

*Kiln Feed* = 6228,51 kg/jam



$$= 10\% \times 6228,51$$

$$= 622,85 \text{ kg/jam}$$

Tabel 3. Komposisi dan Laju Alir *Dust Loss* dari *Pre-heater*

Komponen	% Mol	Massa (Kg/jam)	Bm (Kg/mol)	Mol(Kmol/jam)
SiO <sub>2</sub>	10,16	63,28	60	1,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,71	23,11	102	0,23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,75	10,90	160	0,07
CaCO <sub>2</sub>	81,5	507,93	100	5,08
MgCO <sub>2</sub>	2,00	13,70	84	0,16
K	0,33	2,06	39	0,05
Na	0,09	0,56	23	0,02
SO <sub>3</sub>	0,06	0,37	80	0,00
Cl	0,15	0,93	35	0,03
Total	100	622,85		6,70

### c. Arus 3 Gas Panas Masuk (332°C)

Menghitung Mol Gas Panas dan Massa Gas Panas Masuk

$$\text{Volume gas panas masuk raw mill} = 1200000 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Tekanan (P)} = 1,013 \text{ mbar}$$

$$\text{Tekanan (P)} = 0,987 \text{ atm/bar} \times 1,013 \text{ mbar}$$

$$= 0,999831 \text{ atm}$$

$$\text{Konstanta gas ideal (R)} = 0,082056 \text{ m}^3 \cdot \text{atm/kgmol.K}$$

$$\text{Suhu (T)} = 332 \text{ C} = 605 \text{ K}$$



$$\begin{aligned}\text{Mol gas panas raw mill (n)} &= (PV/RT) \\ &= (0,999831 \text{ atm} \times 1200000 \text{ m}^3/\text{jam}) / (0,082056 \text{ m}^3 \cdot \text{atm}/\text{kgmol} \cdot \text{K} \times 605\text{K}) \\ &= 24168,08 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Komposisi batu bara masuk rotary kiln} &= 23,3 \text{ ton/jam} \\ &= 23300 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Tabel 4. Analisis Komposisi Batu bara *Lignite*

Komponen	% Massa
C	72,7
H <sub>2</sub>	4,2
N <sub>2</sub>	1,2
O <sub>2</sub>	21,3
S	0,6
Total	100

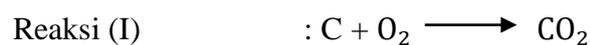
(Sumber : Standar ASTM D388 *laboratory procedur* by ASTM D3172)

Tabel 5. Perhitungan Massa dan Mol Batubara

Komponen	% Massa	Massa (Kg)	BM (Kgmol)	Mol (kmol/jam)	% Mol
C	72,7	16939,1	12	1411,59	68,18
H <sub>2</sub>	4,2	978,6	2	489,30	23,63
N <sub>2</sub>	1,2	279,6	28	9,99	0,48
O <sub>2</sub>	21,3	4962,9	32	155,09	7,49
S	0,6	139,8	32	4,37	0,21
total	100	23300	106	2070,34	100,00

Perhitungan diasumsikan pembakaran sempurna, konversinya 100%

Reaksi pembentukan batubara



$$\begin{aligned}\text{CO}_2 \text{ yang dihasilkan} &= (1 \text{ mol CO}_2/ 1 \text{ mol C}) \times \text{mol C} \times \text{konversi} \\ &= (1/1) \times 1411,59 \text{ kmol/jam} \times 100\%\end{aligned}$$

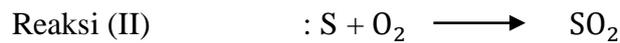


$$= 1411,59 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{O}_2 \text{ yang dibutuhkan} = (1 \text{ mol O}_2 / 1 \text{ mol CO}_2) \times \text{mol CO}_2 \times \text{konversi}$$

$$= (1/1) \times 1411,59 \text{ kmol/jam}$$

$$= 1411,59 \text{ kmol/jam}$$



$$\text{SO}_2 \text{ yang dihasilkan} = (1 \text{ mol SO}_2 / 1 \text{ mol S}) \times \text{mol S} \times \text{konversi}$$

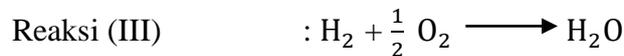
$$= (1/1) \times 4,37 \text{ kmol/jam} \times 100\%$$

$$= 4,37 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{O}_2 \text{ yang dibutuhkan} = (1 \text{ mol O}_2 / 1 \text{ mol SO}_2) \times \text{mol SO}_2$$

$$= (1/1) \times 4,37 \text{ kmol/jam}$$

$$= 4,37 \text{ kmol/jam}$$



$$\text{H}_2\text{O yang terbentuk} = (1 \text{ mol H}_2\text{O} / 1 \text{ mol H}_2) \times \text{mol H}_2 \times \text{konversi}$$

$$= (1/1) \times 489,30 \text{ kmol/jam} \times 100\%$$

$$= 489,30 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{O}_2 \text{ yang dibutuhkan} = (0,5 \text{ mol O}_2 / 1 \text{ mol H}_2\text{O}) \times \text{mol H}_2\text{O}$$

$$= (0,5/1) \times 489,30 \text{ kmol/jam}$$

$$= 244,65 \text{ kmol/jam}$$

Total O<sub>2</sub> yang diperlukan untuk bereaksi

$$= \text{O}_2 \text{ (Reaksi I)} + \text{O}_2 \text{ (Reaksi II)} + \text{O}_2 \text{ (Reaksi III)}$$



$$= (1411,59 + 4,37 + 244,65) \text{ kmol/jam}$$

$$= 1660,61 \text{ kmol/jam}$$

Kandungan  $O_2$  dalam batubara = 155,09 kmol/jam

Kebutuhan  $O_2$  teoritis = Total  $O_2$  yang diperlukan -  $O_2$  dalam batubara

$$= 1660,61 \text{ kmol/jam} - 155,09 \text{ kmol/jam}$$

$$= 1505,52 \text{ kmol/jam}$$

Asumsi kebutuhan udara yang digunakan *excess* 10%

$$10\% \text{ excess} = \frac{O_2 \text{ Sesungguhnya} - O_2 \text{ teoritis}}{O_2 \text{ teoritis}} \times 100\%$$

$$10\% = \frac{O_2 \text{ sesungguhnya} - 1505,52 \text{ kmol/jam}}{1505,52 \text{ kmol/jam}} \times 100\%$$

$O_2$  sesungguhnya = 1656,072 kmol/jam

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara sesungguhnya} &= (100/21) \times O_2 \text{ sesungguhnya} \\ &= (100/21) \times 1656,072 \text{ kmol/jam} \\ &= 7886,057 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 \text{ dari udara} &= (79/21) \times O_2 \text{ sesungguhnya} \\ &= (79/21) \times 1656,072 \text{ kmol/jam} \\ &= 6229,98 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 \text{ total} &= N_2 \text{ dari udara} + N_2 \text{ dari batubara} \\ &= 6229,98 \text{ kmol/jam} + 9,99 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$



$$= 6239,97 \text{ kmol/jam}$$

O<sub>2</sub> sisa pembakaran = Kebutuhan O<sub>2</sub> sesungguhnya –  
kebutuhan O<sub>2</sub> teoritis

$$= 1656,072 \text{ kmol/jam} - 1505,52$$

kmol/jam

$$= 150,552 \text{ kmol/jam}$$

Tabel 6. Komposisi Gas Hasil Pembakaran *dikiln*

Komponen	Mol (Kmol/jam)	% Mol	BM (Kg/kgmol)	Massa (Kg/jam)
CO <sub>2</sub>	1411,59	17,02	44	62109,96
N <sub>2</sub>	6239,97	75,22	28	174719,16
H <sub>2</sub> O (g)	489,3	5,898	18	8807,4
SO <sub>2</sub>	4,37	0,053	64	279,68
O <sub>2</sub>	150,552	1,81	32	4817,664
Total	8295,782	100		250733,864

Tabel 7. Laju Alir Massa Gas Panas Masuk *Raw Mill*

Komponen	Massa (Kg/jam)	Bm (Kg/kgmol)	Mol (Kmol/jam)	% Mol
CO <sub>2</sub>	180944,77	44	4112,38	17,02
N <sub>2</sub>	509008,84	28	18178,89	75,22
H <sub>2</sub> O	25658,57	18	1425,48	5,90
SO <sub>2</sub>	814,79	64	12,73	0,05
O <sub>2</sub>	14035,29	32	438,60	1,81
Total	730462,27		24168,08	100

Tabel 8. Jumlah Total Komponen Masuk *Raw Mill*

Komponen	Massa (Kg/jam)	BM (Kg/kmol)	Mol (kmol/jam)
SiO <sub>2</sub>	82545,99	60	1375,77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22833,45	102	223,86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14277,64	160	89,86
CaCO <sub>3</sub>	490867,32	100	4908,67
MgCO <sub>3</sub>	12616,10	84	150,19
SO <sub>3</sub>	378,45	80	4,73
Na	504,66	23	21,94
K	1955,43	39	50,14
Cl	379,01	35	10,83
H <sub>2</sub> O	4284,82	18	238,05
Total	630742,85		7074,03

- **Menghitung Massa Keluar**

**d. Arus 4 Produk *Raw Mill* (102°C)**

Menghitung Massa Produk Keluar

Laju alir massa raw material keluar *raw mill*

Raw material keluar *raw mill* mengandung = 0,5% H<sub>2</sub>O

H<sub>2</sub>O dalam *raw material* keluar *raw mill* = 0,5% × 4284,82 kg/jam

= 21,42408 kg/jam

Tabel 9. Jumlah Massa Komponen Keluar *Raw Mill*

Komponen	Massa (Kg/jam)	Bm (Kg/mol)	Mol (Kmol/jam)
SiO <sub>2</sub>	82545,99	60	1375,77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22833,45	102	223,86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14377,64	160	89,86
CaCO <sub>3</sub>	490867,32	100	4908,67
MgCO <sub>3</sub>	12616,10	84	150,19



SO <sub>3</sub>	378,45	80	4,73
Na	504,66	23	21,94
K	1955,43	39	50,14
Cl	379,01	35	10,83
H <sub>2</sub> O	21,42	18	1,19
Total	626479,46		6837,18

#### e. Arus 5 Gas Panas Keluar (115°)

Menghitung Massa Gas Panas Keluar

Laju alir massa gas panas keluar *raw mill*

Kandungan uap air dalam gas panas keluar *raw mill* = Kadar H<sub>2</sub>O in - H<sub>2</sub>O  
out

$$= 4284,82 \text{ kg/jam} -$$

$$21,42 \text{ kg/jam}$$

$$= 4263,39 \text{ kg/jam}$$

Laju alir uap air dari *raw mill* = 4263,39 kg/jam

Laju alir uap air dari gas panas masuk *raw mill* = 25658,57 kg/jam

Sehingga laju alir uap air keluar *raw mill* = 4263,39 kg/jam +  
25658,57 kg/jam

$$= 29921,97 \text{ kg/jam}$$

Tabel 10. Komposisi Massa Gas Panas Keluar *Raw Mill*

Komponen	Massa (Kg/jam)	BM (Kg/kgmol)	Mol(Kmol/jam)
CO <sub>2</sub>	180944,77	44	4112,38
N <sub>2</sub>	509008,84	28	18178,89
H <sub>2</sub> O	29921,97	18	1662,33
SO <sub>2</sub>	814,79	64	12,73
O <sub>2</sub>	14035,29	32	438,60
Total	734725,66		24404,93



Tabel 11. Massa *Input* di *Vertical Roller Mill*

<i>INPUT</i>	
Komponen	Massa (Kg/jam)
<i>1. Raw material</i> masuk :	
SiO <sub>2</sub>	82482,71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22810,34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14366,74
CaCO <sub>3</sub>	490359,38
MgCO <sub>3</sub>	12602,40
SO <sub>3</sub>	378,07
Na	504,10
K	1953,37
Cl	378,07
H <sub>2</sub> O	4284,82
Total	630120,00
<i>2. Dust Pre-heater</i> :	
SiO <sub>2</sub>	63,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,90
CaCO <sub>2</sub>	507,93
MgCO <sub>2</sub>	13,70
K	2,06
Na	0,56
SO <sub>3</sub>	0,37
Cl	0,93
Total	622,85



---

---

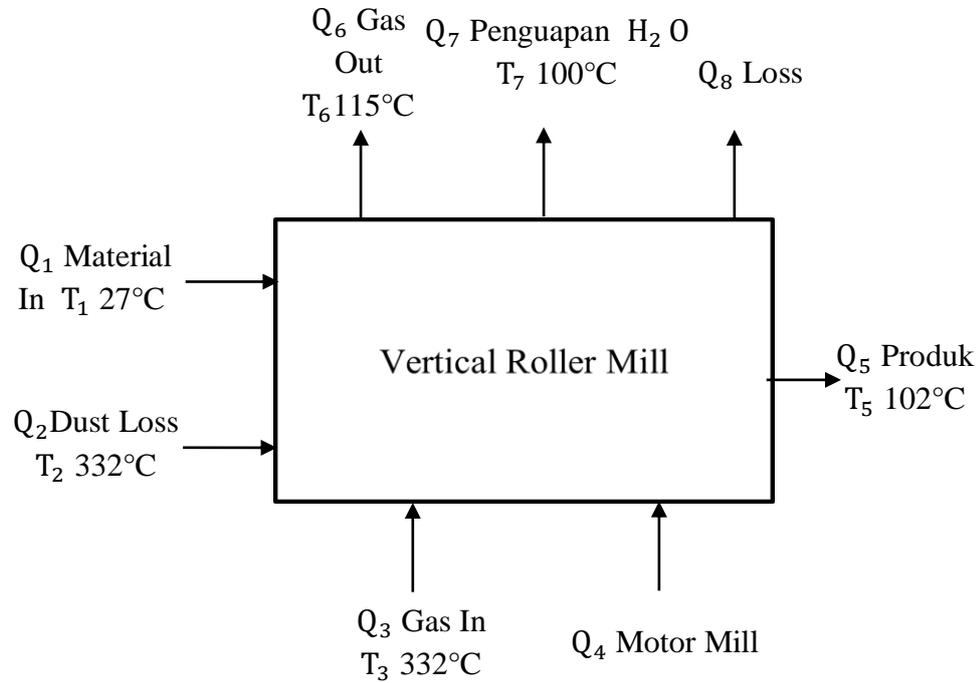
3. Gas Panas Masuk :	
CO <sub>2</sub>	180944,77
N <sub>2</sub>	509008,84
H <sub>2</sub> O	25658,57
SO <sub>2</sub>	814,79
O <sub>2</sub>	14035,29
Total	730462,27
<b>Total Input</b>	<b>1361205,12</b>



Tabel 12. Massa *Output* di *Vertical Roller Mill*

<i>OUTPUT</i>	
Komponen	Massa (Kg/jam)
4. Produk :	
SiO <sub>2</sub>	82545,99
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22833,45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14377,64
CaCO <sub>3</sub>	490867,32
MgCO <sub>3</sub>	12616,10
SO <sub>3</sub>	378,45
Na	504,66
K	1955,43
Cl	379,01
H <sub>2</sub> O	21,42
Total	626479,46
5. Gas Panas Keluar :	
CO <sub>2</sub>	180944,77
N <sub>2</sub>	509008,84
H <sub>2</sub> O	29921,97
SO <sub>2</sub>	814,79
O <sub>2</sub>	14035,29
Total	734725,66
<b>Total <i>Output</i></b>	<b>1361205,12</b>

## B. Perhitungan Neraca Panas *Vertical Roller Mill* Unit RKC



Gambar 2. Diagram Alir Neraca Panas

- **Menghitung Panas Masuk**

- a. **Laju alir panas *raw material* masuk *raw mill* (Q1)**

Menghitung Neraca Panas Pada *Raw Material* Masuk

Perhitungan neraca panas menggunakan rumus :

$$Q = n \int_{T_{ref}}^{T_1} C_p dT$$

Tref (suhu referensi) : 25°C (298°K)

T1 (suhu masuk *raw mill*) : 27°C (300°K)

Tabel 13. Cp Komponen *Raw Material*

Komponen	Cp ( kcal/kmol.K)
SiO <sub>2</sub>	10,87 + 0,008712 T - 241200T <sup>-2</sup>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,08 + 0,008971 T - 522500 T <sup>-2</sup>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,72 + 0,01604 T - 423400 T <sup>-2</sup>
CaCO <sub>3</sub>	19,68 + 0,01189 T - 307600T <sup>-2</sup>
MgCO <sub>3</sub>	16.9
SO <sub>3</sub>	-2,93 + 0,13708 T - 0,000085T <sup>-2</sup>



Na	$5,01 + 0,00536 T$
K	$5,24 + 0,00555T$
Cl	0
H <sub>2</sub> O	$8,22 + 0,00015 T + 0,00000134T^{-2}$

(Sumber : Perry Chemical Engineer's Handbook 8<sup>th</sup>ed, 2008)

Tabel 14. Massa dan Mol Komponen Masuk *Raw Mill*

Komponen	Massa (Kg/jam)	Mol (Kmol/jam)	$\int_{T_{ref}}^{T_1} C_p dT$ (kcal/kmol)
SiO <sub>2</sub>	82482,71	1374,71	21,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22810,34	223,63	37,84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14366,74	89,79	49,56
CaCO <sub>3</sub>	490359,38	4903,59	39,59
MgCO <sub>3</sub>	12606,40	150,03	33,8
SO <sub>3</sub>	378,07	4,73	158,09
Na	504,10	21,92	13,23
K	1953,37	50,09	13,80
Cl	378,07	10,80	0
H <sub>2</sub> O	4284,82	238,05	16,53

Perhitungan panas SiO<sub>2</sub>

Massa SiO<sub>2</sub> dalam komponen = 82482,71 kg/jam

BM SiO<sub>2</sub> = 60 kg/kmol

Suhu SiO<sub>2</sub> = 27°C = 300°K

Suhu referensi = 25°C = 298°K

$$\begin{aligned} \int_{T_{ref}}^{T_1} C_p dT &= \int_{298}^{300} 10,87 + 0,008712 T + -241200T^{-2} \\ &= [ 10,87 (300-298) + 0,008712/2 (300^2-298^2) + - \\ &\quad 241200/-1 (300^{-1} - 298^{-1})] \\ &= 21.55 \text{ kcal/kmol} \end{aligned}$$

$$n = \frac{82482,71}{60} = 1374,711 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= n \times \int_{T_{ref}}^{T_1} C_p dT \\
 &= 1374,711 \text{ kmol/jam} \times 21,55 \text{ kcal/kmol} \\
 &= 29630,27 \text{ kcal/jam}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama diperoleh :

Tabel 15. Jumlah Panas Total *Input* Masuk *Raw Mill*

Komponen	$\int_{T_{ref}}^{T_1} C_p dT$ (Kcal/Kmol)	BM (kg/kmol)	Q (Kcal/jam)
SiO <sub>2</sub>	21,55	60	29630,27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37,84	102	8461,21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	49,56	160	4450,09
CaCO <sub>3</sub>	39,59	100	194127,34
MgCO <sub>3</sub>	33,80	84	5070,97
SO <sub>3</sub>	158,09	80	747,11
Na	13,23	23	289,86
K	13,80	39	691,14
Cl	0	35	0
H <sub>2</sub> O	16,53	18	7335,12
Total =	383,98		250803,09

**b. Laju Alir Panas *Dust Loss* Masuk *Raw Mill* (Q2)**

Menghitung Neraca Panas Pada *Dust Loss* Masuk

Tref (suhu referensi) : 25°C (298°K)

T2 (suhu masuk dust loss) : 332°C (605°K)

Tabel 16. Cp Komponen *Dust Loss* Masuk *Raw Mill*

Komponen	Cp (kcal/kmol.K)
SiO <sub>2</sub>	10,87+0,008712T-241200T <sup>-2</sup>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,08+0,008971T-522500T <sup>-2</sup>



Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,72+0,01604T-423400T <sup>-2</sup>
CaCO <sub>2</sub>	19,68+0,01604T-423400T <sup>-2</sup>
MgCO <sub>2</sub>	16,9
K	5,24 + 0,00555T
Na	5,01 + 0,00536 T
SO <sub>3</sub>	-2,93 + 0,13708 T – 0,000085T <sup>-2</sup>
Cl	0

(Sumber : Perry Chemical Engineer's Handbook 8<sup>th</sup>ed, 2008)

Tabel 17. Massa dan Mol *Dust Loss* Masuk *Raw Mill*

Komponen	Massa (Kg/jam)	Mol (Kmol/jam)	$\int_{T_{ref}}^{T_2} C_p dT$ (kcal/kmol)
SiO <sub>2</sub>	63,28	1,05	4133,95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,10	0,23	7132,32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,89	0,07	9091,38
CaCO <sub>2</sub>	507,93	5,08	7166,05
MgCO <sub>2</sub>	13,70	0,16	5188,30
K	2,05	0,05	2377,97
Na	0,56	0,02	2281,02
SO <sub>3</sub>	0,37	0	18101,22
Cl	0,93	0,03	0
Total	622,85	6,70	

Perhitungan panas SiO<sub>2</sub>

Massa SiO<sub>2</sub> dalam komponen = 63,28 kg/jam

BM SiO<sub>2</sub> = 60 kg/kmol

Suhu SiO<sub>2</sub> = 332°C = 605°K

Suhu referensi = 25°C = 298°K

$$\int_{T_{ref}}^{T_2} C_p dT = \int_{298}^{605} 10,87 + 0,008712 T + -241200T^{-2}$$



$$= [ 10,87 (605-298) + 0,008712/2 (605^2-298^2) + - \\ 241200/-1 (605^{-1}- 298^{-1})]$$

$$= 4133,95\text{kcal/kmol}$$

$$n = \frac{63,28}{60} = 1,05 \text{ kmol/jam}$$

$$Q = n \times \int_{T_{ref}}^{T_2} C_p dT$$

$$= 1,05 \text{ kmol/jam} \times 4133,95 \text{ kcal/kmol}$$

$$= 4360,05 \text{ Kcal/jam}$$

Dengan menggunakan cara yang sama diperoleh :

Tabel 18. Total Panas *Dust Loss* Masuk *Raw Mill*

Komponen	$\int_{T_{ref}}^{T_2} C_p dT$ (Kcal/kmol)	BM (kg/kmol)	Q (Kcal/jam)
SiO <sub>2</sub>	4133,95	60	4360,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7132,32	102	1615,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9091,38	160	619,34
CaO	7166,05	56	36398,89
MgO	5188,30	40	846,36
K	2377,97	39	125,33
Na	2281,02	23	55,59
SO <sub>3</sub>	18101,22	80	84,56
Cl	0	35	0
Total =	55472,21		44105,92

### c. Laju alir panas gas panas masuk *raw mill* (Q3)

Menghitung Neraca Panas Pada Gas Panas Masuk

Tref (suhu referensi) : 25°C (298°K)

T3 (suhu masuk gas panas) : 332°C (605°K)



Tabel 19. Cp Komponen Gas Panas Masuk *Raw Mill*

Komponen	Cp (kcal/kmol.K)
CO <sub>2</sub>	10,34 + 0,00274 T - 195500T <sup>-2</sup>
N <sub>2</sub>	6,5 + 0,001 T
H <sub>2</sub> O (g)	8,22 + 0,00015 T - 0,00000134T <sup>-2</sup>
SO <sub>2</sub>	7,70 + 0,00530T - 0,00000083T <sup>-2</sup>
O <sub>2</sub>	8,27 + 0,000258 T - 187700T <sup>-2</sup>

(Sumber : Perry Chemical Engineer's Handbook 8<sup>th</sup>ed, 2008)

Tabel 20. Massa dan Mol Komponen Gas Panas Masuk *Raw Mill*

Komponen	Massa (Kg/jam)	Mol (Kmol/jam)	$\int_{T_{ref}}^{T^3} Cp dT$ (kcal/kmol)
CO <sub>2</sub>	180944,77	4112,38	3221,27
N <sub>2</sub>	509008,84	18178,89	2134,11
H <sub>2</sub> O (g)	25658,57	1425,48	2544,33
SO <sub>2</sub>	814,79	12,73	3098,54
O <sub>2</sub>	14035,29	438,60	2255,03

Perhitungan panas CO<sub>2</sub>

Massa CO<sub>2</sub> dalam komponen = 180944,77 kg/jam

BM CO<sub>2</sub> = 44 kg/kmol

Suhu CO<sub>2</sub> = 332°C = 605°K

Suhu referensi = 25°C = 298°K

$$\begin{aligned}\int_{T_{ref}}^{T^3} Cp dT &= \int_{298}^{605} 10,34 + 0,00274 T - 195500T^{-2} \\ &= [ 10,34 (605-298) + 0,00274/2 (605^2-298^2) + - 195500/- \\ &\quad 1 (605^{-1}- 298^{-1})] \\ &= 3221,27 \text{ kcal/kmol}\end{aligned}$$

$$n = \frac{180944,77}{44} = 4112,38 \text{ kmol/jam}$$

$$Q = n \times \int_{T_{ref}}^{T^3} Cp dT$$



$$= 4112,38 \text{ kmol/jam} \times 3221,27 \text{ kcal/kmol}$$

$$= 13247102,63 \text{ Kcal/jam}$$

Dengan menggunakan cara yang sama diperoleh :

Tabel 21. Total Panas Gas Panas Masuk *Raw Mill*

Komponen	$\int_{T_{ref}}^{T_3} C_p dT$ (Kcal/kmol)	BM (Kg/kmol)	Q (Kcal/jam)
CO <sub>2</sub>	3221,27	44	13247102,63
N <sub>2</sub>	2134,11	28	38795754,30
H <sub>2</sub> O (g)	2544,33	18	3626884,45
SO <sub>2</sub>	3098,54	64	39447,79
O <sub>2</sub>	2255,03	32	989063,91
Total	13253,28		56698253,09

#### d. Panas *Input Energi Motor (Q4)*

Menghitung Panas Pada *Input Energi Motor*

$$\text{Daya energi motor} = 2878,7 \text{ Kw}$$

$$\text{Faktor energi motor } \textit{mill} = 0,64$$

$$\text{Power input energi} = \text{Daya energi} \times \text{Faktor energi motor}$$

$$= 2878 \text{ Kw} \times 0,64$$

$$= 1842,368 \text{ Kw}$$

$$1 \text{ Kw} = 859.85 \text{ Kcal/jam}$$

Komponen	Power Motor (Kw)	Q (Kcal/jam)
Motor VRM	1842,368	1584160,125



- Menghitung Panas Keluar

e. Laju Alir Panas *Raw Material* Keluar *Raw Mill* (Q5)

Menghitung Neraca Panas Pada *Raw Material* Keluar

Tref (suhu referensi) : 25°C (298°K)

T5 (suhu raw material keluar *raw mill*) : 102°C (375°K)

Tabel 22. Cp Komponen *Raw Material*

Komponen	Cp (kcal/kmol.K)
SiO <sub>2</sub>	10,87 + 0,008712 T - 241200T <sup>-2</sup>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,08 + 0,008971 T - 522500T <sup>-2</sup>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,72 + 0,01604 T - 423400T <sup>-2</sup>
CaCO <sub>3</sub>	19,68 + 0,01189 T - 307600T <sup>-2</sup>
MgCO <sub>3</sub>	16,9
SO <sub>3</sub>	-2,93 + 0,13708 T - 0,000085T <sup>-2</sup>
Na	5,01 + 0,00536 T
K	5,24 + 0,00555T
Cl	0
H <sub>2</sub> O	8,22 + 0,00015 T + 0,00000134T <sup>-2</sup>

(Sumber : Perry Chemical Engineer's Handbook 8<sup>th</sup>ed, 2008)

Tabel 23. Massa dan Mol Komponen Keluar *Raw Mill*

Komponen	Massa (Kg/jam)	Mol (Kmol/jam)	$\int_{T_{ref}}^{T_5} C_p dT$ (kcal/kmol)
SiO <sub>2</sub>	82545,99	1375,77	896,53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22833,45	223,86	1572,58
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14377,64	89,86	2027,31
CaCO <sub>3</sub>	490867,32	4908,67	1611,49
MgCO <sub>3</sub>	12616,10	150,19	1301,3
SO <sub>3</sub>	378,45	4,73	3326,20
Na	504,66	21,94	524,65
K	1955,43	50,14	547,28
Cl	379,01	10,83	16,94
H <sub>2</sub> O	21,42	1,19	636,83
Total =	626479,46	6837,18	



Perhitungan panas SiO<sub>2</sub>

Massa SiO<sub>2</sub> dalam komponen = 82545,99 kg/jam

BM SiO<sub>2</sub> = 60 kg/kmol

Suhu SiO<sub>2</sub> = 102°C = 375°K

Suhu referensi = 25°C = 298°K

$$\begin{aligned}\int_{T_{ref}}^{T^5} C_p dT &= \int_{298}^{375} 10,87 + 0,008712 T + -241200T^{-2} \\ &= [ 10,87 (375-298) + 0,008712/2 (300^2-298^2) + - 241200/-1 \\ &\quad (300^{-1}- 298^{-1})] \\ &= 896,53 \text{ kcal/kmol}\end{aligned}$$

$$n = \frac{82545,99}{60} = 1375,76 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned}Q &= n \times \int_{T_{ref}}^{T^5} C_p dT \\ &= 1375,76 \text{ kmol/jam} \times 896,53 \text{ kcal/kmol} \\ &= 1233410,85 \text{ kcal/jam}\end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama diperoleh :

Tabel 24. Total Panas Komponen Keluar *Raw Mill*

Komponen	$\int_{T_{ref}}^{T^5} C_p dT$ (Kcal/Kmol)	BM (Kg/kmol)	Q (Kcal/Jam)
SiO <sub>2</sub>	896,53	60	1233410,85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1572,58	102	352033,79
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2027,31	160	182174,15
CaCO <sub>3</sub>	1611,49	100	7910266,697
MgCO <sub>3</sub>	1301,30	84	195444,46
SO <sub>3</sub>	3326,20	80	15734,83
Na	524,64	23	11511,66
K	547,28	39	27440,33



Cl	16,94	35	183,44
H <sub>2</sub> O	636,83	18	757,97
Total =	12461,10		9928958,16

### f. Laju Alir Massa Gas Panas Keluar *Raw Mill* (Q6)

Menghitung Neraca Panas Pada Gas Panas Keluar

Tref (suhu referensi) : 25°C (298°K)

T6 (suhu gas panas keluar *raw mill*) : 115°C (388°K)

Tabel 25. Cp Komponen Gas Panas Masuk *Raw Mill*

Komponen	Cp (kcal/kmol.K)
CO <sub>2</sub>	$10,34 + 0,00274 T - 195500T^{-2}$
N <sub>2</sub>	$6,5 + 0,001 T$
H <sub>2</sub> O (g)	$8,22 + 0,00015 T - 0,00000134T^{-2}$
SO <sub>2</sub>	$7,70 + 0,00530T - 0,00000083T^{-2}$
O <sub>2</sub>	$8,27 + 0,000258 T - 187700T^{-2}$

(Sumber : Perry Chemical Engineer's Handbook 8<sup>th</sup>ed, 2008)

Tabel 26. Massa dan Mol Gas Panas Keluar *Raw Mill*

Komponen	Massa (Kg/jam)	Mol (Kmol/jam)	$\int_{T_{ref}}^{T_6} C_p dT$ (kcal/kmol)
CO <sub>2</sub>	180944,77	4112,38	863,01
N <sub>2</sub>	509008,84	18178,89	615,87
H <sub>2</sub> O (g)	29921,97	1662,33	744,43
SO <sub>2</sub>	814,79	12,73	856,61
O <sub>2</sub>	14035,29	438,60	606,16

Perhitungan panas CO<sub>2</sub>

Massa CO<sub>2</sub> dalam komponen = 180944,77 kg/jam

BM CO<sub>2</sub> = 44 kg/kmol



$$\text{Suhu CO}_2 = 115^\circ\text{C} = 388^\circ\text{K}$$

$$\text{Suhu referensi} = 25^\circ\text{C} = 298^\circ\text{K}$$

$$\begin{aligned}\int_{T_{ref}}^{T_6} C_p dT &= \int_{298}^{388} 10,34 + 0,00274 T + -195500T^{-2} \\ &= [ 10,34 (388-298) + 0,00274/2 (388^2-298^2) + - 195500/- \\ &\quad 1 (388^{-1}- 298^{-1})] \\ &= 863,01 \text{ kal/mol}\end{aligned}$$

$$n = \frac{180944,77}{44} = 4112,38 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned}Q &= n \times \int_{T_{ref}}^{T_6} C_p dT \\ &= 4112,38 \text{ kmol/jam} \times 863,01 \text{ kcal/kmol} \\ &= 3549024,12 \text{ Kcal/jam}\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama sehingga diperoleh :

Tabel 27. Total Gas Panas Keluar *Raw Mill*

Komponen	$\int_{T_{ref}}^{T_6} C_p dT$ (kcal/kmol)	BM (kg/kmol)	Q (Kcal/jam)
CO <sub>2</sub>	863,01	44	3549024,12
N <sub>2</sub>	615,87	28	11195831,33
H <sub>2</sub> O (g)	744,43	18	1237490,23
SO <sub>2</sub>	856,61	64	10905,61
O <sub>2</sub>	606,16	32	265864,12
total =	3686,08		16259115,41

### g. Menghitung Panas H<sub>2</sub>O yang menguap (Q7)

Menghitung Panas Pada H<sub>2</sub>O yang Menguap

Panas sensible H<sub>2</sub>O dalam komponen

Massa H<sub>2</sub>O dalam komponen = 4263,39 kg/jam



BM H<sub>2</sub>O = 18 kg/kmol

Suhu H<sub>2</sub>O = 27°C (300°K)

Suhu referensi = 25°C (298°K)

Tabel 28. Cp H<sub>2</sub>O Liquid

Komponen	Cp (J/kmol.K)
H <sub>2</sub> O (l)	276370-2090,10T+8,125T <sup>2</sup> -0,014116T <sup>3</sup> +0,0000093701T <sup>4</sup>

Komponen	$\int_{T_{ref}}^{T_{H_2O}} C_p dT$ (J/kmol)	$\int_{T_{ref}}^{T_{H_2O}} C_p dT$ (Kj/kmol)	$\int_{T_{ref}}^{T_{H_2O}} C_p dT$ (Kcal/kmol)
H <sub>2</sub> O (l)	150741,81	150,74	35,996

1 kal/mol = 4.187698 kj/kmol

$$\int_{T_{ref}}^{T_{H_2O}} C_p dT = \int_{298}^{300} 276370 + -2090,10 T + 8,125 T^2 + -0,014116 T^3 + 0,0000093700 T^4$$

$$= [276370 (300-298) + -2090,10/2 (300^2-298^2) + 8,125/3 (300^3- 298^3) + - 0,014116/4 (300^4- 298^4) + 0,0000093701/5 (300^5- 298^5)]$$

$$= 150741,81 \text{ j/kmol}$$

Komponen	Massa (Kg/jam)	Mol(Kmol/jam)
H <sub>2</sub> O	4263,39	236,86

Tabel 29. Panas *Sensible* H<sub>2</sub>O dalam Komponen

Komponen	$\int_{T_{ref}}^{T_{H_2O}} C_p dT$ (Kcal/kmol)	BM (Kg/kmol)	Q (Kcal/jam)
H <sub>2</sub> O	36,00	18	14525,30

Panas *Laten* Pada H<sub>2</sub>O

Massa H<sub>2</sub>O dalam komponen = 4263,39 Kg/jam

Hf (100°C) = 539,1 Kcal/kg



$$1 \text{ Kcal} = 1/0,239 \text{ Kj}$$

Tabel 30. Panas H<sub>2</sub>O dalam Komponen

Komponen	Massa (Kg/jam)	Hf (Kcal/kg)	Q (Kcal/jam)
H <sub>2</sub> O	4263,39	539,1	30966678,24

$$\begin{aligned} \text{Maka panas H}_2\text{O yang menguap} &= \text{Panas } \textit{sensible} + \text{Panas } \textit{Laten} \\ &= (14525,30 + 30966678,24) \\ &\quad \text{Kcal/jam} \\ &= 30981203,54 \text{ Kcal/jam} \end{aligned}$$

#### **h. Menghitung Panas yang Hilang (Q8)**

Menghitung Panas Hilang Pada *Raw Mill*

$$\begin{aligned} \text{Panas pada input} - \text{Panas Pada Output} &= 58577322,24 \text{ kcal/jam} - \\ &\quad 57169277,11 \text{ kcal/jam} \\ &= 1408045,13 \text{ kcal/jam} \end{aligned}$$



Tabel 31. Panas *Input* di *Vertical Roller Mill*

<i>INPUT</i>	
Komponen	Massa (Kcal/jam)
Q1. Panas <i>Raw material</i> masuk :	
SiO <sub>2</sub>	29630,27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8461,21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4450,09
CaCO <sub>3</sub>	194127,34
MgCO <sub>3</sub>	5070,97
SO <sub>3</sub>	747,11
Na	289,86
K	691,14
Cl	0
H <sub>2</sub> O	7335,12
Total	250803,09
Q2. Panas <i>Dust Loss Pre-heater</i> :	
SiO <sub>2</sub>	4360,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1615,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	619,34
CaO	36398,89
MgO	846,36
K	125,33
Na	55,59
SO <sub>3</sub>	84,56
Cl	0
Total	44105,92



---

---

Q3. Panas Gas Panas Masuk :	
CO <sub>2</sub>	13247102,63
N <sub>2</sub>	38795754,30
H <sub>2</sub> O	3626884,45
SO <sub>2</sub>	39447,79
O <sub>2</sub>	989063,91
Total	56698253,09
Q4. Panas <i>Input</i> Energi Motor :	1584160,12
<b>Total <i>Input</i></b>	<b>58577322,24</b>



Tabel 32. Panas *Output* di *Vertical Roller Mill*

<i>OUTPUT</i>	
Komponen	Massa (Kcal/jam)
Q5. Panas Produk <i>Raw Mill</i> :	
SiO <sub>2</sub>	1233410,85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352033,79
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	182174,15
CaCO <sub>3</sub>	7910266,697
MgCO <sub>3</sub>	195444,46
SO <sub>3</sub>	15734,83
Na	11511,66
K	27440,33
Cl	183,44
H <sub>2</sub> O	757,97
Total	9928958,16
Q6. Panas Gas Panas Keluar :	
CO <sub>2</sub>	3549024,12
N <sub>2</sub>	11195831,33
H <sub>2</sub> O	1237490,23
SO <sub>2</sub>	10905,61
O <sub>2</sub>	265864,12
Total	16259115,41
Q7. Panas Penguapan H <sub>2</sub> O :	30981203,54
Q8. Panas Hilang :	1408045,13
<b>Total Output</b>	<b>58577322,24</b>



### C. Hasil Perhitungan

Tabel 33. Hasil Perhitungan Neraca Massa *Vertical Roller Mill*

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)
1. <i>Raw material</i>	630120,00	0
2. <i>Dust loss Pre-heater</i>	622,85	0
3. Gas panas masuk <i>raw mill</i>	730462,27	0
4. Produk	0	626479,46
5. Gas panas keluar <i>raw mill</i>	0	734725,66
Total	1361205,12	1361205,12

Tabel 34. Hasil Perhitungan Neraca Panas *Vertical Roller Mill*

Komponen	Input (Kcal/jam)	Output (Kcal/jam)
Panas <i>raw material</i> (Q1)	250803,09	
Panas <i>dust loss pre-heater</i> (Q2)	44105,92	
Panas gas panas masuk <i>raw mill</i> (Q3)	56698253,09	
Panas input energi motor (Q4)	1584160,12	
Panas produk <i>raw mill</i> (Q5)		9928958,16
Panas gas panas keluar <i>raw mill</i> (Q6)		16259115,41
Panas penguapan H <sub>2</sub> O (Q7)		30981203,54
Panas hilang (Q8)		1408045,13
Total	58577322,24	58577322,24



Dari hasil perhitungan Neraca Massa dan Neraca Panas *Vertical Roller Mill* dapat menentukan Efisiensi Panas pada *Vertical Roller Mill*, berikut adalah hasil perhitungan :

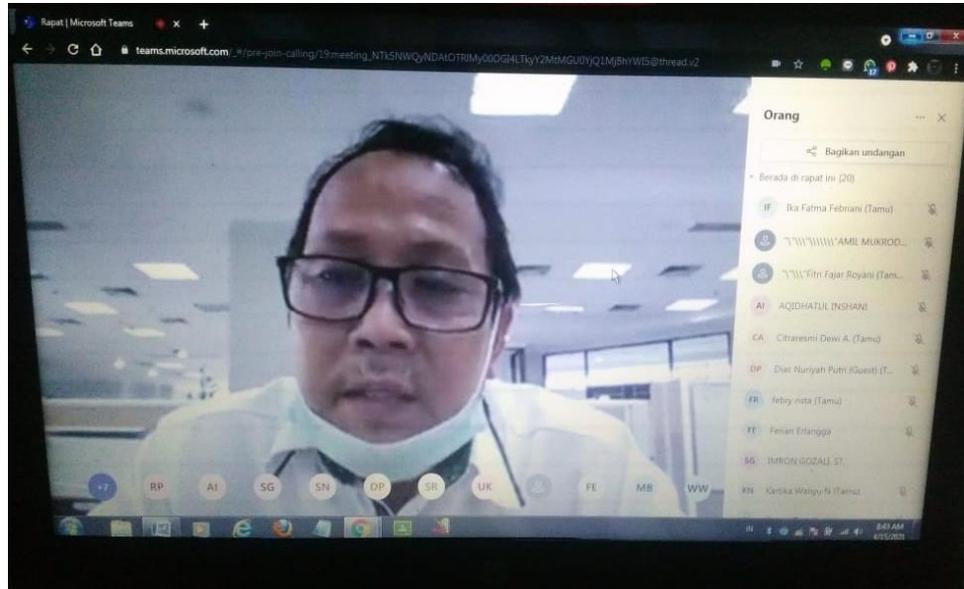
1. Perhitungan efisisensi panas raw mill

$$\begin{aligned}\eta_{\text{panas alat}} &= \frac{\text{panas total} - \text{panas hilang}}{\text{panas total}} \times 100\% \\ &= \frac{58577322,24 \text{ Kcal/jam} - 1408045,13 \text{ Kcal/jam}}{58577322,24 \text{ Kcal/jam}} \times 100\% \\ &= 97,60\%\end{aligned}$$



**LAMPIRAN 6**  
**DOKUMENTASI**

## Lampiran 6. Dokumentasi



Gambar 1. Kerja Praktik dilakukan Secara Online

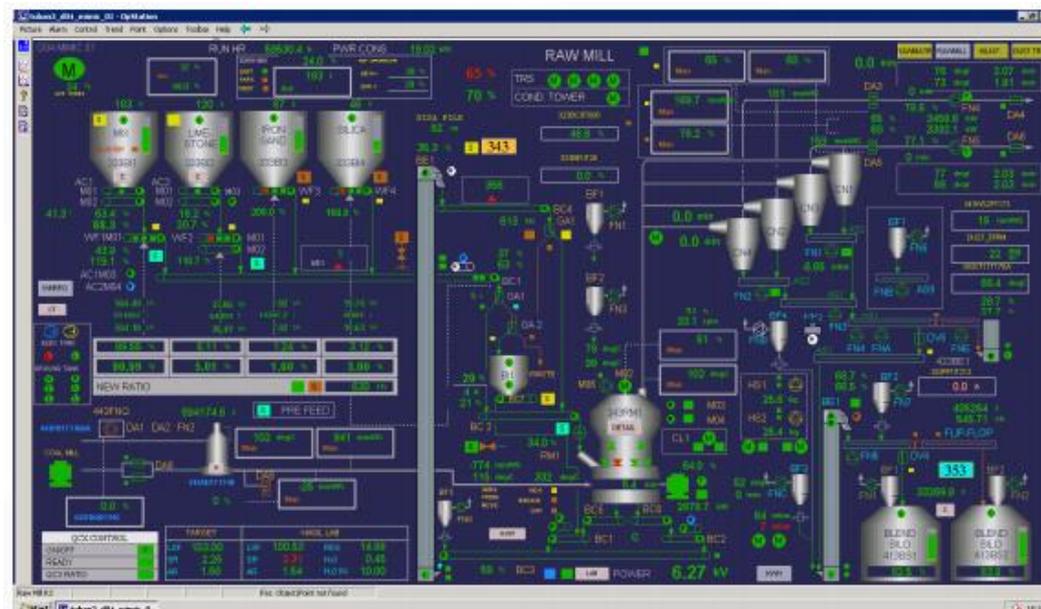


**LAMPIRAN 7**  
**PEFD (Process Engineering Flow Diagram)**

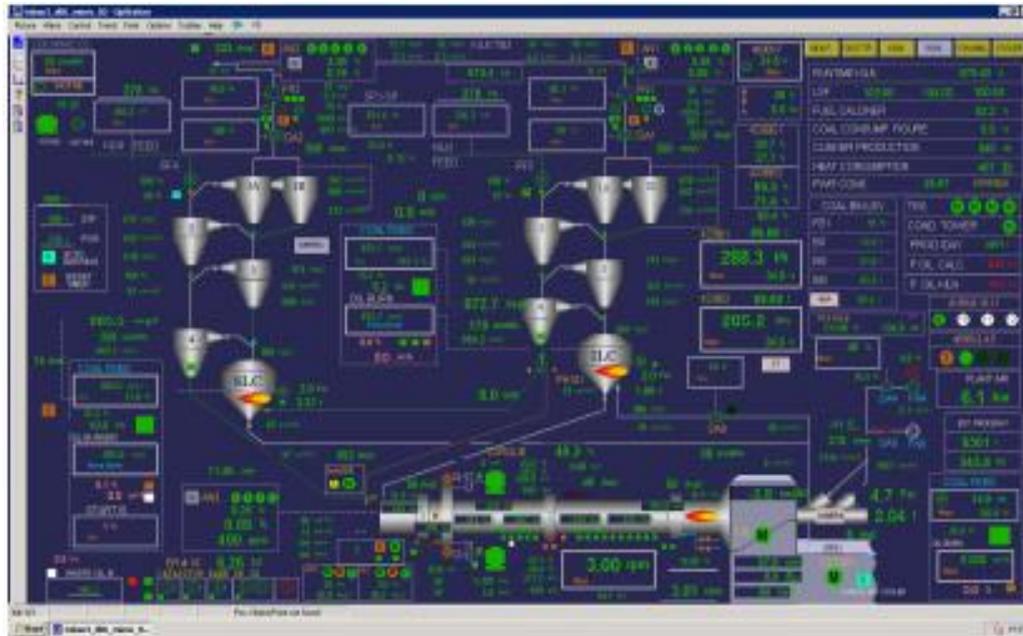
### Lampiran 7. PEFD (Process Engineering Flow Diagram)



Gambar 1. PFD Raw Material Transport  
(sumber : CCR PT. Semen Indonesia, 2021)



Gambar 2. PFD Vertical Roller Mill  
(sumber : CCR PT. Semen Indonesia, 2021)



Gambar 3. PDF Kiln

(sumber : CCR PT. Semen Indonesia, 2021)